T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Yunus Ziya KAYA

İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN TAŞKIN OLAYLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BÖLGESEL OLARAK İNCELENMESİ VE TAŞKIN ETKİ ALANININ HARİTALANMASI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANİYE – 2022

T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ

İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN TAŞKIN OLAYLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BÖLGESEL OLARAK İNCELENMESİ VE TAŞKIN ETKİ ALANININ HARİTALANMASI

Yunus Ziya KAYA

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

OSMANİYE
EKİM-2022

TEZ ONAYI

İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN TAŞKIN OLAYLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BÖLGESEL OLARAK İNCELENMESİ VE TAŞKIN ETKİ ALANININ HARİTALANMASI

Yunus Ziya KAYA tarafından Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ ……...
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İSTE

Üye: Prof. Dr. Recep YURTAL ……...
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, ÇÜ

Üye: Prof. Dr. Mustafa MAMAK ……...
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Prof. Dr. Mustafa DEMİRCİ ……...
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İSTE

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Eyyüp KAVŞUT ……...
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve ..... /……..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü Doç. Dr. Bülent YANIKTEPE ……..
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Yunus Ziya KAYA

ÖZET

İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN TAŞKIN OLAYLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BÖLGESEL OLARAK İNCELENMESİ VE TAŞKIN ETKİ ALANININ HARİTALANMASI

Yunus Ziya KAYA
Doktora, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ

Ekim 2022, 341 sayfa

İklim değişikliği ve buna bağlı yaşanan afetler günümüzde önemli bir problem olarak hemen her alanda karşımıza çıkmaktadır. Bu afetlerden biri olan taşkınlar bu tez çalışmasında Amik ovası için hidrodinamik model yaklaşımı ile 1 ve 2 boyutlu olarak modellenmiştir. Çalışma alanına ait iklimsel parametrelerin uzun yıllara ait değişimleri trend araştırma yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Mann Kendall test, Spearman's Rho test ve Lineer regresyon klasik trend araştırma yöntemlerinin yanı sıra yenilikçi bir trend araştırma yaklaşımı sunan İnovatif Şen trend yöntemi kullanılmıştır. Amik ovasının çevresinde konumlanan istasyonların ortalama hava sıcaklığı, toplam yağış, ortalama rüzgar hızı, ortalama bağıl nem, maksimum ve ortalama akım verilerinin trendleri aylık, mevsimsel ve yıllık zaman dilimleri için araştırılmıştır. Ayrıca taşkının en önemli nedenlerinden olan şiddetli yağışlar için bir indis tanımlanmış ve bu indisin uzun yıllara ait değişimleri trend analiz yöntemleri ile incelenmiştir. Taşkın haritalama için HEC-RAS yazılımının yeni versiyonu (5.0.7) kullanılmıştır. Modellerin kalibrasyonu için Amik ovasında 2012 yılında yaşanan taşkın verileri seçilmiştir. Üç farklı uydu verisi ile oluşturulan sayısal yükseklik modelleri kullanılarak 2012 taşkını 2 boyutlu olarak simüle edilmiştir. Sayısal yükseklik modellerinde (SYM) çözünürlükten kaynaklanan hataları gidermek için doğrudan HEC-RAS yazılımı kullanılarak sayısal yükseklik modellerinde iyileştirmeler yapılmıştır. En uygun SYM belirlendikten sonra karmaşık bir akım ağına sahip olan Amik ovasındaki bazı istasyonların farklı frekanslı debileri kullanılarak taşkın etki alanları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trend Analizi, HEC-RAS, Hidrodinamik Model, Taşkın Haritalama, Sayısal Yükseklik Modeli

ABSTRACT

REGIONAL INVESTIGATION OF CLIMATE CHANGES EFFECTS ON FLOOD EVENTS AND AFFECTED AREA MAPPING

Yunus Ziya KAYA
PhD , Department of Civil Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ

October 2022, 341 pages

Climate change and related disasters are encountered in almost every field today as an important problem. Floods, one of these disasters, were modeled in both 1 and 2 dimensions for the Amik plain with hydrodynamic model approach in this thesis. The changes of climatic parameters belonging to the study area for many years have been examined by using trend research methods. In addition to the Mann Kendall test, Spearman's Rho test and Linear regression classical trend research methods, the Innovative Şen trend method, which offers an innovative trend research approach, was used. The trends of average air temperature, total precipitation, average wind speed, average relative humidity, maximum and average flow data of the stations located around the Amik plain were investigated for monthly, seasonal and annual time periods. Also, an index was defined for heavy rains, which is one of the most important causes of floods, and the changes of this index for a long period were examined by trend analysis methods. The new version of HEC-RAS software (5.0.7) was used for flood mapping. Flood data in the Amik plain in 2012 were selected for the calibration of the models. The 2012 flood was simulated with HEC-RAS by using digital elevation models (DEM) created with three different satellite data. Improvements have been made in digital elevation models by directly using HEC-RAS software to eliminate errors caused by resolution in DEM. After determining the most suitable DEM, the flood impact areas were determined by using different frequency flow rates of some stations in Amik plain.

Key Words: Trend Analysis, HEC-RAS, Hydrodynamic Model, Flood Mapping, Digital Elevation Model

Çok kıymetli aileme…

TEŞEKKÜR

Başta, doktora tez çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen, her aşamada yönlendirmeleri ve fikirleri ile çalışmaya katkı sunan tez danışmanım sayın Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince desteğini esirgemeyen Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm hocalarına ve Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarımda her zaman yanımda olan İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm hocalarıma başta sayın Prof. Dr. Mustafa DEMİRCİ olmak üzere teşekkür ederim.

Bütün eğitim hayatım boyunca desteklerini her daim hissettiğim başta annem, babam ve kardeşlerim olmak üzere geniş ailemin her bir üyesine ayrı ayrı teşekkür ederim. Özellikle, yoğun çalışma temposunda beraber birçok zorluğu göğüslediğim eşim Dilan KAYA'ya desteği ve sabrı için teşekkür ederim.

Çalışma hayatımda beraber birçok işi başardığımız Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ALTAY'a, Öğr. Gör. Dr. Hakan ERKEK'e, Öğr. Gör. Hakan VARÇİN'e, Arş. Gör. Bestami TAŞAR'a, Arş. Gör. İbrahim KARATAŞ'a ve Arş. Gör. Emriye ÇINAR'a teşekkür ederim.

Son olarak tez çalışmasında kullanılan verileri kaydeden, temin eden ve bilgi birikimleri ile yardımcı olan Devlet Su İşleri 6. Bölge Müdürlüğü ve Antakya Meteoroloji İl Müdürlüğü yönetici ve personellerine katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI
TEZ BİLDİRİMİ
ÖZET i
ABSTRACT ii
İTHAF SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
İÇİNDEKİLER v
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
ŞEKİLLER DİZİNİ x
SİMGELER ve KISALTMALAR xviii
1. GİRİŞ 1
1.1 Taşkın Türleri 6
1.1.1 Kıyı Taşkınları 7
1.1.2 Nehir Taşkınları 7
1.1.3 Şehir Taşkınları 8
1.1.4 Dağlık Bölge Taşkınları 8
1.1.5 Göl Taşkınları 9
1.2 Taşkına Neden Olan Faktörler 10
1.3 Taşkın Zararları 10
1.4 İklim Değişikliği 11
1.5 Başlıca Literatür Özeti 20
1.6 Tezin Amaç ve Kapsamı 22
2. LİTERATÜR TARAMASI 26
2.1 Taşkın Literatür Taraması 26
2.2 İklim Değişikliği Trend Analizleri Literatür Taraması 47
3.YÖNTEM 55
3.1 İklim Değişikliği Trend Analiz Yöntemleri 55
3.1.1 İnovatif Şen Trend Metodu 55
3.1.2 Mann Kendall Test 56
3.1.3 Spearman’s Rho Test 59
3.1.4 Lineer Regresyon Trend Analiz Yaklaşımı 60
3.1.5 Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı İndisi 60
3.1.6 Çalışma Bölgesi ve Kullanılan Veri Seti 61
3.2 Taşkın Alanlarının Haritalanmasında Kullanılan Yöntem 68
3.2.1 HEC-RAS Yazılımının Genel Tanıtımı 68
3.2.2 Bir Boyutlu Kararlı ve Kararsız Akım Modellemesi 69
3.2.3 İki Boyutlu Karasız Akım Modellemesi 75
3.2.4 Kullanılan SYM’lere Ait Bilgiler 77
3.2.5 Seçilen Manning Pürüzlülük Katsayıları 81
3.2.6 Çalışma Alanı ve 2012 Taşkını 84
3.2.7 Modelleme Aşamaları 93
3.2.7.1 SYM İyileştirme Yöntemi 101
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 104
4.1 İklim Değişikliği Trend Analiz Sonuçları 105

4.1.1 Hava Sıcaklığı Trend Analiz Sonuçları 105
4.1.1.1 Hava Sıcaklığı Parametresi İnovatif Şen Trend Analiz Sonuçları 106
4.1.1.2 Hava Sıcaklığı Parametresi Lineer Regresyon Trend Yaklaşımı Analiz Sonuçları 127
4.1.1.3 Hava Sıcaklığı Parametresi Mann Kendall Test Sonuçları 128
4.1.1.4 Hava Sıcaklığı Parametresi Spearman's Rho Test Sonuçları 130
4.1.2 Toplam Yağış Trend Analiz Sonuçları 131
4.1.2.1 Toplam Yağış Parametresi İnovatif Şen Trend Analiz Sonuçları 132
4.1.2.2 Toplam Yağış Parametresi Lineer Regresyon Trend Yaklaşımı Analiz Sonuçları 152
4.1.2.3 Toplam Yağış Parametresi Mann Kendall Test Sonuçları 153
4.1.2.4 Toplam Yağış Parametresi Spearman's Rho Test Sonuçları 155
4.1.3 Bağıl Nem Trend Analiz Sonuçları 156
4.1.3.1 Ortalama Bağıl Nem Parametresi İnovatif Şen Trend Analiz Sonuçları 157
4.1.3.2 Ortalama Bağıl Nem Parametresi Lineer Regresyon Trend Yaklaşımı Analiz Sonuçları 177
4.1.3.3 Ortalama Bağıl Nem Parametresi Mann Kendall Test Sonuçları 178
4.1.3.4 Ortalama Bağıl Nem Parametresi Spearman's Rho Test Sonuçları 180
4.1.4 Ortalama Rüzgar Hızı Trend Analiz Sonuçları 181
4.1.4.1 Ortalama Rüzgar Hızı Parametresi İnovatif Şen Trend Analiz Sonuçları 182
4.1.4.2 Ortalama Rüzgar Hızı Parametresi Lineer Regresyon Trend Analiz Sonuçları 202
4.1.4.3 Ortalama Rüzgar Hızı Parametresi Mann Kendall Test Sonuçları 203
4.1.4.4 Ortalama Rüzgar Hızı Parametresi Spearman's Rho Test Sonuçları 205
4.1.5 Akım Verileri Trend Analiz Sonuçları 206
4.1.5.1 Akım Verileri İnovatif Şen Trend Test Sonuçları 207
4.1.5.2 Akım Verileri Lineer Regresyon Trend Analiz Sonuçları 217
4.1.5.3 Akım Verileri Mann Kendall test Sonuçları 217
4.1.5.4 Akım Verileri Spearman's Rho test Sonuçları 218
4.1.6 Şiddetli Yağış Görülen Gün Sayısı Trend Analiz Sonuçları 219
4.2 Taşkın Model Sonuçları 222
4.2.1 Bir Boyutlu Model Sonuçları 223
4.2.2 İki Boyutlu Model Sonuçları 247
4.2.2.1 Oluşturulan 1 No'lu Modelin Sonuçları 248
4.2.2.2 Oluşturulan 2 No'lu Modelin Sonuçları 253
4.2.3.3 Oluşturulan 3 No'lu Modelin Sonuçları 259
4.2.4.4 Oluşturulan 4 No'lu Modelin Sonuçları 264
4.2.5.5 Oluşturulan 5 No'lu Modelin Sonuçları 269
4.2.6.6 Oluşturulan 6 No'lu Modelin Sonuçları 274
4.2.7.7 Oluşturulan 7 No'lu Modelin Sonuçları 279
4.2.8.8 Oluşturulan 8 No'lu Modelin Sonuçları 283
4.2.9.9 Oluşturulan 9 No'lu Modelin Sonuçları 287
4.2.10.10 Oluşturulan 10 No'lu Modelin Sonuçları 291
4.2.11.11 Oluşturulan 11 No'lu Modelin Sonuçları 295
4.2.12.12 Oluşturulan 12 No'lu Modelin Sonuçları 299
4.2.13.13 Oluşturulan 13 No'lu Modelin Sonuçları 303

4.2.14.14 Oluşturulan 14 No'lu Modelin Sonuçları 308
5. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER 316
KAYNAKLAR 321
ÖZGEÇMİŞ 336

ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 3.1 Ortalama hava sıcaklığı veri seti istatistikleri 63
Tablo 3.2 Toplam yağış veri seti istatistikleri 64
Tablo 3.3 Ortalama Bağıl Nem (RH) veri seti istatistikleri 65
Tablo 3.4 Ortalama Rüzgar Hızı veri seti istatistikleri 66
Tablo 3.5 Akım verilerine (m^3/s) ait istatistikler 67
Tablo 3.6 Bir boyutlu modelleme de kullanılan Manning katsayısının seçimi (Chow, 1959) 74
Tablo 3.7 MCD12Q1 Uluslararası Jeosfer-Biyosfer Programı (IGBP) lejantı ve sınıf tanımları (Friedl & Sulla-Menashe, 2019) 82
Tablo 3.8 Amik ovasındaki bazı AGİ'lerin farklı frekanslı pik debi değerleri (DSİ) 91
Tablo 3.9 Numaralarına göre oluşturulan modellerin içerikleri 93
Tablo 4.1 Ortalama hava sıcaklığı İnovatif Şen trend analiz aylık değerlendirme sonuçları 125
Tablo 4.2 Ortalama hava sıcaklığı İnovatif Şen trend analiz mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 126
Tablo 4.3 Ortalama hava sıcaklığı Lineer Regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları 127
Tablo 4.4 Ortalama hava sıcaklığı Lineer Regresyon trend analiz mevsimsel ve yıllık değerlendirme sonuçları 128
Tablo 4.5 Ortalama hava sıcaklığı Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçları 129
Tablo 4.6 Ortalama hava sıcaklığı Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 129
Tablo 4.7 Ortalama hava sıcaklığı Spearman's Rho test aylık değerlendirme sonuçları 130
Tablo 4.8 Ortalama hava sıcaklığı Spearman's Rho test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 131
Tablo 4.9 Toplam yağış İnovatif Şen trend analiz aylık değerlendirme sonuçları .. 150
Tablo 4.10 Toplam yağış İnovatif Şen trend analiz mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 151
Tablo 4.11 Toplam yağış Lineer Regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları 152
Tablo 4.12 Toplam yağış Lineer Regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları 153
Tablo 4.13 Toplam yağış Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçları 154
Tablo 4.14 Toplam yağış Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 154
Tablo 4.15 Toplam yağış Spearman's Rho test aylık değerlendirme sonuçları..... 155
Tablo 4.16 Toplam yağış Spearman's Rho test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 156
Tablo 4.17 Ortalama bağıl nem İnovatif Şen trend test aylık değerlendirme sonuçları 175
Tablo 4.18 Ortalama bağıl nem İnovatif Şen trend test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 176

Tablo 4.19 Ortalama bağıl nem Lineer Regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları 177
Tablo 4.20 Ortalama bağıl nem Lineer Regresyon trend analiz mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 178
Tablo 4.21 Ortalama bağıl nem Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçları 179
Tablo 4.22 Ortalama bağıl nem Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 179
Tablo 4.23 Ortalama bağıl nem Spearman's Rho test aylık değerlendirme sonuçları 180
Tablo 4.24 Ortalama bağıl nem Spearman's Rho test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 181
Tablo 4.25 Ortalama rüzgar hızı İnovatif Şen trend test aylık değerlendirme sonuçları 200
Tablo 4.26 Ortalama rüzgar hızı İnovatif Şen trend test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 201
Tablo 4.27 Ortalama rüzgar hızı lineer regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları 202
Tablo 4.28 Ortalama rüzgar hızı lineer regresyon trend analiz mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 203
Tablo 4.29 Ortalama rüzgar hızı Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçları204
Tablo 4.30 Ortalama rüzgar hızı Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları 204
Tablo 4.31 Ortalama rüzgar hızı Spearman's Rho test aylık değerlendirme sonuçları 205
Tablo 4.32 Ortalama rüzgar hızı Spearman's Rho test aylık değerlendirme sonuçları 206
Tablo 4.33 Akım verileri İnovatif Şen trend test sonuçları..... 216
Tablo 4.34 Akım verileri Lineer regresyon trend analiz sonuçları 217
Tablo 4.35 Akım verileri Mann Kendall test sonuçları..... 218
Tablo 4.36 Akım verileri Spearman's Rho test sonuçları 218
Tablo 4.37 Oluşturulan iki boyutlu modellerin içerikleri 247
Tablo 4.38 Uygun sayısal yükseklik modelinin seçimine ilişkin analizlerin sonuçları 312

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 EM-DAT verilerine göre dünya genelinde bildirilen afetlerin sayısı ((EM-DAT), 2021) 2
Şekil 1.2 Yılara göre Avrupa kıtası genelinde bildirilen taşkınlarda yaşanan can kaybı sayıları ((EM-DAT), 2021) 3
Şekil 1.3 Yılara göre Avrupa kıtası genelinde bildirilen taşkınlarda yaşanan toplam maddi zararlar (Amerikan doları cinsinden) ((EM-DAT), 2021) 3
Şekil 1.4 Ülkemizde yıllara göre yaşanan taşkın sayıları ve bu taşkınlarda yaşanan can kayıpları sayısı (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017) 4
Şekil 1.5 Ülkemizde 1948-2020 yılları arasında taşkınlara bağlı yaşanan can kaybı sayılarının yıllara göre değişimi ((EM-DAT), 2021) 5
Şekil 1.6 Ülkemizde 1948-2020 yılları arasında taşkınlara bağlı yaşanan maddi kayıplar (Amerikan doları cinsinden) ((EM-DAT), 2021) 6
Şekil 1.7 Kıyı taşkını örneği (DHI, 2019) 7
Şekil 1.8 Nehir taşkını örneği (Demirci, 2014) 7
Şekil 1.9 Şehir taşkını örneği (Turoğlu, 2016) 8
Şekil 1.10 Dağlık Bölge taşkın örneği (Theintelligentplug.com, 2014) 9
Şekil 1.11 Göl taşkınları Victoria örneği (independent.co.ug, 2020) 9
Şekil 1.12 Yıllara göre küresel atmosferik CO_2 miktarı (ppm) (Lindsey, 2020) 13
Şekil 1.13 Yıllara göre atmosferik CO_2 ve CO_2 emisyonları (Lindsey, 2020) 13
Şekil 1.14 1961-1990 yıllarının ortalamalarına göre küresel sıcak anomalileri (Ortalama) (Hannah & Max, 2017) 14
Şekil 1.15 RCP4.5 Senaryosuna göre sıcaklık ortalamalarının olası yıllık değişimi (MGM, 2021) 16
Şekil 1.16 RCP8.5 Senaryosuna göre sıcaklık ortalamalarının olası yıllık değişimi(MGM, 2021) 17
Şekil 1.17 RCP4.5 senaryosu yıllık toplam yağış anomalisi yüzdelik değişimi (MGM, 2021) 18
Şekil 1.18 RCP8.5 senaryosu yıllık toplam yağış anomalisi yüzdelik değişimi (MGM, 2021) 19
Şekil 1.19 Amik ovası taşkın görüntüsü 22
Şekil 2.1 Bostanlı havzasının geometrik sonuçları (Onuşluel, 2005) 26
Şekil 2.2 Taşkına maruz kalabilecek alanların HEC-RAS ile bir boyutlu gösterimi (Onuşluel, 2005) 27
Şekil 2.3 Orta Doğu Dhaka'ya ait taşkın risk haritası (Masood & Takeuchi, 2012) . 29
Şekil 2.4 Trabzon Değirmendere 500 yıl tekerrürlü taşkın yayılım haritası (Serencam, 2013) 31
Şekil 2.5 100 yıl tekerrürlü 10m çözünürlüklü taşkın yayılım haritası (Sönmez, 2013) 32
Şekil 2.6 Edirne ili 100 yıl tekerrürlü taşkın yayılım haritası (Akkaya, 2016) 36
Şekil 2.7 %30 Kentleşme ve 50 yıllık taşkın debisine göre oluşturulan taşkın yayılım haritası (Dikici, 2016) 37
Şekil 2.8 100 yıllık taşkın debisi ile taşkın ıslahı öncesinde su altında kalan alanlara ait görsel (Uslu, 2017) 39

Şekil 2.9 200 yıl tekerrürlü taşkın model çıktısı ve imar planı üzerinde gösterimi (Damçayırı, 2018) 40
Şekil 2.10 1000 yıl frekanslı debi için Klavuz Yöntemi'ne göre taşkın haritası (Beden, 2019) 43
Şekil 2.11 Amik ovası bir boyutlu taşkın modeli (Ünes vd., 2020) 47
Şekil 3.1. İnovatif Şen Trend yöntemi değerlendirme kriterleri (Dabanlı, 2017) 56
Şekil 3.2 Standard normal dağılım grafiği ve H_0 hipotezinin kabul ve ret bölgeleri 58
Şekil 3.3. Çalışma alanı ve trend analizleri gerçekleştirilen istasyonların konumları (Google, 2021) 62
Şekil 3.4. HEC-RAS Ana ekran menü görüntüsü (Ardıçlıoğlu, 2017) 69
Şekil 3.5 HEC-RAS yazılımı ile oluşturulan 1 boyutlu akım ağı ve kesitler 72
Şekil 3.6 Oluşturulan 1 boyutlu HEC-RAS kesitleri 73
Şekil 3.7 HEC-RAS 2B hesaplama ağ yapısı terminolojisi (HEC-RAS 2D User's Manual, 2021) 76
Şekil 3.8 ALOS POLSAR verisi kullanılarak oluşturulan doğal SYM 78
Şekil 3.9 ASTER verisi kullanılarak oluşturulan doğal SYM 79
Şekil 3.10 SRTM verisi kullanılarak oluşturulan doğal SYM 80
Şekil 3.11. Çalışmada kullanılan Manning pürüzlülük katsayılarının HEC-RAS yazılımına katman olarak işlenmesi 83
Şekil 3.12 Çalışmada kullanılan Manning pürüzlülük katmanı 84
Şekil 3.13. Akım gözlem istasyonlarının konumu (Google, 2021) 85
Şekil 3.14 Amik ovası ana akım ağı (Hazır vd., 2016) 86
Şekil 3.15 1908-Asi Nehri Antakya AGİ 2012 taşkın hidrografı (DSİ 87
Şekil 3.16 19-026-Küçük Asi Hasanlı AGİ 2012 taşkın hidrografı (DSİ 87
Şekil 3.17 19030- Asi Nehri Eşrefiye AGİ 2012 taşkın hidrografı (DSİ) (Hazır vd., 2016) 88
Şekil 3.18 1906- Afrin Müşrüflü AGİ 2012 taşkın hidrografı (DSİ) (Hazır vd., 2016) 88
Şekil 3.19 1905- Karasu Torun AGİ 2012 taşkın hidrografı (DSİ) (Hazır vd., 2016) 89
Şekil 3.20 Amik ovası 2012 taşkını su yüzü kotu değişimi (DSİ) (Hazır vd., 2016) 89
Şekil 3.21 2 Şubat 2012 tarihli Amik ovası taşkın fotoğrafları (Hazır I. vd, 2016; Ünes vd., 2020) 90
Şekil 3.22 Antakya Meteoroloji Müdürlüğü Yağış verisi (2012 Ocak-Şubat) 92
Şekil 3.23 HEC-RAS yazılımında SYM oluşturma 94
Şekil 3.24 HEC-RAS yazılımında SYM ile uydu görüntüsünün çakıştırılması 95
Şekil 3.25 HEC-RAS yazılımı arazi örtüsü katmanı arayüzü 96
Şekil 3.26 HEC-RAS yazılımı 2 boyutlu alan özellikleri menüsü 97
Şekil 3.27 Çalışma alanı 2 boyutlu geometrisi ve ağ (mesh) yapısı 99
Şekil 3.28 HEC-RAS kararsız akım veri giriş ekranı 100
Şekil 3.29 SYM iyileştirme aşamaları 102
Şekil 4.1 Ocak ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 106
Şekil 4.2 Şubat ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 108
Şekil 4.3 Mart ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 109

Şekil 4.4 Nisan ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 110
Şekil 4.5 Mayıs ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 111
Şekil 4.6 Haziran ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 112
Şekil 4.7 Temmuz ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 113
Şekil 4.8 Ağustos ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 114
Şekil 4.9 Eylül ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 115
Şekil 4.10 Ekim ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 116
Şekil 4.11 Kasım ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 117
Şekil 4.12 Aralık ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 118
Şekil 4.13 Kış mevsimi ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 120
Şekil 4.14 İlkbahar mevsimi ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 121
Şekil 4.15 Yaz mevsimi ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 122
Şekil 4.16. Sonbahar mevsimi ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 123
Şekil 4.17. Yıllık ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 124
Şekil 4.18 Ocak ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 133
Şekil 4.19 Şubat ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 134
Şekil 4.20 Mart ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 135
Şekil 4.21 Nisan ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 136
Şekil 4.22 Mayıs ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 137
Şekil 4.23 Haziran ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 138
Şekil 4.24 Temmuz ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 139
Şekil 4.25 Ağustos ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 140
Şekil 4.26 Eylül ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 141

Şekil 4.27 Ekim ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 142
Şekil 4.28 Kasım ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 143
Şekil 4.29 Aralık ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 144
Şekil 4.30 Kış mevsimi toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 145
Şekil 4.31 İlkbahar mevsimi toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 146
Şekil 4.32 Yaz mevsimi toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 147
Şekil 4.33 Sonbahar mevsimi toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 148
Şekil 4.34 Yıllık toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 149
Şekil 4.35 Ocak ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 158
Şekil 4.36 Şubat ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 159
Şekil 4.37 Mart ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 160
Şekil 4.38 Nisan ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 161
Şekil 4.39 Mayıs ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 162
Şekil 4.40 Haziran ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 163
Şekil 4.41 Temmuz ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 164
Şekil 4.42 Ağustos ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 165
Şekil 4.43 Eylül ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 166
Şekil 4.44 Ekim ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 167
Şekil 4.45 Kasım ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 168
Şekil 4.46 Aralık ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 169
Şekil 4.47 Kış mevsimi ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 170
Şekil 4.48 İlkbahar mevsimi ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 171
Şekil 4.49 Yaz mevsimi ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 172

Şekil 4.50 Sonbahar mevsimi ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 173
Şekil 4.51 Yıllık ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 174
Şekil 4.52 Ocak ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 183
Şekil 4.53 Şubat ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 184
Şekil 4.54 Mart ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 185
Şekil 4.55 Nisan ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 186
Şekil 4.56 Mayıs ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 187
Şekil 4.57 Haziran ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 188
Şekil 4.58 Temmuz ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 189
Şekil 4.59 Ağustos ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 190
Şekil 4.60 Eylül ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 191
Şekil 4.61 Ekim ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 192
Şekil 4.62 Kasım ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 193
Şekil 4.63 Aralık ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 194
Şekil 4.64 Kış mevsimi ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 195
Şekil 4.65 İlkbahar mevsimi ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 196
Şekil 4.66 Yaz mevsimi ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 197
Şekil 4.67 Sonbahar mevsimi ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 198
Şekil 4.68 Yıllık ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 199
Şekil 4.69 1905-Karasu Torun AGİ maksimum debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 208
Şekil 4.70 1905-Karasu Torun AGİ ortalama debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 209
Şekil 4.71 1906-Afrin Deresi AGİ maksimum debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 210
Şekil 4.72 1906-Afrin Deresi AGİ ortalama debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 211

Şekil 4.73 1907-Asi Demirköprü AGİ maksimum debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 212
Şekil 4.74 1907-Asi Demirköprü AGİ ortalama debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 213
Şekil 4.75 1908-Asi Antakya AGİ maksimum debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 214
Şekil 4.76 1908-Asi Antakya AGİ ortalama debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 215
Şekil 4.77 Şiddetli yağış görülen gün sayısı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları 220
Şekil 4.78 HEC-RAS yazılımı ile oluşturulan 1 boyutlu akım ağı 223
Şekil 4.79 Karasu (2) su yüzü profilleri a) 2750 m kesiti b) 50 m kesiti 225
Şekil 4.80 Karasu (2) kesiminde Sabit 216 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri 226
Şekil 4.81 Q= 216 m^3/s durumunda Karasu (2) perspektif görünüşü 227
Şekil 4.82 Karasu (1) su yüzü profilleri a) 5250 m kesiti b) 50 m kesiti 228
Şekil 4.83 Karasu (1) kesiminde Sabit 216 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri 229
Şekil 4.84 Q= 216 m^3/s durumunda Karasu (1) perspektif görünüşü 230
Şekil 4.85 Comba Kanalı su yüzü profilleri a) 5100 m kesiti b) 50 m kesiti 231
Şekil 4.86 Comba Kanalında Sabit 128 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri 232
Şekil 4.87 Q= 128 m^3/s durumunda Comba Kanalı 4500-5100m perspektif görünüşü 233
Şekil 4.88 Muratpaşa Kanalı su yüzü profilleri a) 6550 m kesiti b) 50 m kesiti 234
Şekil 4.89 Muratpaşa Kanalında sabit 128 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri 235
Şekil 4.90 Q= 128 m^3/s durumunda Muratpaşa Kanalı 6000-6550 m perspektif görünüşü 236
Şekil 4.91 Afrin (2) Kanalı su yüzü profilleri a) 5300 m kesiti b) 100 m kesiti 237
Şekil 4.92 Afrin (2) Kanalında sabit 256 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri 238
Şekil 4.93 Q= 256 m^3/s durumunda Afrin (2) 4500-5300 m perspektif görünüşü 239
Şekil 4.94 Afrin (1) Kanalı su yüzü profilleri a) 1250 m kesiti b) 50 m kesiti 240
Şekil 4.95 Afrin (1) Kanalında sabit 256 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri 241
Şekil 4.96 Q= 256 m^3/s durumunda Afrin (1) 500-1250 m perspektif görünüşü 242
Şekil 4.97 Küçük Asi nehri su yüzü profilleri a) 1000 m kesiti b) 0 m kesiti 243
Şekil 4.98 Küçük Asi nehri sabit 472 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri 244
Şekil 4.99 Q= 472 m^3/s durumunda Küçük Asi nehri 0-1000 m perspektif görünüşü 245
Şekil 4.100 1 No'lu model maksimum derinlik değerleri 248
Şekil 4.101 1 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları 249
Şekil 4.102 Model 1'de Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar 250

Şekil 4.103 1 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 251
Şekil 4.104 Asi nehri kesit bilgileri-Model 1 252
Şekil 4.105 2 No'lu model maksimum derinlik değerleri 254
Şekil 4.106 2 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları 255
Şekil 4.107 Model 2'de Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar 256
Şekil 4.108 2 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 257
Şekil 4.109 Asi nehri kesit bilgileri-Model 2 258
Şekil 4.110 3 No'lu model maksimum derinlik değerleri 259
Şekil 4.111 3 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları 260
Şekil 4.112 Model 3'de Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar 261
Şekil 4.113 3 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 262
Şekil 4.114 Asi nehri kesit bilgileri-Model 3 263
Şekil 4.115 4 No'lu model maksimum derinlik değerleri 264
Şekil 4.116 4 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları 265
Şekil 4.117 Model 4'de Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar 266
Şekil 4.118 4 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 267
Şekil 4.119 Asi nehri kesit bilgileri-Model 4 268
Şekil 4.120 5 No'lu model maksimum derinlik değerleri 269
Şekil 4.121 5 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları 270
Şekil 4.122 Model 5'de Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar 271
Şekil 4.123 5 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 272
Şekil 4.124 Asi nehri kesit bilgileri-Model 5 273
Şekil 4.125 6 No'lu model maksimum derinlik değerleri 274
Şekil 4.126 6 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları 275
Şekil 4.127 Model 6'da Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar 276
Şekil 4.128 6 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 277
Şekil 4.129 Asi nehri kesit bilgileri-Model 6 278
Şekil 4.130 7 No'lu model maksimum derinlik değerleri 279
Şekil 4.131 Q_2 durumunda su altında kalan alanların sınırları 280
Şekil 4.132 7 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 281
Şekil 4.133 Asi nehri kesit bilgileri-Model 7 282
Şekil 4.134 8 No'lu model maksimum derinlik değerleri 283
Şekil 4.135 Q_5 durumunda su altında kalan alanların sınırları 284
Şekil 4.136 8 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 285
Şekil 4.137 Asi nehri kesit bilgileri-Model 8 286
Şekil 4.138 9 No'lu model maksimum derinlik değerleri 287
Şekil 4.139 Q_{10} durumunda su altında kalan alanların sınırları 288
Şekil 4.140 9 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 289
Şekil 4.141 Asi nehri kesit bilgileri-Model 9 290
Şekil 4.142 10 No'lu model maksimum derinlik değerleri 291
Şekil 4.143 Q_{25} durumunda su altında kalan alanların sınırları 292

Şekil 4.144 10 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 293
Şekil 4.145 Asi nehri kesit bilgileri-Model 10 294
Şekil 4.146 11 No'lu model maksimum derinlik değerleri 295
Şekil 4.147 Q_{50} durumunda su altında kalan alanların sınırları 296
Şekil 4.148 11 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 297
Şekil 4.149 Asi nehri kesit bilgileri-Model 11 298
Şekil 4.150 12 No'lu model maksimum derinlik değerleri 299
Şekil 4.151 Q_{100} durumunda su altında kalan alanların sınırları 300
Şekil 4.152 12 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 301
Şekil 4.153 Asi nehri kesit bilgileri-Model 12 302
Şekil 4.154 13 No'lu model maksimum derinlik değerleri 304
Şekil 4.155 Q_{500} durumunda su altında kalan alanların sınırları 305
Şekil 4.156 13 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 306
Şekil 4.157 Asi nehri kesit bilgileri-Model 13 307
Şekil 4.158 14 No'lu model maksimum derinlik değerleri 308
Şekil 4.159 14 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi 310
Şekil 4.160 Asi nehri kesit bilgileri-Model 14 311
Şekil 4.161 a) Maksimum taşkın durumunda 6 No'lu model Google earth görüntüsü 313
b) Landsat 7 ETM+ uydusu 3 Mart 2012 Amik ovası taşkın görüntüsü (Hazır vd., 2016) 313

SİMGELER ve KISALTMALAR

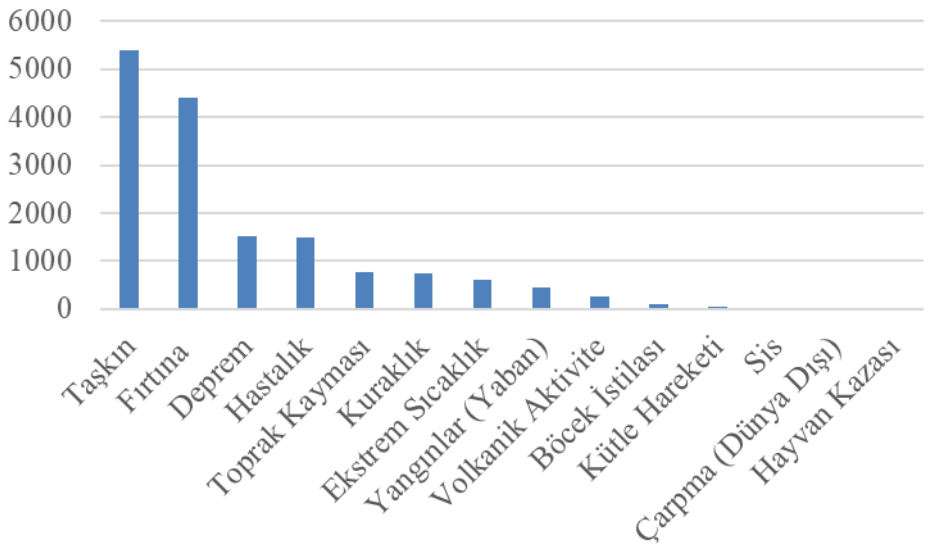
AGİ	Akım gözlem istasyonu	(-)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri	(-)
CO_2	Karbondioksit	(-)
DSİ	Devlet Su İşleri	(-)
H_0	Sıfır (yokluk) hipotezi	(-)
H_a	Alternatif hipotez	(-)
LİDAR	Işık tespiti ve uzaklık tayini	(-)
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü	(-)
MK	Mann Kendall	(-)
n	Pürüzlülük katsayısı	(-)
P	Toplam yağış	(mm)
ppm	Milyonda bir birim	(-)
R	Yağış miktarı	(mm)
RH	Bağıl nem	(%)
S	Mann Kendall test istatistiği	(-)
SYM	Sayısal yükseklik modeli	(-)
T	Hava sıcaklığı	(°C)
WS	Rüzgar hızı	(m/s)
Z_{SR}	Spearman's Rho z istatistiği	(-)
α	Önem katsayısı	(-)
Q_x	X yıl frekanslı pik debi değeri	(m^3/s)

1. GİRİŞ

Taşkın, genel olarak bir akarsuyun çeşitli sebeplerle normal yatağından çıkarak akış güzergahı üzerinde bulunan yerleşim yerlerini, tarım arazilerini, bina, köprü, yollar gibi yapısal alanları etkileyerek ilgili bölgedeki sosyal ve ekonomik aktiviteyi olumsuz etkileyen tabii bir olay olarak tanımlanmaktadır. Avrupa Birliği 2007 yılında ele aldığı taşkın direktifinde taşkını "normal olarak suyla kaplı olmayan kara parçasının geçici süreyle su ile kaplanması" olarak tanımlamıştır ve kanalizasyon taşkınlarını bu tanımın dışında tutmuştur (Taşkın Direktifi, 2007). Taşkın olayı ilk düşünüldüğünde afet olarak ele alınmasına rağmen, bu tabii olayının afete dönüşmesi genellikle insan kaynaklı etkilerden kaynaklanmaktadır. Normal şartlarda taşkın sularının taşıdığı zengin mineralli alüvyonlar sayesinde çevresel döngüde olumlu bir katkısı olduğu bile bilinmektedir. Akarsu yatağındaki yapılaşmalar, akarsu çevresindeki nüfus artışı, sanayileşme gibi etkiler taşkın olayını afete dönüştüren insan kaynaklı etkilerdir. İnsan kaynaklı bu etkiler çoğu zaman doğrudan etkiler olsa da son zamanlarda sıkça gündeme gelen küresel iklim değişikliği de taşkın afetinde insan kaynaklı dolaylı etkilerden sayılabilir. Zira iklim değişikliğinin taşkın afeti üzerinde etkileri olduğu bilinirken, iklim değişikliğinin önemli sebeplerinin insan kaynaklı etkiler olduğu (Karbon salınımı) da bilinmektedir.

Taşkınlar, beşeri veya doğal kaynaklı olmaları bir yana dünyada ve ülkemizde can ve mal kaybı açısından meydana gelen en önemli afetlerdendir. Dünya sağlık örgütü (WHO) ve Belçika hükümeti tarafından 1988 yılında kurulan ve Acil durum olayları veri tabanı olarak çevirebileceğimiz Emergency Events Database (EM-DAT) organizasyonun güncel verilerine göre taşkın felaketi 1900 yılından 2020 yılına kadar bildirilen doğal felaketler arasında ilk sırada yer almaktadır. Taşkın olayının dünya genelinde yaşanma sıklığını göstermesi açısından Şekil 1.1 önemlidir.

Şekil 1.1 ile verilen histogramda 1900-2020 yılları arasında 5381 olayla dünya genelinde en çok bildirilen doğal afetin taşkınlar olduğu görülmektedir. Taşkın afetini 4401 olay sayısı ile fırtınalar izlerken, depremler ise 1525 olay sayısı ile üçüncü sırada yer almaktadır.

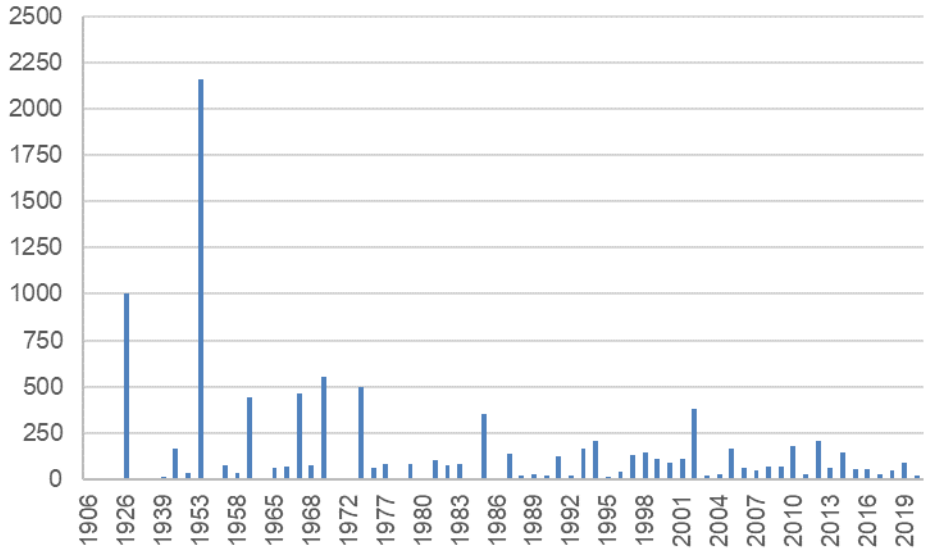


Şekil 1.1 EM-DAT verilerine göre dünya genelinde bildirilen afetlerin sayısı (EM-DAT, 2021)

Uluslararası afet veri tabanı (EM-DAT) doğal afetleri iklimsel, meteorolojik, hidrolojik, biyolojik, jeofiziksel, uzay kaynaklı, olarak alt gruplara ayırmıştır. Bu sınıflamaya göre örneğin; kuraklık iklimsel, fırtına meteorolojik sınıfa girerken taşkın ise hidrolojik sınıfa dahil edilmiştir.

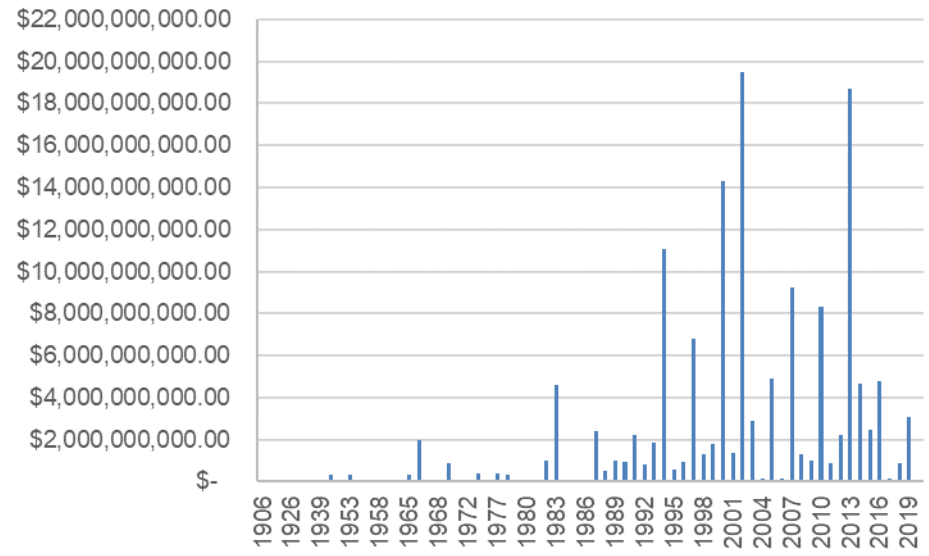
Yine (EM-DAT) verilerine göre Avrupa kıtasında 1906-2020 yılları arasında toplam 646 taşkın olayı bildirilmiştir. Bildirilen bu taşkınlarda yıllara göre meydana gelen can kayıpları Şekil 1.2 ile verilmiştir. Verilere göre Avrupa kıtası genelinde meydana gelen taşkın olaylarında can kaybı sayılarında son yıllarda bir miktar azalma olduğu görülmektedir.

Şekil 1.2 ile verilen grafik can kaybı sayılarında azalma olduğunu gösterse dahi, bu durum Avrupa kıtasının taşkınlardan daha az etkilendiğini göstermemektedir. Kıtada bildirilen toplam 646 taşkında yıllara göre toplam maddi zarar Şekil 1.3 ile verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde yıllara göre taşkınların Avrupa kıtasına verdiği maddi zararların boyutunun arttığı görülecektir.



Şekil 1.2 Yılara göre Avrupa kıtası genelinde bildirilen taşkınlarda yaşanan can kaybı sayıları (EM-DAT, 2021)

(EM-DAT) verilerine göre Avrupa kıtasında taşkın nedeniyle en fazla can kaybı 2163 ile 1953 yılında yaşanmıştır. Bu can kayıplarının en önemli nedeni aynı yıl Hollanda'da yaşanan ve 2000 kişinin hayatını kaybettiği kıyı taşkınıdır.

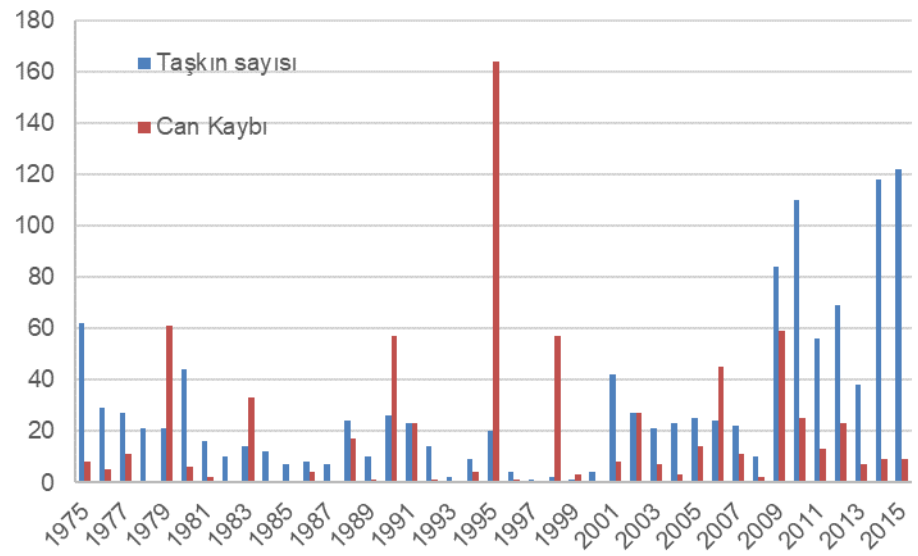


Şekil 1.3 Yılara göre Avrupa kıtası genelinde bildirilen taşkınlarda yaşanan toplam maddi zararlar (Amerikan doları cinsinden) ((EM-DAT), 2021)

Birçok gelişmiş ülkeye ev sahipliği yapan Avrupa kıtasında taşkın nedeniyle meydana gelen kayıpların arttığı Şekil 1.3 ile gösterilmiştir. Grafiğe göre en fazla

maddi kayıp 2002 yılında kaydedilmiş olup, zararın toplam tutarı bu yıl 19,463,515,000 Amerikan doları olmuştur. Aynı verilere göre zararın Avrupa kıtası için 1906-2020 yılları arasındaki toplam tutarı 144,062,566,000 Amerikan doları olarak kayıtlara geçmiştir. Bu maddi kayıpların telafisi gelişmiş ülkeler için bile ciddi boyutta bir mesele iken benzer afetlerle karşı karşıya kalması muhtemel gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerin uğrayacağı zararların telafisinin çok daha güç olacağını tahmin etmek zor değildir.

Ülkemizde ise Su Yönetimi Genel Müdürlüğü verilerine göre 1975-2015 yılları arasında yaşanan 1209 taşkında 720 insanımız hayatını kaybetmiştir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017). Ülkemizde yıllara göre yaşanan taşkın sayıları ve bu taşkınlarda yaşanan can kaybı sayıları Şekil 1.4 ile verilmiştir.

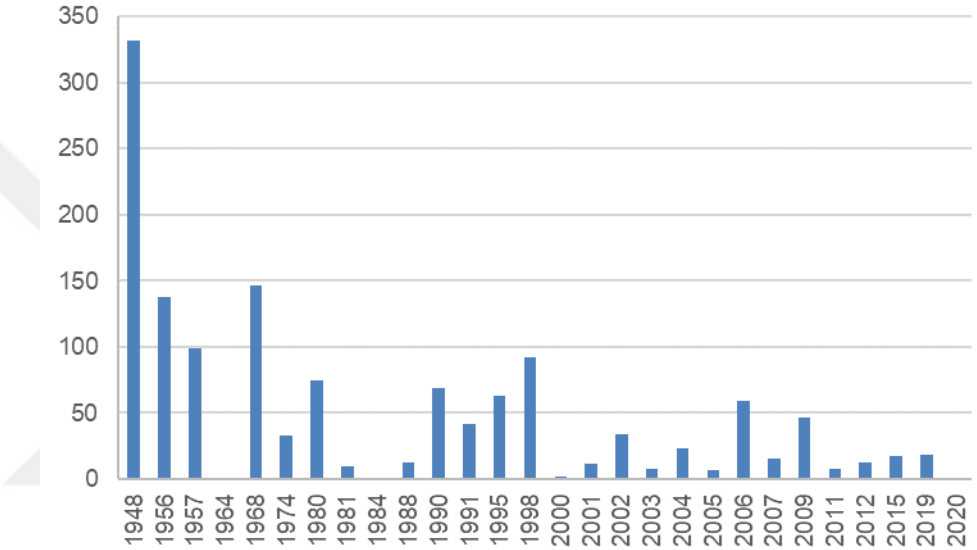


Şekil 1.4 Ülkemizde yıllara göre yaşanan taşkın sayıları ve bu taşkınlarda yaşanan can kayıpları sayısı (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017)

Şekil 1.4 grafiğinden anlaşılacağı üzere ülkemizde son yıllarda taşkın nedeniyle yaşanan can kayıplarında bir azalma söz konusudur. Ancak bu azalma yaşanan taşkın sayılarının azalmasından kaynaklanmamaktadır, çünkü aynı grafikte verilen taşkın sayısı değerleri bu durumun tam tersine işaret etmektedir. Yani kısaca son yıllarda ülkemizde taşkın sayılarında artış söz konusu iken can kayıplarında bir azalma söz konusudur.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü verilerine göre ilgili dönemde ülkemizde taşkın nedeniyle en fazla can kaybı 1995 yılında yaşanmıştır. Bu yılda taşkınlarda toplamda 164 insanımız hayatını kaybetmiştir. En fazla taşkın ise 122 olay ile 2015 yılında yaşanmıştır. 1975-2015 yılları arasında yaşanan toplam 1209 taşkında 893,933 ha alan sular altında kalmıştır (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017).

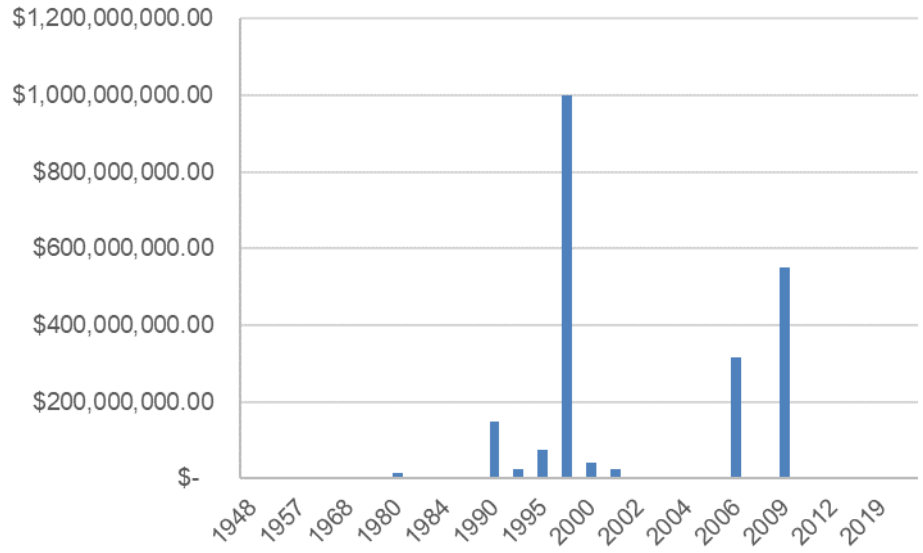
(EM-DAT) verilerine göre ise ülkemizde 1948-2020 yılları arasında bildirilen 45 taşkın olayı kayıtlara geçmiştir, bu taşkınlarda yaşanan can kayıpları Şekil 1.5 ile verilmiştir (EM-DAT, 2021).



Şekil 1.5 Ülkemizde 1948-2020 yılları arasında taşkınlara bağlı yaşanan can kaybı sayılarının yıllara göre değişimi (EM-DAT, 2021)

Ülkemizde taşkına bağlı can kayıplarının yıllara göre azaldığı (EM-DAT) verileri ile oluşturulan ve daha uzun bir dönemi kapsayan Şekil 1.5. grafiği ile daha net anlaşılmaktadır. Grafiğe göre 1948 yılı 332 can kaybı ile en fazla can kaybının yaşandığı yıl olmuştur. Taşkın afetinin önemli bir boyutu olan maddi zararlar, ülkemiz özelinde (EM-DAT) verileri kullanılarak Şekil 1.6 ile gösterilmiştir. Grafikte birçok yılda taşkın yaşanmasına rağmen maddi kayıp bildirilmediği görülmektedir. Bu durum bahsi geçen yıllarda yaşanan taşkınlarda maddi kayıp olmayabileceğini gösterdiği gibi, bildirilmiş bir hasar tespit çalışması yapılmadığını da gösterebilmektedir. Sadece kayıtlara geçen maddi kayıplar bile göz önünde bulundurulduğunda ülkemizin taşkın nedeniyle yaşadığı maddi kayıplar 2,195,500,000 Amerikan dolarını bulmaktadır. Şekil 1.6 ile verilen grafikten

anlaşılacağı üzere en fazla kayıp 1,000,000,000 Amerikan doları ile 1998 yılında bildirilmiştir.



Şekil 1.6 Ülkemizde 1948-2020 yılları arasında taşkınlara bağlı yaşanan maddi kayıplar (Amerikan doları cinsinden) ((EM-DAT), 2021)

Taşkın konusunun ne denli önemli bir konu olduğunun anlaşılması açısından dünya genelinde, Avrupa kıtasında ve ülkemizde geçmişte yaşanan afetlere ait detaylı istatistikler yukarıdaki gibi paylaşılmıştır. Yaşanma sıklığı, can ve mal kayıplarına neden olması, sosyal ve ekonomik hayatı kısmen veya tamamen durdurma ihtimali konu üzerinde daha detaylı çalışmalar yapılmasını ve bölgesel stratejiler geliştirmek gerekliliğini ortaya koymaktadır.

1.1 Taşkın Türleri

Taşkınlar genellikle oluş yerleri, oluşma zamanları ve gerçekleşme sürelerine göre sınıflandırılmaktadır. Oluş yerlerine göre taşkınlar, kıyı taşkınları, nehir taşkınları, şehir taşkınları, dağlık bölge taşkınları, göl taşkınları ve yeraltı suyu taşkınları şeklinde alt kategorilere ayrılabilir. Oluş zamanına göre taşkınlar mevsimsel özelliklere bağlı olarak kış taşkınları, ilkbahar taşkınları ve yaz taşkınları olarak sınıflandırılabilir. Oluşma zamanlarına göre taşkınlar ise ani taşkınlar ve uzun sürede oluşan taşkınlar olarak ayrılabilir. Başlıca taşkın türleri ülkemizden ve dünyadan görseller kullanılarak aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

1.1.1 Kıyı Taşkınları

Fırtına, tsunami gibi etkenler nedeniyle kabaran deniz suyunun kıyı şeridini basması ile oluşan taşkınlardır.



Şekil 1.7 Kıyı taşkını örneği (DHI, 2019)

Şekil 1.7 ile deniz kabarması sonucunda oluşan bir taşkına ait görsel paylaşılmıştır.

1.1.2 Nehir Taşkınları

Normal debisinin üzerinde bir debi taşımak durumunda kalan, veya kesiti herhangi bir şekilde değiştirilen nehirlerde meydana gelen taşkınlardır. Yoğun yağış, ani kar erimesi nehir taşkınlarının en önemli nedenlerindendir.



Şekil 1.8 Nehir taşkını örneği (Demirci, 2014)

Şekil 1.8 ile Edirne ilinde bulunan ve sık sık taşkın nedeniyle gündeme gelen Meriç ve Tunca nehirlerinin şiddetli yağış nedeniyle taşması sonucu ortaya çıkan görüntü verilmiştir.

1.1.3 Şehir Taşkınları

Adında da anlaşılacağı üzere yerleşim yerlerinde meydana gelen taşkınlardır. Şehirlerde bina, yol, köprü gibi yapılaşmaların yoğunluğu suyun sızmasını geciktiren ve hatta bazı durumlarda tamamen engelleyen bir unsurdur (Kadıoğlu, 2008). Sızması mümkün olmayan yüzeysel akışa geçen yağış mevcut drenaj ve kanalizasyon sistemleri ile tahliye edilemediği durumlarda şehirlerde taşkına neden olmaktadır.



Şekil 1.9 Şehir taşkını örneği (Turoğlu, 2016)

Şekil 1.9 ile Artvin ili Arhavi ilçesinde Eylül 2016 da meydana gelen ve şehir merkezini etkileyen taşkına ait bir görsel paylaşılmıştır.

1.1.4 Dağlık Bölge Taşkınları

Çoğunlukla yağış ve kar erimesi sonucu meydana gelen taşkınlar olarak tanımlanırlar (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017).



Şekil 1.10 Dağlık Bölge taşkın örneği (Theintelligentplug.com, 2014)

Şekil 1.10 bir dağlık bölge taşkının neden olduğu tahribatı gösteren bir örnek olarak verilmiştir.

1.1.5 Göl Taşkınları

Gölü besleyen kaynaklar veya rüzgar dolayısıyla su seviyesinin artışının neden olduğu taşkınlardır (Sönmez, 2013).



Şekil 1.11 Göl taşkınları Victoria örneği (independent.co.ug, 2020)

Şekil 1.11 ile dünyanın en büyük ikinci tatlı su gölü olarak bilinen Victoria gölünün taşması sonucu ortaya çıkan görüntü paylaşılmıştır.

1.2 Taşkına Neden Olan Faktörler

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Küresel Su Birliği (GWP) taşkına neden olan etmenleri meteorolojik, hidrolojik ve insan kaynaklı olarak gruplandırmışlardır. Buna göre taşkına neden olan meteorolojik olaylar; yağış, sıcaklık, kar erimesi ve kar yağışı, fırtınalar olarak sıralanırken hidrolojik etkiler; su geçirmez alanlar, toprak nemi, yeraltı su seviyesi, sızma, kanal pürüzlülüğü, drenajı engelleyen oluşumlar olarak sınıflandırılmıştır. Taşkına neden olan insan kaynaklı etkiler ise taşkın yatağının kullanıma açılması suretiyle akımın sekteye uğratılması, arazinin doğal yapısı dışında kullanımının neden olduğu yüzey sızdırmasının engellenmesi, altyapının olmaması veya var olan altyapının taşkın anında ihtiyaca cevap vermemesi, şehirdeki mikro-klima bölgelerinin yağışa etkisi, iklim değişikliği nedeniyle yağış sıklığının değişmesi şeklinde sıralanmıştır (WMO/GWP, 2008).

1.3 Taşkın Zararları

Taşkınlar insanlar ve diğer canlılar üzerinde doğrudan ve dolaylı birçok etkiye sahiptir. Doğrudan etkiler ile taşkın anında gerçekleşebilecek ölüm, yaralanmalar ve çevresel yıkımlar kastedilirken dolaylı etkiler ile taşkın sonrasında ortaya çıkabilecek üretim aksaklıkları nedeniyle artacak işsizlik, taşkının taşıdığı zararlı mikroorganizmalar nedeniyle oluşabilecek hastalıklar ve psikolojik rahatsızlıklar kastedilmektedir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017).

Taşkınların neden olduğu zararlar üç ana başlık atında sosyal, ekonomik ve çevresel etkiler olarak sınıflandırılabilir (Uslu, 2017).

Sosyal etkiler;

- Taşkına bağlı can kayıpları ve yaralanmalar,
- Psikolojik rahatsızlıklar,
- Salgın hastalıklar,
- Üretim kapasitesinin azalmasına bağlı olarak artan işsizlik,
- Göç olaylarının artması

Ekonomik etkiler;

- Yapılarda ve arazilerde meydana gelen kayıpların maliyeti,
- Tarımsal üretimde yaşanan maddi zararlar,
- Kentsel altyapının yeniden hizmete girmesinin maliyeti,
- Üretim kapasitesinin azalması ve alım gücünün zayıflaması,
- Ekonomik gelişmede zayıflama

Çevresel etkiler;

- Yapısal olarak yaşanan yıkımlar,
- Altyapı zararları,
- Ekolojik (çevresel) bozulma (Zehirli maddelerin, suya ve toprağa karışması, taşkının erozyona ve toprak kaymasına zemin hazırlaması vb.) (Çetin & Tezer, 2013).

1.4 İklim Değişikliği

Günümüzde pek çok alanda iklim değişikliğine bağlı olarak gelecekte meydana gelebilecek olumsuzluklar araştırma konusu olmaktadır. İklim değişikliği; fosil yakıt kullanımındaki hızlı artış, arazi kullanımındaki dengesizliğe bağlı olarak hızla ormansızlaştırılan alanlar, nüfus artışına bağlı gelişen ve çeşitlenen ihtiyaçlara cevap vermeye çalışan sanayinin aktifliği ve çevresel etkileri gibi insan kaynaklı etmenler dolayısıyla başta karbondioksit olmak üzere sera gazlarının hızlı birikiminden kaynaklı doğal sera etkisinin, dünyanın ortalama yüzey sıcaklığında artışa neden olması sonucu iklimde meydana gelen değişiklikler olarak tanımlanmaktadır.

Temel amacı bilim temelinde iklim değişikliğini değerlendirmek olan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Platformu (IPCC), Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler çevre programı (UNEP) tarafından 1988 yılında kurulmuştur. Dünya iklim sistemi ile ilgili değerlendirme raporları hazırlayıp yayınlayan bu platform raporlarından ilkini 1990 yılında yayınlamıştır. Genel olarak beş ile yedi yıl arasında bir değerlendirme raporu yayınlayan platformun son raporu 2013 yılında yayınlanmıştır. Bir sonraki raporun 2022 yılında onaylanarak yayınlanması beklenmektedir. Dünya iklim değerlendirmesi açısından temel kabul edilen bu

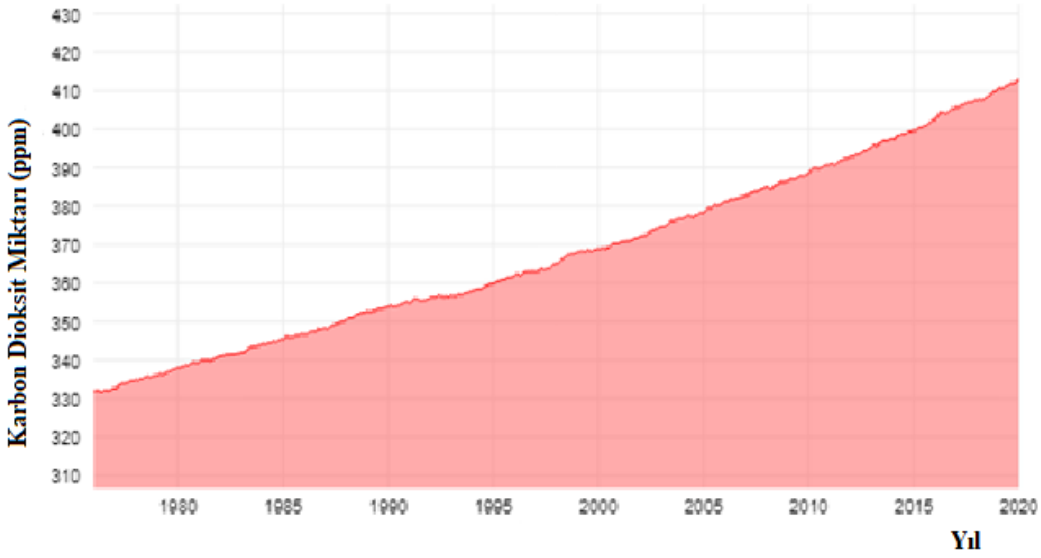
platform oluşturulma nedenini "politika yapıcılara iklim değişikliği, etkileri ve gelecekteki potansiyel riskleri hakkında düzenli bilimsel değerlendirmeler sağlamak ve ayrıca uyum ve azaltma seçeneklerini ortaya koymak" olarak açıklamaktadır.

IPCC yayınlanan son değerlendirme raporunda küresel ortalama yüzey sıcaklığının 1901 yılı baz alınmak üzere 0.89 °C arttığı ve bu artışın önemli bir kısmı olan 0.6 °C'lik kısmının 1950 yılından sonra gerçekleştiği vurgulanmıştır. Aynı raporda artan yüzey sıcaklığı nedeniyle yılda yaklaşık 275 milyon ton dünya buzulunun yok olduğu, küresel deniz seviyesinin baz alınan 1901 yılından 2013'e kadar 19 cm yükseldiği ve bu yükselmenin yılda yaklaşık 3.2 mm olarak devam ettiği belirtilmiştir. Raporda ayrıca yaşanan iklim değişikliği nedeniyle ekstrem meteorolojik olaylarının yaşanma sıklığında artış olduğu (şiddetli yağışlar ve sıcak hava dalgaları gibi) deklare edilmiştir (IPCC, 2014).

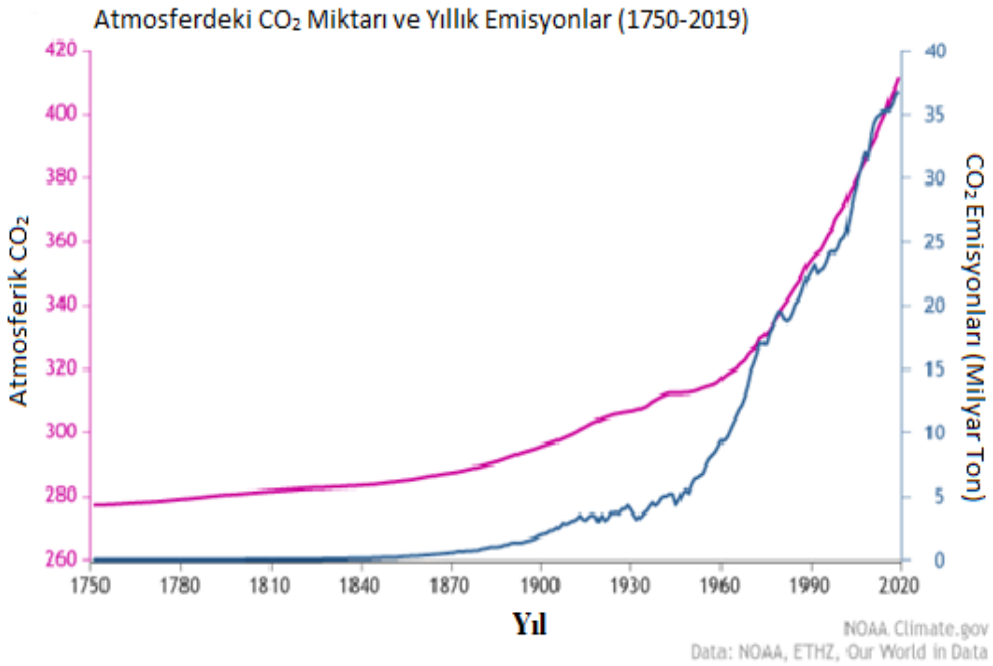
İklim değişikliğinin başlıca nedeninin atmosferde biriken sera gazları olduğu bilinmektedir. Aslında sera gazlarının atmosferde belli bir oranda bulunması küresel yüzey sıcaklığının belli bir seviyede tutulabilmesi için hayati önem taşımaktadır. Zira sera gazlarının olmadığı bir durumda küresel yüzey sıcaklığının -18 °C olacağı düşünülmektedir (www.wwf.org.tr, 2021). Bununla birlikte atmosferdeki sera gazlarının oranının hızlı artışı 1750'li yıllarda başlayan sanayi devrimi ile ilişkilendirilmektedir. Bu tarihten sonra atmosferdeki karbondioksitin oranı 280 ppm'den 394 ppm'e yükselmiştir. Hükümetler arası iklim değişikliği paneli (IPCC) bu artışın en önemli iki nedeni olarak fosil yakıt kullanımını ve arazi kullanımını (özellikle ormansızlaştırma) göstermektedir.

Küresel atmosferik CO_2 oranının çarpıcı artışı Şekil 1.12 ile verilen grafikle anlaşılabilir. Şekil 1.12 ile verilen grafik incelendiğinde 2019 yılında küresel atmosferik CO_2 miktarının 409.8 ppm ile yeni bir rekora ulaştığı görülmektedir. Grafikteki artış trendinin büyüklüğü barizdir. 2018 ile 2019 dönemindeki artış yaklaşık olarak 2.5 ppm olmuştur ve bu yaklaşık olarak 2017 ile 2018 dönemi için gerçekleşen artış ile aynıdır. Oysa 1960'lı yıllarda bu artış yaklaşık olarak 0.6 ppm dolaylarında idi (Lindsey, 2020). Tek başına küresel atmosferik CO_2 salınımının miktarındaki hızlı yükseliş dahi konunun ciddiyetini ortaya koymak için yeterlidir. Bunun yanında Şekil 1.13 ile verilen ve uzun yıllara dayanan atmosferdeki

karbondioksit ve yıllık emisyonları grafiği özellikle 1870 yılından itibaren gerçekleşen kırılmayı göstermesi açısından önemlidir.



Şekil 1.12 Yıllara göre küresel atmosferik CO_2 miktarı (ppm) (Lindsey, 2020)

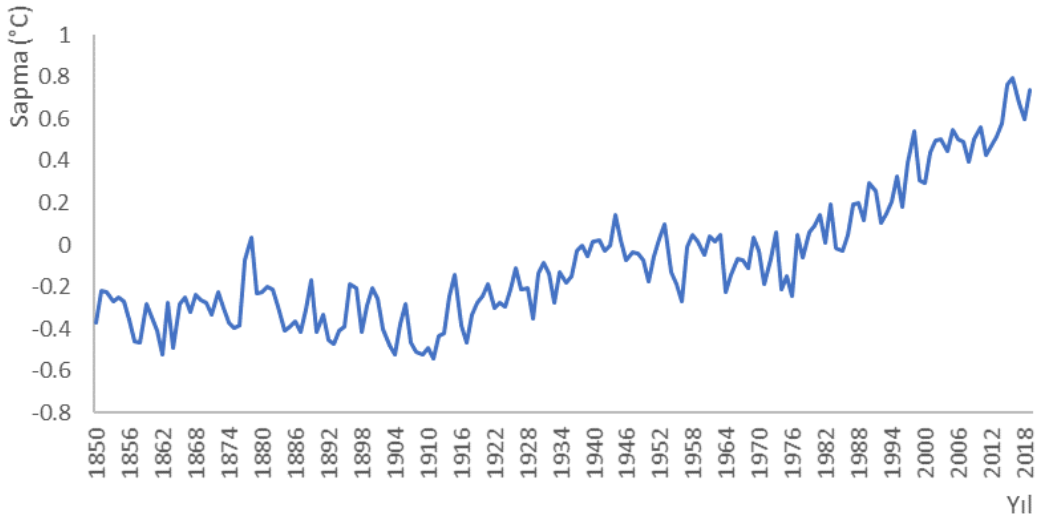


Şekil 1.13 Yıllara göre atmosferik CO_2 ve CO_2 emisyonları (Lindsey, 2020)

Genel amacını iklim bilimini ve iklim ilişkili olayları halka anlatmak, özel sektörü ve ulusal ekonomileri iklim değişikliğinin etkilerine karşı bilgilendirmek olarak

açıklayan NOAA Climate.gov adresinden alınan grafik orijinal haliyle Şekil 1.13 ile paylaşılmıştır. Grafikte 1750 yılından 2019'a kadar geçen süreçte CO_2 emisyonlarındaki artış milyar ton cinsinden verilmiş (mavi renkli çizgi), buna karşın atmosferik CO_2 atmosferik karbondioksit miktarının değişimi milyon başına parçacık cinsinden (fuşya renkli çizgi) verilmiştir. Grafiğe göre özellikle 1870 yılından itibaren CO_2 emisyonlarındaki hızlı artışa paralel olarak atmosferik karbondioksit miktarındaki keskin artış göze çarpmaktadır.

Bu artışın küresel sıcaklık anomalileri üzerindeki etkisi Şekil 1.14 ile gösterilmiştir. Şekil 1.14 incelendiğinde özellikle 1980'lerden sonra küresel sıcaklık anomalilerinde ciddi artış olduğu görülmektedir. Şekil 1.13 ile verilen atmosferik CO_2 ve CO_2 emisyonları grafiği beraber incelendiğinde Şekil 1.14 ile benzer şekilde özellikle 1970'lerden sonra hem CO_2 emisyonlarında hem de atmosferik CO_2 miktarlarında ani bir sıçrama olduğu görülecektir.



Şekil 1.14 1961-1990 yıllarının ortalamalarına göre küresel sıcak anomalileri (Ortalama) (Hannah & Max, 2017)

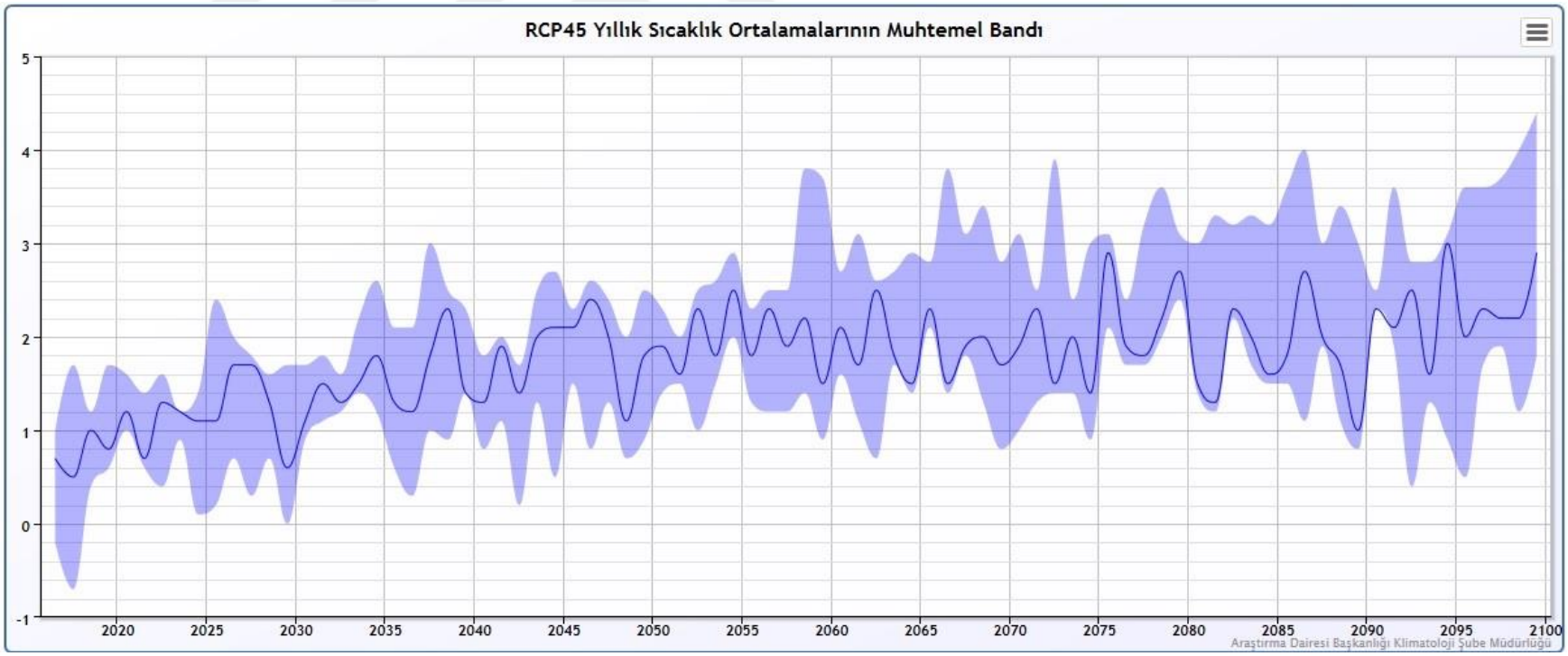
Küresel ölçekte karbon salınımı ve yüzey sıcaklıklarındaki hızlı artış detayları ile yukarıdaki gibi açıklanırken, bu durumun ülkemiz özelindeki etkilerini de eklemek konunun ülkemiz açısından da ne kadar ehemmiyetli olduğunu göstermesi

açısından yerinde olacaktır. Bu kapsamda Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye için iklim projeksiyonları yaparak yayınlamıştır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün (MGM) paylaştığı çalışmada 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 gelecek periyotlarına sahip ve 1971-2000 periyodunu referans alan üç farklı küresel iklim modeli kullanılmıştır (MGM, 2021). Kullanılan bu küresel modeller HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M olmuştur. Veri seti olarak seçilen bu modeller RegCM4.3.4 Bölgesel Modeli tabanlı dinamik ölçek küçültme yöntemiyle RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre çalışılmıştır.

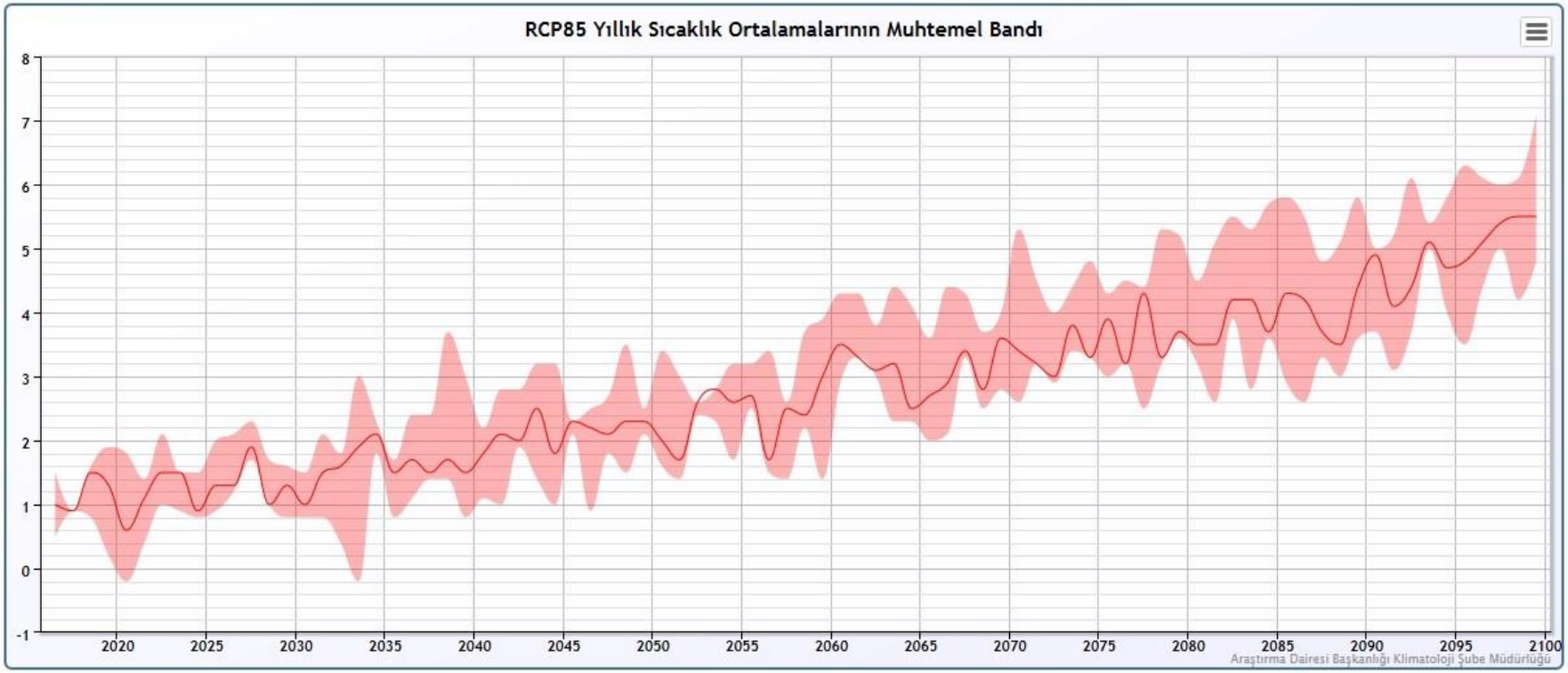
Ülkemiz için yapılan bu iklim projeksiyonlarının 20 km çözünürlüklü olduğu belirtilmiş, sıcaklık ve yağış için farklı senaryolara göre grafikler hazırlanmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün hazırladığı bu grafiklerden birkaç tanesi Şekil 1.15-1.18 ile verilmiştir.

Şekil 1.15 ile gelecek dönemlerde ülkemizdeki sıcaklığın anomalisi RCP4.5 senaryosuna göre verilmiştir.



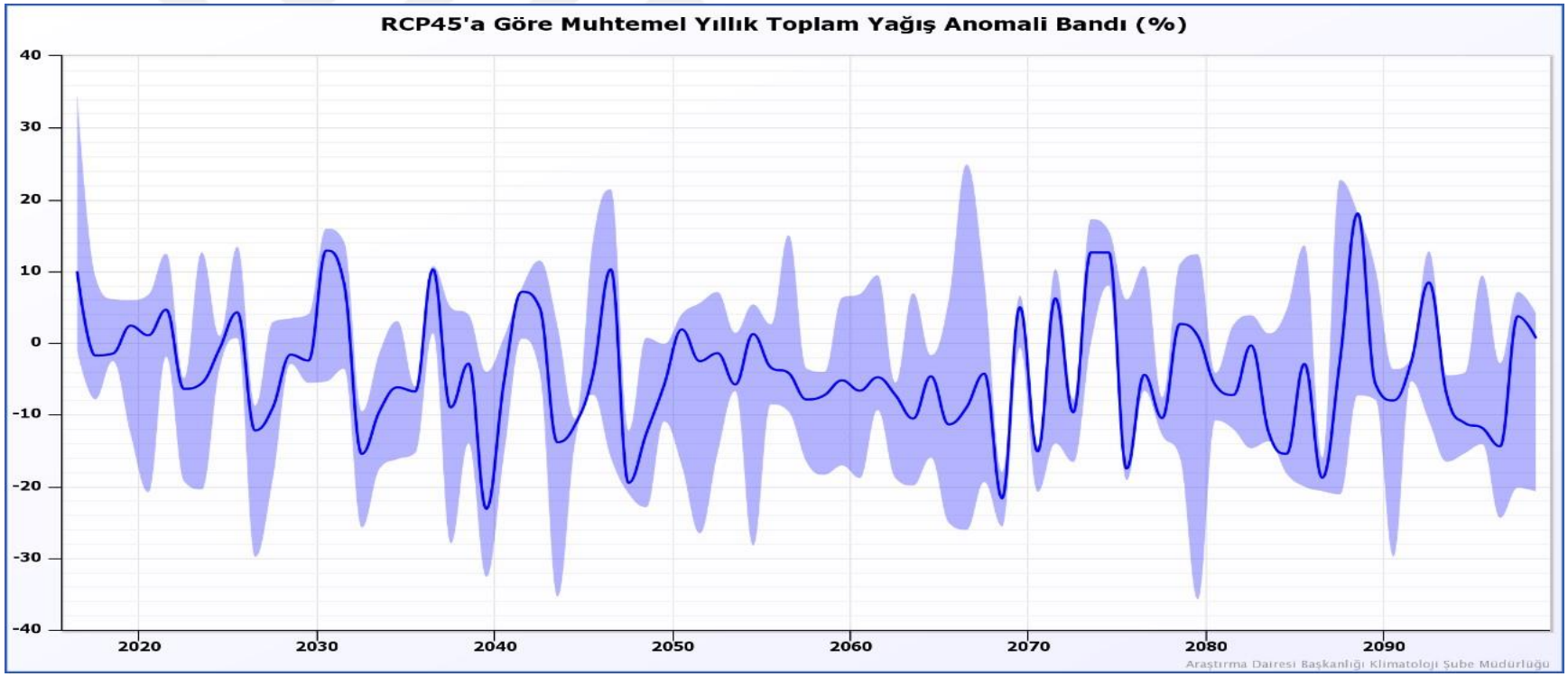
Şekil 1.15 RCP4.5 Senaryosuna göre sıcaklık ortalamalarının olası yıllık değişimi (MGM, 2021)

Şekil 1.15 ile paylaşılan grafikte HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M modellerinden en düşük değeri verenler alt bandı, en yüksek değeri verenler üst bandı oluşturmuş, ortadaki çizgi ile ifade edilen kısım ise medyan beklenti olmuştur. Şekil 1.15 ile verilen senaryoya göre ülkemiz yıllık ortalama sıcaklıklarının 2016-2099 döneminde ortalama 1.5 °C ile 2.6 °C arasında artacağı öngörülmüştür (MGM, 2021).



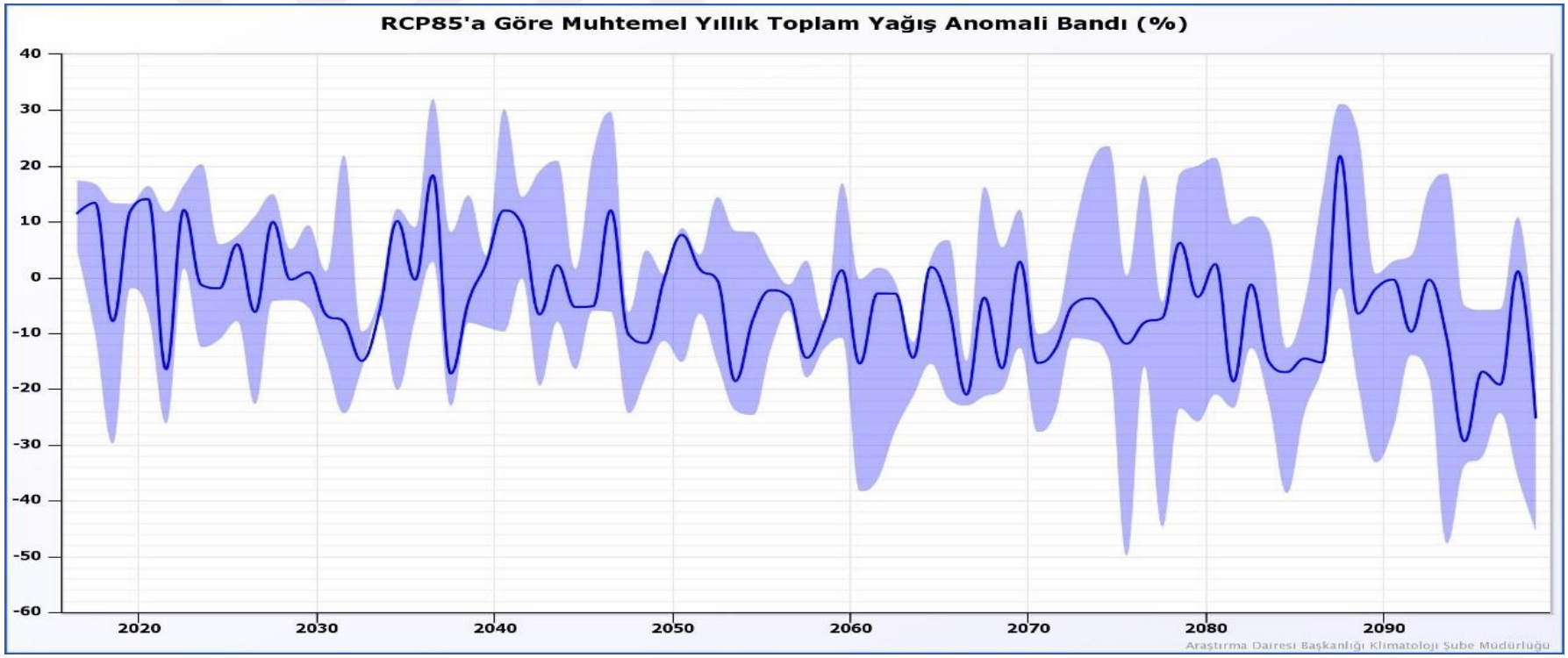
Şekil 1.16 RCP8.5 Senaryosuna göre sıcaklık ortalamalarının olası yıllık değişimi(MGM, 2021)

RCP8.5 senaryosuna göre ise aynı dönemde ülkemizde yıllık ortalama sıcaklıkların ortalama 2.5 °C ile 3.7 °C arasında artacağı öngörülmüştür. Bu senaryoya göre yıllık sıcaklık artışlarını gösteren grafik Şekil 1.16 ile verilmiştir. Aynı iklim senaryoları kullanılarak bir diğer önemli iklim parametresi olan yağış için elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.



Şekil 1.17 RCP4.5 senaryosu yıllık toplam yağış anomalisi yüzdelik değişimi (MGM, 2021)

Yıllık toplam yağış analizinde de daha önce sözü edilen 3 farklı küresel iklim modellerine göre analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 1.17'de alt band modellerden en düşük sonucu verene göre, üst band en yüksek sonucu verene göre belirlenmiş, ortada çizgi ile çizilen kısım ise medyana göre oluşturulmuştur. RCP4.5 senaryosuna göre Türkiye yıllık toplam yağışının yüzdelik olarak ortalama 3-6 puan arasında azalacağı öngörülmüştür. Şekil 1.18 ile ülkemizin yıllık toplam yağışının olası yüzdelik değişimi RCP8.5 senaryosuna göre verilmiştir.



Şekil 1.18 RCP8.5 senaryosu yıllık toplam yağış anomalisi yüzdelik değişimi (MGM, 2021)

Şekil 1.18 ile verilen grafik incelendiğinde yıllık toplam yağışın yüzdelik değişiminin ortalama olarak %3 artış ile %12 azalış arasında olacağı öngörülmüştür.

Özetle hem küresel ölçekte hem de ülkemiz özelinde paylaşılan bir çok çalışma iklim değişikliğinin etkilerinin artarak devam edeceğini öngörmektedir. Artan karbon salınımına bağlı olarak küresel yüzey sıcaklığında yaşanan artış ve buna bağlı gerçekleşen buzul erimeleri ve deniz seviyelerindeki yükselme iklim değişikliği sonuçlarını günümüzde yaşamaya başladığımızın göstergesidir. Bu değişimlerden hangi ülkenin ne oranda ve nasıl etkileneceği tam olarak kestirilemese bile bu konuda yapılan çalışmalar vardır ve geliştirilerek devam etmektedir. Bir önceki kısımda MGM tarafından ülkemiz açısından beklenen iklim değişikliği senaryoları paylaşıldı. Paylaşılan bütün senaryolarda ülkemizde önümüzdeki yıllarda ortalama sıcaklıklarda bir artış olacağı ve yağışlarda düzensizlikler olacağı raporlanmıştır. İklim değişikliğinin neden olması muhtemel olumsuzlukların azaltılabilmesi ve/veya önlenebilmesi için yerel ölçekte uzun yıllara dayalı iklim parametrelerinin trendlerin araştırılması faydalı olacaktır.

1.5 Başlıca Literatür Özeti

Bu kısımda iklim değişikliği ve taşkın konularında yapılan önemli birkaç çalışmaya ait özet bilgiler verilmiştir. Detaylı literatür çalışmaları ayrı bir ana başlık olarak yazılmıştır.

Dabanlı, (2017) doktora tez çalışmasında iklim değişikliğinin yağış ve sıcaklık parametreleri üzerindeki etkisini inceleyerek Akarçay örneği üzerinden kuraklık değerlendirmesi yapmıştır. Üç ana kısımdan oluşan tezin ilk kısmında istatistiksel ölçekleme ile kurulan iklim modeli ile yağış ve sıcaklık parametrelerinin gelecek tahmini incelenmiştir. Tezin ikinci aşamasında kapsamlı bir trend analizi Akarçay havzası için yapılmıştır. Trend analizinde klasik trend değerlendirme yöntemlerine ek olarak İnovatif Şen trend yöntemi kullanılmış ve bu yenilikçi yöntem klasik yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca İnovatif Şen trend analiz yönteminde ilk kez zarf eğrileri bu çalışma ile kullanılmıştır. Çalışmada İnovatif Şen trend yönteminin klasik yöntemlere göre trend belirlemede daha üstün olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmanın üçüncü ve son kısmında ise Türkiye genelinde birçok istasyona ait 1931-2010 yılları arasındaki kayıtlar kullanılarak bir kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir.

Srinivas, vd., (2020) iklim değişikliğinin hidrolojik davranış ve özellikle de nehir akımları üzerinde ciddi etkileri olduğunu belirttikleri çalışmalarında, yağış ve sıcaklık

parametrelerinin zamansal ve mekânsal değişimlerinin nehir debisi üzerindeki etkisinin araştırılmasının sürdürülebilir bir su yönetimi planlaması için elzem olduğunu vurgulamışlardır. Hindistan'da bulunan Ganges nehri havzası için 117 yıllık 11 iklim parametresine ait parametrik ve parametrik olmayan testlerde modifikasyonlar geliştirmişlerdir. Mann Kendall test ve Sen'in eğim metodunun kullanıldığı çalışma, yağış tahmin sonuçlarında kademeli bir azalma ortaya çıktığında, nehir akımlarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya (%15-21) neden olacağını ortaya koymuştur.

Sönmez, (2013) doktora tez çalışmasında Amerika Birleşik Devletleri'nin Iowa eyaletinin Waverly şehrinin 2008 yılında yaşadığı yıkıcı taşkını hidrolik modelleme tekniği ile modellemiştir. 1 boyutlu modelleme için HEC-RAS yazılımı kullanılırken 1 ve 2 boyutlu kombine hidrolik model MikeFlood yazılımı ile modellenmiştir. 2008 yılında yaşanan taşkın hidrodinamik modelin kalibrasyonu için kullanılmıştır. Çalışmada farklı tekerrürlü sabit debi değerleri için modeller oluşturulmuş, farklı sayısal yükseklik modelleri denenmiş ve bir risk analizi değerlendirmesi yapılmıştır.

Patel vd., (2017) 2006 yılında Hindistan'ın Surat şehrinde meydana gelen taşkını HEC-RAS yazılımının 5. versiyonunu kullanarak, birleştirilmiş 1 ve 2 boyutlu model yaklaşımı ile değerlendirmişlerdir. 299 kesitin, 5 büyük köprünün ve 2 hidrolik yapının modellendiği 1 boyutlu model 30 ve 90 m çözünürlüklü SRTM uydu verisi kullanılarak oluşturulan 2 boyutlu model ile kombine edilmiştir. Kararsız akım koşullarında çalıştırılan model 2006 taşkın verilerine göre valide edilmiştir. Model sonuçlarına göre 9 Ağustos'un taşkında en kötü gün olduğu ve toplam alanının yüzde 75-77'sinin sular altında kaldığı tespit edilmiştir.

Pathan & Agnihotri, (2020) yapmış oldukları çalışmada HEC-RAS yazılımının yeni versiyonu olan versiyon 5 ve sonrasının 1 boyutlu taşkın modellemede yeteneklerini araştırmışlardır. Geçmişte belli bir bölgede yaşanmış iki taşkının modellendiği çalışmada, belli bir debi değerinden sonra kesitin yetersiz olduğunun bilindiği ve model sonuçlarının bilinen bu debi değeri ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Araştırmacılar model doğruluğu açısından HEC-RAS'ın bu yeni versiyonunun taşkın modellemede güvenle kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

1.6 Tezin Amaç ve Kapsamı

Öncelikle problem tanımının yapılması tezin amaç ve kapsamının daha net anlaşılabilmesi için gereklidir. Problem tanımı; Amik ovası ülkemiz Hatay ili sınırlarında yer alan, verimli tarım arazilerine, Antakya Havaalanına ve seyrekte olsa yerleşim yerlerine ev sahipliği yapan bir ovadır. Geçmişte Amik gölüne de ev sahipliği yapmış bu ova kurutma projeleri ile kullanıma açılmıştır. Hem Hatay ili hem ülkemiz için ekonomik değeri yüksek olan Amik ovası son dönemlerde meydana gelen taşkınlarla gündeme gelmiştir. Yaşanan bu taşkınlar Amik ovasındaki tarımsal faaliyetleri etkilediği gibi Hatay havalimanının ovada bulunması nedeniyle zaman zaman havayolu ulaşımında da aksaklıklara neden olmuştur. Aynı zamanda bölgede yaşayanların gözlemlerine göre son dönemlerde yaşanan taşkınların sıklığında bir artış söz konusudur. Bu durum akıllara son dönem taşkınlarında iklim değişikliğinin etkisinin olup olmadığı sorusunu getirmiştir. Yaşanan taşkınlardan sonra ovanın sular altında kalan görüntüsü Şekil 1.19 ile verilmiştir.



Şekil 1.19 Amik ovası taşkın görüntüsü

Bu noktadan hareketle problem tanımı, Amik ovasında yaşanan taşkınlarda iklim değişikliğinin etkisi iklim parametrelerinin trendi temelinde araştırılabilir mi ve bilgisayar tabanlı modelleme teknikleri kullanılarak farklı taşkın ve yağış debileri için taşkına maruz kalabilecek alanlar haritalanabilir mi soruları üzerine oluşturulmuştur.

Yukarıda açıklanan problem tanımı ışığında bu tez çalışması iki aşamada ele alınmıştır.

Çalışma kapsamında Antakya ili meteoroloji müdürlüğünden uzun yıllara ait yağış (mm), hava sıcaklığı (°C), bağıl nem (%) ve rüzgar hızı (m/s) klimatolojik verileri temin edilmiştir. Devlet Su İşleri (DSİ) genel müdürlüğünden ise Amik ovasına su taşıyan bazı derelerin akım verileri alınmıştır. Bu iklimsel verilerde herhangi bir trend değişimi olup olmadığı Mann Kendall test, Spearman's Rho test, İnovatif Şen trend metodu ve Regresyon testi trend analiz yöntemleri ile analiz edilmiştir. Trend değişimleri mevcut verilere göre aylık, mevsimsel ve yıllık olarak da incelenmiştir.

Taşkın haritalama ise çalışmanın ikinci kısmını oluşturmuştur. Farklı istasyonların 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 yıllık tekerrürlü taşkın pik debilerinin bir gün süreyle etkili olması durumunda taşkına maruz kalacak alanlar 2 boyutlu HEC-RAS modelleme tekniği ile çalışılmıştır. Çalışmada 3 farklı uydu verisi ile oluşturulan Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) kullanılmıştır. Bu sayısal yükseklik modellerinin her birinde çalışmanın yöntem kısmında daha detaylı anlatılacağı üzere bazı iyileştirmeler HEC-RAS yazılımının "RAS MAPPER" aracı ile yapılmıştır. Dolayısıyla çalışmada altı farklı SYM kullanılmıştır. Kullanılan bu SYM'lerden hangisinin daha uygun sonuçlar verdiğine 2012 yılında yaşanan taşkına ait veriler kullanılarak karar verilmiştir. En uygun SYM seçildikten sonra yukarıda sıralanan tekerrür debileri kullanılarak sular altında kalacak alanlar haritalandırılmaya çalışılmıştır.

Yukarıda belirtilen problem tanımı ve kapsam dahilinde çalışmanın birkaç faklı amacı olduğundan bahsedilebilir. Bunlar;

- Mann Kendall test, Spearman's Rho test, Regresyon trend analiz yöntemi, ve İnovatif Şen trend yöntemlerini kullanarak iklim parametrelerinde uzun yıllara ait gidişi tespit etmek,
- 2 Boyutlu HEC-RAS analiz yöntemi ile oluşturulan hidrodinamik model yaklaşımının sonuçları ile 2012 yılında Amik ovasında yaşanan taşkının uyumunun araştırılması,
- Alos Palsar, SRTM ve ASTER GDM uydu görüntülerinden elde edilen farklı çözünürlüklü sayısal yükseklik verilerinin 2 boyutlu taşkın analizi üzerindeki etkisinin incelenmesi,

- Karmaşık akım ağına sahip Amik ovasının farklı akım yollarının farklı dönüş periyotlu sabit akım değerleri için gelecekte meydana gelmesi muhtemel taşkınların etkileyebileceği alanların haritalandırılması,
- Yağış, sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı parametrelerinin trend analiz sonuçlarının taşkın olayı üzerindeki etkisinin araştırılması,
- Şiddetli yağışlı gün sayısı indisi tanımlanması ve bu indise göre taşkın yaşanma ihtimalinin değerlendirilmesi

şeklinde sıralanabilir.

Çalışmanın amacına uygun olarak izlenen yol, akım verisi seçimi, pürüzlülük katsayısı seçimi, bölgenin topoğrafik yapısı, akım ağları, bölgenin iklim özellikleri yöntem kısmında detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Tezin içeriği aşağıda özetlenmiştir:

Tezin birinci bölümünde iklim değişikliği ve taşkın konuları hakkında genel ve tanıtıcı bilgilere yer verilerek konunun önemi ve kapsamı özetle açıklanmıştır.

Tezin ikinci bölümünde iklim değişikliği ve taşkın alt başlıkları altında kapsamlı bir literatür taraması verilmiştir. İklim değişikliği başlığı altında genel olarak trend analiz yaklaşımlarına yer verilirken, taşkın konusunda geçmişten günümüze hidrodinamik yaklaşım yöntemi ile kurulan taşkın modelleme tekniklerine yer verilmiştir. İki başlık altında paylaşılan ilgili literatür kendi içerisinde kronolojik sıra ile verilmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde çalışmada kullanılan yöntemlere ilişkin bilgilere yer verilmiştir. İklim değişikliği trend analiz yöntemleri bir alt başlıkta açıklanırken ikinci alt başlıkta ise taşkın modelleme teknikleri anlatılmıştır. Taşkın haritalama konusunda kullanılan yazılım genel olarak anlatıldıktan sonra, çalışmada kullanılan yöntem adım adım paylaşılmıştır.

Tezin dördüncü bölümünde önceki bölümlerde olduğu gibi iklim değişikliği trend analiz yöntemi sonuçları ve taşkın haritalama sonuçları ayrı ayrı verilmiştir. Her bir iklim parametresine ait trend analiz sonuçları ayrı ayrı verilmiştir. Taşkın haritalama alt başlığında verilen sonuçlar 1 ve 2 boyutlu analiz sonuçları olmak üzere ayrılmıştır. Bir boyutlu analizde Amik ovasında yer alan önemli akım ağlarının ayrı ayrı kesit değerlendirmesine yer verilmiştir. Yapılan 2 boyutlu analizlerde ilk 6 model farklı SYM'ler ile 2012 taşkının modellenmesine aittir. Bu modeller ile en uygun SYM

belirlendikten sonra, belirlenen SYM ile oluşturulan farklı frekanslı debilere ait haritalar sonraki modelleri oluşturmuştur. Taşkın model sonuçlarının son aşamasında 2 boyutlu yaklaşım ile HEC-RAS yazılımı kullanılarak hazırlanan 14 No'lu modele (yağış verisi ile hazırlanan model) ait sonuçlar verilmiştir.

Tezin beşinci ve son kısmında elde edilen sonuçlar doğrultusunda Amik ovası için iklim değişikliği ve taşkın değerlendirmesinde bulunulmuştur.

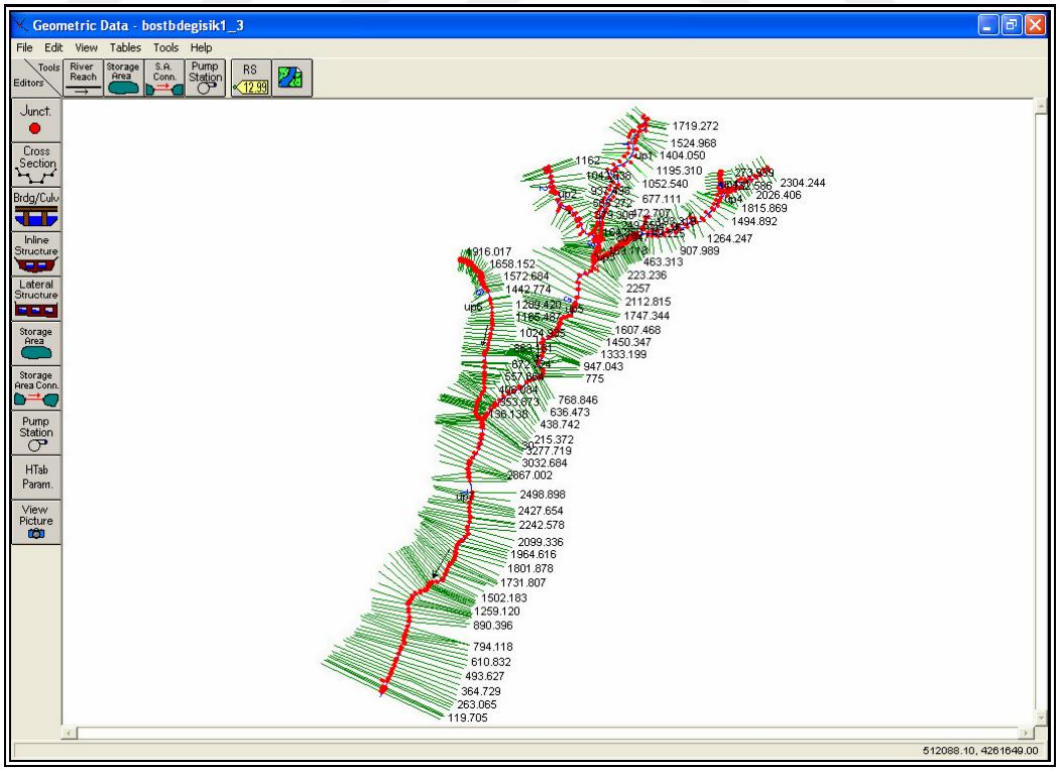
2. LİTERATÜR TARAMASI

Tez kapsamında yapılan literatür taraması taşkın ve iklim değişikliği olmak üzere iki ana başlık altında toplanmıştır.

2.1 Taşkın Literatür Taraması

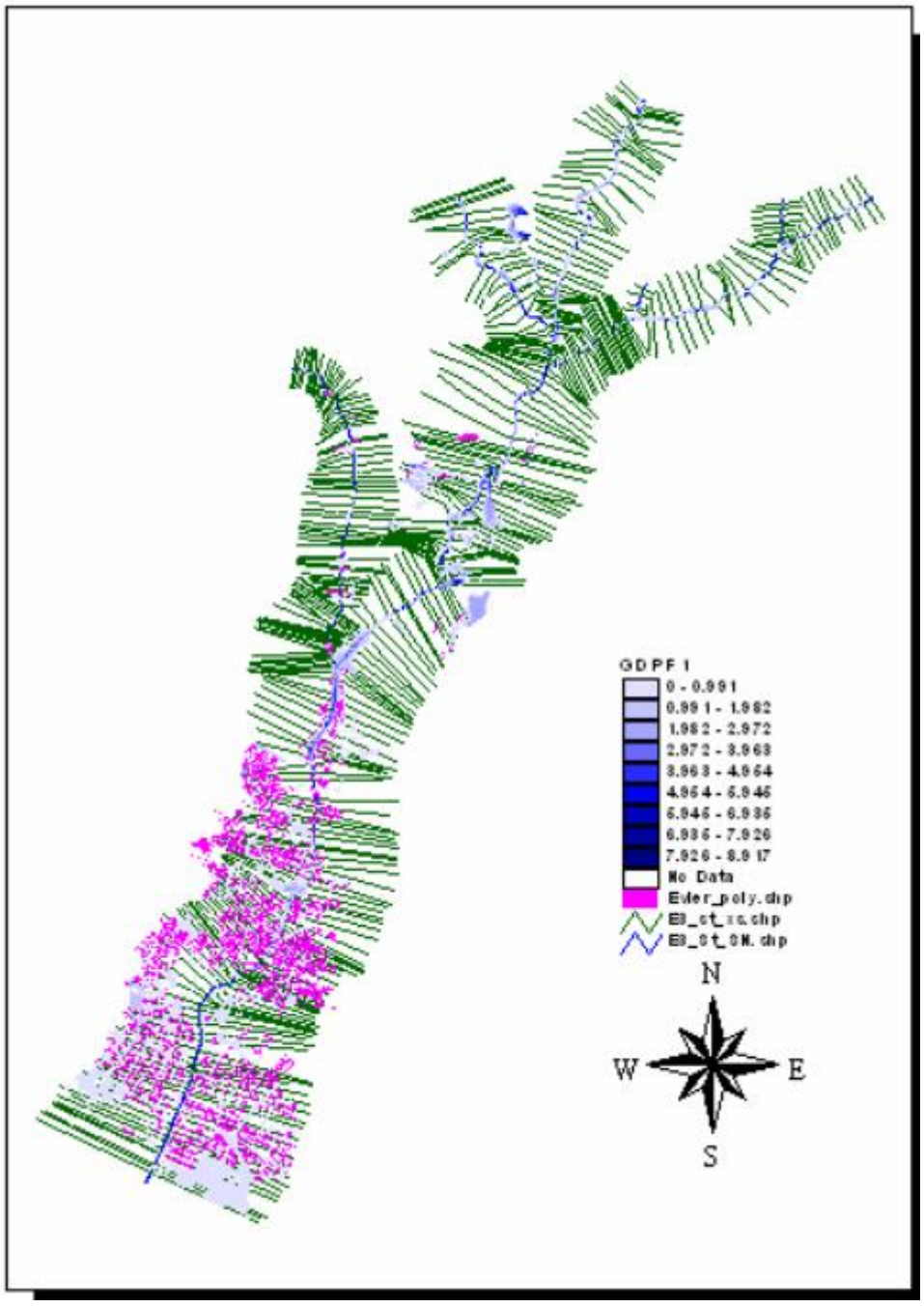
Pappenberger vd., (2005) yaptıkları çalışmada su altında kalan alan ve mansap seviye gözlemlerini kullanarak etkili pürüzlülük parametrelerinin kalibrasyonundaki belirsizliği araştırmışlardır. Bir boyutlu HEC-RAS yaklaşımında 0.001 ile 0.9 arasında farklı pürüzlülük katsayılı modellerin performansı su altında kalan alanlar ve çıkış hidrografı ile karşılaştırılmıştır. Çalışma, analizin bir taşkın sırasında dinamik sel olasılık haritalarını üretmek için kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Onuşluel, (2005) doktora tez çalışmasında coğrafi bilgi sistemleri ve HEC-RAS hidrolik modelleme tekniğini kullanarak İzmir Bostanlı havzasında taşkına maruz kalabilecek alanları kararlı ve kararsız akım simülasyonları ile belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada girdi olarak kullandığı pik debi değerleri ve taşkın hidrograflarını HEC-HMS yazılımı ile elde etmiştir. Şekil 2.1 ile Onuşluel'in oluşturmuş olduğu akım ağı geometrisi ve atadığı kesitler verilmiştir.



Şekil 2.1 Bostanlı havzasının geometrik sonuçları (Onuşluel, 2005)

Çalışma sonucunda farklı senaryolara göre tehlike alanlarının belirlendiği simülasyonlara ait çıktı Şekil 2.2 ile verilmiştir.



Şekil 2.2 Taşkına maruz kalabilecek alanların HEC-RAS ile bir boyutlu gösterimi (Onuşluel, 2005)

Şekil 2.2 ile İzmir Bostanlı havzası için geliştirilen senaryolardan bir tanesine ait taşkın durumu bir boyutlu olarak gösterilmiştir.

Tayefi, Lane, Hardy, & Yu, (2007) bir ve iki boyutlu taşkın modelleme yaklaşımlarını planlanmamış karmaşık özellikteki taşkın alanları için karşılaştırmışlarıdır.

Karşılaştırmaya göre 1 ve 2 boyutlu birleşiminin dönemin teknolojik altyapısına göre en iyi yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Mosquera-Machado & Ahmad, (2007) Kolombiya'da bulunan Atrato nehri için taşkın felaketi değerlendirmesinde bulunmuşlardır. Çalışmada Gumbel ve GRADEX istatistiksel modelleme teknikleri, HEC-RAS ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Taşkın modellerini 10,20,50 yıllık frekanslı akım değerlerine göre yapmışlardır. Çalışmada ayrıca pürüzlülük katsayısı ve pik debi hassasiyet analizi gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak 3054 m^3/s 50 yıl frekanslı pik debi değeri için göreceli olarak sol sahil su derinliğini 3.7 m ve sağ sahil su derinliğini 3.1 m olarak bulmuşlardır. Çalışmada elde ettikleri bu sonuçların taşkın koruma yapılarının inşası için kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Alho & Aaltonen, (2008) ekstrem buzul erimeleri taşkınlarının hidrolik model simülasyonlarında 1 ve 2 boyutlu yaklaşımları değerlendirmişlerdir. Çalışmada 1 boyutlu hidrolik modelleme için HEC-RAS yazılımı kullanılırken 2 boyutlu modelleme için sonlu elemanlar yöntemini kullanan TELEMAC-2D yazılımı kullanılmıştır. Memba kısmında önceden tanımlanan bir hidrograf sınır şartı olarak kullanılmış, her iki modelde de kararsız akım simülasyonu ile akım derinliği ve su altında kalan alanlar incelenmiştir.

Ozcan vd., (2008) CBS ve uzaktan algılama sistemlerini kullanarak Sakarya alt havzası için taşkın modeli oluşturmuşlardır. Çalışmada farklı çözünürlükteki uydu görüntülerini kullanarak alandaki değişimleri analiz etmişler ve arazi kullanımı verisini değerlendirmişlerdir.

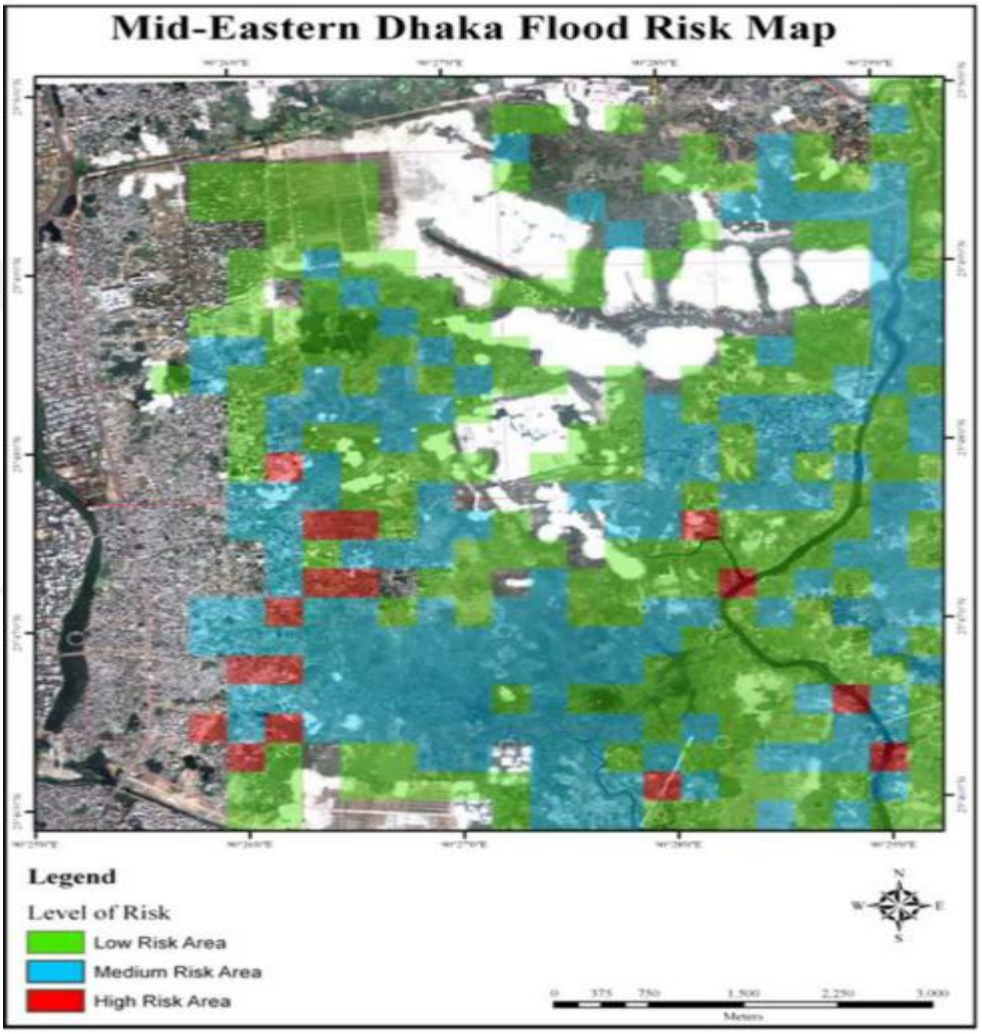
Myronidis vd., (2009) Avrupa Birliği taşkın direktifi çerçevesinde taşkın yönetimi ve değerlendirilmesi için entegre taşkın haritalamasını, potansiyel olarak su altında kalacak alanların değerlendirilmesinde kullanmışlardır. Çalışmada ayrıca iklim değişikliğinden kaynaklı Avrupa kıtasının taşkın felaketinden daha sık etkilenebileceğini öngörmüşlerdir.

Özalp, (2009) CBS kullanarak taşkın risk değerlendirmesi ve taşkın risk haritalarının oluşturulmasını incelemiştir.

Cook & Merwade, (2009) yapmış oldukları çalışmada taşkın nedeniyle su altında kalacak alanların haritalanmasında geometrik konfigürasyonların ve topoğrafik bilgilerin etkisini araştırmışlardır.

Moradkhani vd., (2010) iklim değişikliğinin taşkın alanları ve hidrolojik ekotonlar üzerindeki etkisini LİDAR ve GCM teknolojilerini kullanarak araştırmışlardır.

Masood & Takeuchi, (2012) orta doğu Dhaka'nın taşkın afet değerlendirmesini, savunmasızlığı ve riskini SYM ve 1 boyutlu hidrodinamik model kullanarak araştırmışlardır. Su altında kalacak alanların simülasyonu 100 yıl dönüş periyotlu debiye göre HEC-RAS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmaya ait çıktı görüntüsü Şekil 2.3 ile verilmiştir.



Şekil 2.3 Orta Doğu Dhaka'ya ait taşkın risk haritası (Masood & Takeuchi, 2012)

Aynı çalışmada taşkın afet haritasını ise ArcGIS yazılımını kullanarak oluşturmuşlardır. Simülasyona göre en güney kesimde derinlik 7.55 m olarak bulunmuş ve toplamda alanın %50'sinden fazlasının taşkından etkilendiği ifade edilmiştir.

Sarhadi vd, (2012) frekans analizleri ve CBS tekniklerini birbirine bağlayan bir metodolojiyi ölçüm istasyonu olmayan nehirlerin muhtemel taşkın alanlarının haritalandırılması için önermişlerdir.

Altarejos-García vd., (2012) 1 ve 2 boyutlu hidrolik modeller kullanarak güvenilirlik analizleri ile taşkın risk tahminleri üzerindeki belirsizlik etkisini araştırmışlardır. Çalışmada Monte Carlo, Rosenblueth'Poin Tahmin Metodu (PEM) gibi güvenilirlik yaklaşımlarını kullanmışlardır.

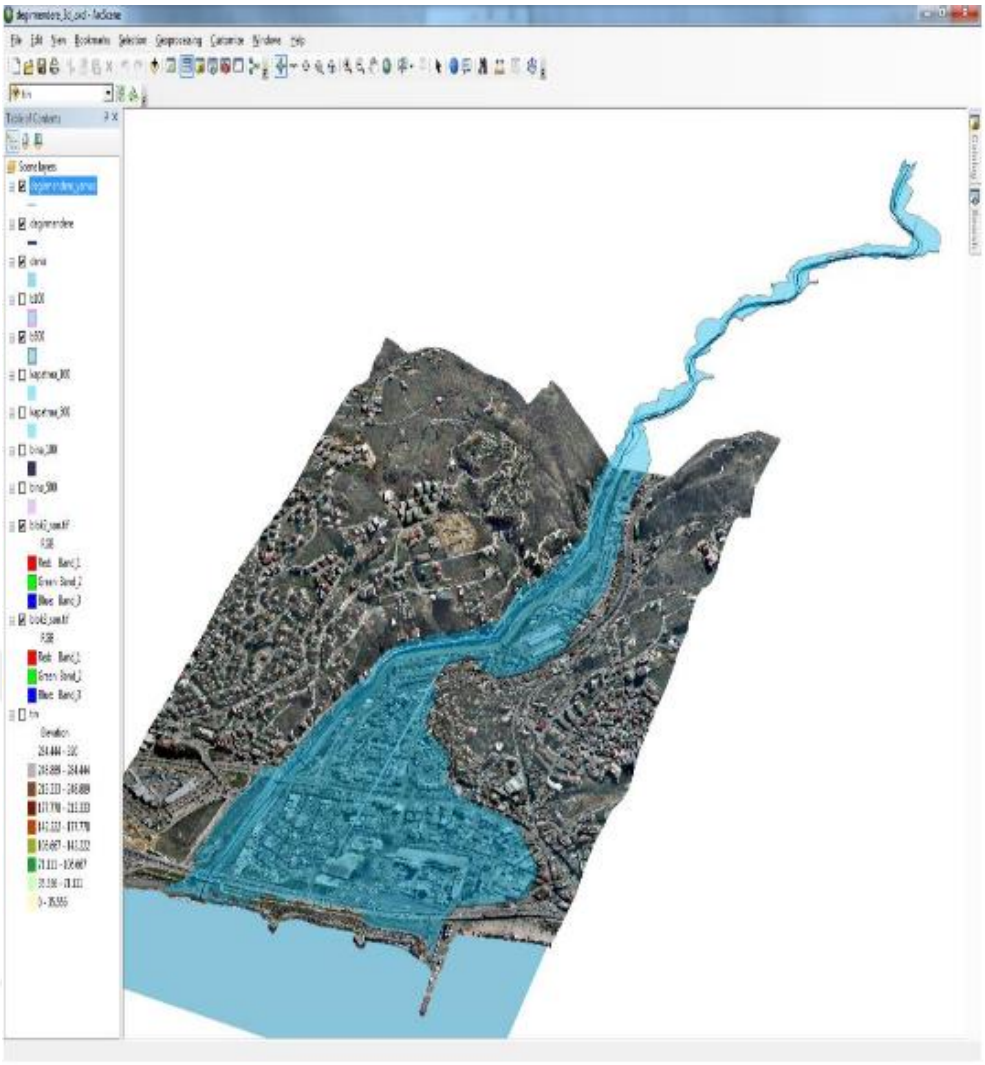
Çelik vd., (2012) İstanbul'da bulunan Kozdere çayının 2014 taşkın analizini CBS yöntemlerini kullanarak yapmışlardır. Çalışmada 1992, 1993 ve 2005 yıllarına ait çok spektrumlu dijital uydu verilerini arazi kullanımının durumunun tespiti için kullanmışlarıdır. Sonuç olarak 2004 taşkının etkilerinin Kozdere çayının belli kısımlarında kesitinin arttırılması ve yüzey pürüzlülüğünün azaltılması ile minimize edilebileceğini önermişlerdir.

Saleh vd., (2013) yapmış oldukları çalışmada bölgesel ölçekte bir boyutlu Saint-Venant hidrolik model ile nehir yatak morfolojisinin debi ve su seviyesi üzerindeki etkisini göstermişlerdir. Çalışmada bir boyutlu hidrolik model için HEC-RAS yazılımını kullanmışlardır.

Owusu vd, (2013) Accra'da bulunan Dzorwulu havzası vaka analizi ile şehir bölgelerinde taşkın yönetimi için rezervuar depolamasını araştırmışlardır.

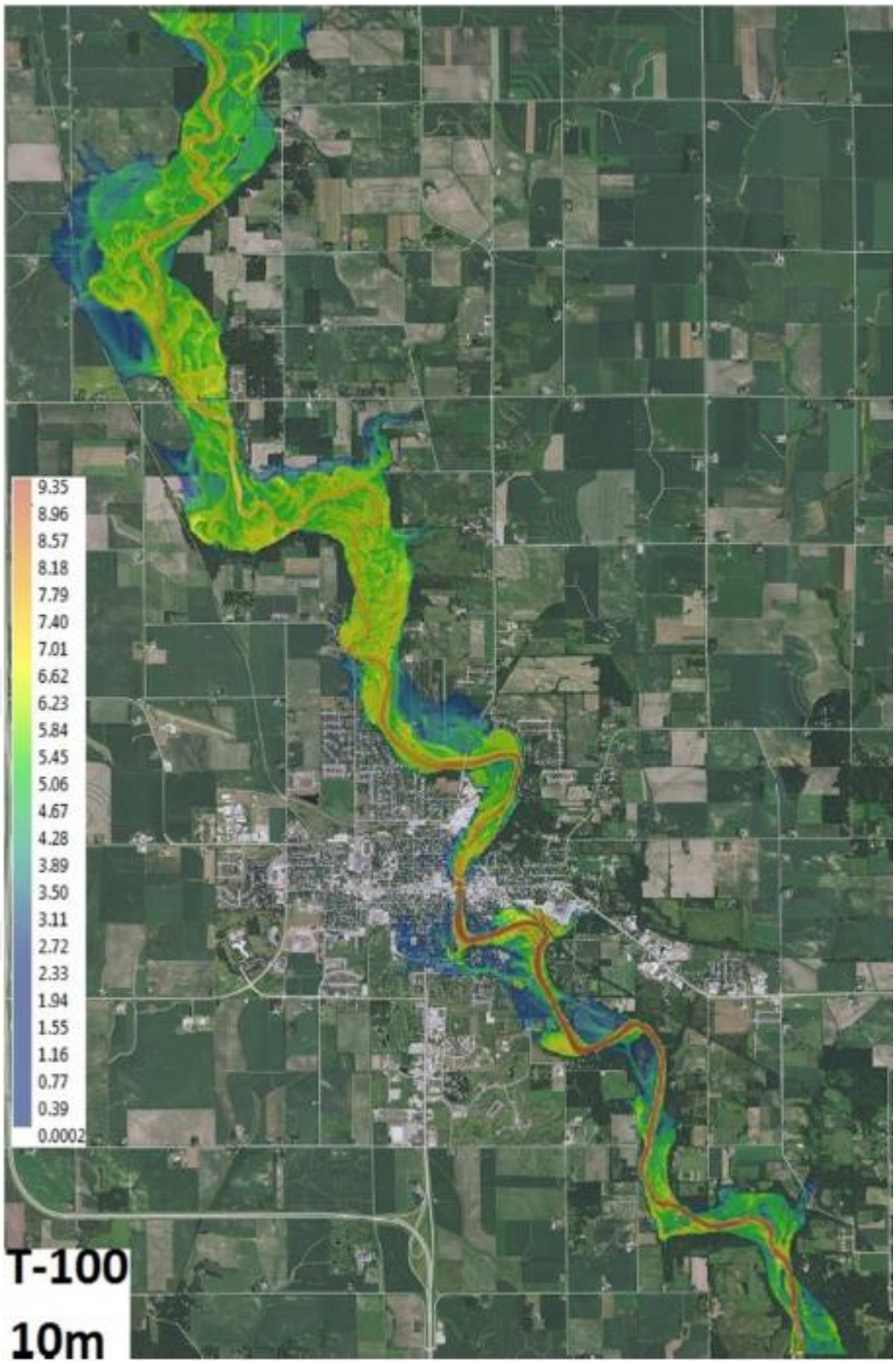
Ghanbarpour vd., (2013) Kuzey İran'da bulunan Zaremroud nehri için CBS tabanlı nehir hidroliği modelleme ve çok kriterli karar analizlerini kullanarak taşkın hafifletme alternatiflerinin karşılaştırmalı değerlendirmesini yapmışlardır.

Serencam, (2013) doktora tez çalışmasında 100 yıl ve 500 yıl frekanslı debilere maruz kalması durumunda, taşkınların oluşturacağı zararları ve zarar görebilirlik analizini Trabzon Değirmendere Sanayi Mahallesi örneği için araştırmıştır. Çalışmada taşkın nedeniyle etkilenecek alanlarda bulunan yapı stoğunun durumunun incelenmesi ana amaç olmuştur. Çalışmada taşkın modelleme için HEC-RAS paket yazılımı kullanılmıştır. Şekil 2.4 ile çalışmanın örnek bir çıktısı verilmiştir.



Şekil 2.4 Trabzon Değirmendere 500 yıl tekerrürlü taşkın yayılım haritası (Serencam, 2013)

Sönmez, (2013) doktora tez çalışmasında HEC-RAS yazılımı ile1 boyutlu MikeFlood yazılımı ile de 2 boyutlu taşkın simülasyonları hazırlamıştır. Çalışmada kullanılan hidrodinamik model Waverly için 1ve 2 boyutlu modellerin birleşimi ile elde edilmiştir. Topoğrafik veri Hydroscience & Engineering'in (Iowa Universitesi) oluşturduğu Lidar (Light Detection and Ranging) yüksek çözünürlüklü olarak elde edilmiş, hidrodinamik taşkın modelinin kalibrasyonu 2008'de yaşanan taşkın afeti ile yapılmıştır. 2,5,10,25,50,100,200,500 yıllık frekanslı taşkınlara ait taşkın haritaları oluşturulmuştur. Şekil 2.5 ile 100 yıl tekerrürlü debi tabanlı oluşturulan taşkın haritasına ait çıktı verilmiştir.



Şekil 2.5 100 yıl tekerrürlü 10m çözünürlüklü taşkın yayılım haritası (Sönmez, 2013)

Şekil 2.5'te derinlik ölçeği ile verilen taşkın haritasında debinin 1232.5 m^3/s olduğu, sağ ve sol sahil su derinliklerinin 7.5 m, nehir yatağı derinliğinin 9.5 m ve toplamda etkilenen alanın 15 km^2 olacağı belirtilmiştir.

Pineda-Martínez vd., (2014) 18 Temmuz 2008'de Mexico'da gerçekleşen bir fırtınanın neden olduğu taşkını HEC-RAS yazılımı ile modellemişlerdir. Bir günde 145 mm

yağışın düştüğü bölgede hidrolik analiz yapabilmek için araştırmacılar fırtına olayını Mesoscale Model 5. versiyonu (MM5) ile modellemişlerdir. Araştırma sonuçları HEC-RAS model sonuçlarının bahsedilen taşkına ait su altında kalan alanları iyi bir şekilde temsil ettiğini ortaya koymuştur.

Croke vd., (2014) 2011 yılında Avusturalya'nın Queensland, New South Wales ve Victoria kesimlerini geniş bir şekilde etkileyen ciddi can ve mal kayıplarına neden olan taşkın afetini ele almışlardır. Taşkın durumunda bölgenin topoğrafik yapısının önemini irdeleyen araştırmada makro kanalların etkisi HEC-RAS, ArcGIS ve HEC-geoRAS yazılımlarının kullanılması ile araştırılmıştır.

Efe, (2014) tez çalışmasında Batman Çayı'nın HEC-RAS yazılımı ile taşkın analizini yapmıştır. Tek boyutlu taşkın analizinin yapıldığı çalışmada, su üst yüzünün geldiği nokta farklı tekerrür debilerine göre incelenmiştir.

Bahçeci, (2014) taşkın afetinin öneminin anlatıldığı tez çalışmasında 2009 yılında İstanbul Ayamama deresinde yaşanan taşkını araştırmış hidrolojik ve hidrolik modeller yapmıştır. WMS (Watershed Modeling System) ve EPA SWMM (Environmental Protection Agency Storm Water Management Model)) yazılımı ile yapılan modellere ait çıktılar çalışma kapsamında karşılaştırılmıştır.

Demir, (2014) Aşağı Sakarya nehrinin farklı tekerrür frekanslarına sahip taşkın yayılım haritalarını MIKE 11 yazılımı ile elde etmiştir. Çalışmada kullanılan SYM ArcGIS yazılımı ile elde edilmiştir.

Alkan, (2015) Senegal'in başkenti olan Dakar havzası için hidrolojik modeller geliştirmiştir. Bölge yarı kurak bir iklime sahip olmasına rağmen kısa süren yağışlı dönemlerde taşkınların görüldüğü belirtilmiştir. CBS ve HEC-HMS yazılımı ile elde edilen taşkın hidrograflarının bölgenin planlanmasında faydası olacağı vurgulanmıştır.

Gain vd., (2015) Dhaka şehrinin taşkına karşı savunmasızlığını entegre bir taşkın değerlendirme yaklaşımı ile incelemişlerdir. Çalışmada hem fiziksel hem sosyal boyutların taşkın riski değerlendirmesinde önemli olacağı ve bu bağlamda bir yaklaşım geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Md Ali vd., (2015) bir boyutlu hidrolik taşkın modellemede farklı şekillerde elde edilmiş SYM'leri değerlendirmişlerdir. Çalışmada LİDAR görüntülemenin yüksek maliyetli olduğu ve her çalışma bölgesinde temin edilemediği belirtilmiş, bu durumda ASTER ve SRTM uydu verilerinin taşkın modelleme üzerindeki etkisinin bilinmesi gerektiği vurgulanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar özetle; farklı şekilde elde

edilen SYM'lerin model sonuçları üzerinde ciddi farklara neden olduğu şeklindedir. Bununla beraber yüksek maliyetli LİDAR verilerinin daha doğru sonuçlar verdiği bildirilmiştir.

Üyüklüoğlu, (2015) yüksek lisans tez çalışmasında taşkın bölgelerinin modellenebilmesi için HEC-RAS yazılımını kullanmıştır. Çalışmada hedef Ilıca deresi taşkın yayılım alanındaki kesitlerin su yüzü profillerinin belirlenerek taşkın alanının tespiti olmuştur.

Şeker, (2015) 28 farklı istasyona ait maksimum akım verilerini, kümülatif dağılım fonksiyonu ve olasılık yoğunluk fonksiyonları ile değerlendirerek Antalya havzası için taşkın frekans analizi yapmıştır.

Heimhuber vd., (2015) Onaville, Haiti örneği ile uzak ve yoksul bölgeler için taşkın yönetimi çalışmasını yapmışlardır. Çalışmada CBS, hidrolik ve hidrolojik modeller birlikte kullanılarak bölge için taşkın değerlendirmesi yapılmıştır. Hidrolojik model için HEC-HMS kullanılırken hidrolik modelleme için HEC-RAS kullanılmıştır. Topoğrafik veri olarak 12 m çözünürlüklü TanDEM-X ve 30 m çözünürlüklü drone verisi SYM oluşturmak için kullanılmıştır.

Geyikli, (2015) tez çalışmasında Malatya ilinde bulunan Derme Deresi'nin taşkın risk haritalarını ArcGIS, NetCAD-GIS coğrafi bilgi sistemleri ve HEC-RAS hidrolik modelleme yazılımı ile oluşturmuştur. Farklı tekerrür debilerine göre yapılan analizler sonucunda su yüzü kotları kullanılarak ArcGIS yazılımına ait HEC-GeoRas aracı ile taşkın haritalama yapılmıştır.

Yeğin, (2015) tez çalışmasında ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları ile taşkın risk haritalamasını ele almıştır. HEC-RAS yazılımı kullanılarak su derinliği hesaplandıktan sonra iki farklı derinlik-zarar eğrileri ile ekonomik, çevresel ve sosyal riskler değerlendirilmiştir.

Saksena & Merwade, (2015) topoğrafik verinin taşkın modellemesindeki kritik rolünden bahsettikleri çalışmalarında birçok bölge için yüksek çözünürlüklü SYM elde etmenin zorluğundan bahsetmişlerdir. Bu durumlarda geliştirilmiş SYM yaklaşımının taşkın modellemesi üzerindeki etkisinin büyük olacağını, yatay ve dikey doğrultuda doğruluğu arttırılmış SYM'ler kullanılarak yapılacak taşkın modellerinin daha doğru sonuçlar vereceği vurgulanmıştır.

Niftelizade, (2015) taşkın frekans analizi ve L-moment karakteristikleri ile hem havza bazında hem de Türkiye genelinde ana taşkın frekans modelinin mevcudiyetini

incelemiştir. Noktasal verilerin taşkın frekanslarında yeterli hassasiyette sonuçlar ifade edemeyebileceği belirtilmiş, L-Moment yöntemi de kullanılarak havza bazında değerlendirmeler yapılmıştır.

Haltas vd., (2016) İzmir'de bulunan Ürkmez barajının yıkılması sonucunda oluşacak taşkın dalgasının yerleşim yerlerine etkisini 2 boyutlu numerik model yaklaşımı ile incelemişlerdir. Çalışmada ilk aşamada 1 boyutlu HEC-RAS modeli uygulanmış, 2 boyutlu model için ise FLO-2D modeli tercih edilmiştir. Arazi kullanım bilgileri ile pürüzlülük katsayısı tayininin yapıldığı çalışmanın sonucunda, baraj yıkıldıktan 40 dakika sonra yerleşim yerlerinde bulunan binaların maksimum su derinliğine maruz kalabileceği bulunmuştur.

Curebal vd., (2016) Keçidere'de yaşanan ani taşkın olayı örneği için CBS'ne dayalı bir taşkın değerlendirme çalışması yapmışlardır. Çalışmada kullanılan SYM 1:25000 ölçekli topoğrafik verinin dönüşümünden elde edilmiştir. Farklı dönüş periyotlu taşkın debileri için simülasyonlar oluşturulmuştur.

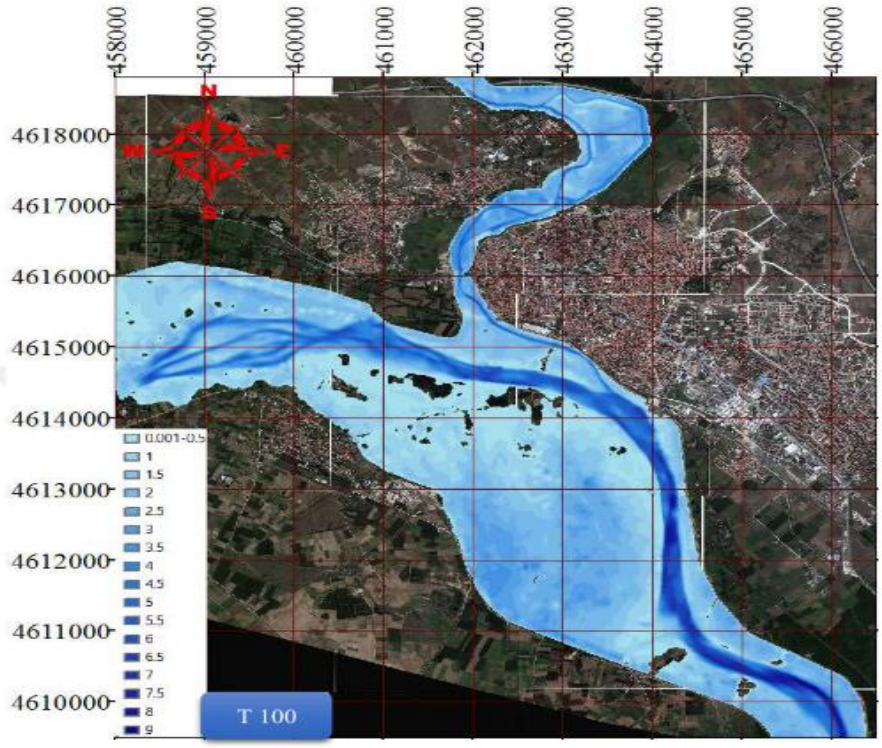
Yamani vd., (2016) kurak bölgelerde taşkına karşı savunmasız yerlerin haritalandırılmasını Cezayir-Ghardaia örneği için ele almışlardır. Çalışma ile serbest yüzeydeki permanant olmayan akışların bir hidrolik modelinin yukarı akış yönündeki sınır koşulları altında dikkate alınan sentetik hidrografının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Mondal vd., (2016) Hindistan'da bulunan Ichamati nehrinin hidrodinamik desen değişikliğini tahmin etmişlerdir. Çalışmada nehre ait derinlik bilgileri, taşkın riski yüksek olan kısımlar için yerinde ölçüm tekniği ile belirlenmiş ve HEC-RAS yazılımı ile modellemeler yapılmıştır.

Monte vd., (2016) taşkına meyilli alanların hidrolik ve hidrolojik modellerle incelenmesini Rio Mundau havzası için ele almışlardır. Çalışmada farklı dönüş periyotlu ekstremum debilere dayalı bir araştırma yapılmıştır.

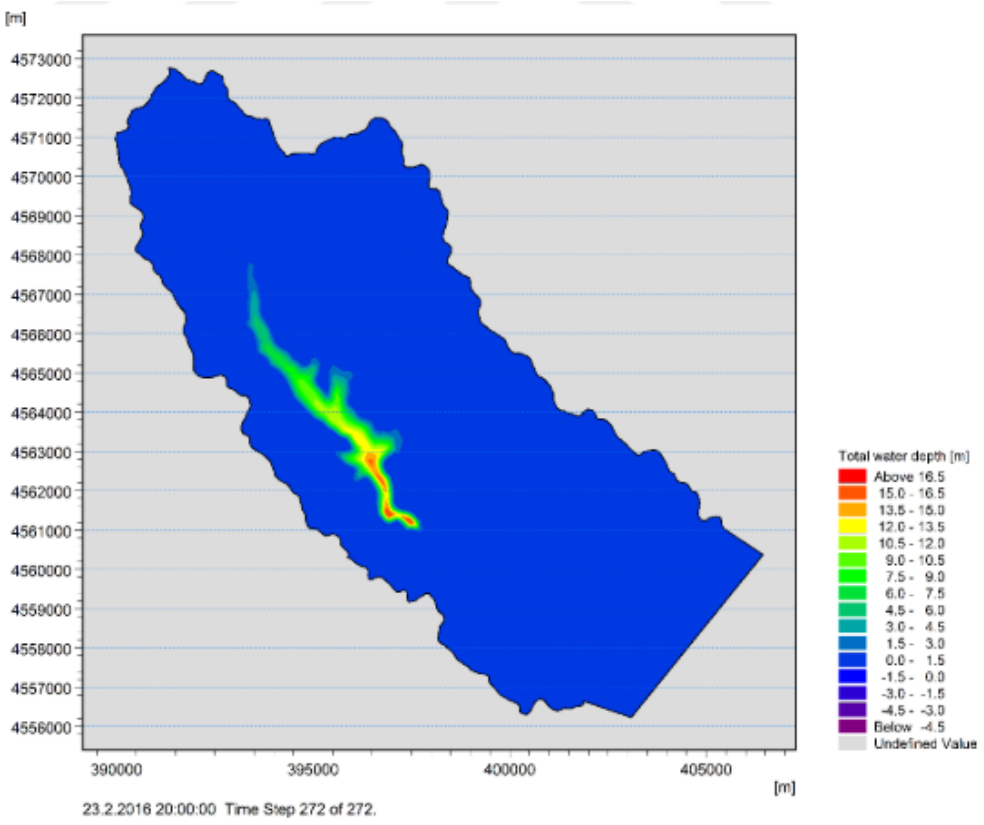
Akkaya, (2016) doktora tez çalışmasında Meriç ve Tunca nehirlerinin Edirne kısmında neden olduğu taşkın riskini 2 boyutlu modelleme tekniğini kullanarak incelemiştir. Çalışma kapsamında kullanılan akım verileri Meriç ve Tunca nehirleri üzerinde bulunan DSİ'ye ait iki farklı istasyonda kaydedilen günlük maksimum akım değerlerinden oluşmaktadır. Farklı istatistiki yaklaşımlar ile 2,5,10,25,50,100 ve 500 yıl frekanslı tekerrür debileri belirlenerek iki boyutlu modeller oluşturulmuştur. Mike 11 yazılımı kullanılarak oluşturulan modellere ait çıktılardan bir tanesi Şekil 2.6 ile verilmiştir.

Doğu, (2016) tez çalışmasında Kırıkkale'de bulunan Çoruhözü deresinin bir boyutlu taşkın modellemesini ve pik debilerinin bulunmasını incelemiştir. Kırıkkale kent merkezi dere ıslah çalışması DSİ tarafından yapılan derenin 500 ve 1000 yıllık taşkın debisi için kesit yeterliliği HEC-RAS yazılımı kullanılarak sınanmıştır.



Şekil 2.6 Edirne ili 100 yıl tekerrürlü taşkın yayılım haritası (Akkaya, 2016)

Dikici, (2016) doktora tez çalışmasında küresel iklim değişikliği nedeniyle son yıllarda taşkın riskinde bir artış olduğuna dikkat çekmiş, Alibeyköy havzasının taşkın risk haritalarının çıkarılmasını hidrodinamik model ve kentleşme süreci ile değerlendirmiştir. Çalışmada Danimarka Hidrolik Enstitüsü tarafından geliştirilen MIKE yazılımı hidrodinamik modeller için kullanılmıştır. Yazılıma girdi olarak havzada ölçülen hidro-meteorolojik veriler girilmiş ve farklı kentleşme senaryolarına göre taşkın risk haritaları elde edilmiştir. Şekil 2.7 ile çalışmaya ait çıktılardan bir tanesi paylaşılmıştır.



Şekil 2.7 %30 Kentleşme ve 50 yıllık taşkın debisine göre oluşturulan taşkın yayılım haritası (Dikici, 2016)

Dimitriadis vd., (2016) 1 boyutlu ve 2 boyutlu hidrolik modeller ile oluşturulan taşkın haritalarının belirsizliğini benchmark test ve gerçek olaylar ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir.

ShahiriParsa vd, (2016) Sungai Maka nehri için taşkın alanı simülasyonlarını HEC-RAS ve CCHE2D kullanarak yapmışlardır. Çalışmada taşkın modelleme için bilgisayar tabanlı araçların kullanımının nehirlerin karmaşık yapısından dolayı elzem olduğu vurgulanmıştır. Malezya'da bulunan çalışma alanına uygulan taşkın modelleme yaklaşımlarının neticesinde her iki yazılıma ait sonuçlar büyük oranda örtüşmüştür.

Sökmel, (2016) tez çalışmasında ülkemizde bulunan 54 akım gözlem istasyonuna Majone ve Tomirotti olasılık modellerini uygulayarak taşkın debilerinin tahminini yapmıştır.

Al-Zahrani vd., (2016) Hafr Al-Batini Suudi Arabistan örneği için HEC-RAS ile taşkın analizi yapmışlardır. Senelik ortalama yağış yoğunluğu 125 mm olarak verilen bölgede son yıllarda ekstrem yağışlar nedeniyle ciddi taşkın zararları ortaya çıktığı

bildirilmiştir. 2,5,10,25,50 ve 100 yıl periyotlu taşkın debileri için Hafr Al-Batin şehrinden geçen ana kanaldaki akım derinlikleri sırasıyla 3.02m, 3.26m, 3.45m, 3.76m, 4.04m, 4.34m olarak simüle edilmiştir.

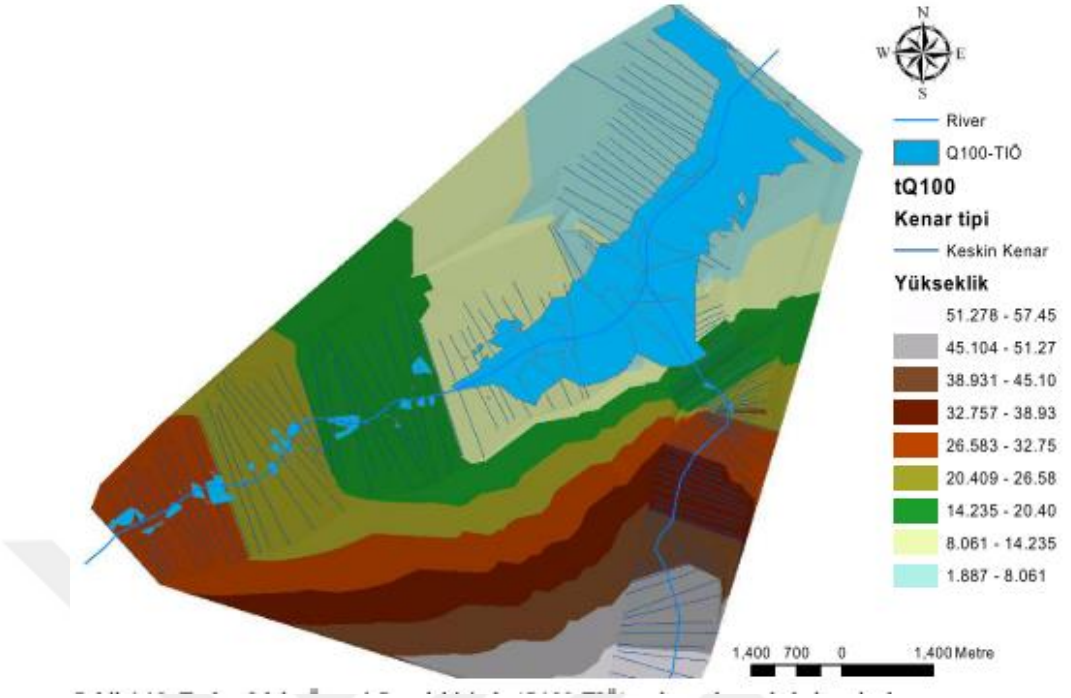
Mai & De Smedt, (2017) Vietnam'da bulunan Huong nehri havzası için taşkın tahmin modeli oluşturmak üzere birleştirilmiş bir hidrolik ve hidrolojik yaklaşım benimsemişlerdir. Geliştirilen yaklaşımın Vietnam'da taşkın kaynaklı kayıpları azaltacak bir erken uyarı sistemine veri teşkil edebileceği belirtilmiştir.

Patel vd., (2017) Hindistan'da bulunan Surat şehrinin taşkın haritalarının değerlendirmesinde yeni bir yaklaşım olan HEC-RAS versiyon 5 yaklaşımının 1D/2D bileşimini kullanmışlardır. 1 boyutlu modellemede 299 kesit ile, 5 büyük köprü ve iki hidrolik yapı oluşturulmuştur. Çalışmanın HEC-RAS'ın bu yeni versiyonunun 2 boyutlu modelleme yeteneğini göstermesi açısından önemlidir.

Arunyanart vd., (2017) Tayland'ın en büyük havzalarından biri olan Chi nehri havzasının taşkın felaketlerine maruz kalmasını iklim değişikliği etkilerinin yönetimi açısından ele almışlardır.

Özkaya, (2017) doktora tez çalışmasında taşkın simülasyonlarında farklı yağış ürünlerinin etkisini değerlendirmiştir.

Uslu, (2017) doktora tez çalışmasında Samsun'da bulunan Mert Irmağı ve Yılanlıdere özelinde CBS kullanarak taşkın riski altındaki alanları belirlemiştir. 10,25,50,100,500 ve 1000 yıllık taşkın tekerrür debilerinin kullanıldığı çalışmada drenaj ağının görüntülenmesi için uydu görüntüsünden ve ARChydro yazılımından faydalanılmıştır. Tez çalışmasında elde edilen çıktılar değerlendirilerek yapılan ıslah çalışmasının yeterli olup olmadığı, taşkının etkili olması muhtemel alanlardaki yapılaşma göz önüne alınarak ülkemizde taşkın sigortasının uygulanabilirliği araştırılmıştır. Oluşturulan 1 boyutlu analizler ile elde edilen simülasyonlara ait bir görsel Şekil 2.8 ile verilmiştir.



Şekil 2.8 100 yıllık taşkın debisi ile taşkın ıslahı öncesinde su altında kalan alanlara ait görsel (Uslu, 2017)

Ersoy, (2017) tez çalışmasında Manisa ilinde bulunan Gediz nehrinin yan kolu olan Kızıldere deresinin 100, 500 ve 1000 yıllık akım debilerine göre HEC-RAS ile modellemesini çalışmıştır.

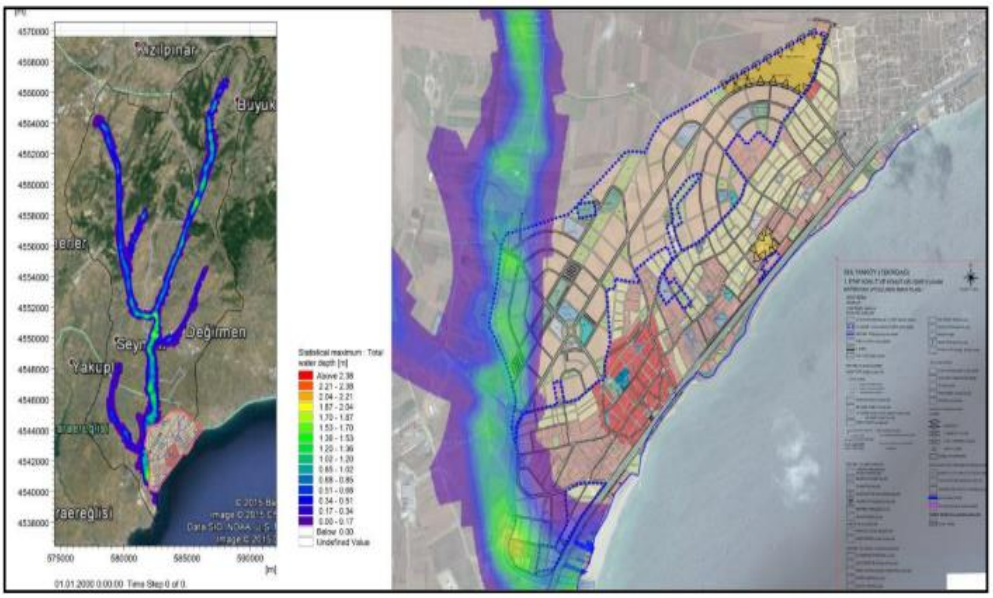
Zope vd., (2017) Hindistan Mumbai'de bulunan Poisar nehri havzasında yaptıkları çalışmada arazi kullanımı, bitki örtüsü ve havza işgalinin değişimlerinin taşkın üzerindeki hidrolojik etkilerini incelemişlerdir.

Lamichhane & Sharma, (2017) Ohio yakınlarında bulunan büyük nehir için taşkın uyarı sistemi ve su altında kalan alanların haritalanması amacıyla saha çalışması ve LİDAR görüntülemesi ile çalışmışlardır.

Criado vd., (2018) İspanya Salamanca'da bulunan Tormes nehri vaka analizi ile yerleşim yerlerinde taşkın risk değerlendirmesi yapmışlardır. 5,100 ve 500 yıllık taşkın debileri ile yapılan HEC-RAS analizleri sonucunda farklı senaryolara göre taşkına maruz kalacak alanlar belirlenmiştir.

Damçayırı, (2018) doktora tez çalışmasında yağış verisinden elde edilen taşkın verisini kullanarak Kınıklı deresi için taşkın haritaları oluşturmuştur. Çalışmada farklı tekerrür aralıkları için hesaplanan yağışlar WMS (Watershed Modeling System) yazılımı ile

akış verilerine çevrilmiştir. Elde edilen hidrograf verileri MIKE yazılımında girdi olarak kullanılmış ve iki farklı tekerrür süresi için taşkından etkilenecek alanlar belirlenmiştir. Çalışmada eksik akım verilerine sahip çalışma alanlarının bu yaklaşımla ele alınabilmesinin mümkün olduğu vurgulanmıştır. Çalışma çıktılarından bir görsel Şekil 2.9 ile verilmiştir.



Şekil 2.9 200 yıl tekerrürlü taşkın model çıktısı ve imar planı üzerinde gösterimi (Damçayırı, 2018)

Zaifoğlu, (2018) doktora tez çalışmasında Lefkoşa için taşkın yönetim sistemi üzerine araştırmalar yapmıştır. Çalışmada 37 yağış istasyonunun ekstrem yağış indislerinin değişkenliği trend analiz yöntemleri ile incelenmiş, ölçüm yapılmamış havzalarda yeni bir yaklaşımla zaman serilerinin kümeleme yöntemleri bölgesel frekans analizi ile birlikte kullanılmıştır. Çalışmada 2010 yılında meydana gelen taşkın MIKE yazılımı kullanılarak simüle edilmiştir.

Üçüncü, (2018) tez çalışmasında HEC-RAS yazılımı ile 1 boyutlu modelleme tekniğini kullanarak Kırıkkale Karadere ve Hodar derelerinin taşkın analizini yapmış ve bu derelerin taşkın pik debilerini hesaplamıştır. Kesit yeterliliğinin sınandığı çalışmada, kesitin yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Çakmak, (2018) 1960-2012 yılları arasında meydana gelen taşkınların risk haritalamasını Fırat havzası ölçeğinde CBS ve istatistik analiz yöntemleri ile yapmıştır. Noktasal ve alansal taşkın risk değerlendirmesi ArcGIS yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Hırca, (2018) taşkın yayılım haritalarının akım ölçümü olmayan nehirler için yapılmasını ve hasarların tespitini amaçlamıştır. Çalışmada Sakarya Akyazı-Küçücek sanayi bölgesi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Farklı aşamalardan oluşan çalışmada farklı tekerrür debileri hesaplanarak oluşturulan taşkın yayılım haritalarından faydalanılmış ve birtakım yapısal hasarlardan kaynaklanan ekonomik kayıplar araştırılmıştır.

Pham vd., (2018) hidrolojik modeller ve uydu verileri kullanarak Vietnam'da tayfun kaynaklı taşkınların tarım üzerindeki etkisini incelemişlerdir.

Oğraş, (2018) Autocad Civil 3d yazılımını kullanarak 1/1000'lik haritaları sayısallaştırmış ve farklı tekerrür debileri için Dicle nehri su yüzü profillerini HEC-RAS yazılımı ile elde etmiştir.

Abd-Elhamid vd., (2018) önemli bir turistik kıyı olarak kabul edilen Hurghada, Mısır için taşkın tahmini ve taşkın zararlarını hafifletme çalışması yürütmüşlerdir.

Lamichhane & Sharma, (2018) taşkın uyarı sistemlerinde kullanılan hidrolik modellerde girdi parametrelerinin etkisini araştırmışlardır.

Choné vd., (2018) yaptıkları çalışmada nehir batimetrisinin olmadığı durumlarda LİDAR tekniği ile taşkın afet haritalamasını incelemişlerdir. Çalışmada HEC-RAS yazılımının 5.versiyonu kullanılarak 2 boyutlu modelleme doğrudan HEC-RAS yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Baykal, (2019) CBS tabanlı hidrolik model ile taşkın analizini Küçük Aksu Çayı için yürütmüştür. Çalışmada HEC-RAS ile elde edilen taşkın haritaları Analitik Hiyerarşi Süreci ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır ve benzer alanların taşkına maruz kaldığı belirtilmiştir.

Araz Yılmaz, (2019) Gelevera Deresi'nin taşkın tehlike alanlarını CBS sistemlerini kullanarak belirlemiştir. Çalışmada CBS ile hazırlanan SYM, HEC-RAS yazılımında kullanılarak taşkın durumunda konumsal etki alanları belirlenmeye çalışılmıştır.

Farooq vd., (2019) yüksek çözünürlüklü SYM kullanarak 2 boyutlu HEC-RAS modelleri ile Pakistan'da bulunan Swat nehrinin taşkın afet değerlendirmesini çalışmışlardır. Modelin kalibrasyonu 2010 yılında yaşanan taşkına ait uydu görüntüleri kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca farklı uydulara ait sayısal yükseklik modelleri (SRTM, ALOS, ASTER) SYM etkisini görmek için kullanılmıştır. 12m çözünürlüklü WorldDEM (sayısal yükseklik modeli) ve farklı tekerrür debileri kullanılarak bölgeye ait taşkın haritaları elde edilmiştir.

Engin, (2019) Zeytinli Çayı'nın (Balıkesir) farklı tekerrür debilerine göre taşkın risk analizini CBS yöntemi ile yapmıştır.

Vojtek vd., (2019) küçük ve ölçümleri olmayan havzalarda taşkın haritalamasını EBA4SUB ve HEC-RAS yaklaşımları ile hassasiyet analizlerini yaparak çalışmışlardır. EBA4SUB (Event-Based Approach for Small and Ungauged Basins) hidrolojik modelleme için, HEC-RAS ise bir boyutlu hidrolik modelleme için kullanılmıştır.

Dere, (2019) Kurtköy Deresi'nin taşkın yayılım haritalarını farklı frekanslı taşkın debileri için HEC-RAS yazılımını kullanarak oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan 1/1000'lik harita NetCAD ve ArcMAP CBS yazılımları ile hazırlanmış ve HEC-RAS'a aktarılmıştır.

Petroselli vd., (2019) Slovakya'da bulunan iki örnek olay için küçük ve ölçümleri olmayan havzalarda taşkın haritalamasını çalışmışlardır.

Yalcin, (2019) şehir taşkınlarının değerlendirilmesini 2 boyutlu hidrodinamik model ile insansız hava aracı görüntülerini kullanarak Kırşehir özelinde çalışmıştır.

Yurdakul, (2019) taşkın nedeniyle oluşabilecek zararların minimize edilmesi amacıyla Keçi dere örneğinde Güney Sapanca havzasının taşkın haritalarının çıkarılmasını çalışmıştır.

Kaya vd., (2019) ölçüm istasyonu olmayan doğal kanallar için taşkın nedeniyle oluşacak su basma alanlarının tahminini araştırmışlardır. Üç aşamadan oluşan çalışmada öncelikle memba hidrografları tahmin edilmiş, kanal geometrileri çıkarılmıştır. İkinci aşamada elde edilen veriler ile HEC-RAS yazılımı kullanılarak taşkın modeli oluşturulmuştur. Son aşamada CBS yöntemleri ile taşkından etkilenmesi muhtemel alanlar tespit edilmiştir.

Bulan, (2019) yüksek lisans tez çalışmasında Ağrı'da bulunan Murat Nehri örneği için CBS yöntemleri ile taşkın risk alanlarının belirlenmesini araştırmıştır.

Papaioannou vd., (2019) ölçüm istasyonu olmayan havzalarda birleşik hidrolojik ve hidrolik modeller ile taşkın haritalamasını Yunanistan'da yaşanan muazzam ani taşkın özelinde incelemişlerdir.

Keçik, (2019) tez çalışmasında İmalı Deresi için taşkın etki haritalarının oluşturulmasını çalışmıştır.

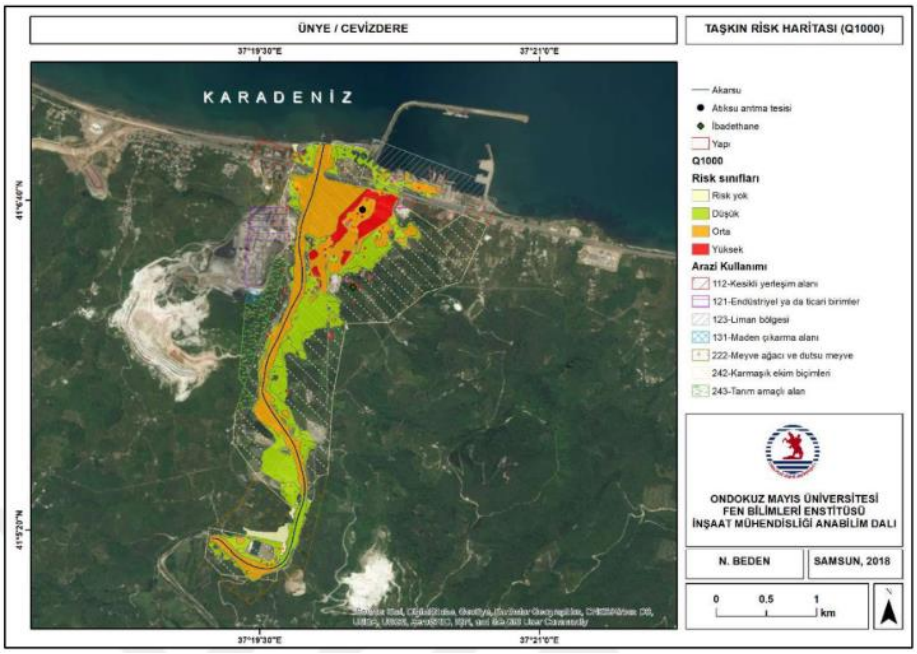
Zeleňáková vd., (2019) Slovakya'da bulunan Slatvinec Çayı'nın taşkın risk modellemesini çalışmışlardır. HEC-RAS ile oluşturulan modele göre taşkın etki alanı

ArcGIS yazılımı kullanılarak belirlenmiş ve maliyet analizi yöntemleri ile de bir taşkın maliyet değerlendirilmesi yapılmıştır.

Dağ, (2019) Antakya'da bulunan Altınçay Deresi'nin taşkın analizini HEC-RAS yazılımı ile 1 boyutlu olarak çalışmıştır. Farklı frekanslı taşkın debilerine göre yapılan analizlerde sonuç olarak 2,5,10 yıl periyotlu taşkın debileri için bir risk görülmezken 25,50 ve 100 yıl tekerrürlü taşkın debilerinde farklı boyutlarda riskler ortaya çıktığı görülmüştür.

Çolak, (2019) Çankırı Tatlıçay Deresi'nin 1 ve 2 boyutlu taşkın analizlerini HEC-RAS yazılım ile yapmış bir boyutlu modelin yatak taşıma kapasitesinin belirlenmesi için yeterli olduğu ancak yayılımın gözlemlenmesi için iki boyutlu analizlerin yapılması gerektiği sonucuna varmıştır.

Beden, (2019) doktora tez çalışmasında Cevizdere havzasının taşkın analizlerini saysısal modelleme yöntemleri ile yapmış ve havzadaki taşkın zararlarını değerlendirmiştir. Çeşitli yöntemler ile elde edilen hidrograflar farklı frekanslara sahip taşkın debilerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Arazi alımları ve 1/1000'lik haritaların sayısal yükseklik modeli olarak kullanıldığı çalışma MIKE yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. ArcGIS yazılımı da kullanılarak elde edilen taşkın haritalarına göre 1000 yıl frekanslı taşkın debisi gelmesi durumunda çalışma alanının mansabında %32.5 oranında taşkınların etkili olacağı tespit edilmiştir. Çalışmada 1000 yıl frekanslı taşkın için elde edilen risk haritasına ait görsel Şekil 2.10 ile verilmiştir.



Şekil 2.10 1000 yıl frekanslı debi için Klavuz Yöntemi'ne göre taşkın haritası (Beden, 2019)

Rangari vd., (2019) yerleşim yerlerinde yaşanan taşkın risklerini iki boyutlu modelleme tekniği ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada iki boyutlu HEC-RAS modeli kullanılmış ve model sonuçları toplam alanın %17'sinin taşkınlara maruz kaldığını göstermiştir.

Bhat vd., (2019) Keşmir vadisinde tarihsel olarak yaşanan taşkınlardan hareketle bölgede taşkın afeti değerlendirmesi yapmışlardır. Tarihsel veriler kronolojik olarak toplanarak vadide yaşanan büyük taşkınlara ait konturlar gün yüzüne çıkarılmıştır.

Kuşoğlu, (2019) HEC-RAS yazılımını kullanarak Törbüzek Çayı'nın taşkın yayılım haritalarını elde etmiştir. Çalışma alanının topoğrafik verileri Autocad Civil 3D yazılımı ile sayısallaştırılmış, 100 yıllık ve 500 yıllık yinelemeli taşkın debileri kullanılarak taşkın haritaları hazırlanmıştır.

Pinos & Timbe, (2019) dağlık bölge nehir havzalarında 2 boyutlu hidrolik modellerin taşkın haritalama üzerindeki performansını araştırmışlardır.

Yıldırım, (2019) tez çalışmasında hidrolik yapıların tasarımında önemli olan taşkın frekanslarını ve taşkın durumunu Batı Karadeniz havzası için araştırmıştır.

Nharo vd., (2019) Orta Zambezi havzasında yaşanan taşkınların nedenlerini ve etkilerini araştırarak yüzey gözlemleri ve hidrolojik modelleme ile taşkın haritalaması üzerine çalışmışlardır.

Hamidioğulları, (2019) tez çalışmasında Hatay ilinde yaşanan taşkınların sebeplerini incelemiştir. Son dönemde meydana gelen taşkınlarda akım ağına yapılan yapısal müdahalelerin rolünü araştırmış aynı zamanda taşkın konusunda ülkemizdeki yasal mevzuatı değerlendirmiştir.

Prabnakorn vd., (2019) Tayland'da bulunan Mun nehri havzasında karmaşık nehir sistemlerinde taşkın afetinin değerlendirilmesi için entegre bir model üzerine çalışmışlardır.

Bures vd., (2019) hidrolik taşkın modellerinde topoğrafik veri kaynaklarının karşılaştırılmasını çalışmışlardır. Çalışmada sayısal yükseklik modellerinin uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen morfoloji verisinin kaçınılmaz sonuçlarından kaynaklanan hataları ve bu hataların 1 boyutlu hidrolik modeller üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak uzaktan algılama yöntemlerinde kesitsel alanın ihmal edilmesinin 1 boyutlu hidrodinamik model sonuçları üzerinde ciddi etkileri olduğunu bulmuşlardır.

Ogania vd., (2019) sayısal yükseklik modellerinin taşkın haritaları hazırlanması üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yüksek çözünürlüklü SYM'lerin daha doğru taşkın yayılım sonuçları verdiği görülürken, daha az hassasiyette çözünürlüğe sahip SYM'lerin taşkınları gerçekte olandan daha geniş bir alana yaydıkları anlaşılmıştır.

Rahimzadeh vd., (2019) bir boyutlu HEC-RAS ve iki boyutlu LISFLOOD-FP modellerinin taşkın yayılımı üzerindeki etkisini, İran'da bulunan Gorgan taşkın sahası için havadan görüntülerle karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir.

Jha & Afreen, (2020) birleşik hidrodinamik ve hidrolojik model yaklaşımı ile yelesim yeri taşkınlarının analizini çalışmışlardır. Çalışma sonucunun şehir planlama açısından yardımcı olacağı vurgulanmıştır.

Thapa vd., (2020) Doğu Nepal'de bulunan Khando Nehri örneği ile bölge bazında yapıların taşkın haritalaması ve taşkına karşı savunmasızlığı çalışmasını gerçekleştirmişlerdir.

Kouhi vd., (2020) Birleşik Devletler'de bulunan Pawtuxet nehrinde rekor kıran 2010 taşkını özelinde taşkın riskinin geçmişi ve geleceğini değerlendirmişlerdir. Çalışmada yaşanan kasırganın ilk kara temasının ciddi bir taşkın riski oluşturmadığı tespit edilirken ikinci kara temasının 500 yıl tekerrürlü yağış olayının neden olacağı taşkına eşdeğer olduğu belirtilmiştir.

Yalcin, (2020) çalışmasında topoğrafya ve arazi kullanımı verilerinin çözünürlüğünün iki boyutlu HEC-RAS hidrodinamik taşkın model simülasyonlarına etkisini yerleşim yeri taşkınları açısından değerlendirmiştir.

Kuntiyawichai vd., (2020) Aşağı Nam Phong nehir havzası örneği ile potansiyel ikim ve arazi kullanımı değişikliğinin taşkınlar üzerindeki etkisini irdelemişlerdir. Farklı senaryolara göre hazırlanan modellerle iklim değişikliği ve arazi kullanımı değişikliğinin neden olması muhtemel taşkınların maliyeti hesaplanmıştır.

Malik & Pal, (2020) muson etkisi altındaki Dwarkeswar nehri vaka analizi ile iki boyutlu model simülasyonlarının taşkın haritalaması uygulamasını yapmışlardır. Çalışmada HEC-RAS yazılımı ile 2016 taşkını simüle edilmiş ve elde edilen sonuçlara göre oluşturulan model sonuçlarının kabul edilebilir doğrulukta olduğu belirtilmiştir.

Huţanu vd., (2020) Romanya'da bulunan Jijia taşkın alanı örnek çalışmasında 1 boyutlu HEC-RAS model ile LİDAR verisi kullanarak elde edilen taşkın haritalarının doğruluğunu arttırmayı amaçlamıştır.

Aryal vd., (2020) Doğu Himalaya eğiminin taşkın afet değerlendirmesini HEC-RAS model tabanlı inceleme ile çalışmışlardır. Değerlendirme Karnali nehrinin Chisapani kesiminden Nepal-Hidistan sınırına kadar olan kesimine 38 km'lik bölüm için yapılmıştır. Chisapani ölçüm istasyonun uzun yıllar akım değerleri ile 2,5,10,50,100,200 ve 1000 yıl geri dönüş periyotlu taşkın debileri için araştırma yapılmıştır. Çalışmada ayrıca 100 yıl periyotlu taşkın debisine yakın olan 2014 taşkını simüle edilmiş ve pek çok yapının bu taşkından etkilendiği tespit edilmiştir.

Pathan & Agnihotri, (2020) Hindistan'da bulunan Navsari şehrinin 2002 ve 2003 yılında yaşanan taşkınlardan etkilendiğini belirtmişlerdir, bu nedenle şehri etkileyen Purna nehrinin 1 boyutlu hidrodinamik modelinin HEC-RAS versiyon 5 ile çalışılmasını amaçlamışlardır. Çalışmada taşkın debisinin 8836 m^3/s'yi aşması durumunda Navsari şehrinin bazı kesimlerinin taşkından etkileneceği tespit edilmiştir.

Arseni vd., (2020) Romanya'da bulunan Siret nehrinin aşağı kesimlerinin taşkın tehlike haritalarının oluşturulmasını amaçlamışlardır. Bölgede son 50 yılda 20 büyük taşkının kayıtlara geçtiği vurgulanmış, bunların en önemlisinin de 2010 yılında yaşanan taşkın olduğu belirtilmiştir.

Ünes vd., (2020) Hatay'da bulunan ve karmaşık bir akım ağını barındıran Amik ovası örneği ile 1 boyutlu taşkın hidrolik model analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada oluşturulan akım ağı ve bu akım ağına atanan kesitler Şekil 2.11 ile gösterilmiştir. Çalışma sonucunda taşkın durumunda ölçülen debilerin Muratpaşa, Comba kanalları ve Afrin nehrinin kesit yetersizliğinden dolayı Küçük Asi nehrine güvenle aktarılamadığı tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca bölgede son dönemde daha sık görülen taşkınların iklim değişikliğinden kaynaklanabileceği ve bu nedenle daha kapsamlı taşkın ve iklim değişikliği araştırmalarının yapılmasının faydalı olacağı vurgulanmıştır.

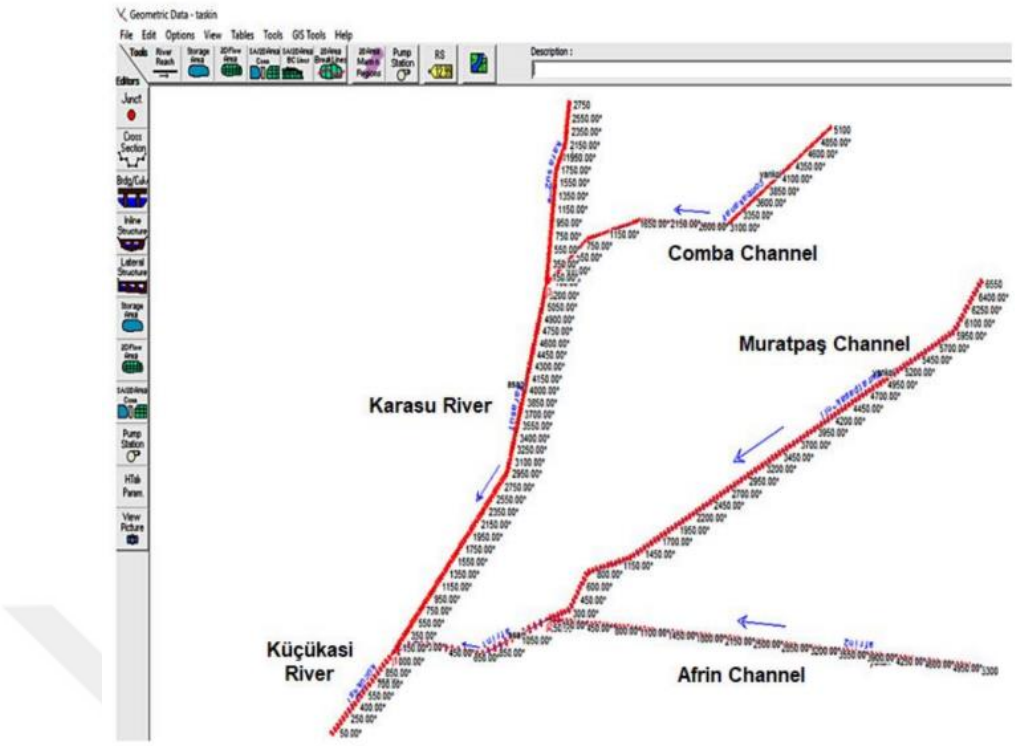


Figure 13. Flood model created in HEC-RAS program.

Şekil 2.11 Amik ovası bir boyutlu taşkın modeli (Ünes vd., 2020)

Costabile vd., (2020) HEC-RAS'ın yeni versiyonu olan versiyon 5 ile iki boyutlu yağış akış simülasyonuna dayanan hidrodinamik modelin havza ölçeğinde performansını araştırmışlardır. HEC-RAS yazılımının bu yeni versiyonunun doğrudan yağış verisi ile analiz yapmaya imkan tanıdığı belirtilen çalışmada, oluşturulan yağış modeli akım verisi girilerek oluşturulan model ile kıyaslanmıştır. Çalışma Kuzey İtalya'da küçük bir havza için denenmiştir. Taşkın haritalamasında kullanılan kriter uygulamasına göre her iki model arasında ciddi farklar olduğu tespit edilmiştir. Bu yaklaşımın hidroloji alanında çalışanlara su yüzü kotunun tespiti açısından yenilikçi bir yol açacağı öngörülmüştür. Benzer şekilde doğrudan yağış verisi kullanılarak yapılan hidrolojik ve hidrolik model kıyaslamasına bir örnekte David & Schmalz, (2020) tarafından çalışılmıştır.

2.2 İklim Değişikliği Trend Analizleri Literatür Taraması

Tomozeiu vd., (2002) Kuzey İtalya'da bulunan bir bölge olan Emilia-Romagna bölgesi için ortalama kış dönemi yağışlarının değişimini incelemişlerdir. 1960-1995 yıllarına ait yağış verilerinin kullanıldığı çalışmada yağış trendinin değişimi Mann-

Kendall ve Pettit testleri ile araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda bölgedeki hemen hemen bütün istasyonlarda kış dönemi ortalama yağışlarında verilen periyot için bir azalma eğilimi olduğu tespit edilmiştir.

Feidas vd., (2007) Yunanistan'da bulunan 22 yüzey istasyonunun 1955-2001 yılları arasındaki yağış kayıtlarını kullanarak yağış zaman serilerinin mevsimsel ve yıllık trend analizini gerçekleştirmişlerdir. Mann Kendall testin kullanıldığı çalışmada, Yunanistan'da çalışma periyodu için genel olarak aşağı yönlü bir trend olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca kış dönemi için görece bir azalma eğilimi olduğu belirtilmiş, trend değişim noktasının hem yıllık değerlendirmede hem kış dönemi değerlendirmesinde 1984 yılına denk geldiği tespit edilmiştir.

Pala, (2008) tez çalışmasında istatistiksel bir yaklaşımla Yeşilırmak havzasında bulunan 13 akım gözlem istasyonunun verilerini kullanarak bölgede yaşanan taşkınların mevsimselliğini incelemiştir. Yapılan istatistiksel çalışma ile havzada yaşanan taşkınların gerçekleşme tarihlerinde tarihsel olarak yaklaşık bir aylık kayma olduğu belirtilmiştir.

Morin, (2011) bilemediğimizi bilmek için yıllık yağışların minimum belirlenebilir mutlak trendlerin küresel haritalandırılması isimli çalışmasında küresel ölçekte yağışın değişiminin varyansının tespiti için Monte Carlo simülasyonunu kullanmış, trend büyüklüğünü belirlemek için de Mann Kendall testi kullanmıştır. Çalışma sonucunda yağış verisinin doğal olarak yüksek olan varyansı nedeniyle görece büyük trendlerin pozitif veya negatif tespit edilmesi şansının düşük olduğu bulunmuştur. En geniş belirlenemeyen trendler tropik bölgeler için tespit edilmiş, ayrıca kurak ve yarı kurak bölgeler için görece yüksek değerler bulunmuştur. Çalışma birkaç farklı varsayıma dayanıyor olsa da asıl amaç belirlenemeyen yüksek mutlak yağış trendlerinin zaman serisi analizleri ile iklim değişikliği uyum stratejilerine katkı sunmak olarak deklare edilmiştir.

Biberoğlu, (2011) tez çalışmasında iklim değişikliğinin ülkemiz yağış ve sıcaklıkları üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada 9 farklı iklim modelinin ülkemiz için ön gördüğü tahminler t-testi, Spearman's Rho testi ve Mann-Kendall sıra korelasyon testi ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda 1971-2000 dönemi için yağış ve sıcaklık değerlerinin tahminleri ile gözlemleri arasında ciddi farklar olduğu ve eğilimlerinin de benzer şekilde farklı olduğu tespit edilmiştir.

Kliment vd., (2011) Çek Cumhuriyeti'nde bulunan seçilmiş kaynak suyu bölgelerinde yağış-akış trendlerini incelemişlerdir. Çalışma bölgesinde 50 yıllık trendler Mevsimsel Mann Kendall test yöntemi de dahil farklı istatistiksel yaklaşımlar ile incelenmiş, çalışma sonuçları sadece metodolojik olarak değil aynı zamanda coğrafik farklılıklar da göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

Okkan, (2013) doktora tez çalışmasında pek çok bölgenin yağış ve sıcaklık değerlerinin istatistiksel bir yaklaşımla değerlendirildiğinde anlamlı değişiklikler olduğunu, buna bağlı olarak akarsu akışlarının değişeceğini öngörmüştür. Bu öngörü ile çalışmada iklim değişikliğinin Tahtalı baraj havzasında neden olacağı yağış ve sıcaklık değişimleri farklı iklim senaryoları ve bu senaryolara ait 14 farklı iklim modeli ile incelenmiştir. Farklı iklim modellerine ait havzada meydana gelen yağış ve sıcaklık değişimleri parametrik yağış-akış modelleri ile akışa dönüştürülmüştür. Ayrıca çalışma kapsamında geliştirilen kombine iklim modeline göre yağışların %3 ile %13 arasında azalabileceği, sıcaklıkların 1.5 °C ile 2.1 °C arasında artabileceği, bunlara bağlı olarak akımların %9 ile %22 arasında azalabileceği değerlendirilmiştir.

Jhajharia vd., (2014) Hindistan'da bulunan Godavari nehir havzasının sıcaklık trendlerini incelemişlerdir. Çalışmada maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklığı değerleri dört mevsim ve aylık bazda değerlendirilmiştir. Mann Kendall testin trend araştırılması için kullanıldığı çalışmada, trend büyüklüğü Theil-Sen's eğim yaklaşımı ile belirlenmiştir.

Polemio & Lonigro, (2015) Güney İtalya'da bulunan Apulia için aylık iklimsel verileri analiz etmişlerdir. Çalışmada aylık yağış, yağışlı günler, yağış yoğunluğu ve sıcaklık ile yıllık maksimum veriler iklim değişikliğini karakterize etmiş, yağışın ve onun etkilerinin neden olduğu hidrojeolojik zararlara odaklanılmıştır. Sonuç olarak yağış yoğunluğunda istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş, sıcaklıkta, yer kaymalarında, hidrojeolojik olayların zararlarında yükseliş bulunmuştur. Ayrıca kısa süreli yağış trendinde genelleştirilmiş bir azalma tespit edilmiştir.

Fathian vd., (2015) hidrolojik ve iklimsel değişkenlerin trendlerini İran'da bulunan Urmia göl havzası için araştırmışlardır. Yıllık ve mevsimsel sıcaklık, yağış ve akım değerlerine ait trendler Mann Kendall test, Spearman's Rho test ve Sen's t test isimli üç farklı parametrik olmayan test ile değerlendirilmiştir. Trend eğimleri Theil-Sen eğim metodu ile hesaplanmıştır. Sonuçlar havzada istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu göstermiştir.

da Silva vd., (2015) Güney Portekiz'de bulunan Corbes nehir havzası için akış ve nehir akımı parametrelerinin trendini zamansal ve mekânsal olarak daha anlaşılabilir kılmayı amaçlamışlardır. Araştırmacılar bu amaçla 40 yıllık yağış ve akım verisini kullanarak Mann Kendall ve Sen's Slope istatistiksel testleri ile trendi belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda senelik nehir akımının döngüsel davranışının yaklaşık 10 yıl periyotlu olduğu anlaşılmış, bulunan trendlerin ulusal ve küresel trendler ile örtüştüğü görülmüş ve hemen hemen bütün indislerde azalma eğiliminin hakim olduğu saptanmıştır.

Saplioğlu, (2015) Burdur ve Isparta illeri için yağış trend analizi yaptığı çalışmasında Şen'in grafik tabanlı trend belirme yaklaşımını esas alan yeni bir yöntem önermiştir. Önerilen bu yeni yöntemin sonuçları Şen'in grafik yöntemi ve klasik Mann Kendall yöntemi ile kıyaslanmış ve sonuçlar her iki yöntemle de uyumlu bulunmuştur.

Wang vd., (2015) Çin'de iklim değişikliğinin sıcaklık ve yağış üzerinde önemli bir zamansal ve mekânsal değişime neden olacağını öne sürmüşler bu amaçla da Çin'de bulunan Luanhe nehir hazasında hidro-iklimsel parametrelerin ve akışın değişimini incelemişlerdir. Çalışmada son 10 yılda yıllık ve mevsimsel ölçekte bölgede sıcaklıklarda önemli bir artış trendi olduğu buna karşın yağışta istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olmadığı saptanmıştır.

Milanovic vd., (2015a) 1981-2010 dönemi için Sırbistan'da iklim parametrelerinin analizini gerçekleştirmişlerdir. Aylık maksimum ve minimum hava sıcaklığı, yağış, rüzgar hızı, aktüel hava basıncı parametreleri değerlendirilmiştir. Çalışmada belirtilen dönemde hava sıcaklığının ve aktüel hava basıncının arttığı buna karşı yağış ve rüzgar hızının azaldığı sonucuna varılmıştır.

Milanovic vd., (2015b) Belgrad ve Niş bölgeleri için 1974-2003 dönemine ait ekstrem iklimsel indisleri analiz etmişlerdir. Yaz günleri, buzlu günler, yağışlı günler gibi indislerin oluşturulduğu çalışmada her iki şehir için değişimler incelenmiştir.

Jaiswal vd., (2015) iklimsel parametrelerin trend değerlendirmesinde ve trend değişiminin belirlenmesinde istatistiksel analiz yaklaşımını çalışmışlardır. Çalışmada Hindistan'da bulunan bir bölgenin aylık, mevsimsel ve yıllık iklimsel zaman serileri değerlendirilmiştir. Mann Kendall ve Spearman's Rho testleri trend belirleme için kullanılırken Pettit test, Bon Neumann Ratio test, Buishand's range test ve standart Normal Homojenlik testleri değişimi belirlemek için kullanılmıştır. Yüzde 95 güven

aralığı ile gerçekleştirilen çalışma ile farklı periyotlar için iklim parametrelin değişimi ve trendler belirlenmiştir.

Dabanlı vd., (2016) İnovatif Şen Trend Metodu yöntemi ile trend değerlendirmesi yapmışlardır. İklim değişikliği nedeniyle son 30, 40 yılda hidrometeorolojik zaman serilerinde trendler oluşabileceği belirtilen çalışmada farklı perspektiflerden trend değerlendirmesi yapmaya imkan tanıyan iyi bilinen Mann Kendall test ve İnovatif Şen trend metot kullanılmıştır. Araştırmacılar bu çalışmanın asıl amacını kullanılan her iki yöntemin arasındaki farkları ve benzerlikleri tespit etmek olarak ifade etmişlerdir. Ergene havzası bağıl nem, hava sıcaklığı, yağış ve akış verileri için yapılan analizlerde Mann Kendall testin hemen hemen bütün durumlarda istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir trend tespit etmediği görülmüştür. Buna karşın İnovatif Şen Trend metot ile çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek sınıflamaları yapılarak ilerde oluşabilecek taşkın ve kuraklık eğilimlerinin değerlendirilebileceği belirtilmiştir.

Bezak vd., (2016) mevsimselliğin ve istatistiksel trendlerin tanımlanmasının iklim değişikliğini anlamak için önemli olduğunu belirtmiş, Sava nehri üzerinde bulunan Litija ölçüm istasyonu verilerini kullanarak taşkın frekans analizi, mevsimsellik ve trend değerlendirmesi yapmışlardır. Mann Kendall trend test yönteminin kullanıldığı çalışmada trend yönlerinin ve büyüklüklerinin kullanılan örnekleme kümesine göre değiştiği sonucuna varılmıştır.

Odabaşı, (2016) tez çalışmasında iklim değişikliğinin kanıtı olarak İstanbul ilinde bulunan meteoroloji istasyonlarının kayıtlarını kullanarak trend araştırması yapmıştır. Mann Kendall test, Sen'in t testi, Mevsimsel Mann Kendall ve Lineer eğilim yaklaşımları ile belirlenen trend sonuçlarına göre sıcaklığın pozitif bir eğilime sahip olduğu, yağış trend sonuçlarının ise istasyonlara göre farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir.

Dabanlı, (2017) doktora tez çalışmasında Akarçay Örneği üzerinden ülkemizde yağış-sıcaklığın iklim değişikliğine bağlı değişimini incelemiştir. Üç farklı aşamadan oluşan tez çalışmasının ilk aşamasında iklim modelleri kullanılarak tahminler yapılırken ikinci aşamada kapsamlı bir iklim serileri trend araştırması yapılmıştır. Trend analiz yöntemlerinde inovatif Şen trend metoduna ek olarak ilk kez bu çalışmada +-%5 ve +-%10 zarf eğrileri kullanılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışma neticesinde İnovatif Şen Trend testin diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çalışmanın üçüncü ve son aşamasında ise ülke genelinde zamansal ve mekânsal kuraklık değerlendirmesi yapılmıştır.

Nigussie, (2017) İstanbul'da şehirleşme ve iklim değişikliği tabanlı taşkın risk değerlendirmesi yaptığı doktora tez çalışmasında esas olarak farklı iklim değişikliği senaryolarına göre yağış parametresini Ayamama havzası ölçeğinde ele almıştır.

Şen, (2017) hidro-iklimsel verilerin zaman serilerinde iklimsel değişkenliğe bağlı olarak kaymalar, döngüsel değişimler olabileceğini ve daha da önemlisi trendler oluşabileceğini belirttiği çalışmasında trend belirleme yöntemlerinin kısıtlamaları ve varsayımları nedeniyle yenilikçi bir trend belirleme yöntemi önermiştir. Grafiksel bir değerlendirme yöntemi olan bu yenilikçi yöntem aynı zamanda sınıflandırmaya da imkan tanıdığından bu tez çalışması kapsamında kullanılan yöntemlerden biri olmuştur. Bu yeni yöntemin metodolojisi tezin yöntem kısmında detaylı olarak açıklanmıştır.

Badjana vd., (2017) Batı Afrika'da bulunan Kara nehri havzası için Bayesian trend analiz yaklaşımı ile havzadaki yağış değişimini incelemişlerdir. 1950-2010 yılları arasındaki verinin kullanıldığı çalışmada farklı indislere ayrılan yağış verisinin genel olarak azalma eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca yağmurlu sezonun pik değerinin Eylül'den Ağustos'a kaydığı ifade edilmiştir.

Kişi vd., (2018) su kaynaklarının yönetimi ve planlaması için aylık ortalama dere akım değerlerinin trend analizinin yapılmasının önemli olduğunu belirtmiş, 3 havzaya ait aylık akım verilerine Mann Kendall test ve İnovatif Şen Trend test yöntemlerini uygulamış, İnovatif Şen Trend metodunun klasik Şen metoduna ve Mann Kendall metoduna göre avantajları olduğunu tespit etmişlerdir.

Ertekin, (2018) Türkiye genelinde 25 akarsu havzasının verilerini kullanarak taşkın görülme tarihlerinden hareketle taşkın mevsimselliğinin belirlenmesini amaçlamıştır. Ek olarak, Mann Kendall testi akım değerlerine uygulayarak istatistiksel olarak anlamlı bir trend olup olmadığını araştırmıştır.

Collet vd., (2018) taşkın riskinin belirsizliğinin istatistiksel veri analizi ile değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Çalışmada aşırı yağışların ve buna bağlı belirsizliklerin bölgesel etkisi, frekans bazında pik değerlerin değişimi, fiziksel ve hidro-klimatik etkenlerin taşkınlar üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Devkota & Bhattarai, (2018) iklim değişikliğinin taşkınlar üzerindeki etkisini Nepal özelinde yağış ve sıcaklık verilerinin trend incelemesi ile çalışmışlardır. Sıcaklık ve

çalışılan havzanın bir kısmı için yağışların artan eğilimde olmasının iklim değişikliği kaynaklı taşkın sonuçları üzerine yapılan çalışmada aynı zamanda sosyal etkilerin belirlenmesi için bir anket çalışması da yapılmıştır.

Aytulun, (2019) tez çalışmasında iklim değişikliği nedeniyle meteorolojik verilerin geçmişe dönük değişiminin incelenmesi gerektiğini belirtmiş, bu amaçla ülkemizde bulunan Susurluk ve Van Gölü havzalarının yıllık ortalama sıcaklık, yağış ve nem verilerini trend analiz yöntemleri ile değerlendirmiştir. İnovatif Şen Trend metot, Mann Kendall test ve Spearman's Rho test analiz yaklaşımlarının kullanıldığı çalışmada her iki havza için benzer sonuçlar tespit edildiği görülmüştür.

Balov, (2019) doktora tez çalışmasında Fırat ve Dicle havzaları ile Doğu Karadeniz havzası için iklim değişikliği üzerine çeşitli değerlendirmelerde bulunmuştur. Asıl olarak indirgenmiş iklim modellerinin çalışıldığı tezde trend analiz yöntemi ile geçmişe ve geleceğe dönük istatistiksel değerlendirmeler de yapılmıştır.

Ptak vd., (2019) Warta nehrinin uzun dönem trendlerini 1960-2009 dönemi için araştırmışlardır. Trend değerlendirmesi için Mann Kendall test, Sen's slope ve Pettit test istatistiksel yaklaşımlarını kullanan araştırmacılar, ayrıca hava sıcaklığı ve su sıcaklığı arasındaki ilişkiyi de incelemişlerdir. Farklı güven aralıkları ve istasyonlar için su sıcaklığının 0.096 ile 0.281 derece arasında değişen değerlerde artış eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir.

Gedefaw vd., (2019) Etiyopya'nın iki ekolojik bölgesi için iki iklim parametresinin geçmiş trendlerini analiz etmişlerdir. 1980 ile 2010 yılları arasında kaydedilen hava sıcaklığı ve yağış verilerine Mann Kendall test, Sen's estimator ve İnovatif Şen Trend metot istatistiksel yaklaşımları uygulanmıştır. Genel olarak birçok istasyonda artış trendi tespit edilirken, yağış ve hava sıcaklığının su kaynakları üzerine etkisinin 1998 yılından sonra istatistiksel olarak anlamlı hale geldiği vurgulanmıştır.

Nacar, (2020) doktora tez çalışmasında Doğu Karadeniz havzasının yağış ve sıcaklık değişkenleri üzerinde iklim değişikliğinin etkisini incelemiştir. Küresel iklim modellerini taban alarak ölçek indirgeme yaklaşımı ile farklı projeksiyonlara göre geliştirilen modellerin çıktısı yağış ve ortalama sıcaklık olmuştur. 1981-2005 dönemi referans alınarak 2020-2100 dönemi için veri üretilen çalışmada iyimser ve kötümser senaryolara göre farklı derecelerde sıcaklık artışı beklendiği bildirilmiştir.

Leone vd., (2020) Caposele kaynak debisinin trend değişimini ve istatistiklerini 100 yıllık bir dönem için araştırmışlardır. Kaynak debisinin standart serisini temsil eden en

iyi dağılımın Weibull dağılımı olduğunu tespit eden araştırmacılar, trend analizi için Mann Kendall, Sen's Slope, Least Square Linear Regression metotlarını kullanmışlardır. Sonuç olarak yıllık ve mevsimsel bazda yağış trendinde istatistiksel olarak bir azalma söz konusu olmasa bile kaynak debisinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğunu bulmuşlardır. Bu nedenle, Güney İtalya'nın diğer yerlerinde olduğu gibi artan sıcaklık ile kaynak debisinin azalması arasında bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Srinivas vd., (2020) nehir davranışlarının özellikle de debisinin iklimsel değişimle ilişkili olduğunu belirtmiş, nehir debisi ve mevsimsel trendleri değerlendirmek için zamansal-mekânsal bir model kullanmışlardır. Hindistan'da bulunan Ganges nehri havzasına ait 117 yıllık verinin kullanıldığı çalışmada kademeli olarak azalma eğiliminde olan yağışın nehir debisinde de istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya neden olduğu belirtilmiştir.

3.YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında kullanılan yöntemler iki ana başlık altında açıklanmıştır. İklim değişikliği için kullanılan trend analiz yöntemleri birinci ana başlık olurken taşkın değerlendirmesi için kullanılan yöntemler ikinci ana başlığı oluşturmuştur.

3.1 İklim Değişikliği Trend Analiz Yöntemleri

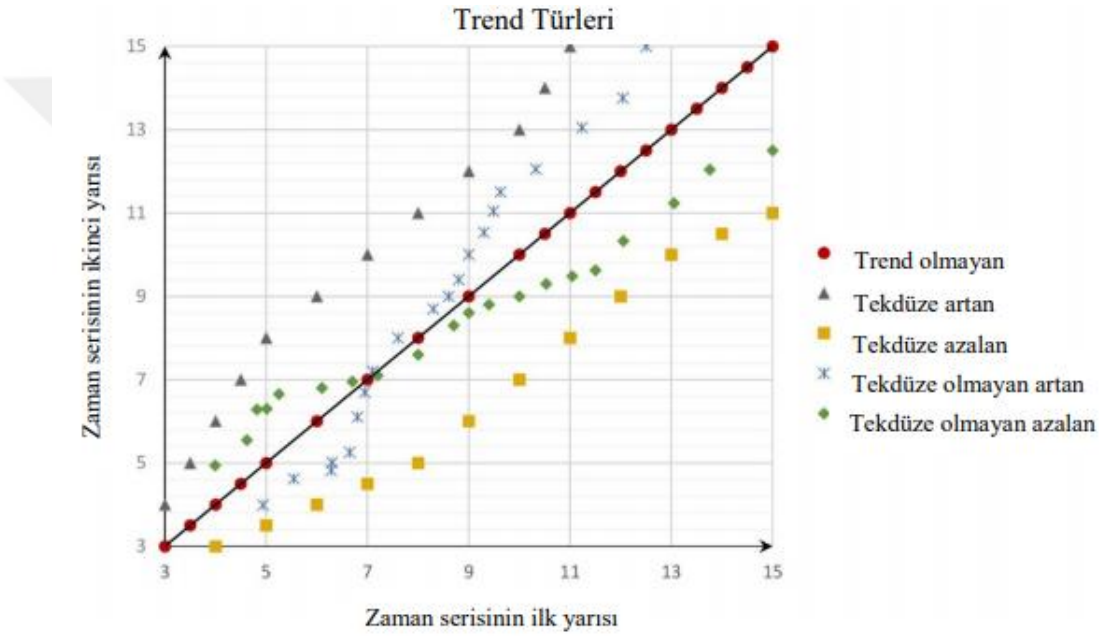
Bu çalışmada kullanılan İnovatif Şen trend metodu, Mann Kendall, Spearman's Rho test ve Lineer regresyon trend inceleme yaklaşımları detaylı olarak aşağıdaki gibi açıklanmıştır. Bu yöntemler, Hatay bölgesi için sıcaklık, yağış, bağıl nem, rüzgar hızı, iklim parametrelerine, şiddetli yağışlı gün sayısı indisine ve Amik ovasında bulunan bazı akarsuların akım değerlerine ayrı ayrı uygulanmıştır. İklim verilerinin değerlendirilmesi aylık, mevsimsel ve yıllık olarak ayrı ayrı yapılmıştır.

3.1.1 İnovatif Şen Trend Metodu

Trend değerlendirmesinde kullanılan grafik tabanlı yeni yaklaşım Şen, (2014, 2012) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde, uygulamanın ilk adımı olarak trend analizi araştırılacak zaman serisini iki eşit parçaya bölmek gerekmektedir. İki eşit paçaya bölünen serinin ilk kısmı x-y koordinat sisteminde x değerleri olarak atanır. İkinci parça ise aynı koordinat sisteminde y eksenine atanır. Genel olarak saçılım grafiğini andıran bu yaklaşımda seriler eşit uzunlukta seçilmelidir. Veri grafik üzerine işlendikten sonra 1:1 doğrusu yani 45°'lik doğru çizilmelidir. Bu doğru grafiği iki eşit üçgensel alana böler ve artan veya azalan eğilimler üzerinde değerlendirmeler yapmaya olanak sağlar. Eğer grafik üzerine işlenen veri seti 1:1 doğrusu üzerinde veya bu doğruya yakın konumlanıyorsa bahsi geçen seri için istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmadığı anlaşılır. Eğer veri doğrunun üst bölgesinde yer alıyorsa artan bir trend, aksine doğrunun alt tarafında konumlanıyorsa azalan bir trend olduğu anlaşılır (Dabanlı, 2017). İnovatif Şen Trend metodun avantajları grafik tabanlı değerlendirme ile sınırlı değildir. İnovatif Şen metodu ayrıca kullanıcılara farklı sınıflamalar yapmak suretiyle kendi deneysel veya gözlemsel bilgilerini uygulama fırsatı tanır. Kullanıcılar veriyi eşit parçalara bölerek grafik üzerinde sınıflayıp tanımlamalar ve değerlendirmeler yapabilir. Örneğin; bir yağış trendi araştırmasında "düşük", "orta", "yüksek" diye üç farklı sınıflandırma yapılır ise "düşük" sınıfta yapılacak değerlendirmeler kuraklık ile ilgili bilgiler verebilecekken, "yüksek" sınıfta yapılacak

trend değerlendirmeleri aşırı yağışlar ve taşkınlar hakkında bilgiler sunabilir. Genel olarak bilindiği üzere trend araştırma yöntemleri trend yönü ve büyüklüğü ile ilgili bilgiler sunarken, bu yenilikçi yaklaşımın sınıflandırmaya imkân tanıması önemli bir farklılıktır. Dabanlı, (2017) doktora tez çalışmasında Şen'in yenilikçi yaklaşımına "trend yoktur" doğrusuna paralel dört referans doğrusu (+%5, -%5, +%10, -%10 doğruları) ekleyerek trend büyüklüğünü numerik olarak da ifade etmeyi mümkün kılmıştır.

Bu yönteme ait trend değerlendirmesinin nasıl yapıldığını gösteren bir örnek Şekil 3.1 ile verilmiştir.



Şekil 3.1. İnovatif Şen Trend yöntemi değerlendirme kriterleri (Dabanlı, 2017)

Şekil 3.1. ile veri dağılımına bağlı olarak hangi durumlarda artan trendlerin, hangi durumlarda azalan trendlerin ve hangi durumda trendin olmadığı örneklenmiştir. Bu gösterimde herhangi bir sınıflama kullanılmamıştır.

3.1.2 Mann Kendall Test

Mann Kendall test Lineer regresyon, Çoklu regresyon, Korelasyon parametrik testlerinin aksine parametrik olmayan ve sıklıkla hidro-iklimsel verilerin trend taraması için kullanılan bir yöntemdir. Kendall'ın tau (+1 ile -1 arasında değerleri olan sıralı değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlamaya yarayan ölçü) uygulamasının özel bir örneği olan bu test parametrik olmayan bir test olması nedeniyle doğrudan verinin

dağılımı ile ilgili değildir. Parametrik olmayan testlerde verinin normal dağılmış olması zorunlu değildir ancak verilerin eşit aralıklı veya oranlı olarak sıralanmış olması gerekmektedir. Mann Kendall testi daha çok her bir zaman adımındaki numerik büyüklüğün bir diğer zaman adımına karşı büyüklüğü ile ilişkilidir (Kendall, 1975; Mann, 1945). Mann Kendall istatistiği S'nin hesaplanması denklem 3.1 ile verilmiştir.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k) \tag{3.1}$$

Hesaplanan S istatistiğinin pozitif değerleri artan bir trende işaret etmekte iken, negatif değerleri ise azalan bir trende işaret etmektedir. Denklem 3.1' de geçen "sgn(xj -xk)" ifadesi denklem 3.2 ile verilmiştir.

$$sgn(x_j - x_k) = \begin{cases} +1; & if \ (x_j - x_k) > 0 \\ 0; & if \ (x_j - x_k) = 0 \\ -1; & if \ (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \tag{3.2}$$

formülde x_j ve x_k sırasıyla j'inci ve k'inci sıradaki verileri, "n" ise zaman serisinin uzunluğunu ifade etmektedir. Hidro-klimatolojik veriler için eğer "n" yani zaman serisi uzunluğu 10'dan büyük ise verinin yaklaşık olarak normal dağılıma uygun olduğu kabul edilir. Bu doğrultuda, serisinin varyansı (σ^2) denklem 3.3 ile hesaplanabilir.

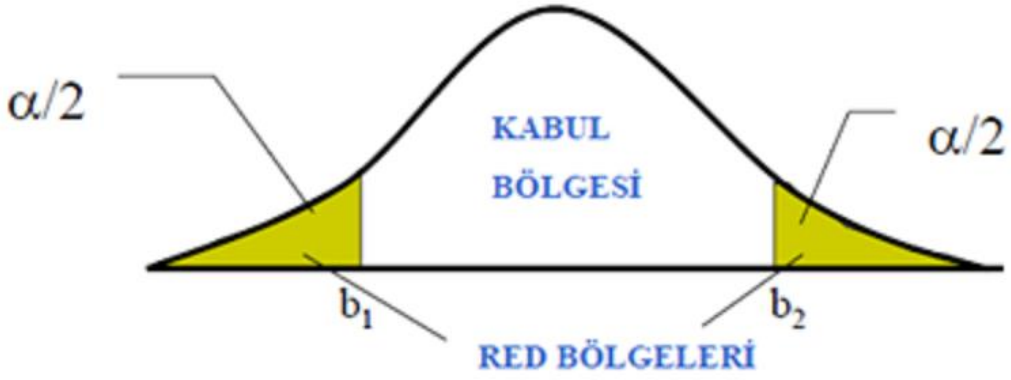
$$\sigma^2 = \frac{\left(n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^{p} t_j(t_j-1)(2t_j+5)\right)}{18} \tag{3.3}$$

denklemde "n" zaman serisinin uzunluğunu, "p" bağımlı grup sayısını, "t_j" bağımlı grup içerisindeki değeri ifade etmektedir. Teste göre trendin varlığı standart Mann Kendall Z değeri kullanılarak kararlaştırılır. Mann Kendall Z değerinin hesaplanması aşağıda denklem 3.4 ile verilmiştir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma} \ if \ S > 0 \\ 0 \ if \ S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma} if \ S < 0 \end{cases} \tag{3.4}$$

Denklem 3.4 ile hesaplanan Z değeri iki uçlu normal dağılım değeri (tercih edilen güven aralığına göre değişen) ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırmaya göre H_0 (sıfır hipotezi) kabul veya reddedilir. H_0: "Trend yoktur." ifade eder.

Sıfır hipotezine göre trend olup olmadığına karar verme süreci Şekil 3.2 kullanılarak aşama aşama açıklanmıştır. H_0: hipotezi trendin olmadığı durumu ifade ederken H_1 alternatif hipotezi trendin var olduğu durumu ifade eder.



Şekil 3.2 Standard normal dağılım grafiği ve H_0 hipotezinin kabul ve ret bölgeleri

Standard normal dağılım grafiğinde gösterildiği üzere z istatistiği kullanılarak yapılan değerlendirmede iki uçlu bir karar süreci için H_0 hipotezinin kabul ve ret bölgeleri önem katsayısına (α) göre değişmektedir (Bayazıt M, 1998). Önem katsayısının sayısal değer olarak arttığı durumlarda güven aralığının küçüleceği tersine önem katsayısının küçüldüğü durumlarda güven aralığının artacağı anlaşılmaktadır. Daha basit bir ifadeyle α=0.1 için güven aralığı yüzde 90 olurken, α=0.05 için güven aralığı yüzde 95 olacaktır. Önem katsayısı artınca H_0 hipotezinin ret bölgesi artacağından hipotezin ret edilme ihtimalinin de artacağı söylenebilir. Mann Kendall "S" istatistiğine göre Z değerinin nasıl hesaplandığı denklem 3.4 ile verilmişti. Hesaplanan bu Z değeri önem katsayısı belirlendikten sonra normal dağılım z tablosu kullanılarak tespit edilecek kritik z değeri ile karşılaştırılarak H_0 hipotezinin kabul veya ret bölgesinde olduğu tespit edilebilir. Bu çalışmada bütün trend değerlendirmeleri için α=0.05 (güven aralığı %95) olarak seçilmiştir. İki uçlu değerlendirmede kritik Z değeri normal dağılım z tablosundan α=0.05 için okunmuştur. Önem katsayısı 0.05 olduğu için Şekil 3.2 ile verilen b_1 ve b_2 red bölgelerinin olasılık değerleri α/2= 0.05/2=0.025 olmaktadır. Önem katsayısına göre hesaplanan 0.025 olasılık değeri normal dağılım z tablosunda pozitif uçta +1.96 ve negatif uçta -1.96 z değerlerine karşılık gelmektedir. Dolayısıyla karşılaştırmada her iki uçta kullanılacak kritik Z değerleri +.1.96 ve -1.96 olmaktadır.

3.1.3 Spearman's Rho Test

Speaman's Rho test Mann Kendall ile benzer bir yaklaşımla trend analizi yapmaya yarayan geniş kullanıma sahip geleneksel bir trend belirleme yöntemidir. Parametrik olmayan veya doğrusal olmayan parametrik zaman serilerinin trend belirlemesi için kullanılır. Ve genellikle bu yöntem trend olmayan durumları tespit etmek üzere tercih edilir (Dahmen & Hall, 1990). Mann Kendall ile bir diğer benzerlik durumu ise değerlendirme yaklaşımıdır. Bu yöntemde de değerlendirme yaklaşımı H_0 hipotezinin kabul veya reddedilmesi ile yapılır. H_0 hipotezi Mann Kendall yönteminde detaylı olarak açıklandığı üzere trendin olmadığı durumu ifade eder.

Zaman serisinin sıra farklarına dayanan yöntemin fark hesaplama yaklaşımı denklem 3.5 ile aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$D = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}(R_i - i)^2}{n(n^2-1)} \tag{3.5}$$

denklemde D Spearman's rho değerini, R_i i'inci gözlemin rankını, "i" kronolojik sıra numarasını "n" ise zaman serisinin toplam eleman sayısını ifade eder. Kritik Z değerine göre değerlendirmenin yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan Spearman's Rho standart Z değeri (Z_{SR}) denklem 3.6 ile hesaplanır.

$$Z_{SR} = D\sqrt{\frac{(n-2)}{(1-D^2)}} \tag{3.6}$$

Trend belirlemek için denklem 3.6 ile hesaplanan Z_{SR} değeri önem katsayısına göre (çalışılan güven aralığına göre seçilir) standart normal dağılım z tablosu kritik z değerine göre belirlenerek karşılaştırma yapılır. Mann Kendall yönteminde olduğu gibi hem negatif hem pozitif trendler söz konusu olabileceğinden iki uçlu normal dağılıma göre değerlendirme yapılır. Bu durumda hesaplanan Z_{SR} değeri için aşağıdaki değerlendirme yapılabilir.

Önem katsayısı 0.05 için kritk Z değeri pozitif uçta +1.96 negatif uçta -1.96 olarak z tablosundan okunmuştur. $|Z_{SR}| >$ Z kritik ise H_0 hipotezi reddedilir, alternatif hipotez olan H_1 kabul edilir. Bu durumda pozitif veya negatif bir trend vardır. $|Z_{SR}| <$ Z kritik ise H_0 hipotezi kabul edilir ve istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmadığı sonucuna varılır (Yue vd., 2002).

3.1.4 Lineer Regresyon Trend Analiz Yaklaşımı

Lineer regresyon trend tespit yöntemi temel olarak lineer regresyon doğrusunun eğimine dayanır. Bu metot genel olarak tek değişkenli zaman serilerinin uzun dönem trend taraması için kullanılır (Dabanlı, 2017). Bu yöntem ile değerlendirme yapılırken lineer regresyon doğrusunun eğiminin işaretine dikkat edilir. Eğim pozitif ise zaman serisinde artan bir trend olduğu aksine negatif ise de azalan bir trend olduğu söylenebilir. Artan veya azalan trendin varlığı aynı zamanda eğimin sayısal değer olarak mutlak değerce büyüklüğü ile de ilişkilidir. Bu yaklaşıma göre bu eğim değeri ne kadar büyük ise trendin istatistiksel olarak anlamlı hale gelmesi o kadar mümkün olur.

3.1.5 Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı İndisi

Daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere tez çalışmasının ikinci kısmını taşkın konusu oluşturmaktadır. Bölgede yaşanan taşkınların en önemli sebebinin şiddetli yağışlar olduğu bilindiğinden, şiddetli yağışların yaşandığı gün sayısı bir indis olarak belirlenmiş ve bu indisin değişimi trend analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

Meteoroloji genel müdürlüğü (Mgm.gov.tr, 2021) şiddetli yağışı aşağıdaki formüldeki gibi hesaplamaktadır.

$$R = \sqrt{5t - (\frac{t}{24})^2} \qquad (3.7)$$

denklem 3.7'de R yağış miktarını (mm), t ise yağışın devam süresini (dk) ifade etmektedir. Bir gün 1440 dakika olduğundan t değeri yerine denklem 3.7'de 1440 yazıldığında R yağış miktarı 60 mm bulunmaktadır. Bu bir günde 60 mm ve üzerinde yağış düşmesi durumunda şiddetli yağış söz konusu olduğunu ifade eder.

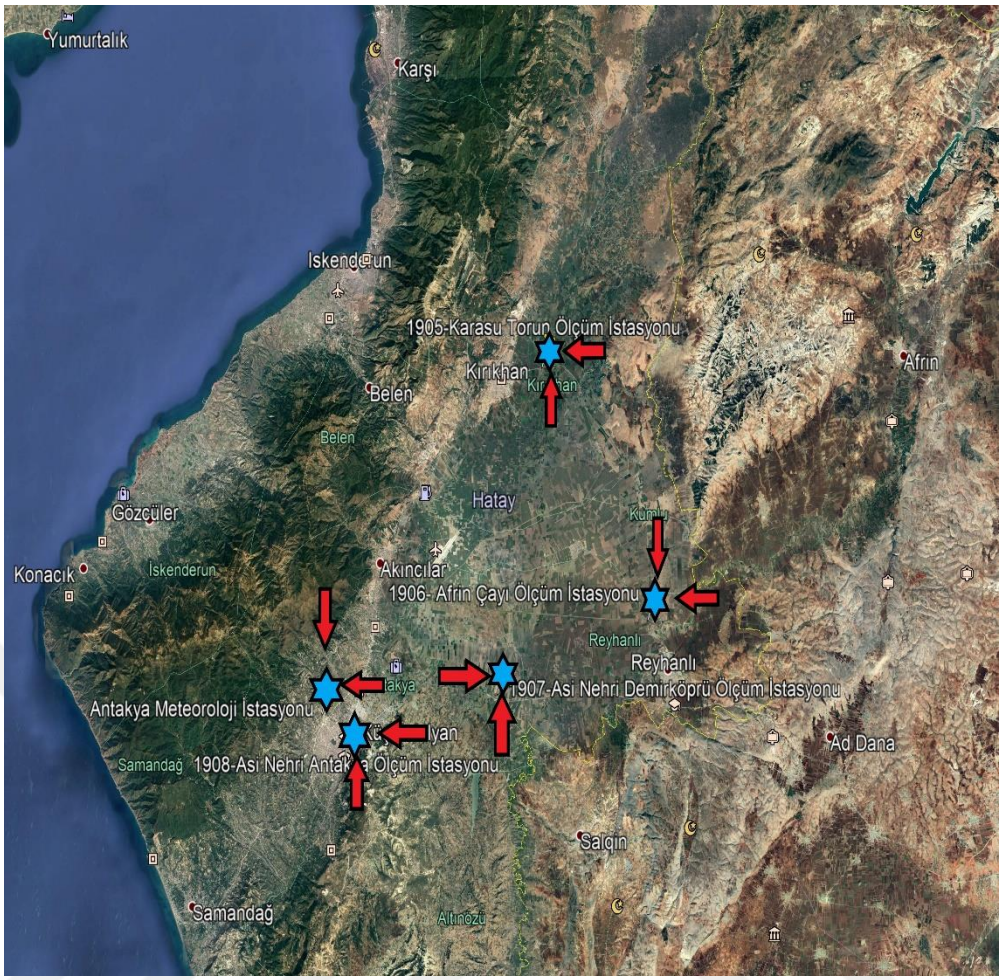
Bu nedenle Antakya yağış istasyonuna ait günlük yağış verileri incelenerek aylık bazda 60 mm ve üzerinde yağış olan günlerin sayısı belirlenmiştir. Belirlenen bu indise daha önce açıklanan her bir trend araştırma yöntemi uygulanarak, şiddetli yağışlı gün sayısı indisinin değişimi incelenmiştir.

3.1.6 Çalışma Bölgesi ve Kullanılan Veri Seti

Bu çalışma kapsamında iklim değişikliği değerlendirilmek üzere Türkiye'nin en güney kesiminde yer alan Hatay ili seçilmiştir. Bölgede bulunan Amik ovasının son dönemlerde sıkça taşkınlarla gündeme gelmesi, bölgede yaşanan taşkınların iklim değişikliği ile ilgili olabileceğini akıllara getirmiştir. Hem Hatay ili hem de ülkemiz için önemli bir ova olan Amik ovası geniş tarım arazilerine, Hatay havaalanına ve seyrekte olsa yerleşim yerlerine ev sahipliği yapmaktadır. Hem tarım hem ulaşım açısından bölge için kritik önemde olan Amik ovasının iklim değişikliğinden etkilenip etkilenmediğini ve yaşanan/yaşanacak taşkınların etkilemesi muhtemel alanların tespitinin yapılması ekonomik, sosyal, çevresel kayıpların yapılacak planlamalarla azaltılmasını mümkün kılacaktır.

Çalışma bölgesi için seçilen Hatay tarihsel bulgulara göre dünyanın ve ülkemizin ilk yerleşim yerlerinden biridir. Güncel nüfusu 1,650,000'den fazla olan Hatay güneyde Suriye ile komşu iken, batıda Akdeniz kıyısındadır. Ortalama 100 metre rakımında olan Hatay'ın çalışma konusu olan Amik ovasının yaklaşık yüksekliği 80 metredir. Amik ovasının toplam uzunluğu 90 km iken genişliği 27 km'dir. Suriye'den doğan Asi nehri, Amik ovasından ve Antakya şehir merkezinden geçen Hatay'ın en büyük akarsuyudur. Karasu ve Afrin Çayları Amik ovasında Hatay havaalanın güneyinde birleşerek Küçük Asi nehrini oluşturur. Küçük Asi nehri Suriye'den gelen Asi nehri koluyla Amik ovasının çıkışında birleşerek Antakya şehir merkezinden geçer ve Akdeniz'e dökülür. İklimsel olarak bölge Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yazların genellikle sıcak ve yağışsız geçtiği bölgede kışlar ılık ve yağışlı geçer. Hatay ili aynı zamanda etrafını çevreleyen dağlar ve deniz kıyısı nedeniyle Türkiye'nin en çok yağış alan bölgelerinden biridir (Vikipedi, 2021a).

Seçilen çalışma bölgesi Şekil 3.3 ile verilmiştir.



Şekil 3.3. Çalışma alanı ve trend analizleri gerçekleştirilen istasyonların konumları (Google, 2021)

Çalışmada kullanılan Antakya meteoroloji bölge istasyonunun konumu, ve Devlet Su İşleri'ne ait (DSİ) 1905-Karasu Torun akım istasyonunun konumu, 1906-Afrin Çayı akım istasyonun yeri, 1907- Asi Nehri Demirköprü akım istasyonunun konumu, 1908-Asi Nehri Antakya akım gözlem istasyonun yeri Google earth yazılımına noktasal koordinatlar girilerek işaretlenmiş ve Şekil 3.3 ile paylaşılmıştır. Şekil 3.3'de görüldüğü üzere Amik ovasının farklı kısımlarını temsil etmesi beklenen istasyonlar ovanın farklı uçlarında yer almaktadır. Ovanın en kuzeyinde 1905- Karasu Torun istasyonu, doğuda 1906-Afrin Çayı istasyonu, güneyde 1907-Asi Demirköprü istasyonu, güneybatıda ise 1908-Asi Antakya istasyonu yer almaktadır. Meteoroloji ölçüm istasyonu da ovanın güneybatısında Antakya ilinde konumlanmıştır.

Çalışmada kullanılan iklim parametreleri ve akım verilerinin istatistiksel özellikleri ayrı ayrı hesaplanarak bu bölümde tablolar halinde paylaşılmıştır.

Şekil 3.3 ile konumu verilen Antakya meteoroloji istasyonunda kaydedilen ortalama hava sıcaklığı (T) verilerinin istatistiki değerleri Tablo 3.1 ile verilmiştir.

Tablo 3.1 Ortalama hava sıcaklığı veri seti istatistikleri

Zaman Dilimi	Birim	Min.	Maks.	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık Katsayısı
Ocak		3.7	11.2	8.1	1.7	-0.5
Şubat		5.4	13.5	9.8	1.8	-0.2
Mart		10.0	16.7	13.3	1.4	0.1
Nisan		14.9	20.1	17.2	1.2	0.3
Mayıs		19.0	23.8	21.2	1.1	0.2
Haziran		23.3	26.4	24.8	0.7	0.2
Temmuz		25.6	28.9	27.2	0.7	0.1
Ağustos		25.9	30.0	27.8	0.8	0.0
Eylül	(C°)	23.8	28.4	25.7	0.9	0.2
Ekim		17.4	23.8	20.9	1.3	-0.1
Kasım		11.0	17.0	14.2	1.6	-0.3
Aralık		6.5	12.3	9.5	1.5	-0.2
Kış		5.8	11.5	9.1	1.2	-0.4
İlkbahar		15.5	19.1	17.2	0.9	0.3
Yaz		25.2	28.2	26.6	0.6	0.0
Sonbahar		18.7	22.4	20.3	0.9	0.5
Yıllık		16.6	19.9	18.3	0.6	-0.2

Ortalama hava sıcaklığı için kullanılan veri seti 1960 yılından başlayıp 2019 yılına kadar kesintisiz aylık ortalamalardan oluşur. Mevsimsel ve yıllık ortalamalar ilgili dönemlerin toplamının ortalaması alınarak hesaplanmıştır. İlgili dönemde en sıcak ortalamaya sahip ayın 27.8 C° ortalama değeri ile Ağustos olduğu görülmektedir. Ayrıca maksimum ortalama aylık T değeri yine Ağustos ayında 2010 yılında kaydedilmiştir. Minimum, maksimum ve ortalama mevsimsel değerler incelendiğinde Akdeniz iklimine uygun olarak yazların sıcak geçtiği ve kışların ılık olduğu anlaşılmaktadır. Aylık ortalama minimum sıcaklık ise Ocak ayında 3.7 C° ile 1964 yılında kaydedilmiştir.

Şekil 3.3 ile konumu verilen Antakya meteoroloji istasyonunda kaydedilen toplam yağış parametresi (P) veri setine ait istatistiki bilgiler Tablo 3.2 ile verilmiştir.

Tablo 3.2 Toplam yağış veri seti istatistikleri

Zaman Dilimi	Birim	Min.	Maks.	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık Katsayısı
Ocak		29.1	418.1	184.1	102.6	0.7
Şubat		0	366.5	160.2	74.5	0.4
Mart		14.9	369.6	145.7	80.1	0.9
Nisan		0	384.0	109.3	89.0	1.4
Mayıs		0	638.5	83.9	106.3	3.2
Haziran		0	124.6	21.9	31.5	1.5
Temmuz		0	283.0	8.4	36.4	7.3
Ağustos		0	65.8	4.7	12.7	3.7
Eylül	mm	0	276.9	40.5	63.3	2.4
Ekim		0	195.2	71.6	50.7	0.8
Kasım		0	353.6	105.0	69.4	0.9
Aralık		0.2	460.5	189.7	108.5	0.5
Kış		123.8	1002.9	534.0	194.2	0.2
İlkbahar		54.9	821.5	339.0	155.0	1.0
Yaz		0	297.6	35.0	50.2	2.8
Sonbahar		66.7	486.1	217.1	96.8	0.9
Yıllık		600	1947.7	1125.1	275.2	0.4

Tablo 3.2 ile verilen veriler incelendiğinde özellikle yaz döneminde tamamen yağışsız geçen yıllar olduğu görülmektedir. Aylık bazda en fazla ortalama yağış değerinin ise 189.7 mm ile aralık ayına ait olduğu görülmektedir. Kış aylarının yüksek yağışlı olması bölgede Akdeniz iklim koşullarının hâkim olduğunun bir başka göstergesidir. Aylık bazda en yüksek standart sapma değeri aralık ayı için kaydedilirken, en düşük standart sapma değeri ise 12.7 ile ağustos ayına ait bulunmuştur. Bu durum yağışlı ve yağışsız ayların standart sapma üzerindeki etkisini göstermektedir.

P'nin yıllık bazdaki istatistikleri ise bölgede ortalama toplam yıllık yağışın 1125.1 mm olduğunu minimum ve maksimum değerler arasında ciddi sayılabilecek farklar olduğunu ve bunun standart sapmaya da yansıdığını göstermektedir.

Bağıl nem iklim değişkenine ait istatistiki bilgiler tablo 3.3 ile verilmiştir.

Tablo 3.3 Ortalama Bağıl Nem (RH) veri seti istatistikleri

Zaman Dilimi	Birim	Min.	Maks.	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık Katsayısı
Ocak		55.9	82.4	74.0	5.6	-0.8
Şubat		54.6	79.7	70.5	5.6	-0.7
Mart		56.0	79.0	67.8	5.9	-0.1
Nisan		52.4	77.2	67.2	5.2	-0.2
Mayıs		53.6	77.7	66.5	5.2	-0.2
Haziran		50.9	80.5	67.0	4.8	-0.2
Temmuz		59.2	81.7	69.5	4.4	-0.3
Ağustos		58.3	77.5	69.4	4.8	-0.5
Eylül	%	57.0	75.8	66.5	4.5	0.1
Ekim		47.8	73.6	64.2	5.5	-0.8
Kasım		50.6	79.9	67.4	6.5	-0.7
Aralık		55.8	87.5	75.0	6.8	-0.6
Kış		61.0	81.2	73.2	4.3	-0.1
İlkbahar		58.0	75.8	67.1	4.3	0.0
Yaz		58.9	79.9	68.7	4.1	-0.3
Sonbahar		55.7	73.8	66.0	4.2	-0.4
Yıllık		62.0	76.9	68.7	3.0	0.2

RH verileri 1960-2019 dönemini kapsamaktadır. Ortalama aylık değerlerinin tamamının %60'ın üzerinde olduğu görülmektedir. İlgili dönemde RH değerinin en yüksek olduğu ay aralık olmuştur. Yine aylık bazda bakıldığında ortalama RH değerinin en düşük olduğu ay % 64.2 ile Ekim ayı olmuştur.

Veriler mevsimsel bazda incelendiğinde ise ortalama RH değerinin kış mevsiminde en yüksek, sonbahar mevsiminde en düşük seviyede oluğu görülmektedir. Bununla beraber hesaplanan standart sapma değerlerinde ciddi bir fark oluşmadığı görülmektedir.

Yıllık bazda minimum RH değerlerinin dahi %60 üzerinde kaldığı görülmektedir. Çalışma alanının konumu göz önüne alındığında denize yakın konumu dolayısıyla RH değerlerinin yüksek olmasının anlaşılabilir olduğu görülecektir.

Ortalama Rüzgar Hızı (WS) verilerine ait istatistikler Tablo 3.4 ile verilmiştir.

Tablo 3.4 Ortalama Rüzgar Hızı veri seti istatistikleri

Zaman Dilimi	Birim	Min.	Maks.	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık Katsayısı
Ocak		0.9	4.7	2.3	0.9	0.2
Şubat		0.9	4.1	2.4	0.9	0.1
Mart		1.1	4.4	2.7	0.9	0.0
Nisan		1.3	5.2	3.2	1.1	0.0
Mayıs		1.5	6.7	3.7	1.2	0.2
Haziran		1.7	8.9	4.9	1.6	0.0
Temmuz		2.0	10.4	5.8	1.9	0.2
Ağustos		1.9	9.2	5.5	1.8	0.0
Eylül	m/s	1.4	6.2	3.8	1.2	0.0
Ekim		0.8	3.7	2.3	0.8	-0.1
Kasım		0.8	3.3	1.9	0.7	0.0
Aralık		0.9	3.7	2.2	0.8	0.0
Kış		1.0	4.0	2.3	0.8	0.0
İlkbahar		1.3	5.4	3.2	1.0	0.0
Yaz		2.0	9.3	5.4	1.7	0.0
Sonbahar		1.0	4.3	2.7	0.8	-0.1
Yıllık		1.3	5.5	3.4	1.1	-0.1

Önceki iklim parametrelerinde olduğu gibi WS verileri de 1960-2019 yılları arasındaki 60 yıllık dönemi kapsamaktadır. Aylık bazda en yüksek ortalama WS değeri 5.8 m/s ile Temmuz ayına ait iken, en düşük ortalama değer ise 1.9 m/s ile Kasım ayına aittir.

Mevsimsel değerlendirmede en yüksek ortalama WS değeri yaz mevsimine ait olarak tespit edilmiştir. En düşük ortalama WS değeri ise kış mevsimine ait olmuştur. Yıllık bazda en düşük ortalama WS değeri 1.3 m/s olarak ölçülürken en yüksek değer 5.5.m/s, ortalama değer ise 3.4 m/s olarak kayıtlara geçmiştir.

Daha önce harita üzerinde konumları işaretlenerek gösterilen akım gözlem istasyonlarından elde edilen verilerin istatistiksel analizleri Tablo 3.5 ile aşağıdaki gibi verilmiştir.

Tablo 3.5 Akım verilerine (m^3/s) ait istatistikler

İstasyon Adı	Eksik Veriler	Veri Tipi (Aylık Akım)	Min.	Maks..	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık Katsayısı
1905-Karasu-Torun	1993/1979	Minimum	0.00	1.95	0.48	0.59	0.99
		Maksimum	9.50	268.00	109.62	51.82	1.01
		Ortalama	2.45	27.20	10.10	5.83	1.03
1906-Afrin Deresi	1993/1979 1963	Minimum	0.00	1.92	0.13	0.40	3.40
		Maksimum	4.22	991.00	200.56	185.29	1.99
		Ortalama	0.43	26.80	7.19	5.21	1.38
1907-Asi Demirköprü	1993/1979 1960	Minimum	0.00	6.53	1.91	1.95	1.04
		Maksimum	35.80	193.00	120.89	45.68	-0.20
		Ortalama	7.32	69.00	28.29	14.67	0.62
1908-Asi Antakya	1993/1979 1971/1970	Minimum	0.00	12.40	1.41	2.15	2.95
		Maksimum	87.00	1001.00	385.79	169.53	1.04
		Ortalama	12.50	161.00	63.98	32.12	0.75

Tablo 3.5 ile akım gözlem istasyonlarından elde edilen aylık akımların minimum, maksimum ve ortalama akım değerleri için istatistiki bilgiler verilmiştir. Tabloda verilen değerler 1958-2011 yılları arasındaki akım değerleri kullanılarak oluşturulmuştur.

Akım verileri su yılı hesabına göre elde edilen verilerdir. Bilindiği üzere su yılı 01 Ekim tarihinden başlayıp bir sonraki yılın 30 Eylül tarihinde son bulur. Örneğin 1942 su yılının akım değerleri 01 Ekim 1941'den başlar 30 Eylül 1942'de son bulur.

Bütün akım değerlerine ait birim m^3/s'dir. Trend analizleri sadece aylık maksimum ve ortalama değerler için yapılmıştır. Çünkü Tablo 3.5 incelenirse ilgili istasyonlarda minimum akım değerlerinin 0 olduğu görülecektir. Veriler yıllara göre incelendiğinde minimum aylık akımlar içerisinde tekrar eden kuru dönemler olduğu görülmüş, dolayısıyla minimum akımlar için bir trend analizi yapmanın istatistiksel olarak anlamsız olacağı düşünülmüştür.

Aylık ortalama akımlar incelendiğinde Amik ovasının çıkışında yer alan ve bütün akım kollarının birleştiği 1908-Asi Antakya istasyonunun en yüksek debiye sahip istasyon olduğu görülmektedir. En düşük debili akarsu olarak Asi nehrinin bir yan kolu olan Afrin deresi tespit edilmiştir.

Ayrıca çalışmada sürekliliği olan bir analiz yapabilmek için eksik yıllara ait veriler kendilerinden önceki ve sonraki yılların ortalaması alınarak kullanılmıştır.

3.2 Taşkın Alanlarının Haritalanmasında Kullanılan Yöntem

Bu tez çalışması kapsamında yapılan taşkın analizleri ve su altında kalan alanların haritalanması çalışmaları Birleşik Devletler ordusuna ait Hydrologic Engineering Center's (Hidroloji Mühendislik Merkezi)-(HEC) tarafından geliştirilen River Analysis System (Nehir Analiz Sistemi)-(RAS) yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada analizlere ve modellemelere başlandığı esnada en güncel versiyon olan HEC-RAS 5.0.7 versiyonu kullanılmıştır.

Amik ovasında yaşanması muhtemel taşkınların modellenmesi amacıyla farklı uydulardan elde edilen Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) kullanılmıştır. Sayısal yükseklik modellerinde tespit edilen hatalar ve HEC-RAS yazılımının RAS-Mapper aracı kullanılarak yapılan iyileştirmeler bir alt başlıkta detaylı olarak anlatılmıştır.

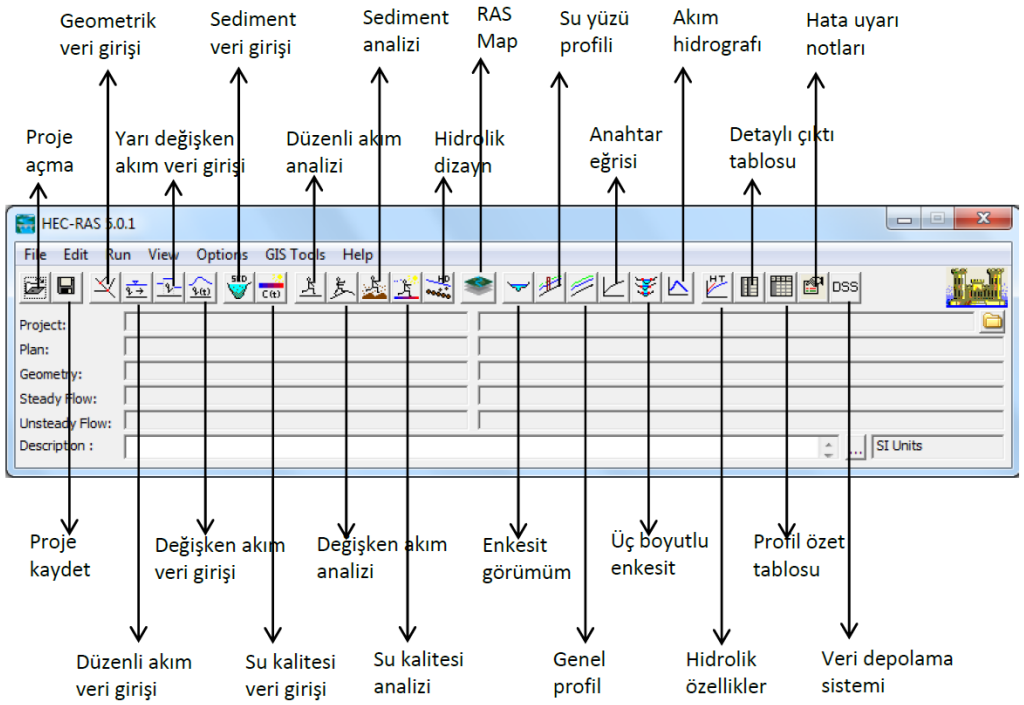
2 Boyutlu kararsız akım modelleme tekniği ile yapılan analizlerde en önemli parametrelerden olan Manning pürüzlülük katsayının nasıl atandığı ayrıca açıklanacaktır.

İlk etapta en uygun SYM'nin tespiti amacıyla farklı SYM'ler ile 6 adet model kurularak Amik ovasında 2012 yılında yaşanan taşkın modellenmiştir. Bütün değişkenler sabit tutularak SYM tespitine yönelik yapılan analizler ile en uygun SYM tespit edilmiş ve farklı akım yollarında bulunan istasyonlara ait farklı dönüş periyotlu taşkın debilerinin çakışması durumunda su altında kalacak alanlar haritalandırılmıştır.

Haritalama çıktıları Google earth uydu görüntüleri ile çakıştırılarak çalışma çıktıları hem arazi modeli hem uydu görüntüsü ile paylaşılmıştır.

3.2.1 HEC-RAS Yazılımının Genel Tanıtımı

HEC-RAS yazılımı ücretsiz temin edilebilen ve geniş kullanım alanına sahip bir açık kanal akım analiz yazılımıdır. Yazılımın ilk versiyonu 1995 yılında yayınlanmıştır ve ilk versiyonda sadece 1 boyutlu modelleme imkanı söz konusudur. 2 boyutlu modelleme imkanı yazılıma ilk olarak 2016 yılında eklenmiştir (HEC-RAS Manual, 2016). HEC-RAS yazılımının ara yüzü Şekil 3.4 ile verilmiştir.



Şekil 3.4. HEC-RAS Ana ekran menü görüntüsü (Ardıçlıoğlu, 2017)

Şekil 3.4 ile HEC-RAS yazılımının menü sistemi gösterilmiştir. Şekil ile verilen görselde görülen RAS Mapper butonu HEC-RAS'ın yeni versiyonlarında kapsamlı bir Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulaması olarak sunulmaktadır.

3.2.2 Bir Boyutlu Kararlı ve Kararsız Akım Modellemesi

Akışkan hareketleri sayısal yöntemler ile hesaplanabilmektedir. Akışkanlar mekaniğinin en temel denklemlerinden olan süreklilik ve hareket denklemleri bu hesaplamaların temelini oluşturmaktadır. Bu denklemeler ilişkilendirilerek Navier-Stokes denklemleri elde edilerek 3 boyutlu akışkan hareketi hesaplanabilmektedir. Bir ve iki boyutlu karmaşık olmayan hesaplamalar ise yapılan kabuller ile St. Venan denklemleri kullanılarak daha kolay çözülebilmektedir. Son teknoloji ile bilgisayar performanslarının artması üzerine kapsamlı ve karmaşık problemlerin çözümü iki boyutlu yaklaşım ile daha doğru sonuçlar verecek şekilde modellenebilmektedir (Akkaya, 2016). Yukarıda sözü edilen denklemler ve açıklamaları aşağıdaki gibi verilmiştir.

Süreklilik denklemi denklem 3.7 ile verilmiştir.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \tag{3.7}$$

Denklemde; u,v,w sırasıyla x,y,z Kartezyen koordinatlarındaki hız dağılımını, ρ ise akışkan yoğunluğunu göstermektedir.

Navier-Stokes denklemlerinin türetilmesinde kullanılan förmülasyonlar denklem (3.8-3.10) ile verilmiştir.

$$\rho g_x + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} = \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) \tag{3.8}$$

$$\rho g_y + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} = \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) \tag{3.9}$$

$$\rho g_z + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} = \rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) \tag{3.10}$$

Verilen hareket denklemlerinde g yerçekimi ivmesini, τ kayma gerilmelerini ve σ normal gerilmeleri göstermektedir. Newtonyen sıkıştırılamaz bir akışkanın deformasyon-gerilme ilişkisi doğrusaldır. Bu tür akışkanların gerilme-deformasyon ilişkisi x,y,z doğrultuları için ayrı ayrı denklem (3.11-3.16) ile verilmiştir.

$$\sigma_{xx} = -\rho + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \tag{3.11}$$

$$\sigma_{yy} = -\rho + 2\mu \frac{\partial v}{\partial x} \tag{3.12}$$

$$\sigma_{zz} = -\rho + 2\mu \frac{\partial w}{\partial x} \tag{3.13}$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \tag{3.14}$$

$$\tau_{yz} = \tau_{zy} = \mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \tag{3.15}$$

$$\tau_{zx} = \tau_{xz} = \mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \tag{3.16}$$

3.11-3.16 ile verilen denklemlerde μ dinamik viskoziteyi ifade ederken p akışkan basıncını göstermektedir.

3.11-3.16 denklemleri 3.8-3.10 denklemlerinde yerine yazıldığında Navier Stokes denklemleri denklem (3.17-3.19) gibi elde edilir.

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \rho g_x + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \tag{3.17}$$

$$\rho\left(\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}\right)=-\frac{\partial p}{\partial y}+\rho g_y+\mu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) \quad (3.18)$$

$$\rho\left(\frac{\partial w}{\partial t}+u\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z}\right)=-\frac{\partial p}{\partial z}+\rho g_z+\mu\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right) \quad (3.19)$$

Denklem (3.17-3.19) ile verilen Navier Stokes denklemleri ve süreklilik denklemi newtonyen sıkışmaz akışkanların hareketini 3 boyutlu olarak belirleyen denklemlerdir. Ancak denklemlerin karmaşıklığı Navier Stokes denklemlerinin modelleme için kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle akışkan hareketi 3 boyutlu olmasına rağmen daha basit yaklaşımlar modelleme için tercih edilmektedir (Akkaya, 2016; Costabile vd., 2020; Dimitriadis vd., 2016; Serencam, 2013).

Yukarıda akışkan hareketinin temel denklemleri verilmiştir. Bir boyutlu hidrolik modelleme için St. Venan denklemlerinin sonlu farklar yöntemi genellikle tercih edilir (Ceribasi & Ceyhunlu, 2020; Dimitriadis vd., 2016; Huţanu vd., 2020). Kütlenin ve momentumun korunumu ilkesine dayanan denklemler denklem 3.20 ve 3.21 ile verilmiştir.

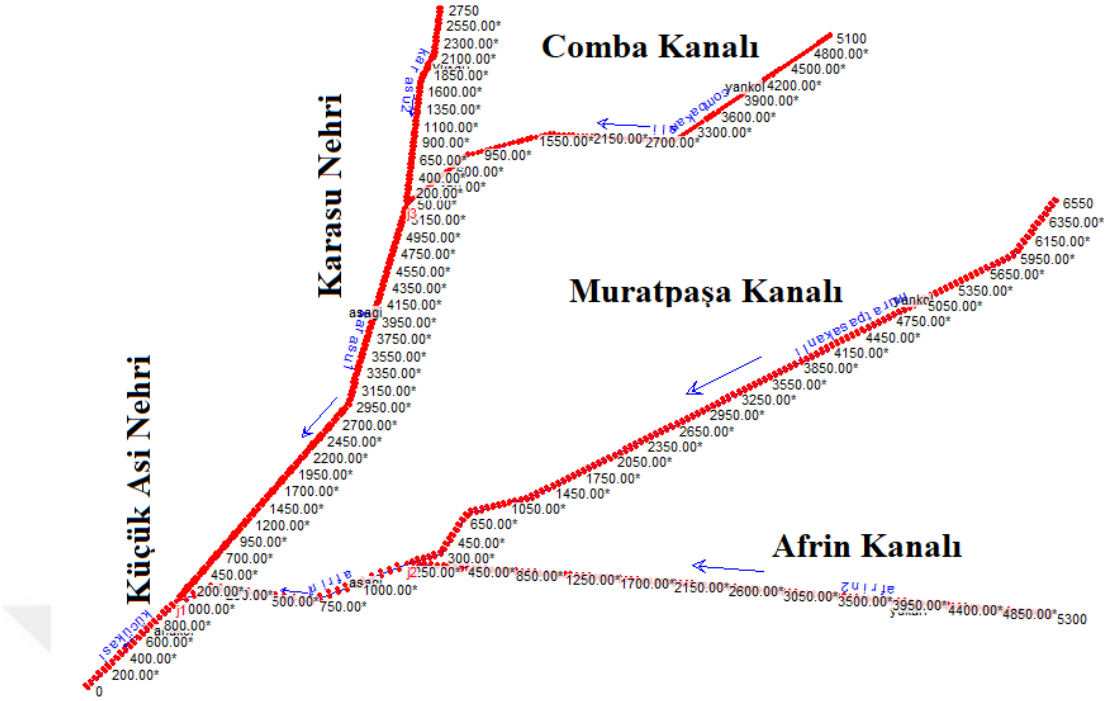
$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=0 \quad (3.20)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(uQ)+gA\left(\frac{\partial h}{\partial x}-S_0\right)+gAS_f=0 \quad (3.21)$$

3.20 ve 3.21 denklemlerinde A Kesit alanını, Q debiyi, u hızı, S_0 kanal eğimini, S_f sürtünme eğimini, h akım derinliğini gösterir.

1 Boyutlu St. Venan denklemleri türetilirken akımın tek boyutlu olduğu, su seviyesinin yatay olduğu, nehir yatağının eğiminin küçük olduğu varsayımları yapılmış ve düşey doğrultudaki ivme ihmal edilmiştir.(Sönmez, 2013).

Çalışmada Amik ovasında Karasu nehri, Comba kanalı, Muratpaşa kanalı, Afrin kanalı ve Küçük Asi nehri HEC-RAS yazılımının 1 boyutlu modelleme yaklaşımı kullanılarak kararlı akım şartlarında analiz edilmiştir. Söz konusu akım ağının bir kısmı (Muratpaşa, Comba ve Afrin) tarihsel olarak göl alanı olan Amik ovasının kurutulması amacıyla inşa edilmiş olsa da taşkın durumunda ovada bulunan tarım arazilerinin, yerleşim yerlerinin ve Hatay havaalanının taşkın sularından korunması için önem arz etmektedir. HEC-RAS yazılımı kullanılarak 1 boyutlu olarak oluşturulan akım ağı ve atanan kesitler Şekil 3.5 ile verilmiştir.

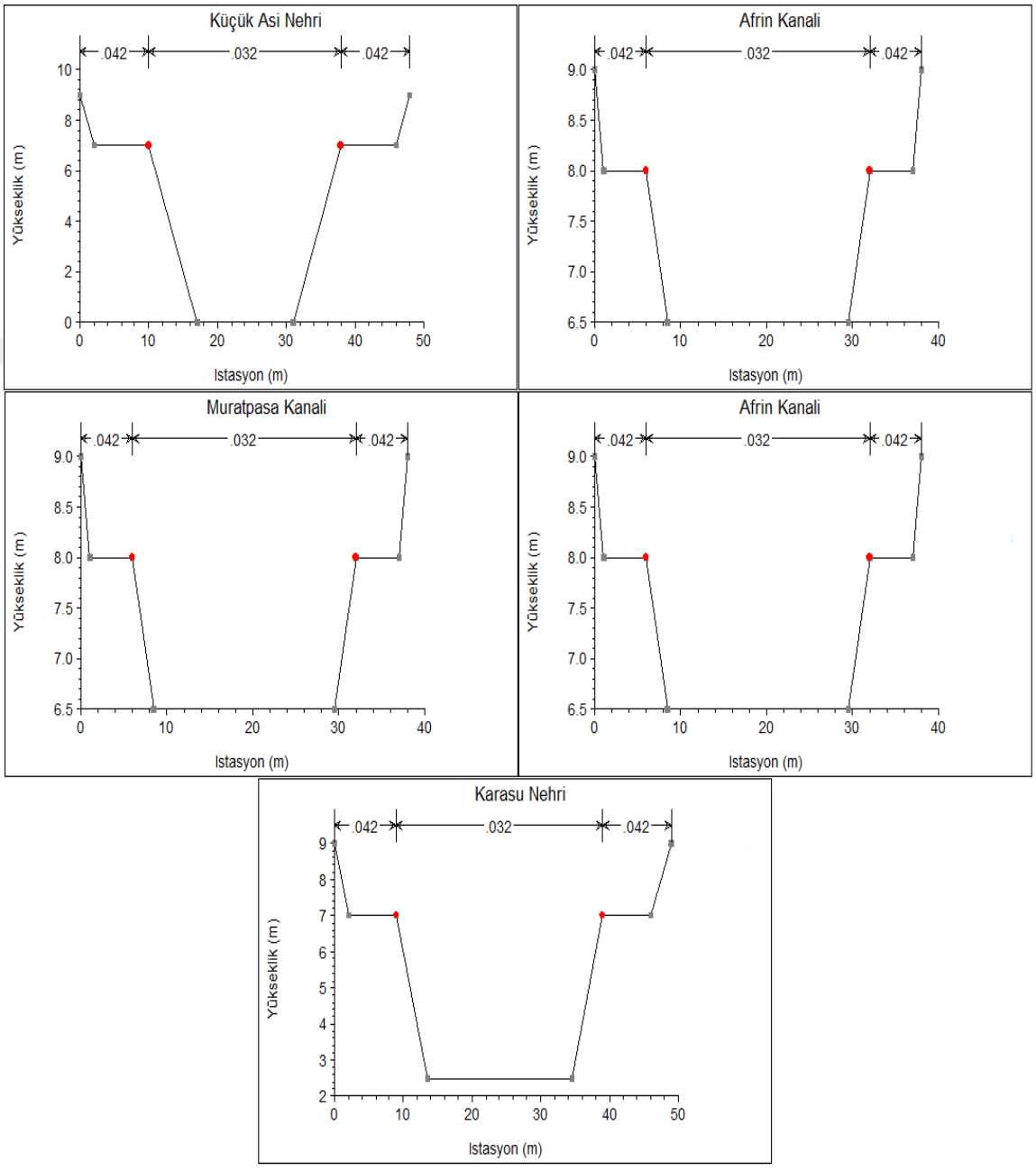


Şekil 3.5 HEC-RAS yazılımı ile oluşturulan 1 boyutlu akım ağı ve kesitler

Şekil 3.5 ile verilen akım ağı bir boyutlu geometrisi Amik ovasının ana akım yollarından oluşmaktadır. Her bir akım kolu için 50 metrede bir kesitler oluşturulmuştur. 1 boyutlu modellemede Karasu nehrinin 8050 metrelik kısmı, Comba kanalının 5100 metrelik kısmı, Muratpaşa kanalının 6550 metrelik kısmı, Afrin kanalının 6600 metrelik kısmı ve Küçük Asi nehrinin 1050 metrelik kısmı modellenmiştir. Çalışmada Karasu nehrinin memba tarafı ile Comba kanalının birleşiminden sonraki kesim Karasu (1) olarak isimlendirilmiş ve Karasu nehrinin memba kesimi Karasu (2) olarak isimlendirilmiştir. Benzer şekilde, Afrin kanalının Muratpaşa kanalı ile birleşiminden sonraki kesimi Afrin (1) olarak isimlendirilmiş ve Afrin kanalının memba kesimi Afrin (2) olarak isimlendirilmiştir.

HEC-RAS yazılımı ile yapılan 1 boyutlu modellemede Şekil 3.6 ile verilen akım ağının her bir koluna ait kesit bilgisi DSİ'den elde edilen bilgilere göre oluşturulmuştur. Amik ovasının güneyinde bulunan Suriye'den gelen Asi nehri kolunun doğal bir akım yolu olması sebebiyle kesit bilgileri mevcut olmadığından 1 boyutlu modellemede yer verilmemiştir. Oluşturulan 1 boyutlu geometride her bir akım koluna ait kesit görünüşleri Şekil 3.6 ile verilmiştir. Verilen kesitlerde her bir akım ağı kolunun taban genişliği, kanal sınır çizgisinin yüksekliği, taşkın kanalının

genişliği ve yüksekliği bilgileri mevcuttur. Akım ağı oluşturulurken Karasu (1) ve Karasu (2), Afrin (1) ve Afrin (2) olarak isimlendirilen akım ağı bölümlerinin kesitleri ortak olduğundan Karasu nehri kesiti ve Afrin kanalı kesiti olarak gösterilmiştir. Kesitlerde kırmızı ile işaretlenen noktalar kanal üst sınırını göstermektedir.



Şekil 3.6 Oluşturulan 1 boyutlu HEC-RAS kesitleri

Taşkın modellemesinin önemli bir parçası olan Manning pürüzlülük katsayısının belirlenmesi 1 boyutlu modelleme için Tablo 3.6 kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 3.6 Bir boyutlu modelleme de kullanılan Manning katsayısının seçimi (Chow, 1959)

Kanal Tipi ve Tanımı	Min.	Ort.	Maks.
Doğal akarsular-küçük akarsular (taşma sahasında üst genişlik<100 ft)			
1.Ana Kanal			
a. temiz, düz, tam sahne, yarıklar veya derin havuzlar yok	0.025	0.030	0.033
b. yukarıdakiyle aynı, ancak daha fazla taş ve yabani ot mevcut	0.030	0.035	0.040
c. temiz, dolambaçlı, bazı havuzlar ve sığlıklar var	0.033	0.040	0.045
d. yukarıdakiyle aynı, ancak bazı yabani otlar ve taşlar mevcut	0.035	0.045	0.050
e. yukarıdakiyle aynı, daha düşük aşamalar, daha etkisiz eğimler ve bölümler mevcut	0.040	0.048	0.055
f. "d" ile aynı ancak daha fazla taş mevcut	0.045	0.050	0.060
g. durgun erişimler, otlu, derin havuzlar mevcut	0.050	0.070	0.080
h. çok otlu erişim alanları, derin havuzlar veya yoğun kereste ve çalılıkların olduğu kısımlar var	0.075	0.100	0.150
2. Dağ akarsuları, kanalda bitki örtüsü yok, kenarlar genellikle dik, kenarlar boyunca ağaçlar ve çalılar yüksek aşamalarda batık			
a. dip: çakıllar, parke taşları ve iri kayalar mevcut	0.030	0.040	0.050
b. dip: büyük kayalar içeren parke taşları mevcut	0.040	0.050	0.070
3. Taşkın alanları			
a. Mera (çalılık yok)			
1. kısa çim	0.025	0.030	0.035
2.uzun çim	0.030	0.035	0.050
b. Ekili alanlar			
1. ürün yok	0.020	0.030	0.040
2.olgun sıralı ürünler var	0.025	0.035	0.045
3.olgun araziye yayılı ürünler var	0.030	0.040	0.050
c. Çalılıklar			
1.dağınık çalılık, ağır yabani otlar var	0.035	0.050	0.070
2.seyrek çalılık ve ağaçlar (kış dönemi)	0.030	0.050	0.060
3.seyrek çalılık ve ağaçlar (yaz dönemi)	0.040	0.060	0.080
4. orta yoğunlukta çalılık (kış dönemi)	0.045	0.070	0.110
5. orta yoğunlukta çalılık (yaz dönemi)	0.070	0.100	0.160
d. Ağaçlık			
1. düzlük, yoğun söğütler var (yaz dönemi)	0.110	0.150	0.200

Hesaplanan su yüzeyi profillerinin doğruluğu için uygun Manning katsayısının belirlenmesi önemlidir. Manning “n” değeri oldukça değişkendir ve birçok faktöre bağlıdır; yüzey pürüzlülüğü, bitki özellikleri, kanal düzensizliği, kanal yatay eğimi, kıvrımlar, oyulma ve birikimler, engeller, kanal şekli ve boyutu, akış, mevsimsel özellikler, sıcaklık bu faktörlerden bazılarıdır. Manning katsayısını kesin olarak

belirlemek oldukça güç bir olaydır. Manning katsayısı belirlenirken deneysel yaklaşımlardan veya farklı kalibrasyon yaklaşımlarından yararlanılabilir. Çalışmada kullanılan 1 boyutlu geometrinin karmaşıklığı göz önünde bulundurularak Manning pürüzlülük katsayısı ilgili literatürde deneysel yaklaşımlarla belirlenmiş değerlere göre atanmıştır. Bir boyutlu modelde kullanılan Manning pürüzlülük katsayısı Tablo 3.6 referans alınarak ana kanal için 0.032 taşkın kanalları için 0.042 seçilmiştir. Manning pürüzlülük katsayısı bütün akım kollarında aynı tanımlanmıştır.

Akım ağının her biri kolu için kesit durumlarının ve su yüzü profillerinin incelenmesi amacıyla yapılan bir boyutlu analizlerde kararlı akım yaklaşımı ile 2012 taşkınında her bir kolda kaydedilen en yüksek debi değerleri kullanılmıştır. Bilindiği üzere kararlı akım şartlarında debi değeri sabittir. Karasu (1) ve Karasu (2) debisi 216 m^3/s, Afrin (1) ve Afrin (2) 256 m^3/s, Muratpaşa ve Comba 128 m^3/s ve Küçük Asi 472 m^3/s olarak girilmiştir.

3.2.3 İki Boyutlu Karasız Akım Modellemesi

HEC-RAS yazılımı 2 boyutlu analiz için 2 boyutlu Saint-Venant denklemleri veya 2 boyutlu difüzyon dalgası denklemleri ile modelleme yapmaya imkan tanıyan bir yazılımdır. Genel olarak difüzyon dalgası denklemi Saint-Venant denklemlerindeki ivme teriminin ihmal edilmesiyle elde edilir ve birçok problemin çözümünde daha stabil bir yaklaşımla doğru sonuçlar elde edilmesini sağlar. Ayrıca difüzyon dalgası denklemi ile yapılan çözümler daha hızlı tamamlanır (HEC, 2018). 2 boyutlu Saint-Venan denklemleri ise karmaşık akım rejimleri, yüksek dinamik dalga durumu gibi durumlarda daha doğru sonuçlar vermektedir (Farooq vd., 2019). HEC-RAS 2 boyutlu kararsız akım denklem çözücü tam sonlu hacimler algoritmasını kullanmaktadır. Tam sonlu hacimler algoritması diğer yöntemlere göre daha büyük hesap adımları ile çalışmaya imkan tanır (HEC, 2018). Tam sonlu hacimler algoritması sonlu fark ve sonlu eleman yöntemlerine göre daha kararlı ve stabildir (HEC, 2018).

HEC-RAS yazılımı 2 boyutlu taşkın simülasyonlarında Saint-Venant denklemlerine "yön" teriminin ilave edilmesiyle elde edilen sığ su denklemlerini kullanır. 2B sığ su denklemleri aşağıda verilmiştir.

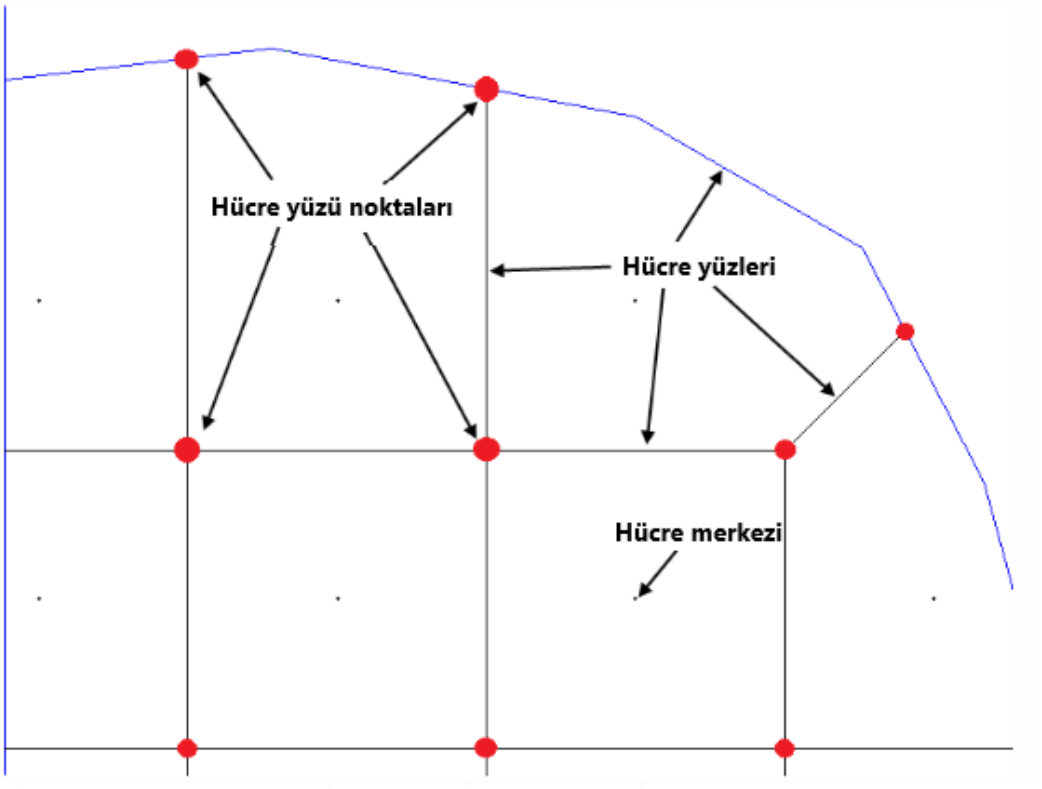
$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = r \qquad (3.22)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{p^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{pq}{h}\right)=-\frac{n^2pg\sqrt{p^2+q^2}}{h^2}-gh\frac{\partial H}{\partial x}+pf+\frac{\partial}{\rho\partial x}(h\tau_{xx})+\frac{\partial}{\rho\partial y}(h\tau_{xy}) \quad (3.23)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{pq}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{q^2}{h}\right)=-\frac{n^2qg\sqrt{p^2+q^2}}{h^2}-gh\frac{\partial H}{\partial y}+qf+\frac{\partial}{\rho\partial x}(h\tau_{xy})+\frac{\partial}{\rho\partial y}(h\tau_{yy}) \quad (3.24)$$

Yukarıda verilen 3.22, 3.23, 3.24 denklemlerinde "z" terimi x ve y Kartezyen koordinatlarında hücre yüksekliğini, "H(x,y,t)" terimi yüzey yüksekliği (m), "h" terimi su derinliğini (m), "p=hu ve q=hv" terimleri x ve y doğrultularındaki spesifik akımı (m^2s^{-1}), "ρ" terimi suyun yoğunluğunu (kgm^{-3}), "τ_{xx}, τ_{yy} ve τ_{xy}) gerilme tensörünün bileşenlerini, "f" terimi ise Coriolis parametresini (s^{-1}) ifade etmektedir. Denklem 3.23 ve denklem 3.24'te atalet kuvvetleri ihmal edilirse difüzyon dalgası çözümü yapılmış olur (Costabile vd., 2020).

İki boyutlu HEC-RAS model çözümü bir sonlu hacimler algoritmasını kullanır. Geliştirilen bu algoritma yapılandırılmış veya yapılandırılmamış bir hesaplama ağının kullanımına izin verir. Hesaplama ağının 3 kenarlı, 4 kenarlı, 5 kenarlı vb. olabileceği gibi bunların karışımından da oluşabileceği anlamına gelir. Ancak HEC-RAS ağ yapısı her bir hesap hücresinde maksimum 8 kenar barındırır (HEC, 2018). HEC-RAS ağ (mesh) yapısını gösteren şema Şekil 3.7 ile verilmiştir.



Şekil 3.7 HEC-RAS 2B hesaplama ağ yapısı terminolojisi (HEC-RAS 2D User's Manual, 2021)

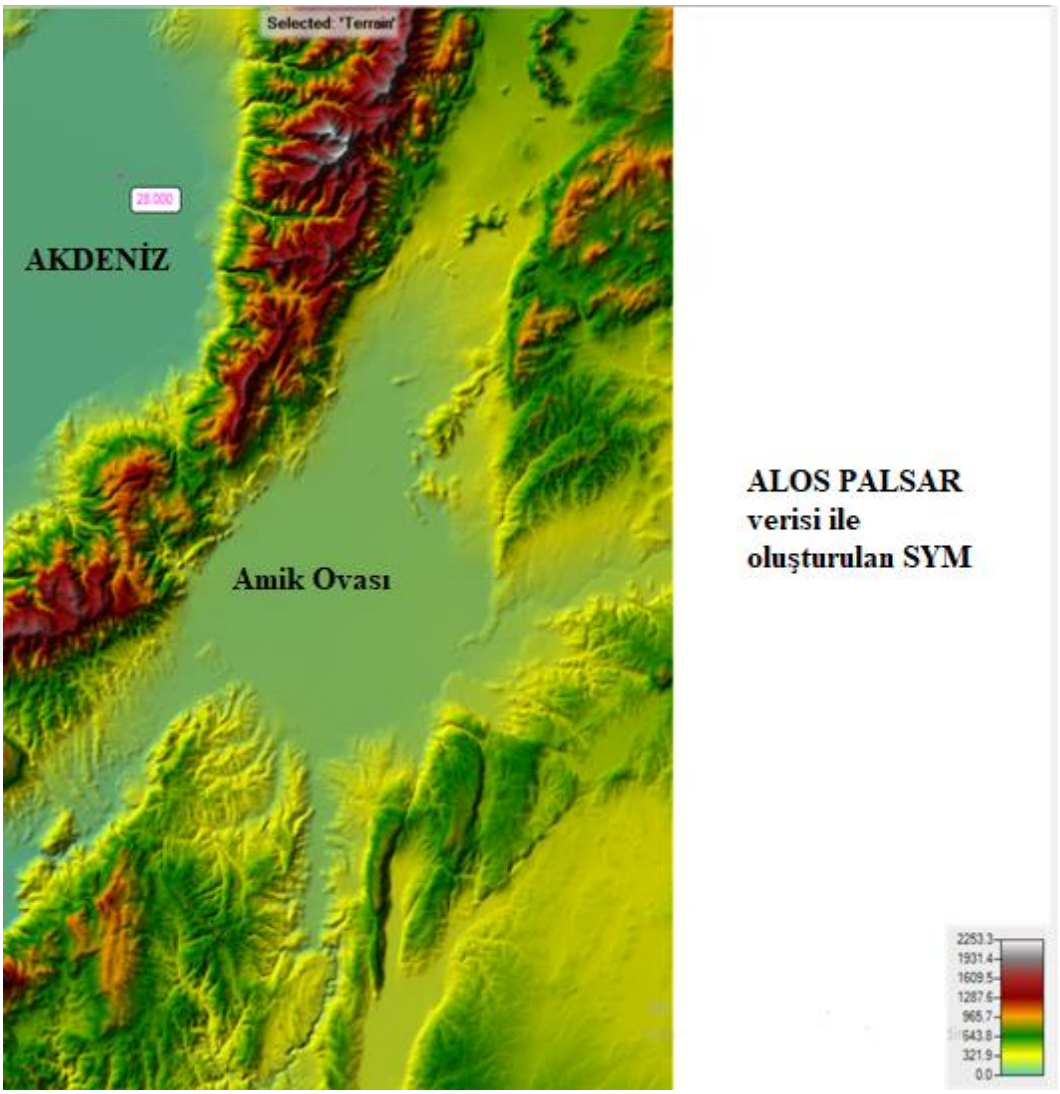
Şekil 3.7 ile 2 boyutlu HEC-RAS ağ yapısına ait örnek bir görsel verilmiştir. Yukarıda görselde paylaşılan terminolojiler aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

Hücre yüzü noktaları, hücre yüzünün son noktalarıdır ve dış sınırdaki hücre yüzü numaraları 2 boyutlu akım alanını 1 boyutlu unsurlara ve sınır koşullarına bağlamak için kullanılır(HEC-RAS 2D User's Manual, 2021). Hücre yüzleri hücre sınır kenarlarıdır, genellikle düz bir çizgi olarak gösterilseler de özellikle 2B akış alanının sınırlarında çok noktalı kenarlar olarak bulunabilirler (HEC-RAS 2D User's Manual, 2021). Hücre merkezi ise hücrenin hesaplama merkezidir, su yüzü kotunun hesaplandığı yerdir ve konumsal anlamda tam olarak hücre merkezinde bulunmak zorunda değildir (HEC-RAS 2D User's Manual, 2021).

3.2.4 Kullanılan SYM'lere Ait Bilgiler

Sayısal yükseklik modelleri (SYM) herhangi bir konumdaki eğim, yükseklik gibi özelliklerin temsil edildiği modellerdir, başka bir deyişle topoğrafik yüzeylerin dijitalleştirilmiş haline verilmiş isimdir (ASF DAAC, 2015). Bu tez çalışması kapsamında kullanılan sayısal yükseklik modelleri üç farklı uydu verisinden elde edilmiştir. Bu uydu verileri Alos Palsar (ASF DAAC, 2015) , SRTM (NASA JPL, 2013) ve Aster (NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems and U.S./Japan ASTER Science Team, 2001) verileridir.

Alos Palsar SYM verisini temin eden Alaska Uydu Tesisi (AST), radyometrik olarak düzeltilmiş arazi ürünlerinin oluşturulması ve bunların daha geniş kullanıcı kitlelerine ulaştırılmasını hedeflemektedir. Ayrıca birçok CBS yazılımı ile birlikte rahatça kullanılabilmesi için ürünler "GeoTIFF" formatında sunulmaktadır. Radyometrik düzeltilmiş arazi ürünleri 12.5m ve 30 m çözünürlüklüdür. Yüksek çözünürlüklü veride piksel mesafeleri 12.5 m iken daha düşük çözünürlüklü veride piksel mesafeleri 30 m'dir (ASF DAAC, 2015). Bu tez çalışmasında Alos Palsar uydu verisinin 12.5 m çözünürlüklü verisi tercih edilmiştir. Alos Palsar uydu verisi kullanılarak HEC-RAS yazılımı ile oluşturulan SYM Şekil 3.8 ile verilmiştir.

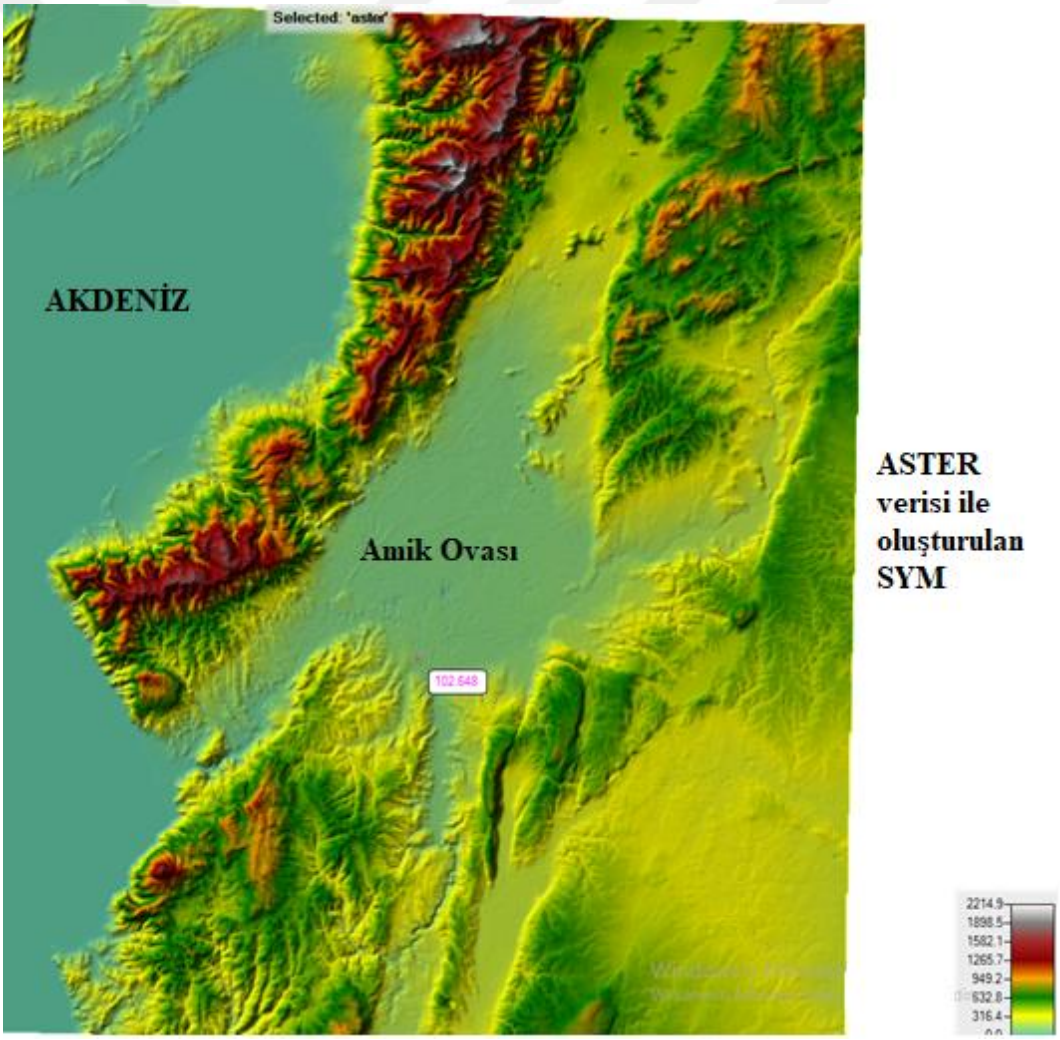


Şekil 3.8 ALOS POLSAR verisi kullanılarak oluşturulan doğal SYM

Şekil 3.8'de verilen Alos Palsar sayısal yükseklik modelinin göze çarpan bir hatası şekilde de gösterildiği üzere deniz seviyesi kotunun 28 metre olmasıdır. Arazideki bütün kotların +28 metre deniz seviyesi kotu referans alınarak oluşturulduğu varsayıldığında diğer arazi kotlarının da 28 metre daha büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Modelde görüntülenen kot değerleri gerçek kot değerleri ile karşılaştırılarak bu sonuca varılmıştır. Bu nedenle herhangi bir sebeple karşılaştırma amacıyla Alos Palsar SYM'ye ait herhangi bir kot değeri kullanıldığında ilgili noktadaki kot değerinden 28 metre düşülerek çalışılmıştır. Başka bir deyişle arazideki her bir noktanın kotu aynı oranda arttırılmış olduğundan arazinin gerçek kotları bu oranda bir düşüş yapılarak elde edilmiştir. Ayrıca bir diğer hata da Şekil 3.8'de görüldüğü üzere kullanılan verinin çözünürlüğü nedeniyle Amik ovası akım ağının net

olarak SYM'ye yansımamasıdır. Bu durumun oluşturduğu dezavantaj HEC-RAS yazılımının son versiyonlarında kapsamlı bir CBS aracı olarak sunulan RAS Mapper aracı kullanılarak bertaraf edilmeye çalışılmıştır. SYM üzerinde yapılan bu iyileştirmeler tezin bu bölümünün modelleme aşamaları başlığı altında detaylı olarak anlatılmıştır.

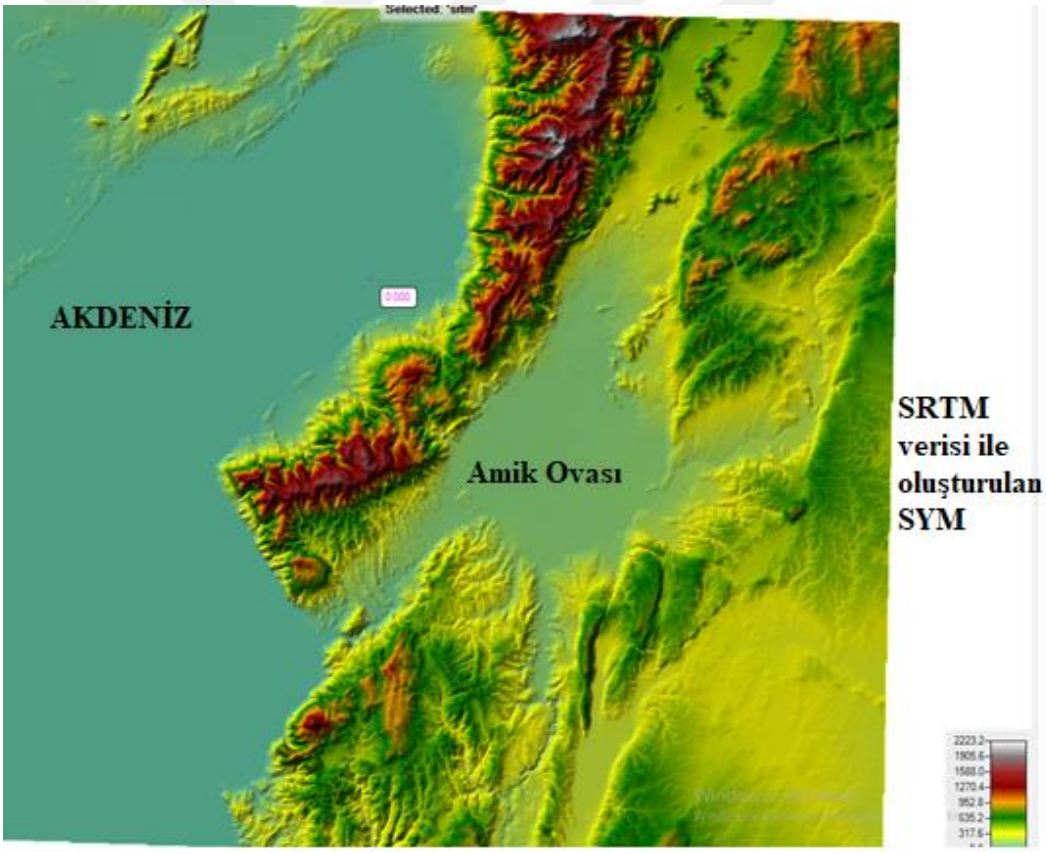
ASTER (The Terra Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) sayısal yükseklik ürünü 3A ve 3B bantları kullanılarak görünür ve kızılötesi sensörlerce doğrulanmış ASTER Level 1A görüntüsünden elde edilmiştir. Doğrulama testi, üretilen SYM'lerin, x,y,z boyutlarında 25 metrelik ortalama kare hatasından daha doğru olduğunu göstermiştir (ASF DAAC, 2015). Aster uydu verisi kullanılarak HEC-RAS yazılımı ile oluşturulan SYM Şekil 3.9 ile verilmiştir.



Şekil 3.9 ASTER verisi kullanılarak oluşturulan doğal SYM

Şekil 3.9 incelendiğinde, Aster verisi kullanılarak oluşturulan SYM Alos Palsar verisi kullanılarak oluşturulan SYM'ye göre daha yüksek çözünürlükte görünse de Amik ovasında yer alan akım ağının bazı kesimlerde arazi kotunun üzerinde konumlandırılmış olması SYM'nin en ciddi hatası olarak göze çarpmaktadır. Bununla beraber bu SYM'de deniz seviyesi 0 metre olarak alındığından arazi kotlarında herhangi bir oranda değişim yoktur.

SRTM'nin (Shuttle Radar Topography Mission) amacı radar interferometri kullanarak Dünya'nın sayısal yükseklik modelini çıkarmaktır. SRTM 233 km yükseklikten dünya toplam kara kütlesinin yüzde 80'nin verisini toplamıştır. Sınırlı veriye sahip alanlarda ise boşlukları gidermek için mevcut topoğrafik verilerden faydalanılmıştır (NASA JPL, 2013). SRTM uydu verisi kullanılarak HEC-RAS yazılımı ile oluşturulan SYM Şekil 3.10 ile verilmiştir.



Şekil 3.10 SRTM verisi kullanılarak oluşturulan doğal SYM

Şekil 3.10'da gösterildiği üzere SRTM verisi ile oluşturulan SYM modelinin referans değeri kabul edilen deniz seviyesi kotu 0 metredir. ASTER verisi ile oluşturulan SYM modeline göre akım ağının daha az belirgin olduğu görülmektedir. Akım ağı

noktasında ALOS PALSAR verisi ile oluşturulan SYM ve SRTM verisi ile oluşturulan SYM benzerlik göstermektedir.

Hangi sayısal yükseklik modelinin çalışma için en uygun SYM olduğuna 2012 yılında yaşanan taşkın modellenerek araştırma ve karşılaştırmalar sonucunda karar verilmiştir. Her üç uydu verisi ve bu uydu verilerinin RAS Mapper aracı kullanılarak iyileştirilmiş modelleri 2012 taşkını simüle edilirken değiştirilen tek unsur olmuştur. Dolayısıyla uygun SYM'ye karşılaştırmalar sonucunda 2012 taşkınına en yakın sonuçları veren modele göre karar verilmiştir.

3.2.5 Seçilen Manning Pürüzlülük Katsayıları

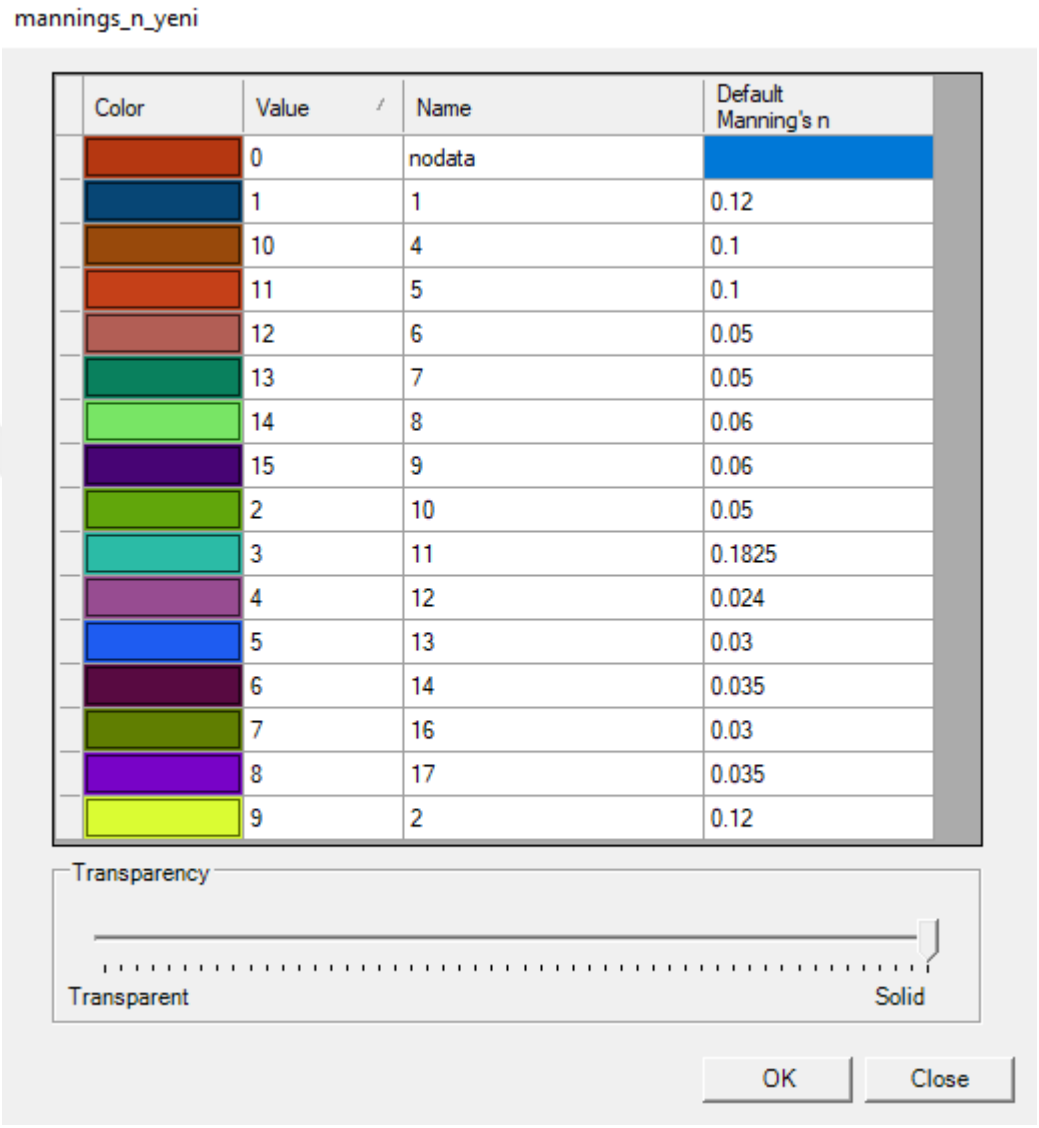
Taşkın simülasyonlarının oluşturulduğu hidrodinamik modellerde en önemli parametrelerden biri pürüzlülük katsayısı parametresidir (Ghanbarpour vd., 2013; Karakuş, 2019; Mai & De Smedt, 2017; Tayefi vd., 2007). Bir veya iki boyutlu modellerin önemli girdi parametrelerinden olan pürüzlülük katsayısı özellikle geniş alanı kapsayan 2 boyutlu analizlerde çalışma alanının farklı kesimlerinde arazi kullanımından ve toprak/bitki örtüsü kaynaklı olarak farklı değerler alır. HEC-RAS yazılımı bir katman oluşturarak belli bölgeler tanımlamaya ve bu bölgelere ait Manning pürüzlülük katsayılarını girmeye olanak tanır (HEC-RAS 2D User's Manual, 2021). İhtiyaç duyulan Manning pürüzlülük katsayıları arazi gözlemlerinden veya ölçümlerinden oluşturulan değerlerden oluşturulabilir. Ancak bu çalışmada olduğu gibi çok geniş alanlarda yapılan 2 boyutlu modellerde Manning değerlerinin ölçüm yoluyla elde edilmesi çok güçtür. Bu nedenle bu çalışmada kullanılan Manning pürüzlülük değerleri MODIS (Friedl & Sulla-Menashe, 2019) uydu görüntüsünden elde edilen arazi örtüsü (Land Cover) verilerine göre atanmıştır. Uydu görüntüsü kullanılarak yapılan sınıflandırma Tablo 3.7 ile verilmiştir.

Tablo 3.7 ile verilen arazi örtüsü sınıfları ve tanımlarına göre atanan Manning pürüzlülük katsayıları Şekil 3.11 ile verilmiştir.

Tablo 3.7 MCD12Q1 Uluslararası Jeosfer-Biyosfer Programı (IGBP) lejantı ve sınıf tanımları (Friedl & Sulla-Menashe, 2019)

Kod	İsim	Tanım
1	Yaprak dökmeyen iğne yapraklı ormanlar	Yaprak dökmeyen kozalaklı ağaçların hakim olduğu alan (gölgelik> 2m). Ağaç örtüsü>% 60.
2	Yaprak dökmeyen geniş yapraklı ormanlar	Yaprak dökmeyen geniş yapraklı ve palmiye ağaçlarının hakim olduğu yerler (gölgelik> 2m). Ağaç örtüsü>% 60.
3	Yaprak döken iğne yapraklı ormanlar	Yaprak döken iğne yapraklı (karaçam) ağaçların hakimiyeti altında olan alanlar (gölgelik> 2m). Ağaç örtüsü>% 60.
4	Yaprak döken geniş yapraklı ormanlar	Yaprak döken geniş yapraklı ağaçların hakim olduğu yerler (gölgelik> 2m). Ağaç örtüsü>% 60.
5	Karışık ormanlar	Ne yaprak döken ne de yaprak dökmeyen ağaçların hakim olduğu alanlar (gölgelik> 2m). Ağaç örtüsü>% 60.
6	Kapalı çalılıklar	1 veya 2 m yüksekliğinde odunsu çalılıkların hakim olduğu alanlar. %60 ve daha fazla yer kaplar.
7	Açık çalılıklar	1 veya 2 m yüksekliğinde odunsu çalılıkların hakim olduğu alanlar. %10-60 arasında yer kaplar.
8	Ağaçlı geniş ovalar	Ağaç örtüsü %30-60 arasında. (Gölgelik>2m)
9	Geniş ovalar	Ağaç örtüsü %10-30 arasında. (Gölgelik>2m)
10	Otlaklar	Otsu bitkilerin hakimiyeti altındaki alanlar
11	Kalıcı sulak alanlar	Kalıcı olarak sular altında kalan ve % 30-60 oranında su bulunan topraklar ve %10'dan büyük bitki örtüsü alanı
12	Tarım arazileri	Alanın en az% 60'ı ekili arazidir.
13	Kentsel ve inşa alanları	En az% 30 geçirimsiz yüzey alanı
14	Tarla / Doğal bitki mozaikleri	Küçük ölçekli yetiştirme mozaiklerinin % 40-60'ı ile doğal ağaç, çalı veya otsu bitki örtüsü.
15	Kalıcı kar ve buz	Alanın en az% 60'ı kar ve buzla kaplıdır. Yılın en az 10 ayı.
16	Çorak arazi	Alanın en az %60'ı çoraktır. %10'dan az bitki örtüsü mevcuttur.
17	Sulak alanlar	Alanın en az %60'ı kalıcı su alanlarıdır.

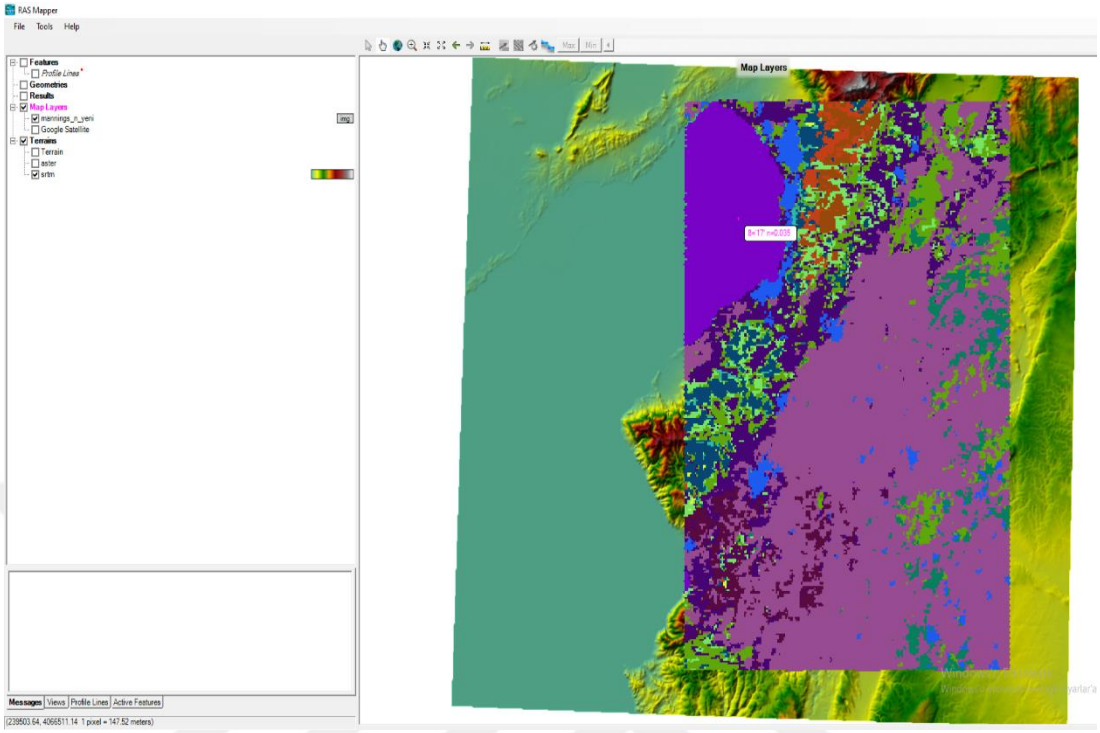
Tablo 3.7'de Uluslararası Jeosfer-Biyosfer programının isim ve kod sistemi ile belli tanımlamalara göre yapılan arazi sınıflandırması bu çalışma kapsamında kullanılan Manning pürüzlülük katsayılarının temelidir.



Şekil 3.11. Çalışmada kullanılan Manning pürüzlülük katsayılarının HEC-RAS yazılımına katman olarak işlenmesi

Şekil 3.11'de "name" isim sütununda verilen kodlara göre farklı renkler HEC-RAS yazılımı tarafından otomatik olarak atanmıştır. Bu renklendirme sayesinde seçilen çalışma alanına işlenen Manning pürüzlülük katsayısının arazi boyuncu değişimini gözlemlemek mümkün olmaktadır. Çalışmada kullanılan Manning pürüzlülük katsayısı ilgili literatürden alınmıştır (Asante vd., 2008; Dayal, 2015). Çalışma

kapsamında oluşturulan bütün modellerde kullanılan Manning katmanı Şekil 3.12 ile verilmiştir.



Şekil 3.12 Çalışmada kullanılan Manning pürüzlülük katmanı

Şekil 3.12'de HEC-RAS yazılımının RAS Mapper aracı kullanılarak elde edilen Manning pürüzlülük katmanı görülmektedir. Çalışma alanının tamamını kapsayan Manning pürüzlülük katmanı renk dağılımı Şekil 3.12'da verilen renk skalası incelenerek sayısal değerlerin değişimi görülebilir. Örneğin Şekil 3.12'de imlecin gösterdiği mor renkli alanının deniz yüzeyi olduğu bilinmektedir. Mor renk ile işaretlenen bu alanda imleç 8="17" n=0.035 yazmaktadır. Bu mor rengin 8 ile kodlandığını buna karşılık gelen arazi örtüsü kodunun 17 olduğunu ve buna atanan Manning pürüzlülük katsayısının n=0.035 olduğunu göstermektedir. Gerçekten de Tablo 3.6 ile Şekil 3.11 birlikte incelendiğinde 17 kodlu arazi örtüsünün sulak alanları gösterdiği ve buna atanan Manning değerinin 0.035 olduğu görülmektedir.

3.2.6 Çalışma Alanı ve 2012 Taşkını

Tez çalışmasının iklim değişikliği kısmında çalışma alanı olan Amik Ovası (Hatay) hakkında genel bilgilere yer verilmişti. Yine iklim değişikliği yöntem kısmında trend analizleri gerçekleştirilen meteoroloji istasyonu ve akım gözlem istasyonlarının

konumlarına Şekil 3.3 ile yer verilmişti. Taşkın analizlerinde sınır şartı olarak kullanılan akım gözlem istasyonlarının tamamının konumlarının işaretlendiği görsel ise Şekil 3.13 ile verilmiştir.

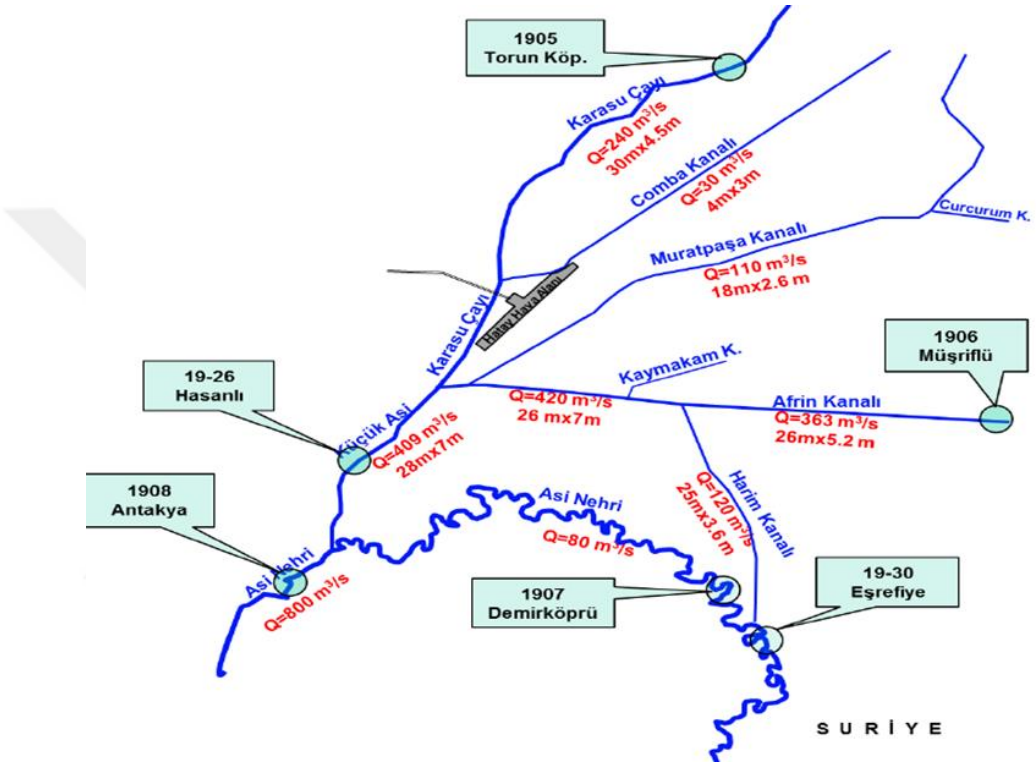


Şekil 3.13. Akım gözlem istasyonlarının konumu (Google, 2021)

Şekil 3.13'de çalışmada kullanılan bütün Akım Gözlem İstasyonlarının (AGİ) konumları gösterilmiştir. İstasyon konumları DSİ tarafından akım gözlem yıllıklarında verilen AGİ koordinatları Google earth yazılımına girilerek harita üzerinde işaretlenmiştir.

2012 yılında Hatay ilinde yaşanan taşkın DSİ 6. Bölge Müdürlüğünden alınan bilgilere göre 27.01.2012-14.03.2012 tarihleri arasında Amik ovasında etkili olmuştur. DSİ verilerine göre taşkında 8645 hektarı tarım arazisi olmak üzere toplamda 13000 ha alan sular altında kalmıştır. Sular altında kalan alanlar arasında Hatay havalimanı pist ve apronuda vardır.

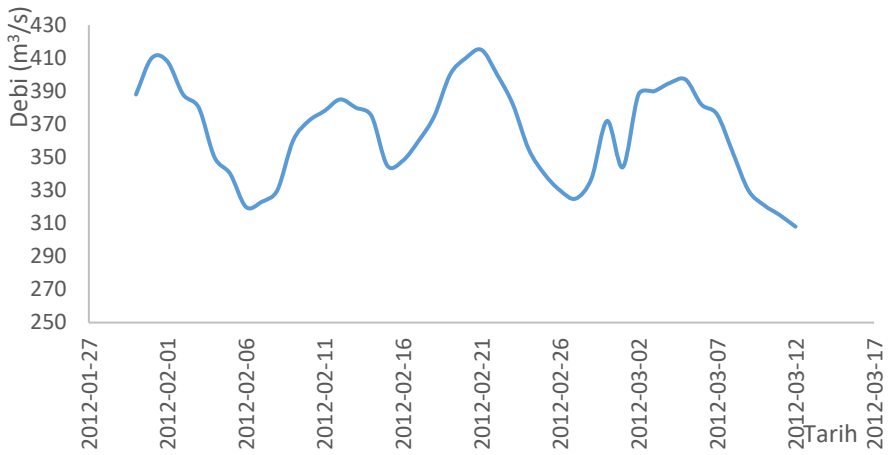
Amik ovası ismini doğal bir göl olan Amik gölünden almaktadır. DSİ verilerine göre göl kurutulmadan önce göl aynası 7600 ha civarında idi. Ancak taşkın dönemlerinde bu alan 52000 ha kadar çıkabilmekte idi. Verimli tarım arazilerinin kullanıma açılması ve taşkın kontrolü amacıyla 1940 yılında başlanan Amik gölü kurutma planlama çalışmaları 1972 yılında sonuçlanmıştır. Açılan Muratpaşa, Comba, Harim ve Afrin kanalları ile göl suyu ovadan tahliye edilerek kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutma işleminden sonra ovada oluşan ana akım ağı Şekil 3.14 ile verilmiştir.



Şekil 3.14 Amik ovası ana akım ağı (Hazır vd., 2016)

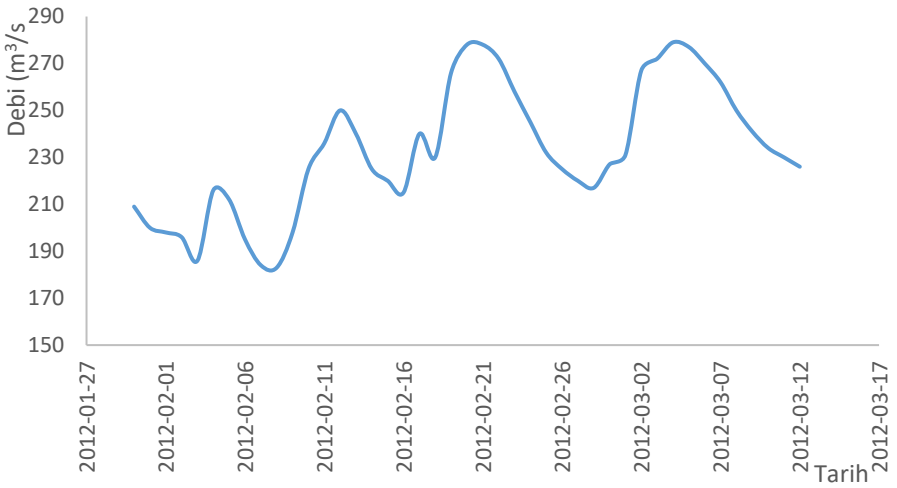
Kurutma çalışmalarından sonra dahi ovada taşkınlar meydana geldiği gözlenmiştir. 2012 yılında yaşanan taşkın olayı ciddi boyutta ekonomik kayıplara sebep olan bir taşkın olarak kayıtlara geçmiştir. Bu çalışmada oluşturulan modellerin kalibrasyonunda 2012 yılında yaşanan taşkına ait veriler kullanılmıştır. 2012 yılında ovada farklı noktalarda konumlanan AGİ'lerde kaydedilen taşkın hidrograf değerleri modellemelerde sınır şartı girdisi olarak tanımlanmış ve 2012 taşkınında kaydedilen bu hidrograf değerleri akım verisi olarak girilmiştir. Modellerin kalibrasyonu için ihtiyaç duyulan 2012 taşkınında ovadaki taşkın kotları ve etkilenen alanların büyüklüğü bilgileri DSİ raporlarında mevcuttur. Bu bilgilerle oluşturulan ilk 6 modelde tek değişken SYM olduğundan en uygun SYM'nin tespiti mümkün olmuştur.

Devlet Su İşleri'nden temin edilen ve ilk 6 modelde kullanılan taşkın hidrograf verileri aşağıda verilmiştir. Şekil 3.15 ile 1908- Asi Nehri Antakya AGİ'nin 2012 yılında yaşanan taşkında kayda geçen verilerine ait hidrograf verilmiştir. Yaşanan taşkında 1908 Asi Nehri Antakya AGİ'de pik debi değerinin 21 Şubat tarihinde 415 m3/s olduğu görülmektedir.



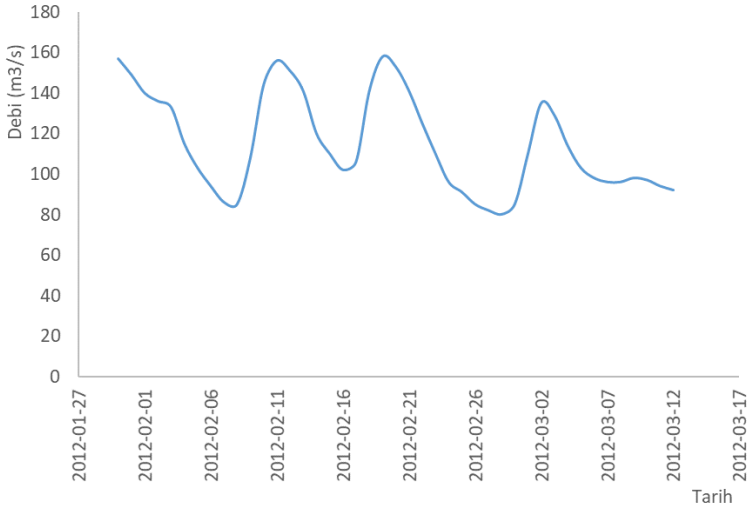
Şekil 3.15 1908-Asi Nehri Antakya AGİ 2012 taşkın hidrografı (DSİ) (Hazır vd., 2016)

Şekil 3.16 ile 19-026 Küçük Asi Hasanlı AGİ taşkın hidrografı verilmiştir. Taşkında 19-026 Küçük Asi Hasanlı AGİ'ye ait pik debi değerinin 279 m^3/s ile 4 Mart 2012 tarihinde oluştuğu görülmektedir.



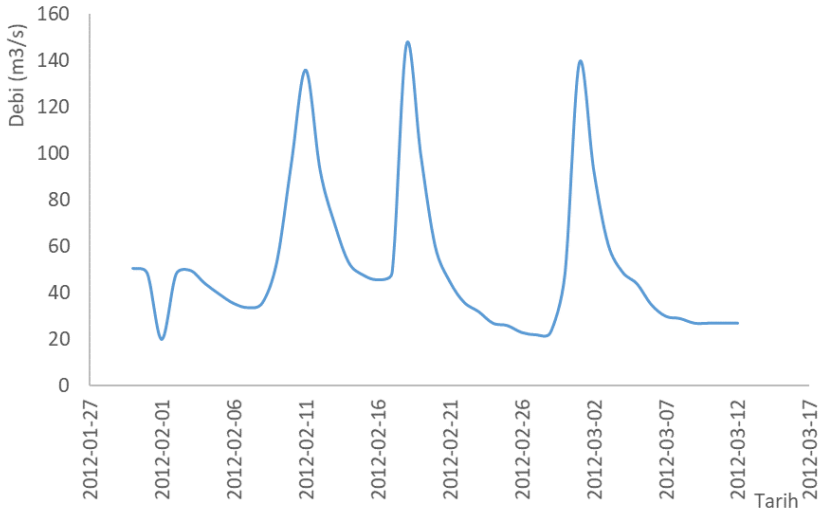
Şekil 3.16 19-026-Küçük Asi Hasanlı AGİ 2012 taşkın hidrografı (DSİ) (Hazır vd., 2016)

2012 taşkınında 19030 Asi Nehri Eşrefiye AGİ'de kaydedilen debi değerleri Şekil 3.17 ile verilmiştir. 2012 taşkınında 19030-Asi Nehri Eşrefiye AGİ'de kaydedilen pik debi değeri 157 m3/s ile 30 Ocak 2012 tarihine aittir.



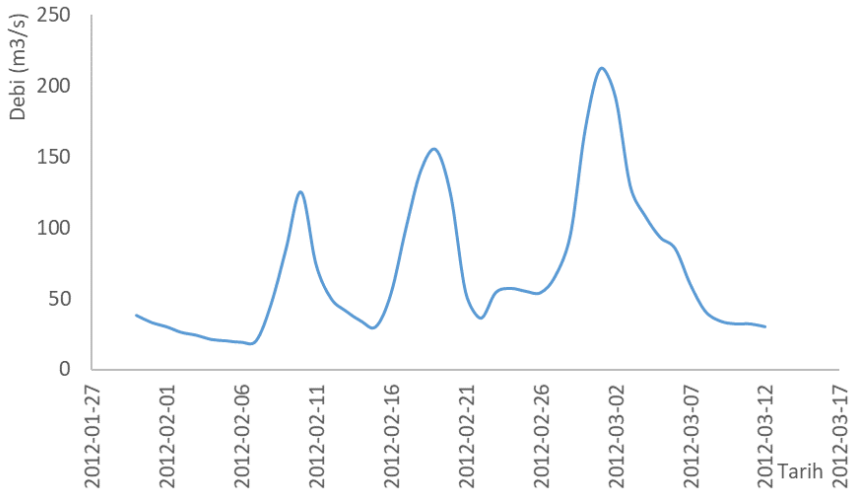
Şekil 3.17 19030- Asi Nehri Eşrefiye AGİ 2012 taşkın hidrografı (DSİ) (Hazır vd., 2016)

2012 taşkınında 1906- Afrin Müşrüflü AGİ'nunda kaydedilen debi değerleri Şekil 3.18'deki hidrografla verilmiştir. 2012 taşkınında 1906-Afrin Müşrüflü AGİ'nu 18 Şubat 2012'de pik debi değerini 147 m^3/s ile kaydetmiştir.



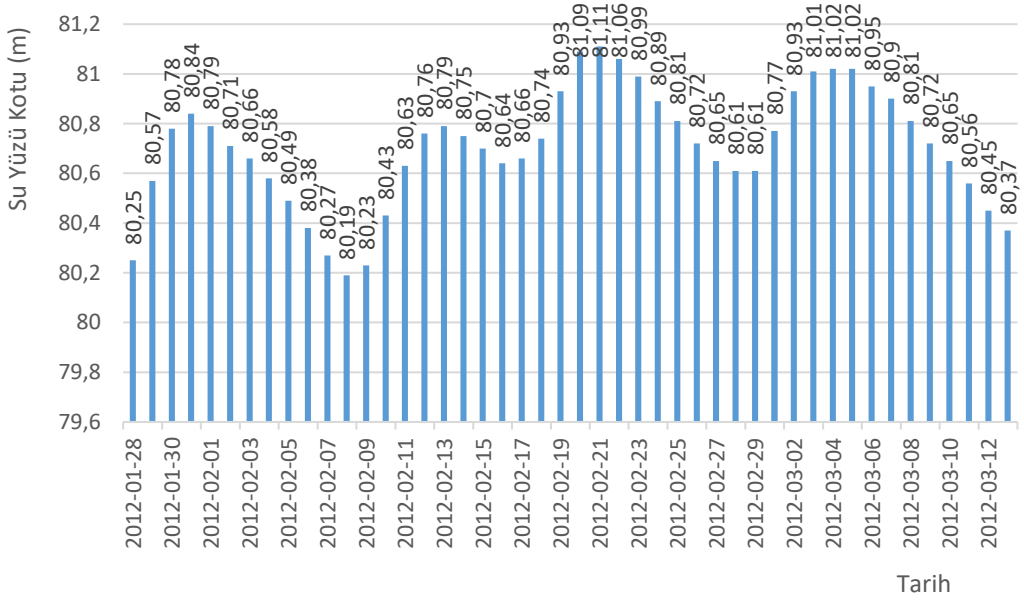
Şekil 3.18 1906- Afrin Müşrüflü AGİ 2012 taşkın hidrografı (DSİ) (Hazır vd., 2016)

1905-Karasu Torun AGİ'nu 2012 taşkın hidrografı Şekil 3.19 ile verilmiştir. 2012 taşkını sırasında 1905-Karasu torun AGİ'de pik debi 212 m^3/s olarak 1 Mart 2012'de kaydedilmiştir.



Şekil 3.19 1905- Karasu Torun AGİ 2012 taşkın hidrografı (DSİ) (Hazır vd., 2016)

Çalışma kapsamında toplam 14 model oluşturulmuştur. Kalibrasyon amacıyla 2012 taşkın verileri ile ilk 6 model kurulurken hidrograf verisi olarak yukarıda bilgileri verilen AGİ'lerin verileri modele girilmiştir. 2012 taşkını sırasında Amik ovasında su yüzü kotunun değişimi Şekil 3.20 ile verilmiştir.



Şekil 3.20 Amik ovası 2012 taşkını su yüzü kotu değişimi (DSİ) (Hazır vd., 2016)

Amik ovasında 2012 yılında yaşanan taşkında DSİ verilerine göre su yüzü pik kotu 81.11 m ile 21 Şubat 2012 tarihinde oluşmuştur. 2012 taşkınında sular altında kalan alanları gösteren bazı fotoğraflar Şekil 3.21 ile verilmiştir.



Şekil 3.21 2 Şubat 2012 tarihli Amik ovası taşkın fotoğrafları (Hazır I. vd, 2016; Ünes vd., 2020)

Şekil 3.21'de paylaşılan fotoğraflar 2012 taşkınından Hatay havaalanı pist ve apronunun da taşkından ciddi olarak etkilendiğini göstermektedir. Aynı şekilde havaalanı otopark ve bağlantı yollarının da sular altında kaldığı anlaşılmaktadır.

Çalışmada 2012 taşkını en uygun SYM bulunmak amacıyla modellendikten sonra 2,5,10,25,50,100,500 yıllık frekanslı taşkın debilerinin 24 saat boyunca etkili olması ve bu pik debilerinin çakışması varsayımı ile 7 tane daha model oluşturulmuştur. Seçilen SYM oluşturulan bu modellerde de kullanılmıştır.

DSİ tarafından yapılan analizler sonucunda belirlenen farklı dönüş periyotlu taşkın debileri Tablo 3.8 ile verilmiştir. Amik ovası taşkın haritalama modellerinin

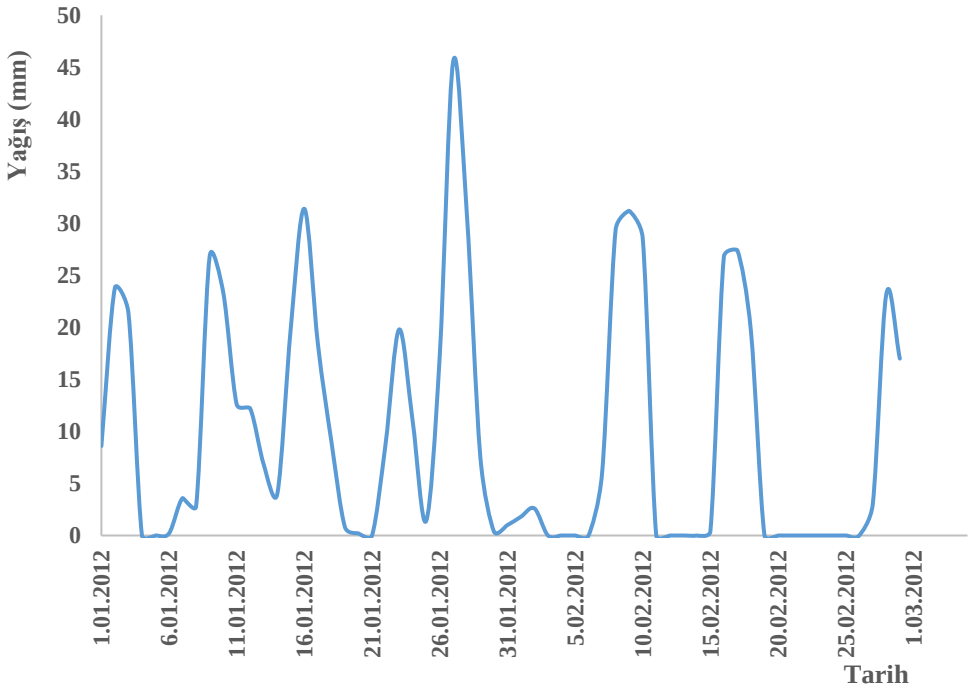
kalibrasyonu için kullanılan ilk 6 modelde eldeki hidrograflara göre akım değerleri girildiğinden, farklı frekanslı sabit değerler girilerek oluşturulan sonraki 7-13 modellerinin sınır şartında bir değişiklik söz konusu olmuştur. Buna göre ilk 6 modelde 19-026-Küçük Asi Hasanlı AGİ akım verileri sınır şartı olarak mevcut iken sonraki 7-13 numaralı modellerde bu AGİ'ye ait değerler mevcut olmadığından sınır şartı olarak alınmamıştır. Bunun yerine sonraki 7 modelde muhtemel pik debi değerleri mevcut olan 1907-Asi Nehri Demirköprü AGİ değerleri sınır şartı olarak alınmıştır.

Tablo 3.8 Amik ovasındaki bazı AGİ'lerin farklı frekanslı pik debi değerleri (DSİ)

DEBİ	**19-030-Asi Nehri Eşrefiye**	**1907-Asi Nehri Demirköprü**	**1906-Afrin N. Müşrüflü**	**1905-Karasu Torun Köp.**	**1908-Asi Nehri Antakya**
Q_2 (m^3/s)	112	128	161	96,6	340
Q_5 (m^3/s)	150	184	338	143	487
Q_{10} (m^3/s)	169	217	480	176	581
Q_{25} (m^3/s)	188	258	679	219	699
Q_{50} (m^3/s)	200	286	838	252	785
Q_{100}(m^3/s)	210	313	1002	286	870
Q_{500} (m^3/s)	229	375	1373	370	1067

Tablo 3.8'de verilen akım değerleri taşkın haritalamada kullanılan akım değerleridir. Tabloda "Q_2" 2 yıl dönüş periyotlu taşkın debisini ifade etmektedir. Örneğin, model 7 oluşturulurken tabloda isimleri verilen istasyonların tam konumlarına göre sınır şartları atanmış ve Q_2 değerleri bu sınır şartlarına akım verisi olarak girilmiştir. 2 boyutlu HEC-RAS taşkın analizi sadece kararsız akım durumu için analiz yapmaya imkan tanıdığından Q_2 verilerinin 24 saat boyunca etkili olduğu ve her bir istasyondaki Q_2 pik debilerinin çakıştığı varsayımı yapılmıştır. Benzer şekilde diğer frekanslı debiler içinde aynı yöntem izlenmiştir. Oluşturulan son model olan 14 numaralı modelde ise 2 boyutlu çalışma alanına doğrudan yağış verisi tanımlanmıştır. 2012 Ocak ve Şubat aylarında Antakya Meteoroloji istasyonunda kaydedilen günlük yağışlar modele girilmiştir.

Model 14'e girilen yağış verisi Şekil 3.22 ile verilmiştir. 2012 yılında Amik ovasında yaşanan taşkında Antakya meteoroloji istasyonunda kaydedilen en yağışlı gün 45.6 mm ile 27 Ocak olmuştur. İlgili yılda aynı istasyonda Ocak ayında toplamda 369.8 mm yağış düşmüştür. Şubat ayında ise 217 mm'lik yağış kayıtlara geçmiştir. Böylece iki ayda toplam 586.8 mm yağış düşmüştür.



Şekil 3.22 Antakya Meteoroloji Müdürlüğü Yağış verisi (2012 Ocak-Şubat)

Şekil 3.22 ile verilen yağış-zaman grafiği 14 numaralı modelde Amik ovasını ve çevresindeki yükseklikleri kapsayan çalışma alanına yağış verisi olarak girilmiştir. Bu modelde ayrıca bir akım verisi kullanılmamıştır. Bu modelde sınır şartı olarak sadece çalışma alanının dışında kalan Asi nehrinin denize boşaldığı yerde bulunan normal derinlik sınır şartı ve alana tanımlanan yağış şartı mevcuttur. Bu model akış verisinin temin edilemediği durumlarda doğrudan yağış verisi kullanılarak yapılacak analizlerin performansını test etmek için oluşturulmuştur. Bu modelde de farklı frekanslı debiler için oluşturulan modellerde (7-13 numaralı modeller) olduğu gibi SRTM verisini kullanan iyileştirilmiş SYM kullanılmıştır.

3.2.7 Modelleme Aşamaları

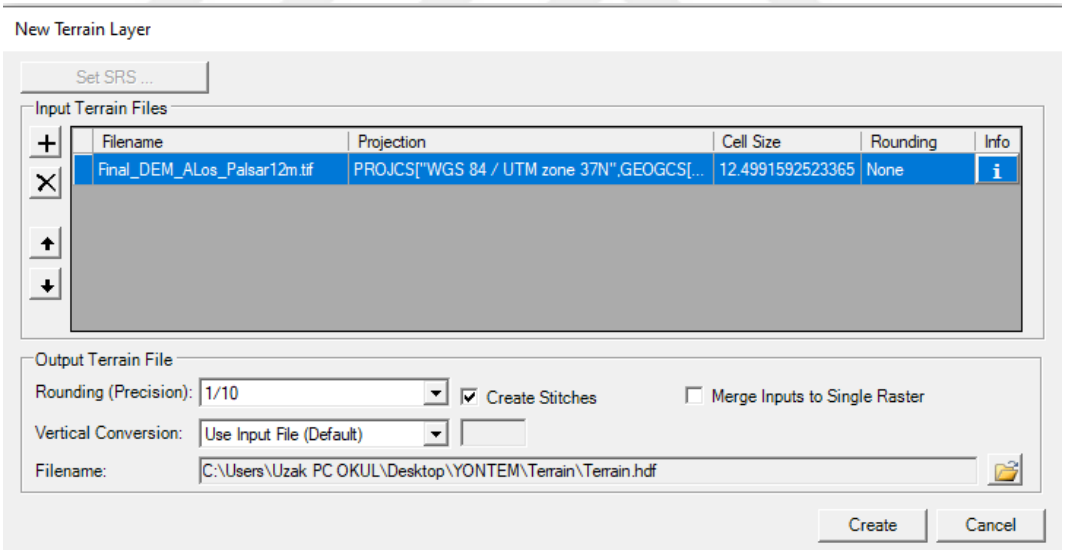
Bu bölümde HEC-RAS yazılımı kullanılarak yürütülen taşkın haritalama çalışmalarının aşamaları açıklanmıştır. HEC-RAS yazılımı kullanılarak toplam 14 model oluşturulmuştur. Bütün modellerde işlem adımları hemen hemen ortaktır. Modeller numara sistemine göre tanımlanmıştır. Tablo 3.9 ile modellerin numaralarına göre içerdikleri veriler ve kullanılan SYM tipleri verilmiştir.

Tablo 3.9 Numaralarına göre oluşturulan modellerin içerikleri

Model No	Kullanılan SYM Verisi	Yapılan SYM İyileştirmeleri	Akım Verisi
1	Alos Palsar	-	2012 Taşkın Hidrografları
2	Alos Palsar	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	2012 Taşkın Hidrografları
3	Aster	-	2012 Taşkın Hidrografları
4	Aster	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	2012 Taşkın Hidrografları
5	SRTM	-	2012 Taşkın Hidrografları
6	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	2012 Taşkın Hidrografları
7	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_2
8	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_5
9	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_{10}
10	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_{25}
11	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_{50}
12	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_{100}
13	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_{500}
14	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	2012 Yağış verisi

Daha önce bahsedildiği üzere oluşturulan ilk 6 model 2012 taşkını verileri doğrultusunda en uygun SYM'nin tespitine yöneliktir. Araştırma sonuçları en uygun SYM modelinin SRTM uydu verisini kullanan iyileştirilmiş SYM olduğunu göstermiştir. Elde edilen bu sonuç doğrultusunda oluşturulan diğer modellerde SRTM verisi ile elde edilen SYM kullanılmıştır.

Modellemenin ilk aşamasında HEC-RAS yazılımında yeni bir proje oluşturulmuş ve çalışılacak birim sistemi "SI" birim sistemi olarak seçilmiştir. RAS Mapper aracı seçilerek sağ üstte yer alan "tools" sekmesi altında yer alan "Set Projection for Project" kısmından çalışılacak projeksiyon sistemi dosyası eklenmiştir. Projeksiyon sistemi 3 boyutlu olan yerkürenin 2 boyutlu olarak harita düzlemine (kağıda) işlenmesidir (Vikipedi, 2021b). Bu çalışmada UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonu kullanılmıştır. Projeksiyon sistemi oluşturulduktan sonra arazi modelinin oluşturulması gerekmektedir. Açılan RAS Mapper penceresinde "terrain" yazısına sağ tıklanarak "Create a New RAS Terrain" seçeneği seçilmiş ve ardından aşağıda Şekil 3.23 ile verilen pencere açılmıştır.

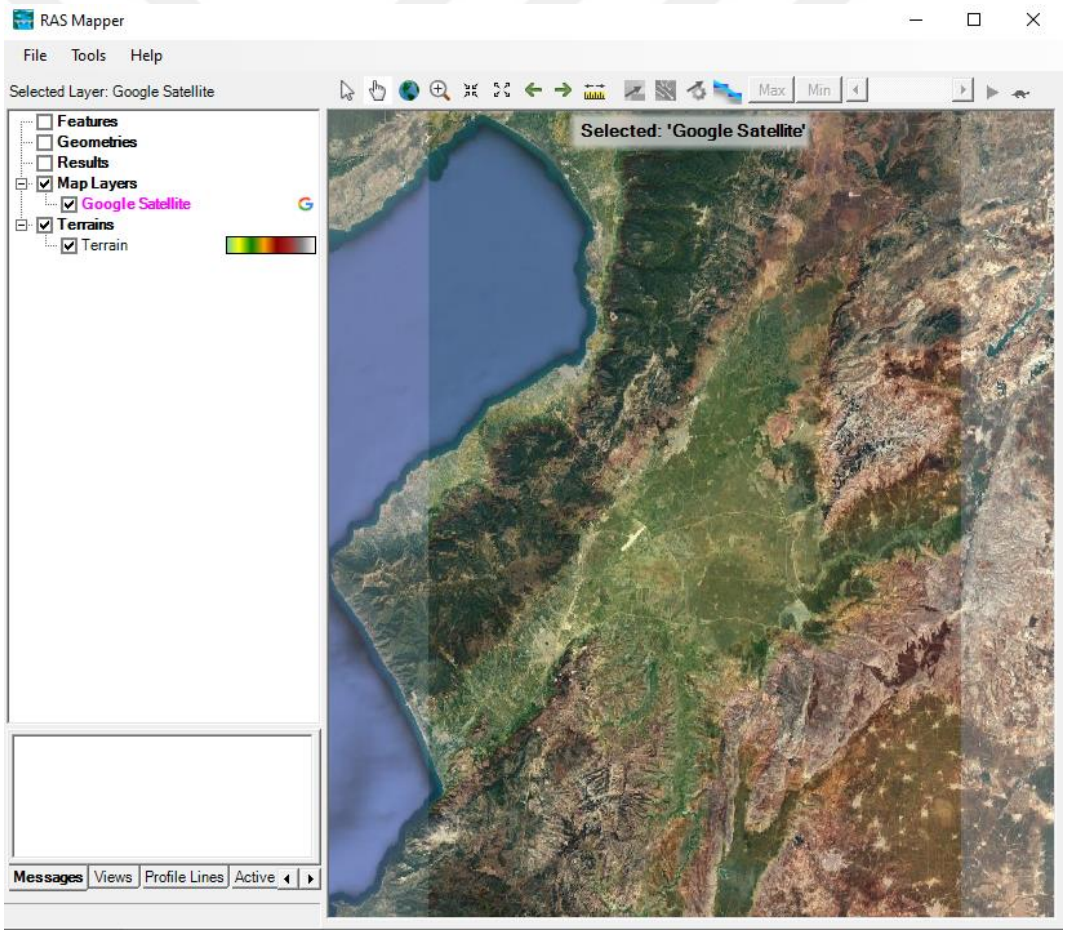


Şekil 3.23 HEC-RAS yazılımında SYM oluşturma

Yukarıda görüldüğü üzere açılan pencerede "+" butonuna tıklanarak SRTM, ASTER veya Alos Palsar uydu verilerinden hangisi ile çalışılacaksa ona ait "tif" formatındaki veri eklenmiştir. Pencerede görülen "Rounding (Precision)" sekmesinde 1/10 seçilmiş böylece mümkün olan en hassas arazi modelinin oluşturulması amaçlanmıştır. Son olarak "Create" butonuna tıklanarak arazi modeli (SYM) oluşturulmuştur. Bu şekilde

oluşturulan SYM'lere ait örnekler daha önceki kısımlarda Şekil 3.9-3.11 ile verilmiştir.

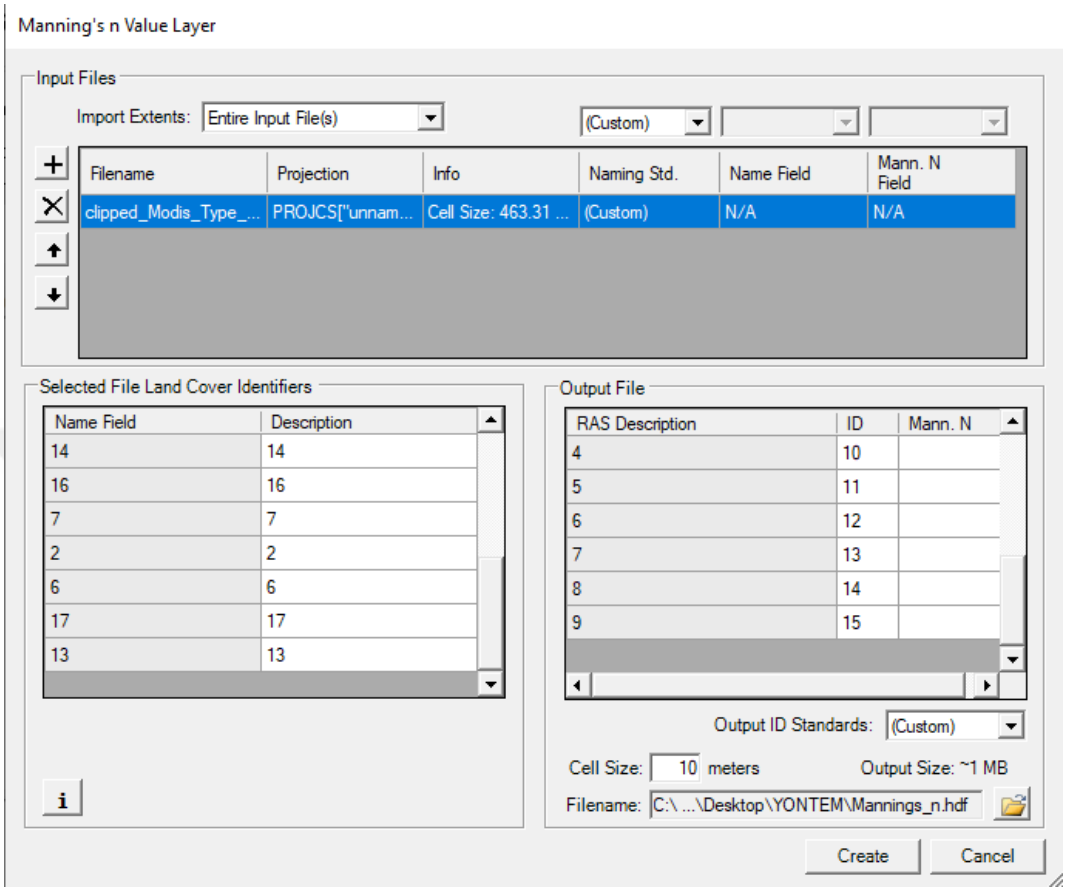
Sayısal yükseklik modeli oluşturulduktan sonra arazide herhangi bir noktanın gerçekteki koordinatları ile örtüştüğünü temin etmek amacıyla RAS Mapper aracının ana menüsünün sol tarafında yer alan kısımdan "Map Layers" yazısına sağ tıklanarak açılan pencereden "Add Web Imagery Layer" tıklandı. Açılan pencereden" Google satallite" seçilerek Google haritasının oluşturulan SYM ile örtüşmesi incelendi. Bu pencerede farklı uydulara ait görüntülerin de seçilmesi mümkündür. Yapılan bu işlemlerden sonra sol menüde açılan Google Satallite yazısına çift tıklanarak şeffaflık ayarlandı. Bu durumda elde edilen görsel Şekil 3.24 ile verilmiştir. Şekil 3.24'de SYM ile Google uydu görüntüsünün çakıştığı görülmektedir.



Şekil 3.24 HEC-RAS yazılımında SYM ile uydu görüntüsünün çakıştırılması

Bir sonraki aşamada Manning pürüzlülük katsayısı katmanı eklenmiştir. RAS Mapper ana penceresinde "tools" seçeneğine tıklanarak açılan pencerede "New Land Cover"

seçilir. Daha önceden temin edilen MODIS arazi örtüsü verisinin bu aşamada kullanılabilmesi için "tif" formatında kaydedilmiş olması gerekmektedir. Arazi örtüsü oluşturma katmanı için açılan pencere Şekil 3.25 ile verilmiştir.

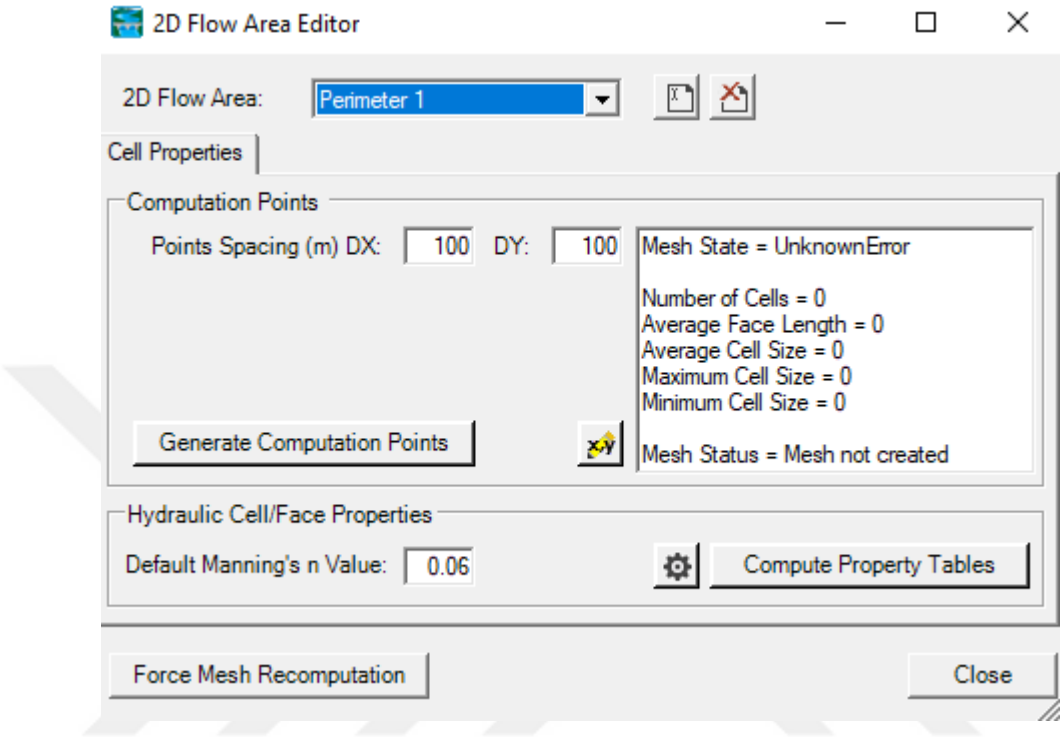


Şekil 3.25 HEC-RAS yazılımı arazi örtüsü katmanı arayüzü

Şekil 3.25'de verilen görselde olduğu gibi "+" butonuna tıklanarak MODIS arazi örtüsü verisi katman olarak eklenmiştir. Daha sonra Tablo 3.7'da verilen kod ve tanımlamalara göre Manning değerleri "Mann. N" yazan sütuna girilmiştir. Daha sonra "Create" butonuna tıklanarak Manning pürüzlülük katmanı oluşturulmuştur. Manning katmanı görsel üzerinde aktifleştirildiğinde oluşan görsel bir örnek olarak Şekil 3.12'de verilmişti.

Sonraki aşamada RAS Mapper aracı üzerinden çalışma alanının geometrisi oluşturulmuştur. RAS Mapper ana menüsü üzerinde "Geometries" yazısına sağ tıklanarak açılan menüden "Add New Geometry" seçilmiştir. Oluşturulan yeni geometriye isim verilerek açılan menüde "2D Flow Areas" başlığı altında bulunan "Perimeters" seçeneği ile söz konusu çalışma alanının sınırları belirlenmiştir.

“Perimeters” seçeneğine sağ tıklanarak açılan “Edit Geometry” butonuna tıklanarak doğrudan SYM modeli üzerinde çalışma alanının sınırları çizilmiştir. Çalışma alanının sınırları belirlendikten sonra “Perimeters” seçeneğine sağ tıklanarak “Edit 2D Area Properties” seçilmiştir. Bu seçimden sonra açılan pencere Şekil 3.26 ile gösterilmiştir.



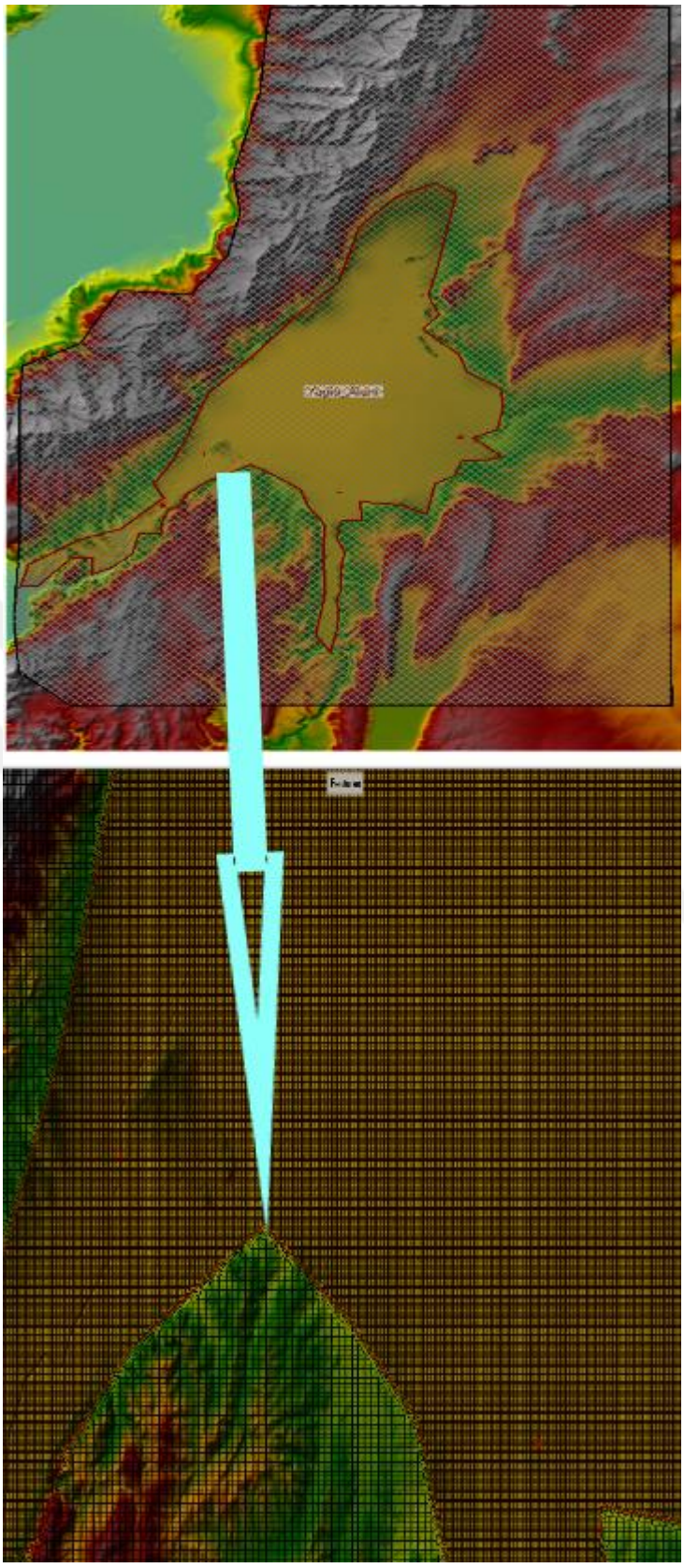
Şekil 3.26 HEC-RAS yazılımı 2 boyutlu alan özellikleri menüsü

Açılan bu pencereden “Points Spacing (m)” alanına x ve y doğrultuları için ağ yapısının oluşturulması için 100’er metre girilmiştir. Daha sonra “Generate Computations Points” butonuna tıklanarak ağ (mesh) yapısı oluşturulmuştur. Başlangıçta geniş bir alan için tanımlanan ağ yapısı (ovanın tamamı ve çevredeki dağlık bölgeler) daha sonra Asıl taşkın alanı olan ova için hassaslaştırılmıştır. Bunun için yine “2D Flow Areas” başlığı altında yer alan “Refinement regions” seçeneği kullanılmıştır. “Perimeters” seçeneğine benzer şekilde ancak bu sefer daha dar bir alan için taşkın sınırları belirlenmiş ve bu bölge daha hassas bir ağ yapısına sahip olması için “refinement regions” kısmına sağ tıklanarak “Edit refinement regions properties” seçeneğine tıklanmış ve “Cell Size X ve Cell Size Y” sütunlarına 50’şer metre girilmiştir.

Sonraki aşamada çalışılan modelin sınır koşulları tanımlanmıştır. RAS Mapper aracı üzerinden oluşturulan geometri modelinin alt seçeneklerinde yer alan “Boundry

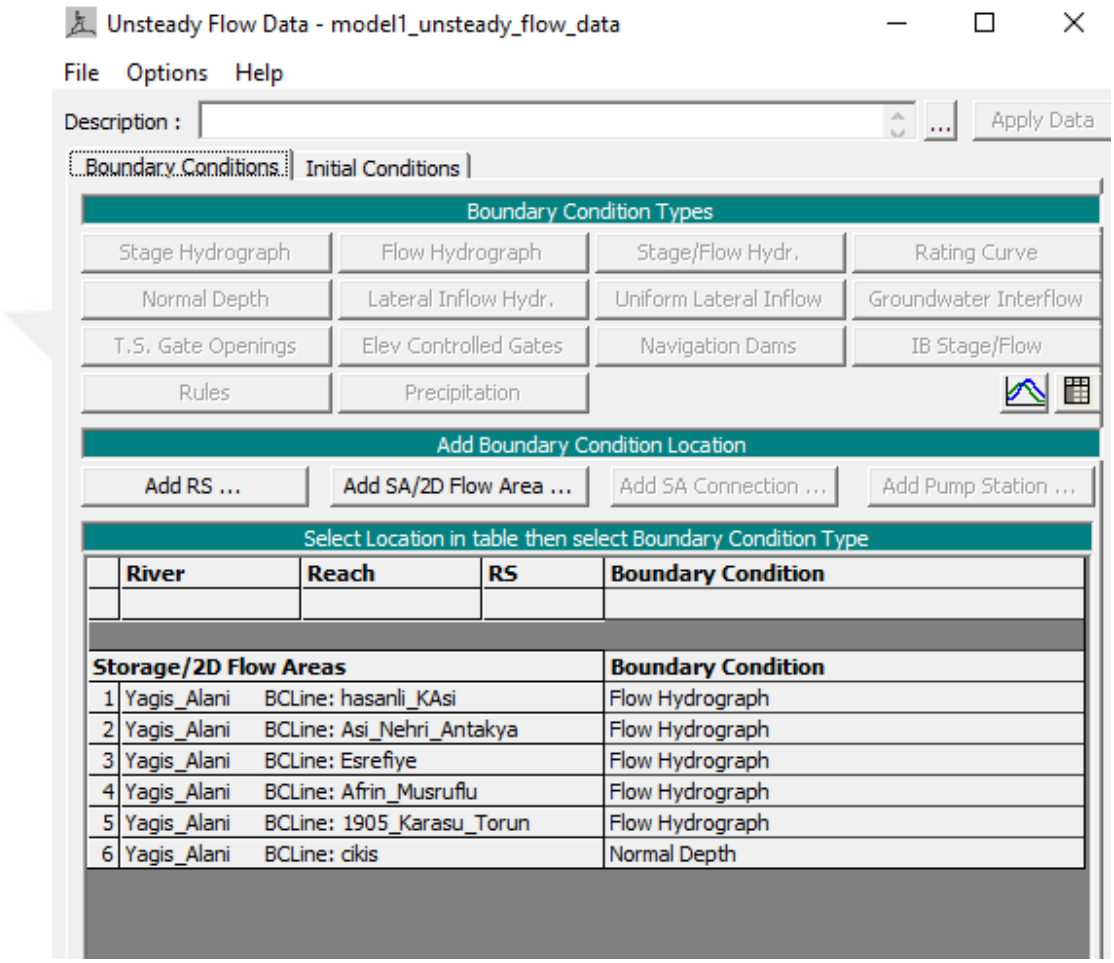
Conditions" seçeneği ile sınır şartları atanmıştır. Sınır şartlarının konumları daha önceden belirtilen AGİ konumlarıdır. İlaveten sadece çalışma alanının denize açılan noktasında bir "çıkış" sınır şartı tanımlanmıştır. Sınır şartlarının konumları belirlenirken istasyon koordinatları Google earth yazılımına girilmiş, belirlenen koordinatlara "line" komutu ile çizgi çizilerek bu çizgiler "kml" formatında kaydedilmiştir. Ardından QGIS CBS yazılımı ile "kml" formatındaki bu çizgiler açılarak UTM projeksiyonuna dönüştürülmüş ve "shp" formatında kaydedilmiştir. Ardından HEC-RAS'ın RAS Mapper aracına dönülerek "shp" formatında kaydedilen çizgiler RAS Mapper sol üst menüde yer alan "Features" butonu kullanılarak SYM üzerinde işaretlenmiştir. Bu işlem "Feautures" butonuna sağ tıklayarak açılan pencereden "Add Existing Layer" seçilerek "shp" formatında kaydedilen dosyaların açılması ile yapılmıştır. Bu işlem sadece sınır şartlarının konumunu belirlemek için yapılmıştır. Tam koordinatlarla konumları SYM üzerinde işaretlenen sınır koşulları RAS Mapper geometri menüsü altında bulunan "Boundry Conditions" seçeneği ile oluşturulmuştur.

Oluşturulan geometri Şekil 3.27 ile verilmiştir. İki farklı görselden oluşan Şekil 3.27'de üst kısımda yer alan görsel çalışma alanının tamamını sınır koşullarını ve ova kısmındaki iyileştirilmiş ağ yapısını göstermektedir. İkinci görselde ise hassas ağ yapısına sahip iç bölge ile dış bölgenin sınırı yakın planda paylaşılmıştır. Ağ yapısının değişimi ve kırmızı renk ile işaretlenen bazı sınır koşulları bu ikinci görselde daha net görülmektedir.



Şekil 3.27 Çalışma alanı 2 boyutlu geometrisi ve ağ (mesh) yapısı

Çalışma alanının geometrisi oluşturulup sınır şartları belirlendikten sonra sınır şartlarına yukarıda verilen hidrograf verileri ve farklı yıllık frekanslı debiler atanmıştır. Kararsız akım durumu için yapılan analizlerin veri girişi HEC-RAS ana menüde yer alan "View/Edit unsteady flow data" butonuna tıklanarak yapılmıştır. Bu aşamada açılan pencere Şekil 3.28 ile verilmiştir.



Şekil 3.28 HEC-RAS kararsız akım veri giriş ekranı

Şekil 3.28 1 numaralı modelin sınır şartlarına ve bu sınır şartlarına atanan veri tiplerine göre oluşturulmuştur. Buna göre AGİ'lerin bulunduğu "Inlet" yani iç bölge sınır şartlana akım hidrografları tanımlanırken 2 boyutlu alanın dışında kalan ve Asi nehrinin denize açılan kısmında yer alan "Outlet" yani dış bölge sınır şartına normal derinlik sınır şartı atanmıştır.

Modellemenin son aşamasında HEC-RAS ana menüde yer alan "Perform an unsteady flow simulation" alt menüsü aracılığıyla kararsız akım simülasyonu

gerçekleştirilmiştir. Tamamlanan simülasyon sonuçları RAS Mapper aracı üzerinden görüntülenmiştir.

2012 yılında yaşanan taşkının simüle edildiği 1,3 ve 5 no'lu modeller herhangi bir SYM iyileştirmesi yapılmadan doğal uydu verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yine aynı taşkının simüle edildiği 2,4 ve 6 no'lu modellerde ise Amik ovasında bulunan ana akım ağları SYM modeline işlenmiştir. Bu SYM iyileştirme işlemi aşağıda açıklanmıştır.

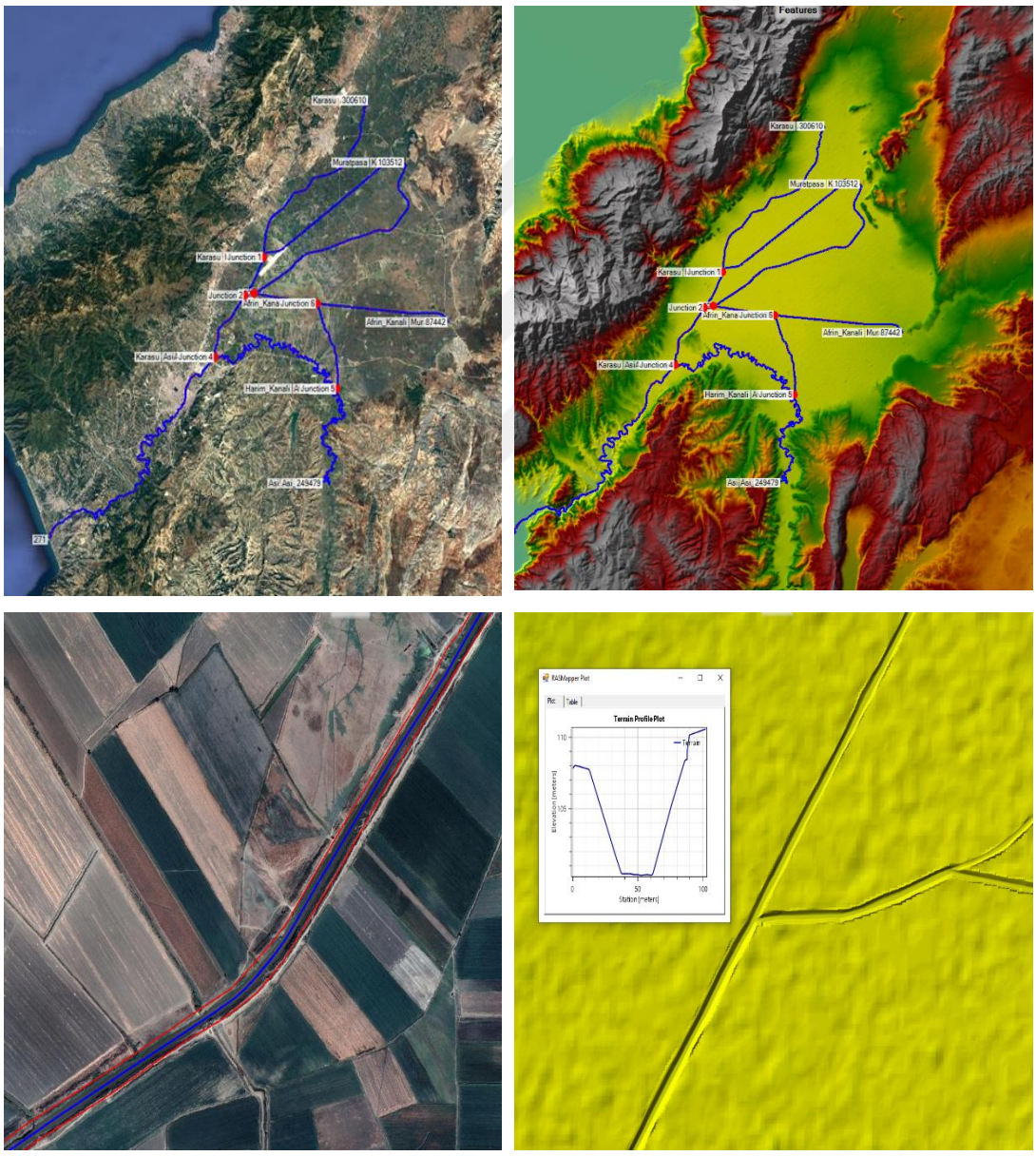
3.2.7.1 SYM İyileştirme Yöntemi

Bu tez çalışmasında uydu verileri kullanılarak elde edilen sayısal yükseklik modelleri kullanıldığından oluşturulan SYM'lerde çözünürlükten kaynaklanan birtakım hatalar/eksiklikler mevcuttur. Yüksek çözünürlükte veri elde etmek için sahada ölçüm teknikleri gibi yüksek maliyetli çözümler bulunmaktadır (Ghanbarpour vd., 2013; Rahmati vd., 2016; Vojtek vd., 2019). Ancak özellikle geniş bir alanda yürütülen çalışmalar için bu verinin temin edilmesi güç ve maliyetlidir (Bures vd., 2019; Rangari vd., 2019). Bu durumda geniş alanlar için ücretsiz ve online olarak temin edilebilen uydu verilerinin kullanımı söz konusudur.

Uydu verilerinin farklı hassasiyette ve farklı yöntemlerle elde edildiği bilindiğinden bu çalışmada en çok kullanılan 3 farklı uydu verisi karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır. SRTM (NASA JPL, 2013), ASTER (NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems and U.S./Japan ASTER Science Team, 2001) ve Alos Palsar (ASF DAAC, 2015) uydu verilerinin oluşturduğu doğal SYM'lere ek olarak her bir veri ile oluşturulan SYM'lere ovadaki akım ağı işlenerek iyileştirmeler yapılmıştır. Daha sonra iyileştirme yapılan SYM'ler ve doğal SYM'ler 2012 taşkınına göre karşılaştırılmıştır.

Sayısal yükseklik modellerinde yapılan iyileştirmeler HEC-RAS yazılımının yeni versiyonlarında (versiyon 5.0.7) kapsamlı bir CBS uygulaması olarak kullanılabilen RAS Mapper aracı ile yapılmıştır. Daha önce anlatıldığı üzere arazi modeli (SYM) oluşturulduktan sonra geometri aşamasında 1 boyutlu kanal geometrileri RAS Mapper aracılığı ile oluşturulurmuştur. Bu aşamada oluşturulan 1 boyutlu geometriler 1 boyutlu analiz için oluşturulmamıştır. Bu 1 boyutlu geometriler yardımıyla akım ağının SYM modeline işlenmesi amaçlanmıştır. Herhangi bir uydu verisi ile

oluşturulan arazi modelinde yeni bir geometri tanımlandıktan sonra RAS Mapper menüsünde açılan “Geometries” başlığı altında bulunan “Rivers” yazısına sağ tıklanarak “Edit Geomtry” seçilmiş ve bütün ana akış yollarının merkezi membadan mansapa doğru olmak üzere adım adım çizilmiştir. Daha sonra “Rivers” seçeneği “+” sembolüne basılarak açılıp ve “Bank Lines” komutu ile akış yolarının sırasıyla sağ ve sol sahilleri çizilmiştir. Akış yollarının görüntülenmesi için daha önce nasıl aktifleştirildiği anlatılan “Google satallite” uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bu şekilde ovada oluşturulan akım ağı Şekil 3.29 ile verilmiştir.



Şekil 3.29 SYM iyileştirme aşamaları

Şekil 3.29'da sol üst görüntüde Amik ovasındaki mevcut ana akım yollarının Google uydu görüntüsü kullanılarak elde edilişi gösterilmiştir. Sağ üst görselde ise oluşturulan akım ağının SYM üzerindeki durumu verilmiştir. Sol alt görselde Karasu kanalının akım merkezi ile sağ ve sol sahilinin çizilmiş yakın plan çekimi verilmiştir. Son olarak sağ alt görselde ise iyileştirilmiş SYM modelinde akım ağlarının oluşumu ve Karasu kanalının profili verilmiştir.

Tek boyutta çizilen akım ağını SYM modeline işleyebilmek için çizilen akım ağlarının başlangıç ve bitiş kısımlarına kesitler atanmıştır. Bu işlem yine "Geometries" menüsü altında bulunan "Cross Sections" seçeneği ile yapılmıştır. Daha sonra RAS Mapper üzerinde yapılan işlemler tamamlanmış çalışma kaydedilmiş ve RAS Mapper kapatılmıştır. RAS Mapper üzerinde oluşturulan geometriler HEC-RAS ana menüde yer alan "View/Edit geometry data" sekmesi aracılığı ile açılarak RAS Mapper'da atanan her bir kesitin bilgileri girilmiştir. Kesit boyutları Şekil 3.14'te verilen boyutlara göre girilmiştir.

Son aşamada oluşturulan bütün bu geometriler tekrar RAS Mapper üzerinde açılarak 1 boyutlu geometri ismi üzerine sağ tıklanıp "Export Layer" seçeneği ile "Create Terrain Geotiff from Overbank XS's (Channel only)" özelliği ile hücre boyutu 1 (uydu verilerinden daha büyük çözünürlükte veri) girilerek kaydedilmiştir. Böylece sadece kanal geometrilerin bulunduğu bir veri dosyası oluşturulmuştur.

Önceki bölümlerde sayısal yükseklik modelinin nasıl oluşturulduğu açıklanmıştı. İyileştirilmiş SYM için ise kanal geometrilerini içeren "tif" dosyası ve çalışılan uydu verisi "tif" dosyası (SRTM, ASTER, Alos Palsar'dan biri) kanal geometri dosyası üstte yer alacak şekilde birlikte seçilerek SYM oluşturulmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın bulgular ve tartışmalar bölümünde dört farklı yöntem ile elde edilen hava sıcaklığı, yağış, rüzgar hızı ve bağıl nem iklim parametreleri trend analiz sonuçları ile bir ve iki boyutlu taşkın haritalama sonuçları verilmiştir. İklim değişikliği araştırması çalışmanın yöntem kısmında anlatıldığı üzere son 50-60 yıllık veriler kullanılarak trend analiz yöntemleri ile yürütülmüştür. İklim parametrelerine ek olarak Amik ovasında bulunan bazı AGİ'lere ait akım verilerine ve şiddetli yağışlı gün sayısı olarak tanımlanan bir indise de aynı trend analiz yöntemleri uygulanmıştır. Taşkın modellenmesi ve haritalanması ise HEC-RAS yazılımının bir ve iki boyutlu hidrodinamik model yaklaşımı ile modellenmiştir. İklim değişikliği analiz sonuçları, bir ve iki boyutlu taşkın modelleme sonuçları ayrı alt başlıklar altında ele alınmıştır.

İklim değişikliği tespiti için uygulanan trend analiz yöntemleri 1960-2019 yılları arasındaki 60 yıllık periyot için uzun dönemli olarak yağış (mm), sıcaklık(°C), rüzgar hızı(m/s), bağıl nem (%) parametrelerine uygulanmıştır. Modellerde kullanılan akış verisi ise 1958-2011 yılları arasını kapsamaktadır. 1905 nolu Karasu Torun akım gözlem istasyonunun 1993 ve 1979 verileri, 1906 nolu Afrin deresi akım gözlem istasyonunun 1993, 1979 ve 1963 verileri, 1907 nolu Asi Demirköprü akım gözlem istasyonunun 1993, 1979 ve 1960 verileri, 1908 nolu Asi Antakya akım gözlem istasyonu 1993, 1979, 1971 ve 1970 verileri DSİ'nin akım gözlem yıllıklarında mevcut değildir. Kesintisiz ve uzun dönem akım trend analizi yapabilmek için eksik yılların verileri bir önceki ve bir sonraki yılların aritmetik ortalaması alınarak kullanılmıştır. Minimum, maksimum ve ortalama akım değerlerine uygulanması planlanan trend analiz yöntemleri, veri setinin minimum akım dönemlerinin sıklıkla "kuru" geçmesi nedeniyle sadece ortalama ve maksimum akım değerlerine uygulanmıştır. Ayrıca trend analiz sonuçlarının bölgede yaşanan taşkınlar üzerindeki etkisinin daha iyi yorumlanabilmesi için şiddetli yağışlı gün indisi tanımlanmış ve bu indisin trend analiz yöntemleri ile analizi yapılmıştır.

Taşkın modellemesinde ve haritalamada kurulan ilk 6 model, 2012 taşkınına ait verilere göre kalibrasyon amacıyla oluşturulmuştur. Bu ilk 6 model farklı sayısal yükseklik modelleri ve uygulanan modellerin iyileştirilmiş versiyonlarını içermektedir. Oluşturulan modellerde akım verisi olarak 2012 yılında yaşanan taşkın debileri kullanılmıştır. Daha sonra oluşturulan 7 model sırasıyla 2, 5, 10, 25, 50, 100,

500 yıllık frekanslı taşkın debileri kullanılarak modellenmiştir. On dördüncü ve son model ise 2012 yılında bölgede kayda geçen yaklaşık iki aylık yağış verisinin doğrudan modelde girdi olarak kullanılması ile oluşturulmuştur. Bütün analizler kararsız akım durumu için 2 boyutlu analiz yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir. Farklı tekerrür frekanslı taşkın debileri için yapılan analizlerde akım sabit olmasına rağmen kararsız akım analizi yapılmıştır. 24 saat boyunca aynı akım koşullarının etkili olduğu ve taşkın debilerinin çakıştığı kabulü ile yapılan analizlerde oluşturulan akım hidrografları sabit debili hidrograflardan oluşmaktadır. Çalışmada böyle bir yöntem izlenmesinin nedeni HEC-RAS yazılımının sadece kararsız akım koşullarında iki boyutlu analize imkân tanımasıdır.

4.1 İklim Değişikliği Trend Analiz Sonuçları

Çalışmanın bu kısmında hava sıcaklığı, toplam yağış, ortalama rüzgar hızı ve ortalama bağıl nem parametrelerine İnovatif Şen trend test, Lineer regresyon trend yaklaşımı, Mann Kendall test ve Spearman's Rho testleri uygulanarak irdelenen sonuçlar verilmiştir.

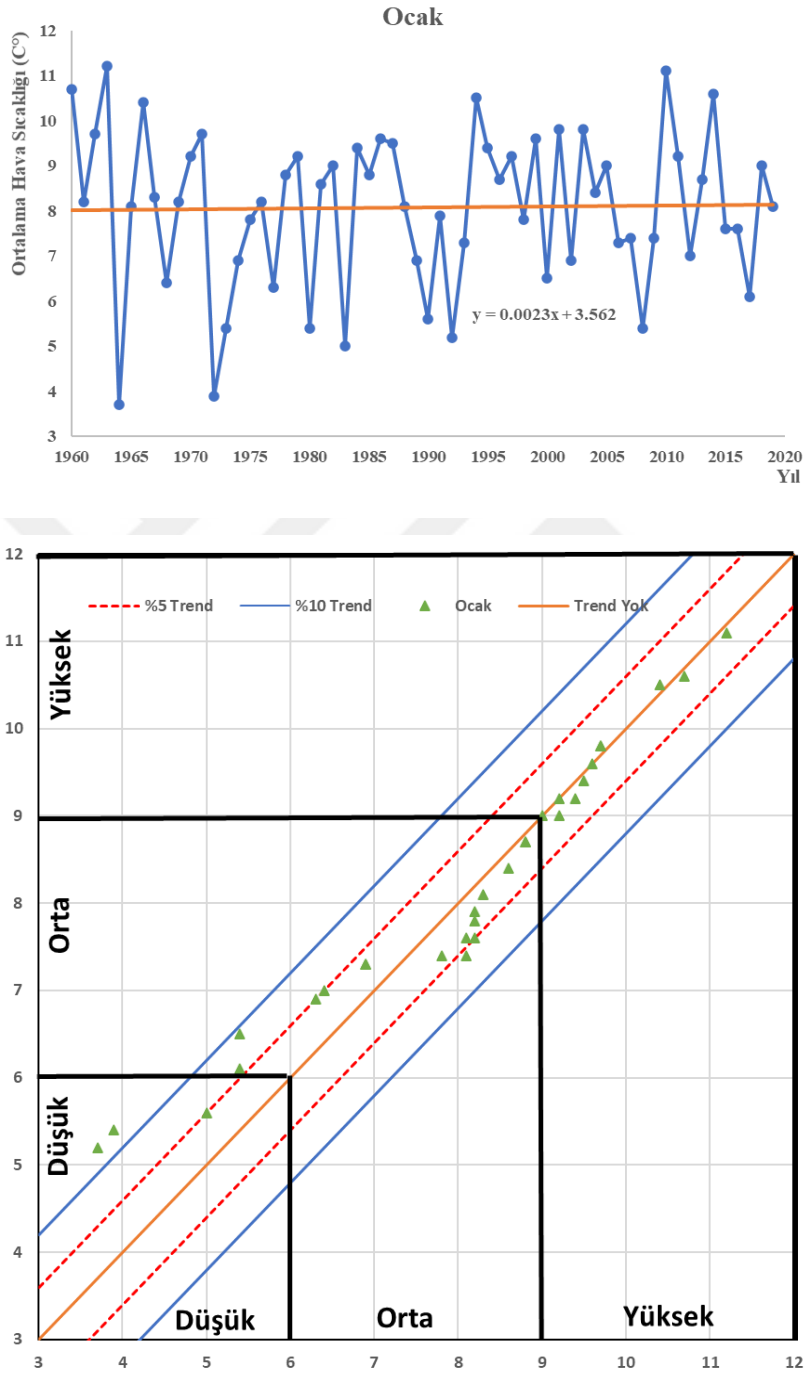
4.1.1 Hava Sıcaklığı Trend Analiz Sonuçları

Meteoroloji Genel Müdürlüğüne bağlı Antakya gözlem istasyonunda kaydedilen hava sıcaklığı verilerine geleneksel Mann Kendall test, Spearman's Rho test, Lineer regresyon trend analiz yöntemi ve İnovatif Şen trend yöntemi uygulanarak trend analizi araştırılmıştır. Veriler aylık, mevsimsel ve yıllık olarak değerlendirilmiştir. Her bir yöntemin sonuçları herhangi bir karmaşıklığa neden olmamak için alt başlıklar altında verilmiştir. Ayrıca İnovatif Şen trend analiz yönteminin üzerinde, çalışılan zaman aralığına ait veri dağılımını gösteren grafikler paylaşılmıştır.

İnovatif Şen trend yönteminde, grafik aralıklarının tespiti ve sınıflandırılması, araştırmacının uzmanlığına bırakılmıştır. Bu çalışmada, genel olarak veri dağılımına bakıldıktan sonra grafik aralığı olarak birkaç basamak düşürülüp arttırılarak işlem yapılmıştır. Sınıflandırma da ise "düşük", "orta" ve "yüksek" sınıflar oluşturulmuştur. Oluşturulan üç aşamalı sınıflandırma farklı parametreler ve zaman aralığı için geniş bir değerlendirme imkanı sunmuştur.

4.1.1.1 Hava Sıcaklığı Parametresi İnovatif Şen Trend Analiz Sonuçları

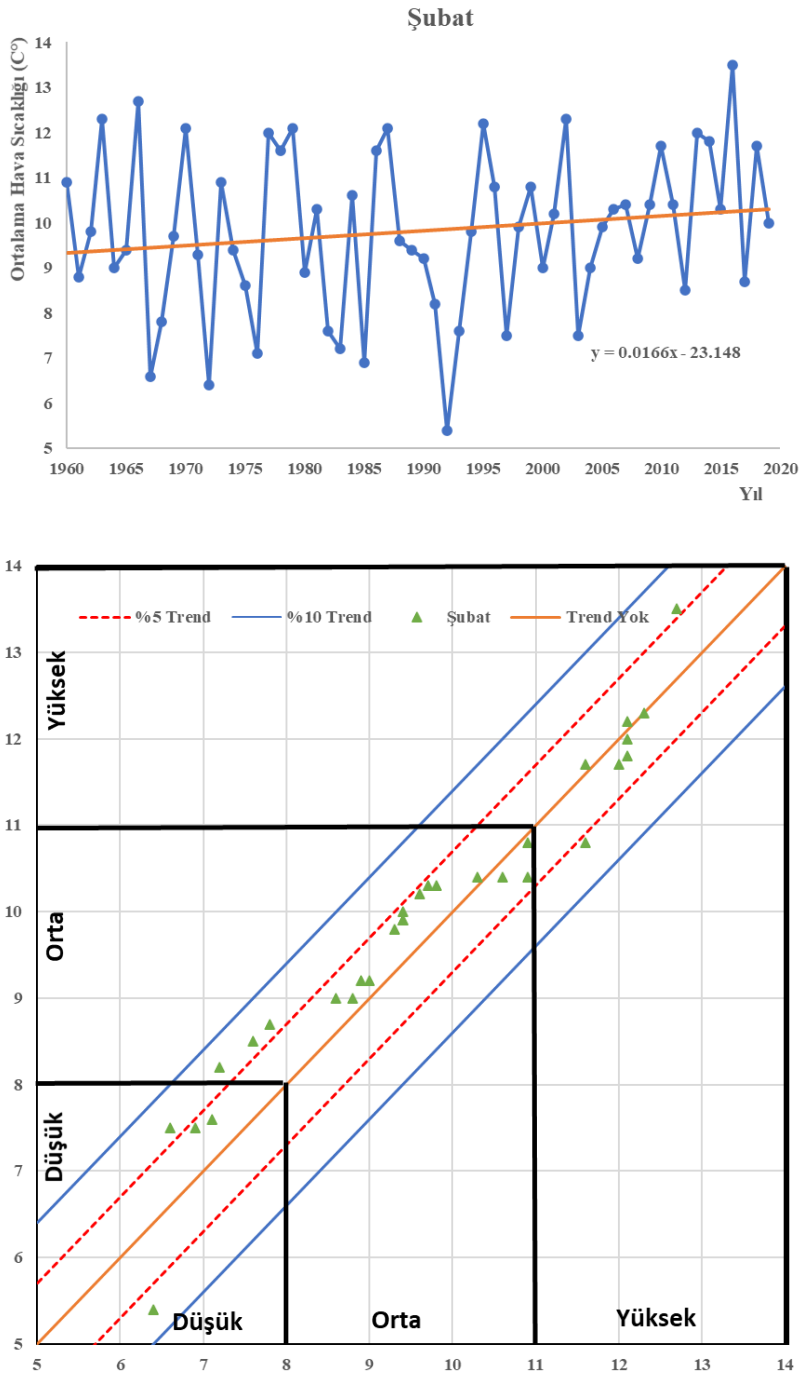
Grafik tabanlı bir değerlendirme yöntemi olan İnovatif Şen trend analiz yöntemine ait Ocak ayı ortalama hava sıcaklığı değerlendirmesi Şekil 4.1 ile verilmiştir.



Şekil 4.1 Ocak ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

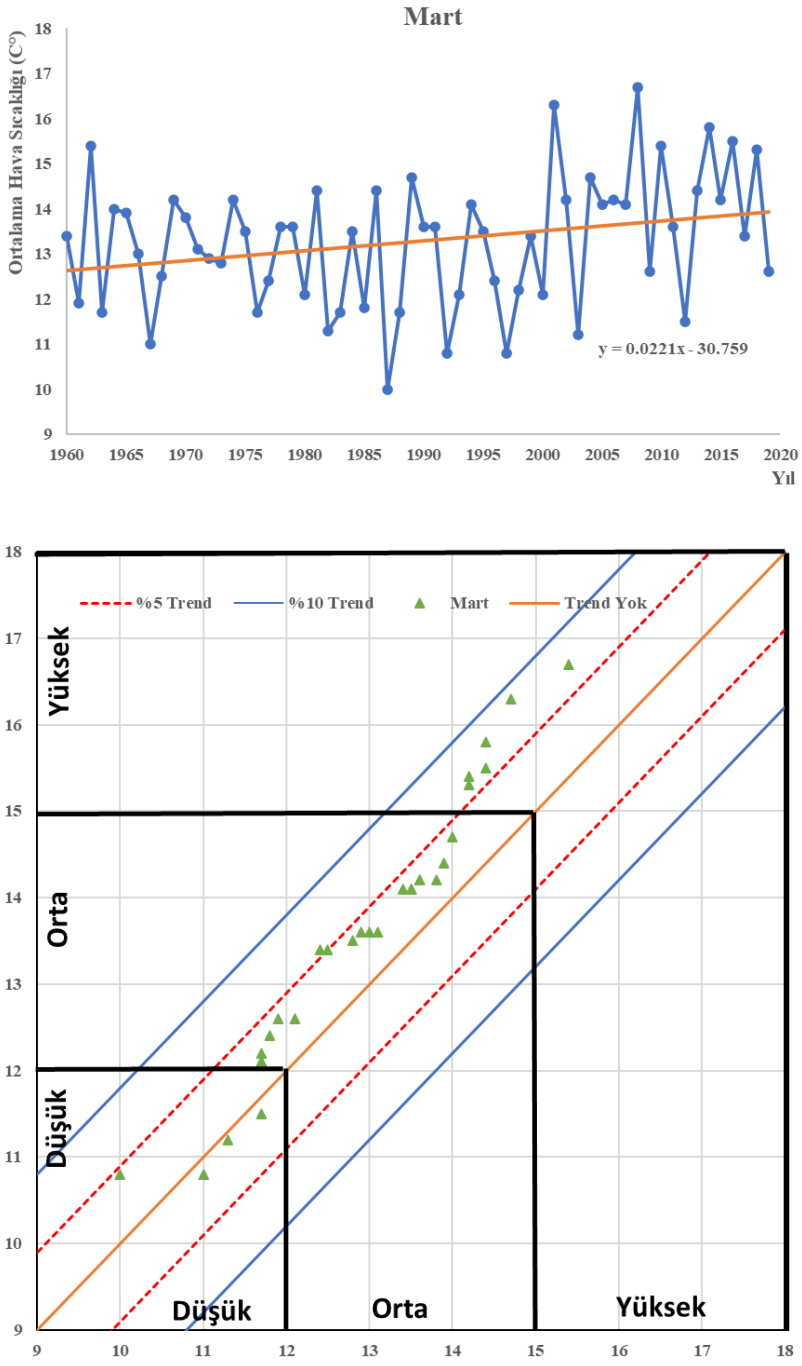
Şekil 4.1 ile verilen grafikte görüldüğü üzere ocak ayı ortalama hava sıcaklığının maksimum olduğu yıl 11.2 C° ile 1963 yılı, minimum olduğu yıl ise 3.7 C° ile bir sonraki yıl olmuştur.

Şekil 4.1'de verilen İnovatif Şen trend yöntemi sonuçlarına göre düşük sınıfta kalan değerlerin tamamının "trend yoktur" çizgisinin üzerinde olması ortalama hava sıcaklığının bu sınıfta artan bir trende sahip olduğunu göstermektedir. Orta sınıf ise kendi içerisinde iki bölüme ayrılırsa ilk kısımda (6-7 °C) artan bir trend söz konusu iken ikinci kısımda (7-9 °C) azalan bir trend söz konusu olmuştur. Yüksek sınıfta kalan verilerde" trend yoktur" çizgisinin hemen altında ve üzerinde değerler olması, dağılımın homojen olmaması istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmadığının göstergesidir. Şubat ayı ortalama hava sıcaklığı yıllara göre dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları Şekil 4.2 ile verilmiştir.



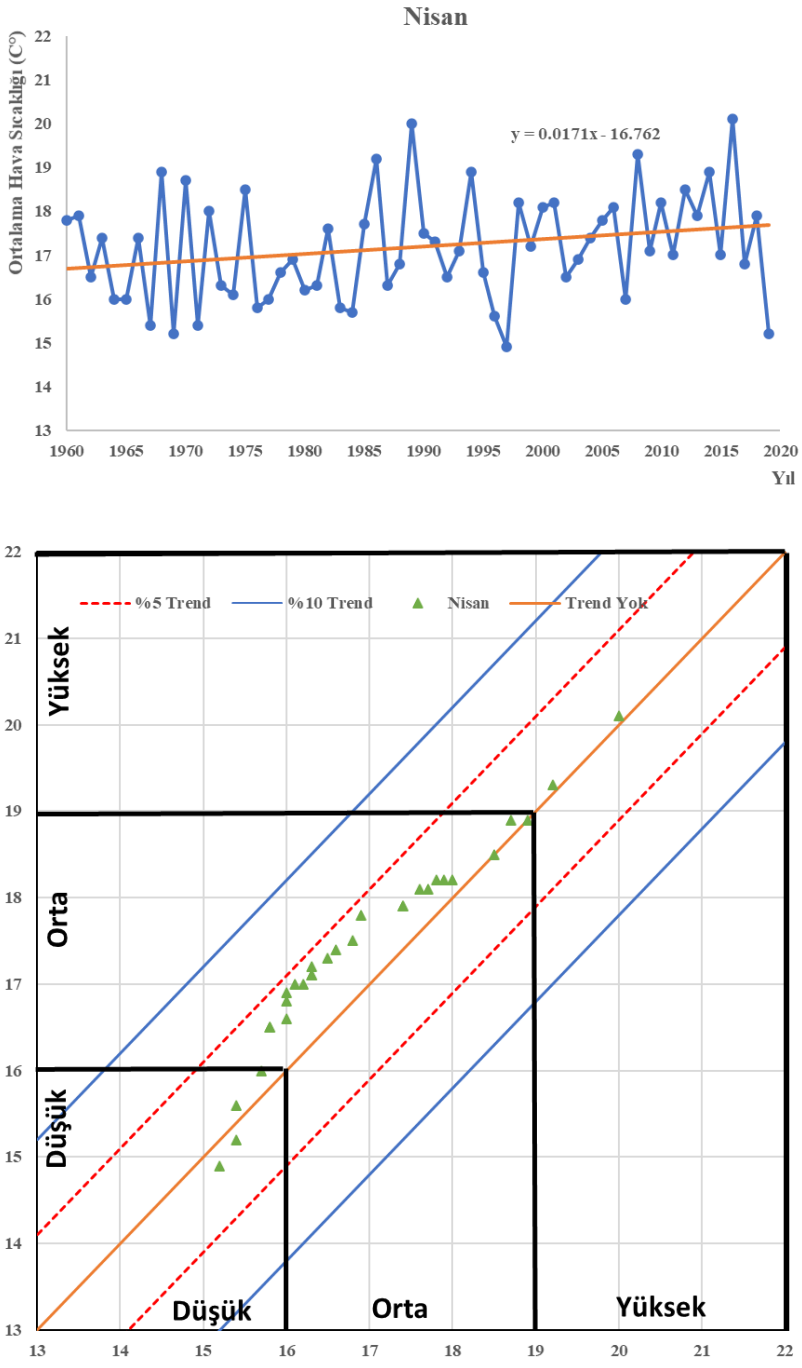
Şekil 4.2 Şubat ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Şubat ayı ortalama hava sıcaklığı İnovatif Şen trend analizi yöntemine göre düşük sınıfta azalan trendden artan trende geçiş olduğu ve artan trendin %5 civarında olduğu, orta sınıfta artış trendinden düşüş trendine geçildiği, yüksek sınıfta ise istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmadığı belirlenmiştir. Mart ayı ortalama hava sıcaklığının yıllara göre değişimi ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları Şekil 4.3 ile verilmiştir.



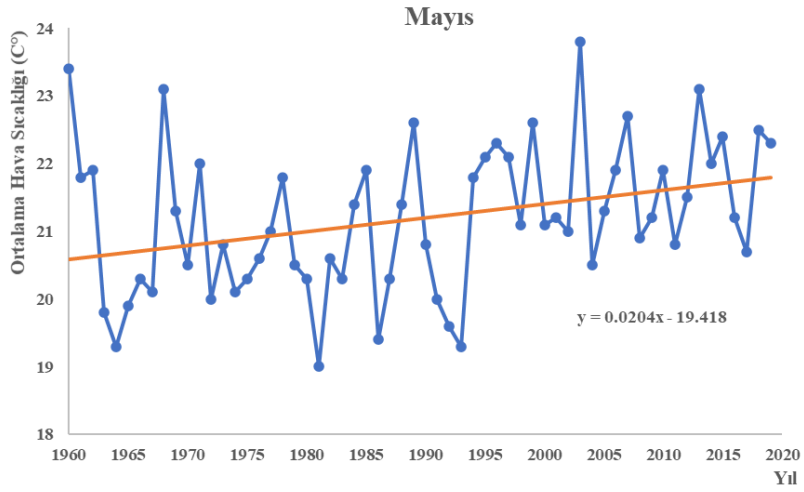
Şekil 4.3 Mart ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

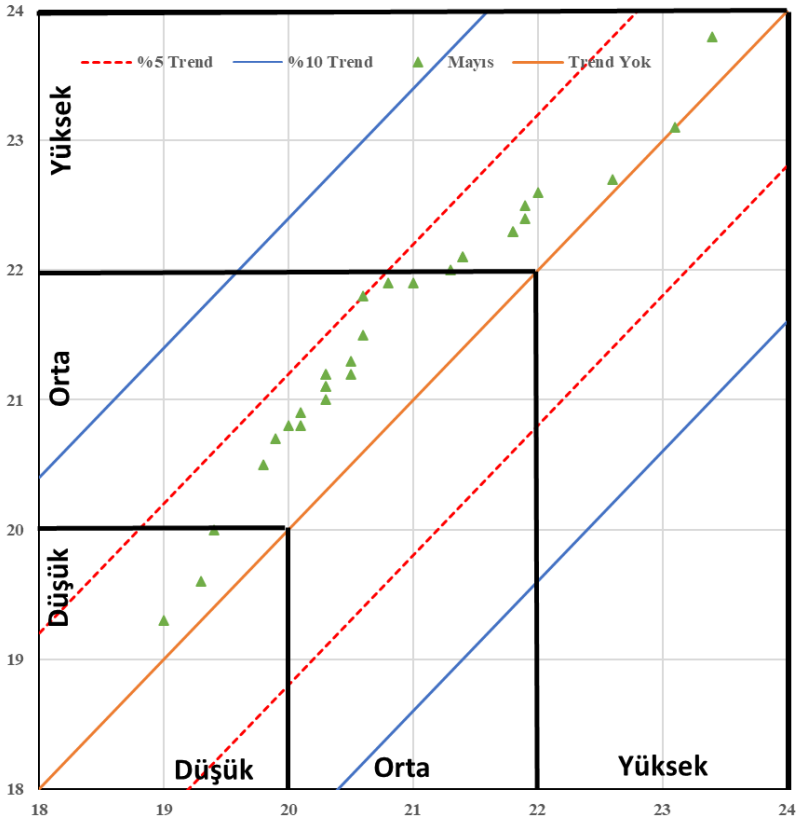
Şekil 4.3 incelendiğinde Mart ayı ortalama hava sıcaklığının regresyon doğrusunun eğimi doğrultusunda pozitif bir eğimi olduğu görülmektedir. İnovatif Şen trend testinde ise düşük sınıfta azalan bir trend olmasına rağmen orta ve yüksek sınıflarda artan bir trend söz konusu olduğu belirlenmiştir. Nisan ayı ortalama hava sıcaklığı İnovatif Şen trend testi sonuçları Şekil 4.4 ile verilmiştir.



Şekil 4.4 Nisan ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

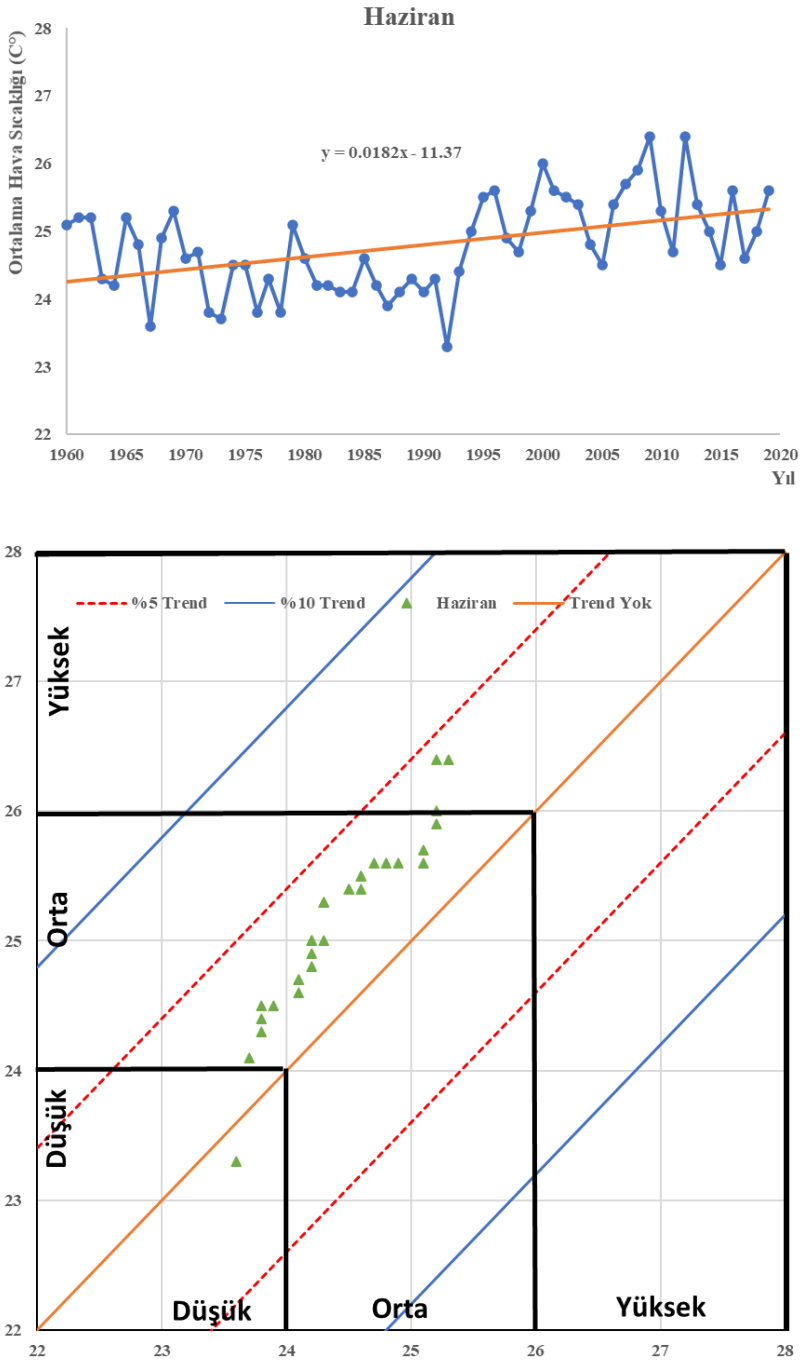
Şekil 4.4 ile verilen yıllar için nisan ayı ortalama hava sıcaklığının regresyon doğrusunun eğiminin düşükte olsa pozitif olduğu görülmektedir. Düşük sınıfta trend negatiften pozitife dönerken, orta sınıfta %4 civarında artan bir trend mevcuttur. Yüksek sınıfta ise anlamlı bir trend tespit edilmemiştir.





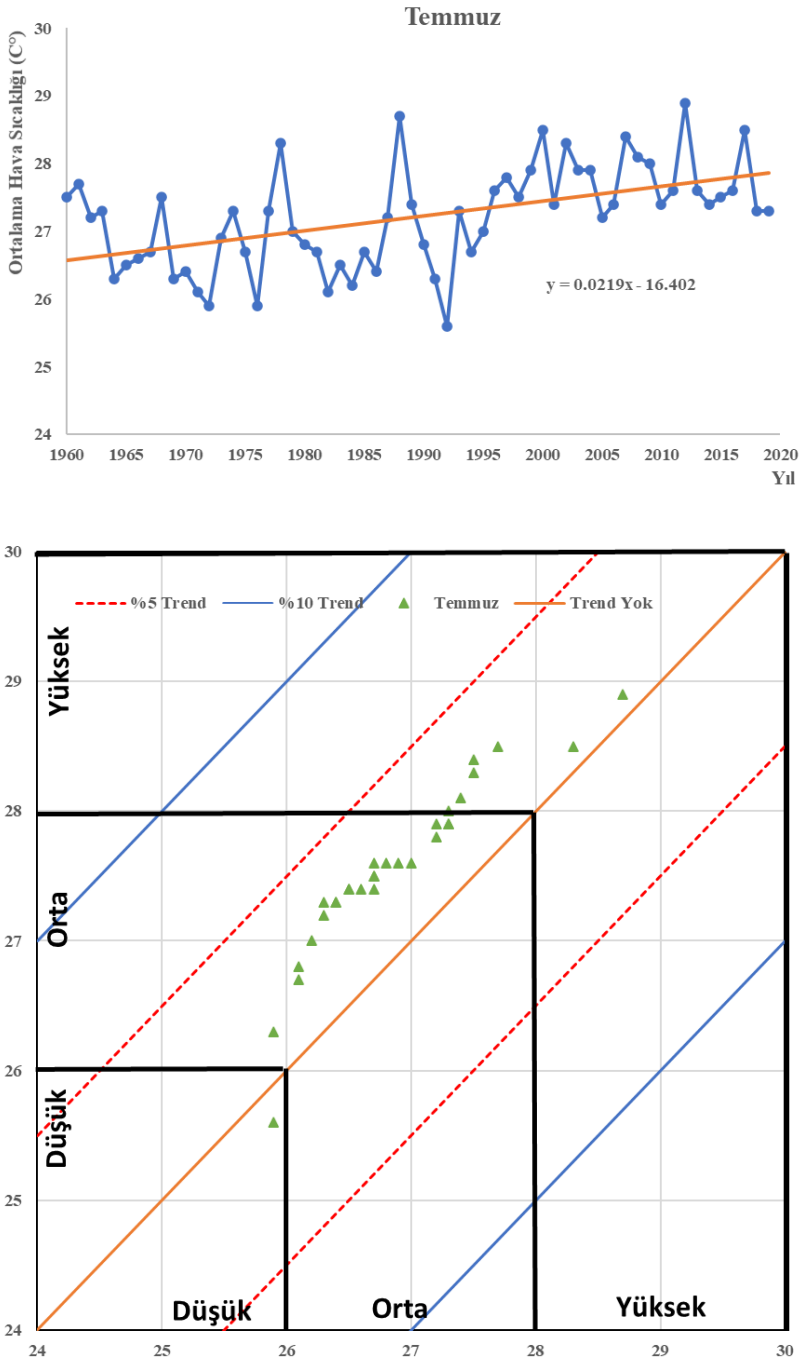
Şekil 4.5 Mayıs ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Şekil 4.5 ile Mayıs ayı ortalama hava sıcaklığı yıllara göre değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları verilmiştir. Şekil 4.5 ile verilen Mayıs ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı regresyon doğrusunun eğimi istatistiksel olarak anlamlı pozitif bir eğime sahiptir. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre de bütün sınıflarda artış trendi tespit edilmiştir. Haziran ayı ortalama hava sıcaklığı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend sonuçları Şekil 4.6 ile verilmiştir.



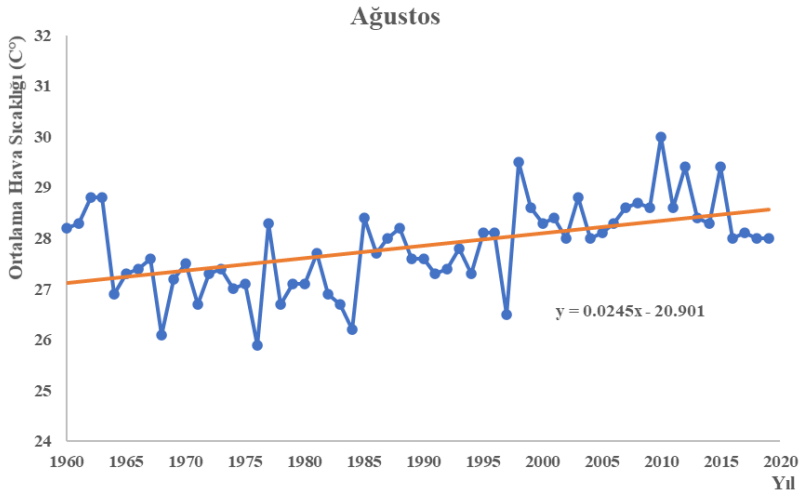
Şekil 4.6 Haziran ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

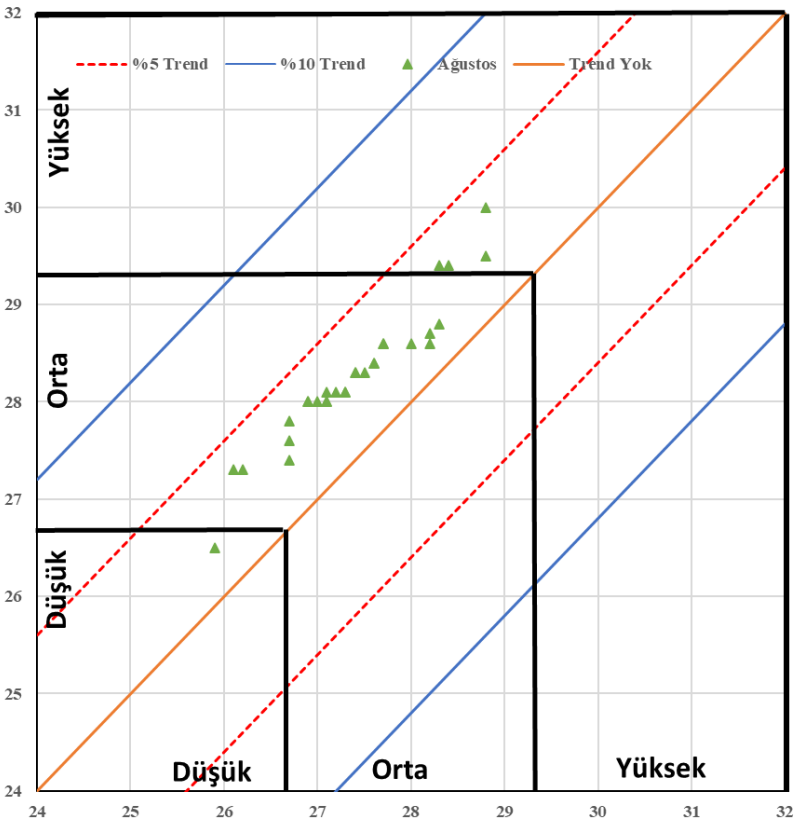
Haziran ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımına göre pozitif bir eğim söz konusudur. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre ise düşük sınıfta azalan bir trend varken orta ve yüksek sınıflarda artan bir trend söz konusudur. Şekil 4.6'da dikkat çeken bir diğer hususta ortalama hava sıcaklığının dar bir aralıkta değişiyor olmasıdır. Bu durum referans çizgilerine de yansımış durumdadır.



Şekil 4.7 Temmuz ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

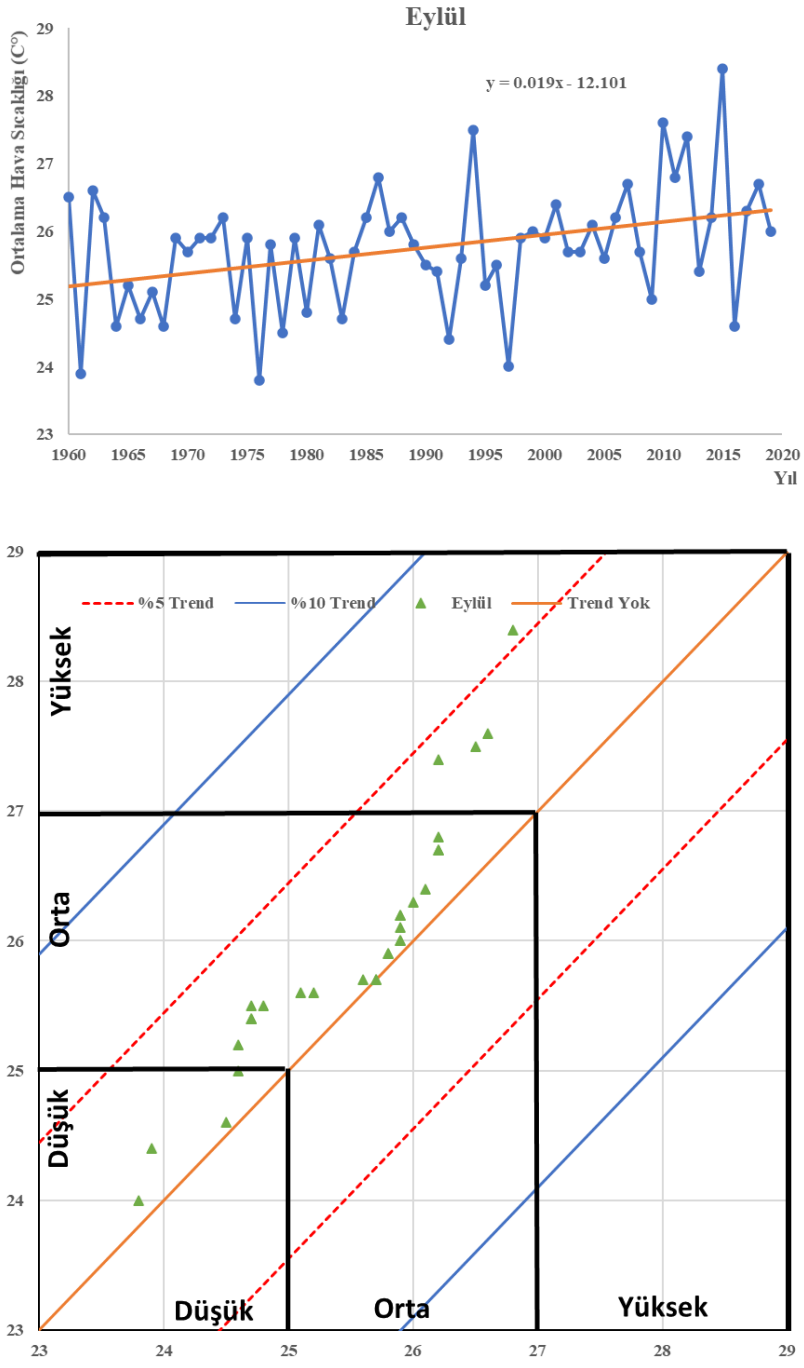
Temmuz ayı ortalama hava sıcaklığı dağılım ve İnovatif Şen trend test sonuçları ise Şekil 4.7 ile verilmiştir. Temmuz ayı ortalama hava sıcaklığı dağılım grafiğinin regresyon doğrusu eğimi Haziran ayında olduğu gibi pozitiftir. İnovatif Şen trend test sonuçları da Haziran ayı ile büyük oranda benzerlik göstermektedir. Ağustos ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend test değerlendirmesi Şekil 4.8 ile verilmiştir.





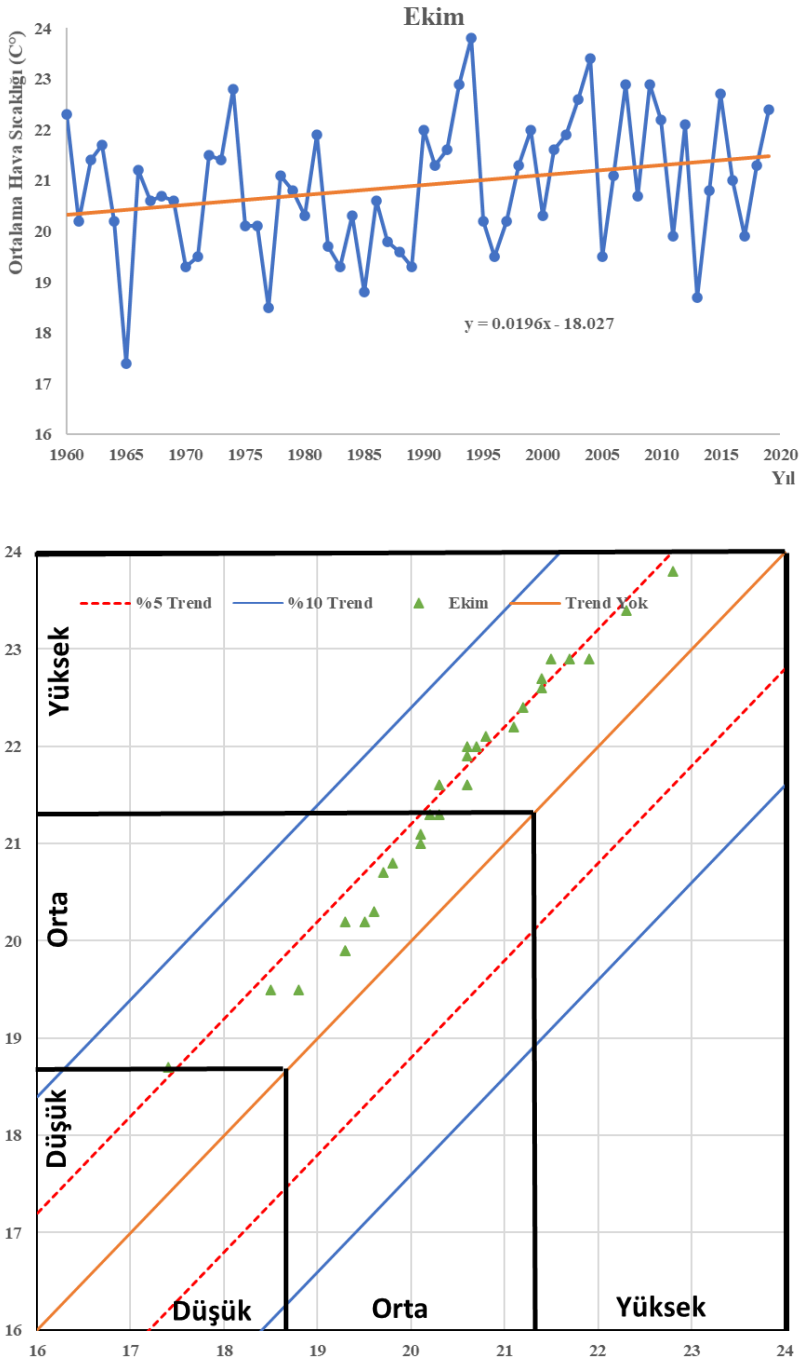
Şekil 4.8 Ağustos ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ağustos ayı ortalama hava sıcaklığı dağılım grafiğinde gösterildiği üzere Regresyon doğrusunun eğimi pozitiftir. İnovatif Şen trend analiz sonucuna göre her üç sınıfta da %5'den büyük olmayan artan bir trend söz konusudur.



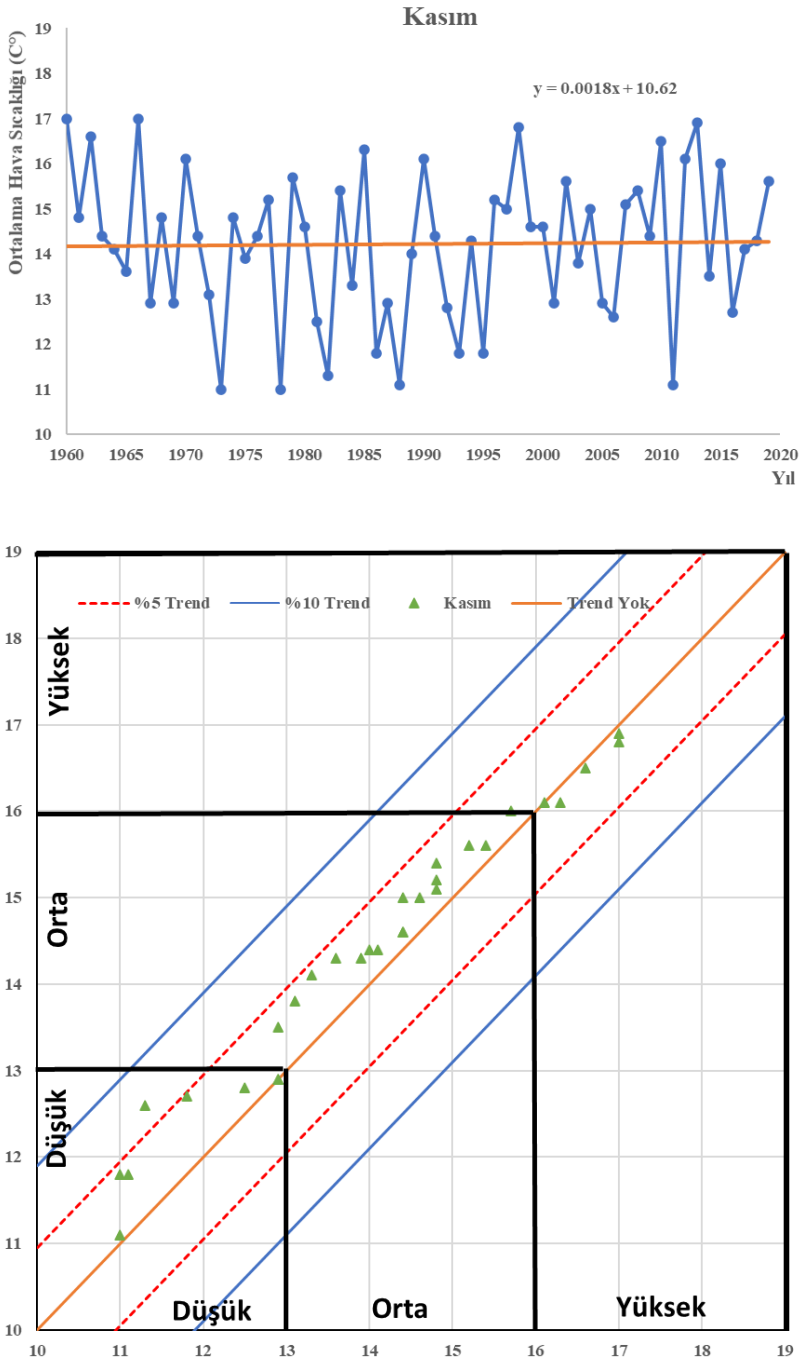
Şekil 4.9 Eylül ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Eylül ayı ortalama hava sıcaklığı ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.9 ile verilmiştir. Eylül ayı ortalama hava sıcaklığı regresyon doğrusu pozitif bir eğime sahiptir ve istatistiksel olarak anlamlı bir artışa işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarında ise her üç sınıfta da artış trendi vardır. Düşük sınıfta bu trendin büyüklüğü az iken trend büyüklüğü orta ve yüksek sınıflarda kademeli olarak artmaktadır.



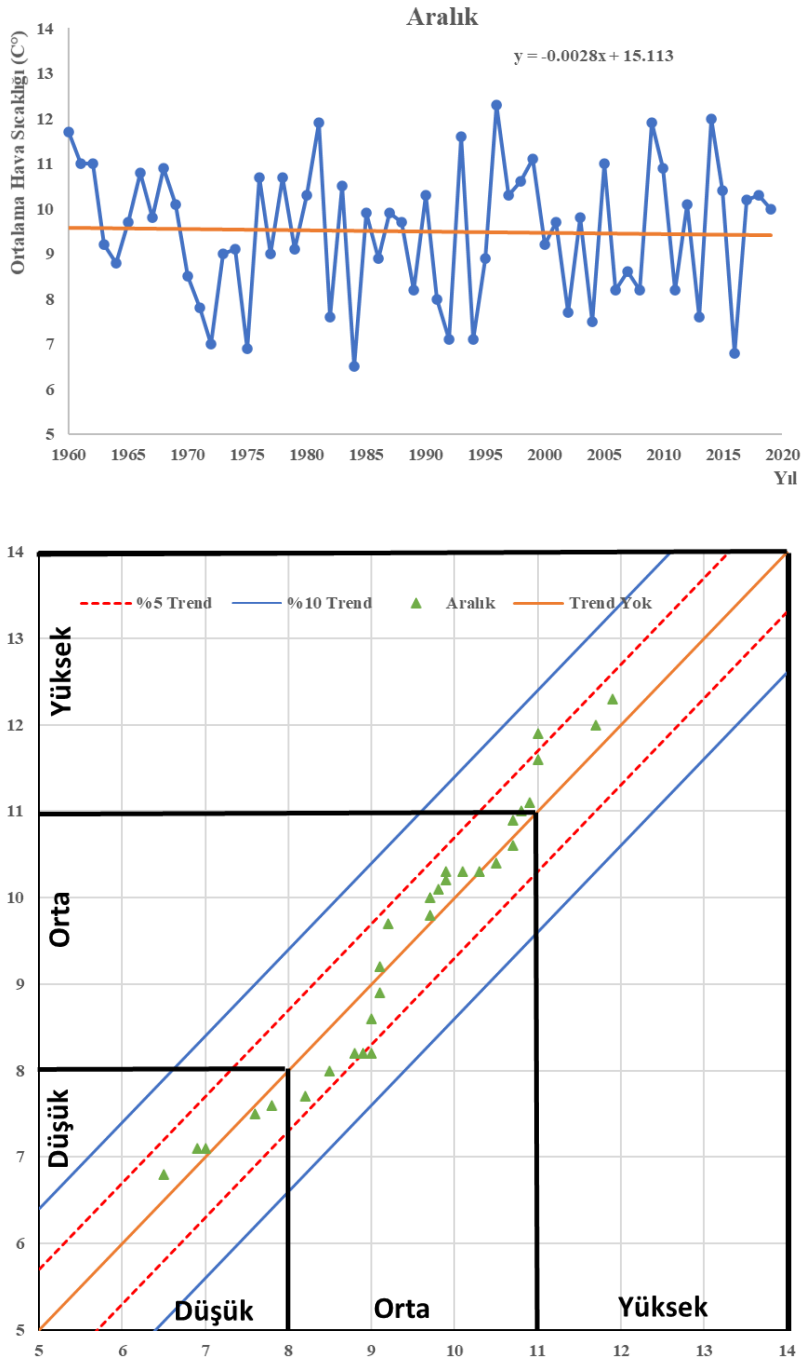
Şekil 4.10 Ekim ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ekim ayı ortalama hava sıcaklığı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.10 ile verilmiştir. Şekil 4.10 ile verilen grafikler incelendiğinde Ekim ayı ortalama hava sıcaklığının dağılımı artan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test yöntemine göre düşük sınıfta herhangi bir veri yokken orta ve yüksek sınıflarda %9-10 civarında artan bir trend tespit edilmiştir.



Şekil 4.11 Kasım ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Kasım ayı ortalama hava sıcaklığının değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.11 ile paylaşılmıştır. Kasım ayı ortalama hava sıcaklığı dağılım grafiğinde regresyon doğrusunun eğiminin sıfıra çok yakın olduğu görülmektedir. Bu durum anlamlı bir trend olmadığının göstergesidir. Bununla beraber düşük ve orta sınıfta yer alan dağılımlar pozitif bir trende işaret ederken önceki aylardan farklı olarak yüksek sınıfta küçükte olsa bir azalış trendi vardır.



Şekil 4.12 Aralık ayı ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

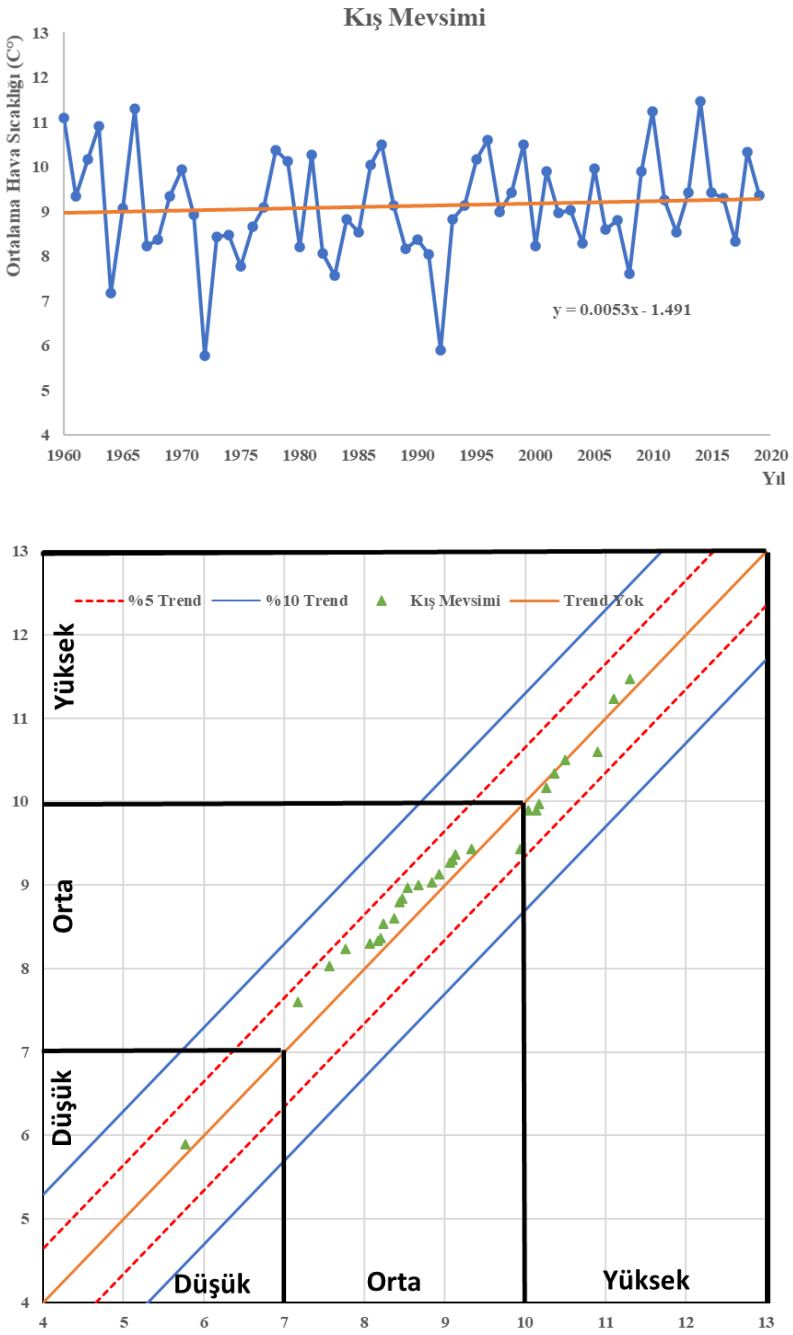
Aralık ayı ortalama hava sıcaklığı Şekil 4.12 ile verilmiştir. Aralık ayı ortalama hava sıcaklığı dağılım grafiğinin regresyon eğrisinin eğimi negatif olsa da değerin sıfıra yakın oluşu istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmadığının göstergesidir. İnovatif Şen trend test yöntemine göre ise düşük sınıfta artan trend sınıflandırmanın sonuna doğru negatife dönmüştür. Orta sınıfta istikrarlı bir dağılım olmadığından bir trend

varlığından söz edilemez. Yüksek sınıfta ise %5 civarında artan bir trend tespit edilmiştir.

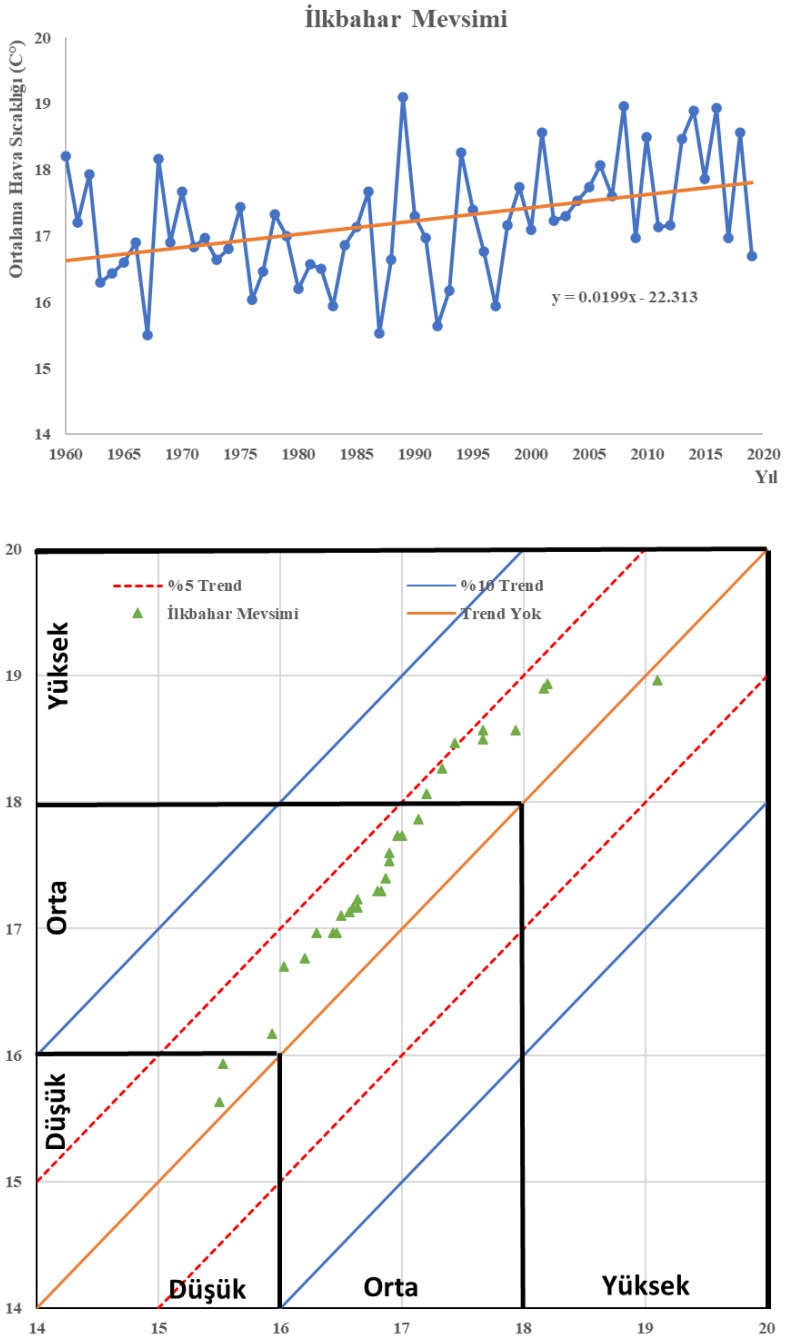
Çalışmanın bu kısmında mevsimlik ve yıllık veriler dikkate alınarak trend analizi yapılmıştır. Her bir mevsime ait ortalama hava sıcaklığı verileri ilgili İnovatif Şen trend test grafiğinin üzerinde verilmiştir.

Kış mevsimi ortalama hava sıcaklığı değişimi ve İnovatif Şen trend testi sonuçları Şekil 4.13 ile verilmiştir.1960-2019 yıllarına ait kış mevsimi ortalama hava sıcaklığının regresyon doğrusunun eğimi pozitiftir. Ancak eğim değeri istatistiksel olarak anlamlı bir trende işaret etmemektedir.

Şekil 4.13 ile verilen İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre düşük sınıfta hafif pozitif bir trend var iken orta sınıfta %3 civarında artan bir eğim vardır. Yüksek sınıfta ise net bir trend tespit edilememiştir.

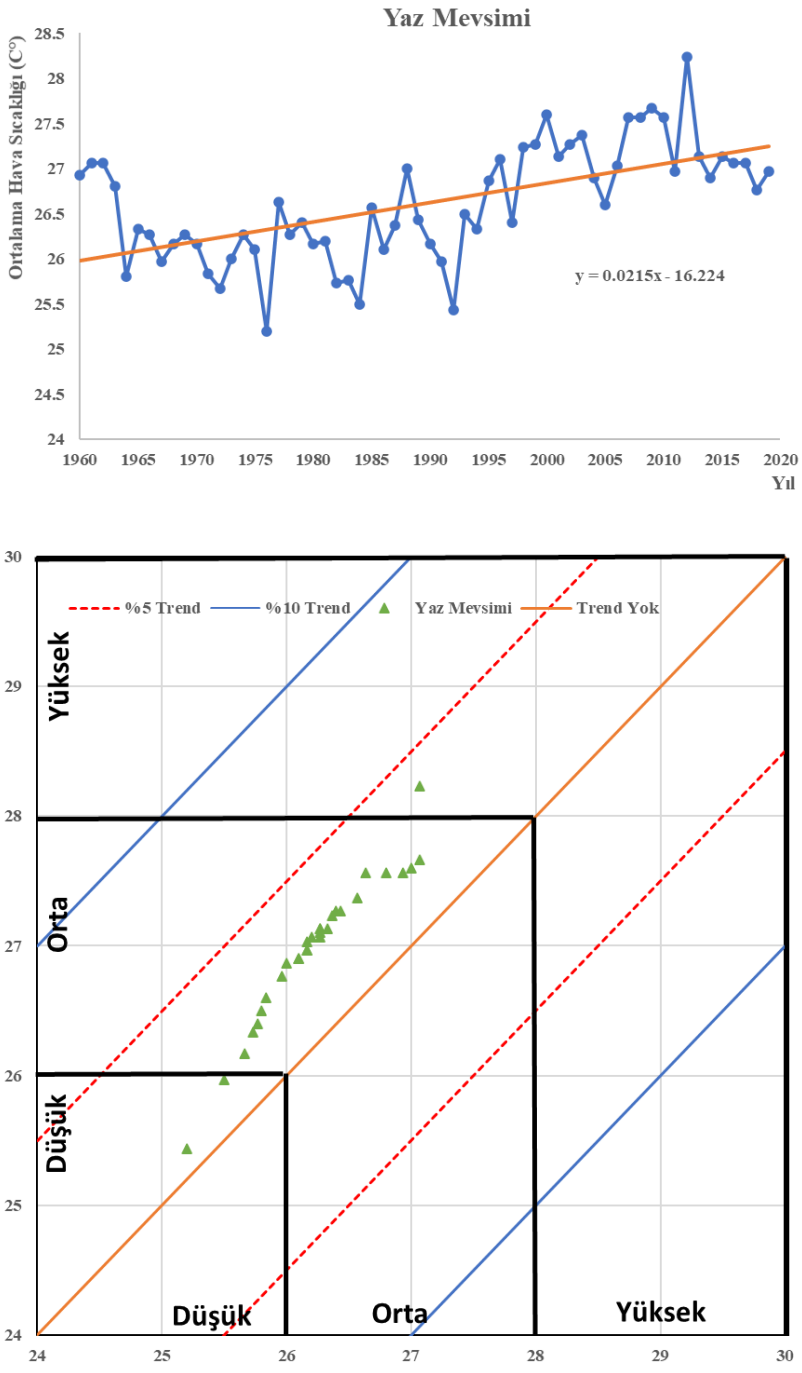


Şekil 4.13 Kış mevsimi ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları



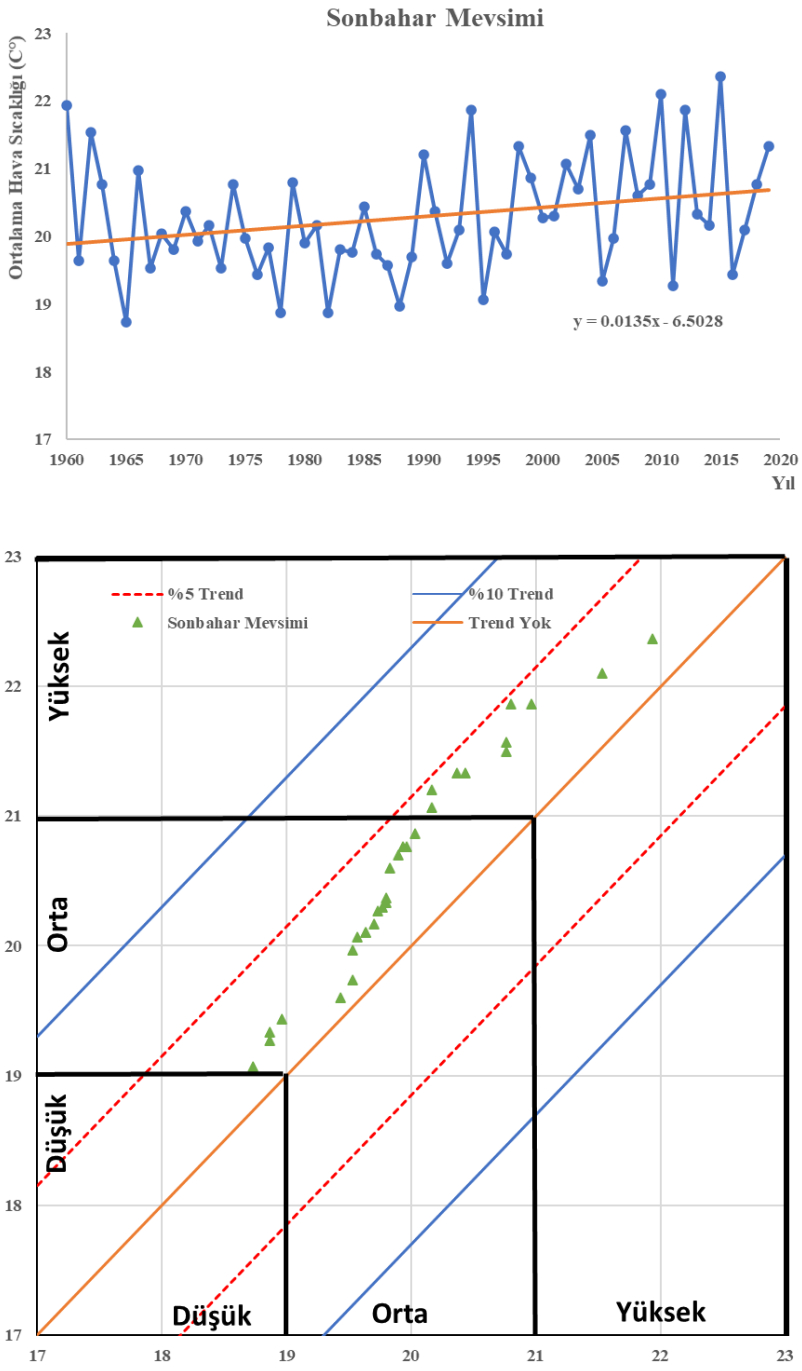
Şekil 4.14 İlkbahar mevsimi ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

İlkbahar dönemi ortalama hava sıcaklığı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.14'te paylaşılmıştır. Dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi pozitif olarak hesaplanmıştır. İlkbahar mevsimi ortalama hava sıcaklığı İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre ise düşük ve orta sınıflarda artan trendler tespit edilmiştir. Yüksek sınıfta artan trendden azalan trende geçiş olduğu görülmüştür.



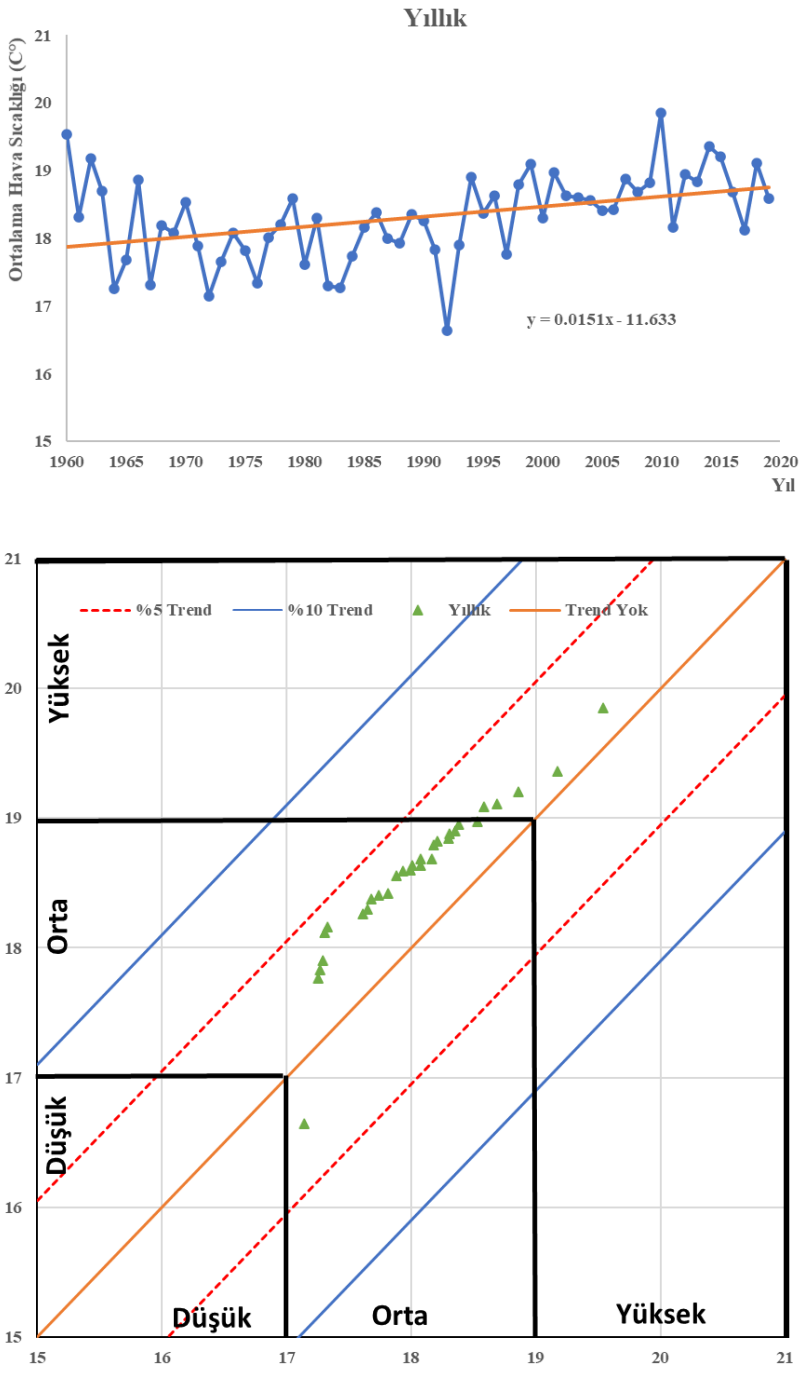
Şekil 4.15 Yaz mevsimi ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Yaz dönemi ortalama hava sıcaklığı değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.15 ile verilmiştir. Yaz mevsimi ortalama hava sıcaklığı dağılım grafiği istatistiksel olarak anlamlı bir artan eğime işaret etmektedir. İnovatif Şen tren test sonuçları da bu bulguyu desteklemektedir. Bu dönem için her üç sınıfta da %5'ten küçük artan bir trend olduğu görülmektedir.



Şekil 4.16. Sonbahar mevsimi ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Sonbahar dönemi ortalama hava sıcaklığı değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.16'da verilmiştir. Sonbahar mevsimi ortalama hava sıcaklığı dağılımına eklenen regresyon doğrusu eğimi pozitif eğimlidir. İnovatif Şen trend test sonuçlarında ise düşük sınıfta herhangi bir veri yer almazken, orta ve yüksek sınıflarda artan bir trend olduğu görülmektedir.



Şekil 4.17. Yıllık ortalama hava sıcaklığı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ortalama hava sıcaklığı yıllık değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.17'de verilmiştir. 1960-2019 yıllarına ait ortalama hava sıcaklığı dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusu pozitif eğimlidir. İnovatif Şen trend test yöntemi sonuçlarına göre düşük sınıfta herhangi bir veri yoktur. Orta ve yüksek sınıflarda ise %5'ten küçük bir artış trendi tespit edilmiştir. Ayrıca grafikte dikkat çeken bir diğer

hususta ortalama hava sıcaklığının dar bir aralıkta değiştiğidir. Değerlendirme ve grafiklerden görüleceği gibi yıllık kayıtların tamamı orta ve yüksek sınıfta yer almaktadır. Bu durum gelecekte bölgede ekstrem sıcaklıkların görülmesi ihtimalinin arttığına işaret etmektedir. Ortalama hava sıcaklığı İnovatif Şen trend analizi aylık değerlendirme sonuçları Tablo 4.1 ile verilmiştir.

Tablo 4.1 Ortalama hava sıcaklığı İnovatif Şen trend analiz aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Sınıf	Trend	Trend Yönü	Yaklaşık Yüzde (%)
Ocak	Düşük	Var	Pozitif	9
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Yok	-	-
Şubat	Düşük	Var	Pozitif	5
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Yok	-	-
Mart	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Pozitif	4
	Yüksek	Var	Pozitif	7
Nisan	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Pozitif	3
	Yüksek	Yok	-	-
Mayıs	Düşük	Var	Pozitif	1
	Orta	Var	Pozitif	4
	Yüksek	Var	Pozitif	2
Haziran	Düşük	Var	Negatif	1
	Orta	Var	Pozitif	3
	Yüksek	Var	Pozitif	4
Temmuz	Düşük	Var	Negatif	1
	Orta	Var	Pozitif	4
	Yüksek	Var	Pozitif	3
Ağustos	Düşük	Var	Pozitif	2
	Orta	Var	Pozitif	3
	Yüksek	Var	Pozitif	3
Eylül	Düşük	Var	Pozitif	1
	Orta	Var	Pozitif	2
	Yüksek	Var	Pozitif	4
Ekim	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Pozitif	4
	Yüksek	Var	Pozitif	5
Kasım	Düşük	Var	Pozitif	3
	Orta	Var	Pozitif	3

	Yüksek	Var	Negatif	1
Aralık	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Pozitif	4

İnovatif Şen trend test ortalama hava sıcaklığı analiz sonuçlarına göre aylık mevsimsel ve yıllık değerlendirmelerin çoğunda pozitif trendler tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre yaklaşık %9 artış trendi ile en bariz trend ocak ayı düşük sınıfta görülmüştür. Bununla beraber ocak ve şubat aylarının orta ve yüksek sınıflarında herhangi bir trend belirlenmemiştir. Sadece mayıs ve haziran aylarının düşük sınıflarında ve kasım ayının yüksek sınıfında negatif trendler tespit edilmiştir. Ancak belirlenen negatif değerlerin yaklaşık değeri %1 civarındadır.

Tablo 4.2 Ortalama hava sıcaklığı İnovatif Şen trend analiz mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Sınıf	Trend	Trend Yönü	Yaklaşık Yüzde (%)
Kış	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Pozitif	2
	Yüksek	Yok	-	-
İlkbahar	Düşük	Var	Pozitif	2
	Orta	Var	Pozitif	3
	Yüksek	Yok	-	-
Yaz	Düşük	Var	Pozitif	2
	Orta	Var	Pozitif	3
	Yüksek	Var	Pozitif	4
Sonbahar	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Pozitif	3
	Yüksek	Var	Pozitif	4
Yıllık	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Pozitif	4
	Yüksek	Var	Pozitif	2

Mevsimlik ve yıllık trend analiz sonuçları Tablo 4.2 ile verilmiştir. Mevsimsel ve yıllık değerlendirmelerin hiçbirinde negatif trendler saptanmamıştır. Kış mevsiminin orta sınıfında, ilkbahar mevsiminin düşük ve orta sınıfında, yaz mevsiminin her üç

sınıfında, sonbahar mevsiminin orta ve yüksek sınıfında artan trendler tespit edilmiştir. Yıllık değerlendirmede ise düşük sınıfta herhangi bir trend belirlenemezken orta ve yüksek sınıfta sırasıyla %4 ve %2'lik artan trendler saptanmıştır. Genel olarak yüksek sınıfta tespit edilen artan trendlerin devam etmesi gelecekte ekstrem sıcaklıkların görülme ihtimalinin arttığına yorumlanmıştır.

4.1.1.2 Hava Sıcaklığı Parametresi Lineer Regresyon Trend Yaklaşımı Analiz Sonuçları

Regresyon trend belirleme yaklaşımında daha önce yöntem kısmında açıklandığı üzere regresyon doğrusunun eğimine göre trend olup olmadığına karar verilmiştir. Ortalama hava sıcaklığı parametresi için yapılan uygulamada, verilen zaman dilimine göre dağılım grafiklerine eklenen lineer regresyon doğrularının eğimi incelenmiştir. Yüzde 1'den büyük olan eğimlerde istatistiksel olarak anlamlı trendler olduğu kabul edilerek değerlendirme yapılmıştır. Lineer regresyon doğrusunun eğim değerinin işaretinin pozitif veya negatif olmasına göre artan veya azalan trendler tespit edilmiştir. Tablo 4.3'de aylık ortalama hava sıcaklığı regresyon trend analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.3 Ortalama hava sıcaklığı Lineer Regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Eğim Değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.002	Yok	-
Şubat	0.017	Var	Pozitif
Mart	0.022	Var	Pozitif
Nisan	0.017	Var	Pozitif
Mayıs	0.020	Var	Pozitif
Haziran	0.018	Var	Pozitif
Temmuz	0.022	Var	Pozitif
Ağustos	0.024	Var	Pozitif
Eylül	0.019	Var	Pozitif
Ekim	0.020	Var	Pozitif
Kasım	0.002	Yok	-
Aralık	-0.003	Yok	-

Lineer regresyon yöntemi ile yapılan ortalama hava sıcaklığı trend araştırma aylık sonuçlarına göre kasım, aralık ve ocak aylarında istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir trend tespit edilemezken diğer ayların tamamında artan trendler tespit edilmiştir.

Ortalama hava sıcaklığı lineer regresyon trend analiz mevsimsel ve yıllık değerlendirme sonuçları Tablo 4.4 ile verilmiştir.

Tablo 4.4 Ortalama hava sıcaklığı Lineer Regresyon trend analiz mevsimsel ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Eğim Değeri	Trend	Trend Yönü
Kış	0.005	Yok	-
İlkbahar	0.020	Var	Pozitif
Yaz	0.022	Var	Pozitif
Sonbahar	0.013	Var	Pozitif
Yıllık	0.015	Var	Pozitif

Ortalama hava sıcaklığı lineer regresyon trend analiz mevsimsel ve yıllık sonuçlarına göre kış mevsiminde istatistiksel olarak anlamlı bir trend saptanmamıştır. Ancak ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinin tamamında artan trendler olduğu belirlenmiştir. Aylık ve mevsimsel değerlendirmeler ile uyumlu olarak yıllık değerlendirme sonucunda da artan bir trend olduğu tespit edilmiştir.

Ortalama hava sıcaklığı lineer regresyon trend analiz sonuçları İnovatif Şen trend analiz sonuçları ile büyük oranda benzerlik göstermektedir. Bu yönteme göre İnovatif Şen trend test yönteminde olduğu gibi istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir azalan trend tespit edilmemiştir.

Değerlendirmede yüzler basamağı dikkate alınmıştır. Yüzde 1'den küçük olan eğimler söz konusu olduğunda eğim değeri sıfıra yakın bir değer aldığından bu durumda istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmadığı kanaatine varılmıştır.

4.1.1.3 Hava Sıcaklığı Parametresi Mann Kendall Test Sonuçları

Mann Kendall test aylık mevsimsel ve yıllık ortalama hava sıcaklığı verilerine uygulanmış, 0.05 önem katsayısı (α), yüzde 95 güven aralığı ile çalışılmıştır Mann Kendall istatistiği (MK değeri) her bir zaman aralığı için denklem 3.1 kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan MK değeri denklem 3.4'te yerine yazılarak "Z" değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan "Z" değeri, iki uçlu normal dağılım z tablosu kullanılarak 0.05 önem katsayısı için +1.96 ve -1.96 olarak okunmuştur. Hesaplanan "Z" değeri z tablosundan okunan kritik Z değerleri ile kıyaslanarak H_0 hipotezi kabul veya

reddedilmiştir. Mann Kendall değerlendirmelerinin tamamında H_0 hipotezi trendin olmadığı durumu ifade etmektedir. Hesaplanan "Z" değeri +1.96 kritik değerinden büyük veya -1.96 kritik değerinden küçük ise H_0 hipotezi reddedilmiş ve trend olduğuna karar verilmiştir. Mann Kendall test ortalama hava sıcaklığı aylık değerlendirme sonuçları Tablo 4.5 ile verilmiştir.

Tablo 4.5 Ortalama hava sıcaklığı Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z Değeri	Hesaplanan Z Değeri	MK Değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.05	+1.96 -1.96	-0.15	-25	Yok	-
Şubat			1.18	186	Yok	-
Mart			1.88	296	Yok	-
Nisan			1.99	313	Var	Pozitif
Mayıs			2.95	463	Var	Pozitif
Haziran			3.32	521	Var	Pozitif
Temmuz			3.96	620	Var	Pozitif
Ağustos			3.86	605	Var	Pozitif
Eylül			2.47	387	Var	Pozitif
Ekim			1.77	279	Yok	-
Kasım			0.17	27	Yok	-
Aralık			-0.41	-66	Yok	-

Ortalama hava sıcaklığı Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçlarına göre ocak, şubat, mart, ekim, kasım ve aralık aylarında istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir trend tespit edilmemiştir. Diğer aylarda ise artan trendler olduğu saptanmıştır. Ortalama hava sıcaklığı Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları Tablo 4.6 ile verilmiştir.

Tablo 4.6 Ortalama hava sıcaklığı Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z Değeri	Hesaplanan Z Değeri	MK Değeri	Trend	Trend Yönü
Kış	0.05	+1.96 -1.96	0.68	107	Yok	-
İlkbahar			3.07	482	Var	Pozitif
Yaz			4.51	708	Var	Pozitif
Sonbahar			2.00	314	Var	Pozitif
Yıllık			3.64	572	Var	Pozitif

Mann Kendall test sonuçlarına göre önceki testlerde olduğu gibi ortalama hava sıcaklığı için sadece artan trendler saptanmıştır. Mevsimsel değerlendirmelerde kış mevsimi dışındaki mevsimlerde artan trendler olduğu görülmüştür. Yıllık değerlendirmede de pozitif bir trend olduğu görülmektedir. İlkbahar, yaz, sonbahar mevsimleri ile yıllık değerlendirmelerde hesaplanan Z değerlerinin normal dağılım grafiğinde pozitif uçta yer alan kritik Z değeri +1.96'dan büyük olduğu Tablo 4.6 ile görülmektedir.

4.1.1.4 Hava Sıcaklığı Parametresi Spearman's Rho Test Sonuçları

Ortalama hava sıcaklığı Speaman's rho test analizleri önem katsayısı 0.05 alınarak yüzde 95 güven aralığında yapılmıştır. Spearman's rho test Z değeri (Z_{SR}) denklem 3.6 ile hesaplanmıştır. Hesaplanan Z_{SR} değeri, belirlenen önem katsayısına göre z tablosundan okunan +1.96 ve -1.96 kritik değerleri ile karşılaştırılarak trend olup olmadığına karar verilmiştir. Mann Kendall test yönteminde olduğu gibi H_0 hipotezi trendin olmadığı durumu ifade etmektedir. Ortalama hava sıcaklığı aylık değerlendirme sonuçları Tablo 4.7 ile verilmiştir.

Tablo 4.7 Ortalama hava sıcaklığı Spearman's Rho test aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z değeri	Hesaplanan ZSR değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.05	+1.96 -1.96	-0.18	Yok	-
Şubat			1.23	Yok	-
Mart			2.31	Var	Pozitif
Nisan			2.15	Var	Pozitif
Mayıs			2.15	Var	Pozitif
Haziran			4.17	Var	Pozitif
Temmuz			5.26	Var	Pozitif
Ağustos			4.64	Var	Pozitif
Eylül			2.86	Var	Pozitif
Ekim			2.00	Var	Pozitif
Kasım			0.26	Yok	-
Aralık			-0.15	Yok	-

Spearman's rho test ile yapılan ortalama hava sıcaklığı aylık trend değerlendirmesine göre ocak, şubat, kasım ve aralık aylarında istatistiksel olarak anlamlı artan veya azalan trendler tespit edilmemiştir. Belirtilen aylar dışındaki ayların tamamında yüzde

95 güven aralığı içerisinde artan trendler olduğu saptanmıştır. Örneğin, mart ayı için yapılan analizde Z_{SR} değeri 2.31 olarak hesaplanmıştır. Bu değer iki uçlu değerlendirmede pozitif uçta yer alacağından kıyaslama +1.96 kritik Z değerine göre yapılmıştır. Hesaplanan Z_{SR} değeri kritik Z değeri olan +1.96 değerinden büyük olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. H_0 hipotezinin reddedilmesi mart ayı için trend olduğunu göstermiştir. Z_{SR} değeri mart ayı için pozitif olduğundan trend yönü de pozitiftir.

Tablo 4.8 Ortalama hava sıcaklığı Spearman's Rho test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z değeri	Hesaplanan ZSR değeri	Trend	Trend Yönü
Kış	0.05	+1.96 -1.96	0.65	Yok	-
İlkbahar			3.35	Var	Pozitif
Yaz			5.96	Var	Pozitif
Sonbahar			2.14	Var	Pozitif
Yıllık			3.78	Var	Pozitif

Ortalama hava sıcaklığı mevsimlik ve yıllık Spearman's rho test sonuçları Tablo 4.8 ile verilmiştir. Spearman's Rho test ile yapılan mevsimlik trend belirleme analizlerinde de ortalama hava sıcaklığı parametresi için kış mevsiminde herhangi bir trend belirlenmemiştir. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde tespit edilen trendlerin tamamı artan trendlerdir. Yıllık bazda ise diğer tüm yöntemlerde olduğu gibi ortalama hava sıcaklığı parametresinde istatistiksel olarak anlamlı bir artan trend olduğu görülmüştür.

Bütün değerlendirme yöntemlerinden tespit edilen trendler çalışma bölgesinde ortalama hava sıcaklığının artma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Bu trendin devam etmesinin bölgede ekstrem sıcaklıkların daha sık görülmesine neden olabileceği düşünülmektedir.

4.1.2 Toplam Yağış Trend Analiz Sonuçları

Hidrolojik döngünün en önemli parametrelerinden olan yağış parametresinin değişimi tez çalışmasının taşkın modelleme kısmında inceleneceği üzere taşkın olayını doğrudan ilgilendirmektedir. Yağış parametresinin uzun yıllara göre değişimi, devam eden trendler çalışma bölgesindeki yağış beklentileri hakkında fikir vermektedir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğüne bağlı Antakya gözlem istasyonunda kaydedilen toplam yağış verileri Mann Kendall test, Lineer Regresyon trend analiz yaklaşımı, İnovatif Şen trend test ve Spearman's Rho test yöntemleri ile analiz edilmiştir.

Ortalama hava sıcaklığı iklim parametresinde olduğu gibi toplam yağış verisi içinde aylık, mevsimsel ve yıllık zaman dilimleri kullanılmıştır.

4.1.2.1 Toplam Yağış Parametresi İnovatif Şen Trend Analiz Sonuçları

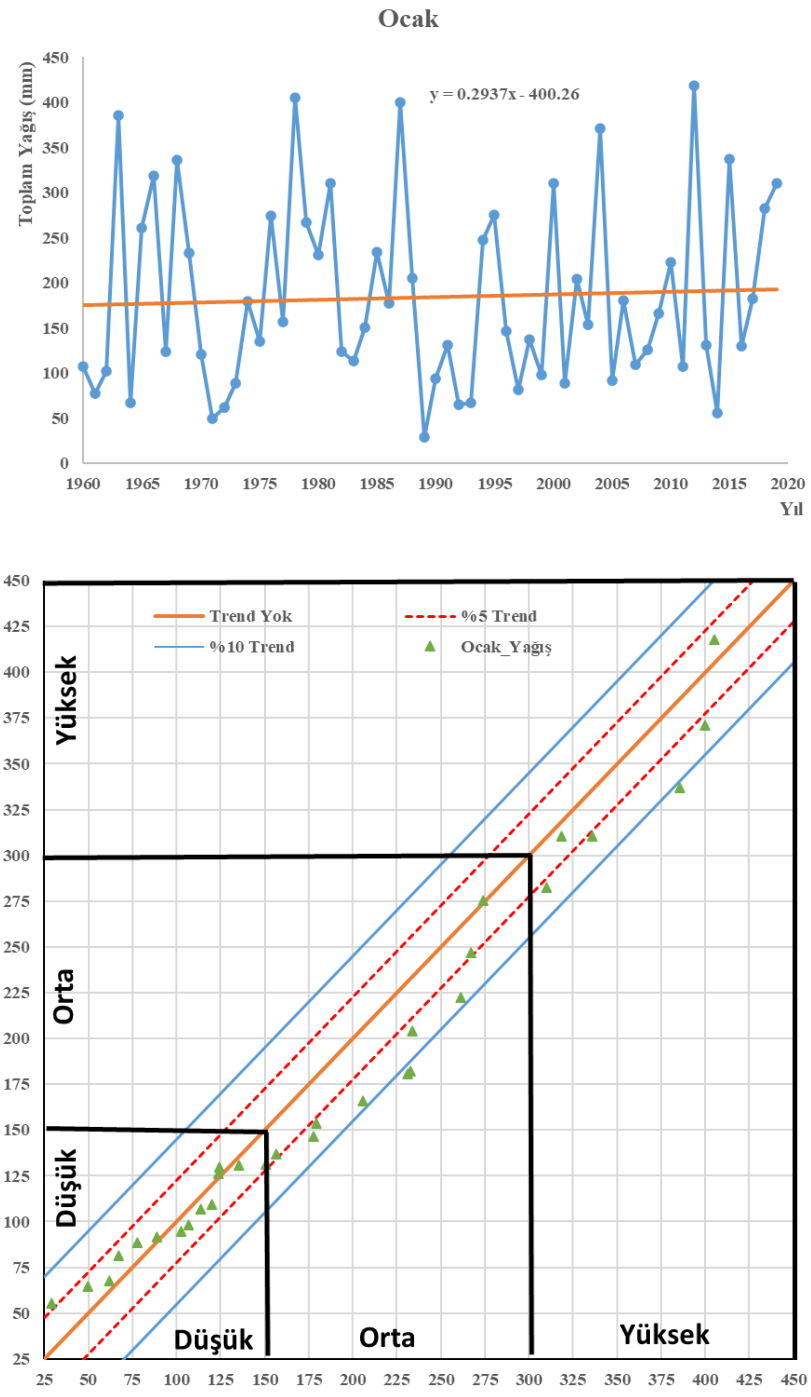
Grafik tabanlı bir değerlendirme yaklaşımı olan İnovatif Şen trend test yönteminde 1960-1989 yılları arasındaki ilk 30 yıllık veriler grafiğin x eksenini, 1990-2019 yılları arasındaki ikinci 30 yıllık veriler ise y eksenini oluşturmuştur.

İnovatif Şen trend analiz yönteminde toplam yağış için her bir zaman diliminde belirlenen referans aralığı (eksenlerin minimum ve maksimum değerleri) veri dağılımlarına göre yapılmıştır. Referans aralığının bütün veriyi kapsaması minimum ve maksimum değerler içinde pay bırakılması esas alınmıştır.

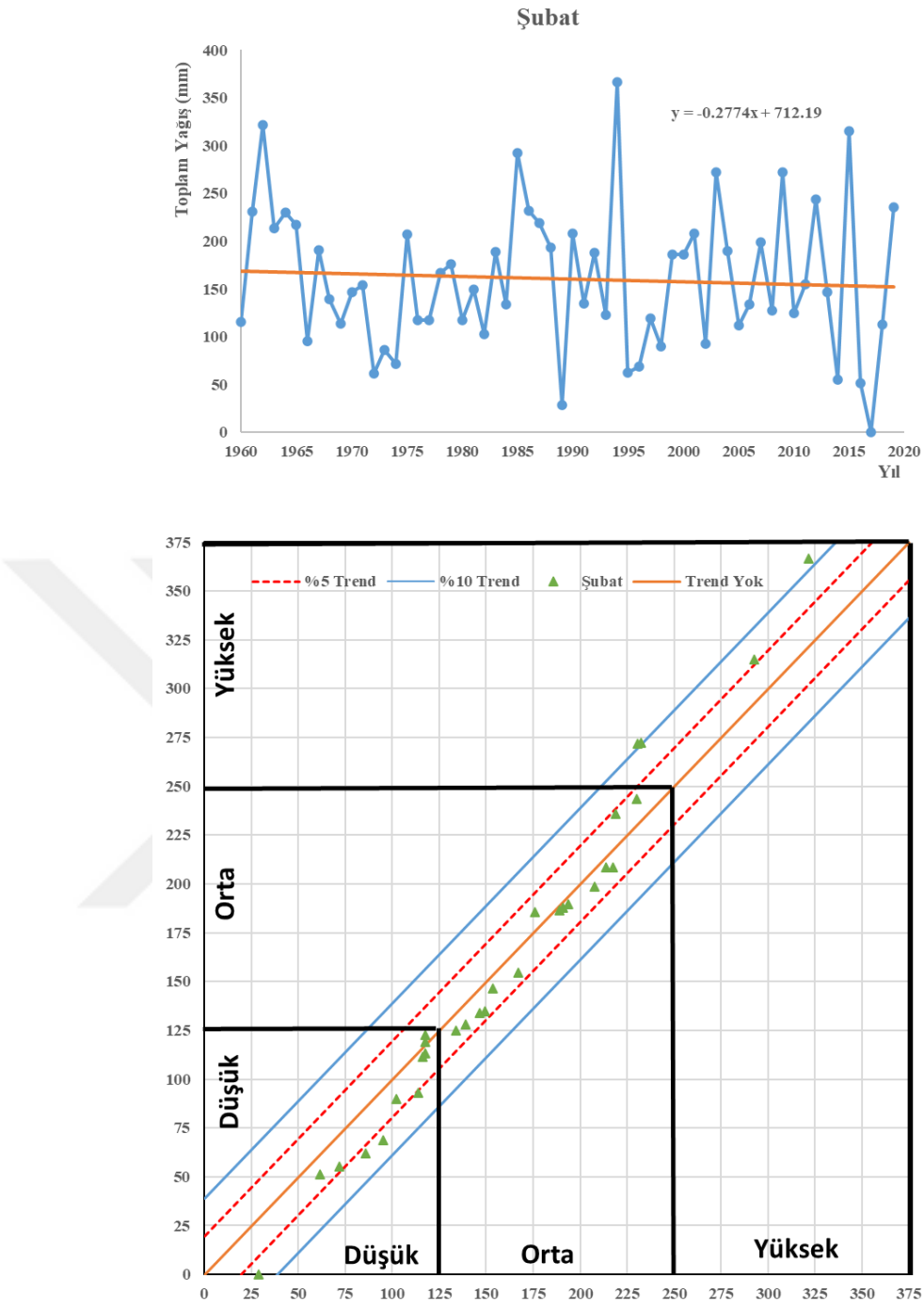
Toplam yağış parametresi ocak ayı İnovatif Şen trend analiz sonuçları ve ocak ayı dağılım grafiği Şekil 4.18 ile verilmiştir. Ocak ayı toplam yağış grafiğine göre 1960-2019 yılları arasındaki 60 yıllık dönemde maksimum yağış 2012 yılında 418.1 mm olarak kayıtlara geçmiştir. 2012 ocak aynı zamanda çalışma sahası olan Amik ovasında ciddi bir taşkının görüldüğü tarihtir. Bu çalışmanın ikinci kısmı olan taşkın modellemede 2012 taşkını kalibrasyon amacıyla kullanılmıştır.

Ocak ayı toplam yağış değişim grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi pozitiftir. Bu durum ocak ayı yağışlarında artan bir trende işaret etmektedir.

İnovatif Şen trend yöntemi ocak grafiği incelendiğinde dağılım düşük sınıfta pozitiften negatife dönmüş daha sonra sınıfın sınırlarına doğru tekrar pozitife dönmüştür. Bu durumda düşük sınıfta anlamlı bir trend söz konusu değildir. Orta sınıfta verilerin büyük çoğunluğu %10'luk referans doğrusu etrafında dağılmıştır. Sınıfın son verisi "trend yoktur" çizgisi üzerine düşse de genel dağılım yüzde sekiz civarında azalan bir trende işaret etmektedir. Yüksek sınıfta ise negatiften pozitife bir geçiş söz konusudur.

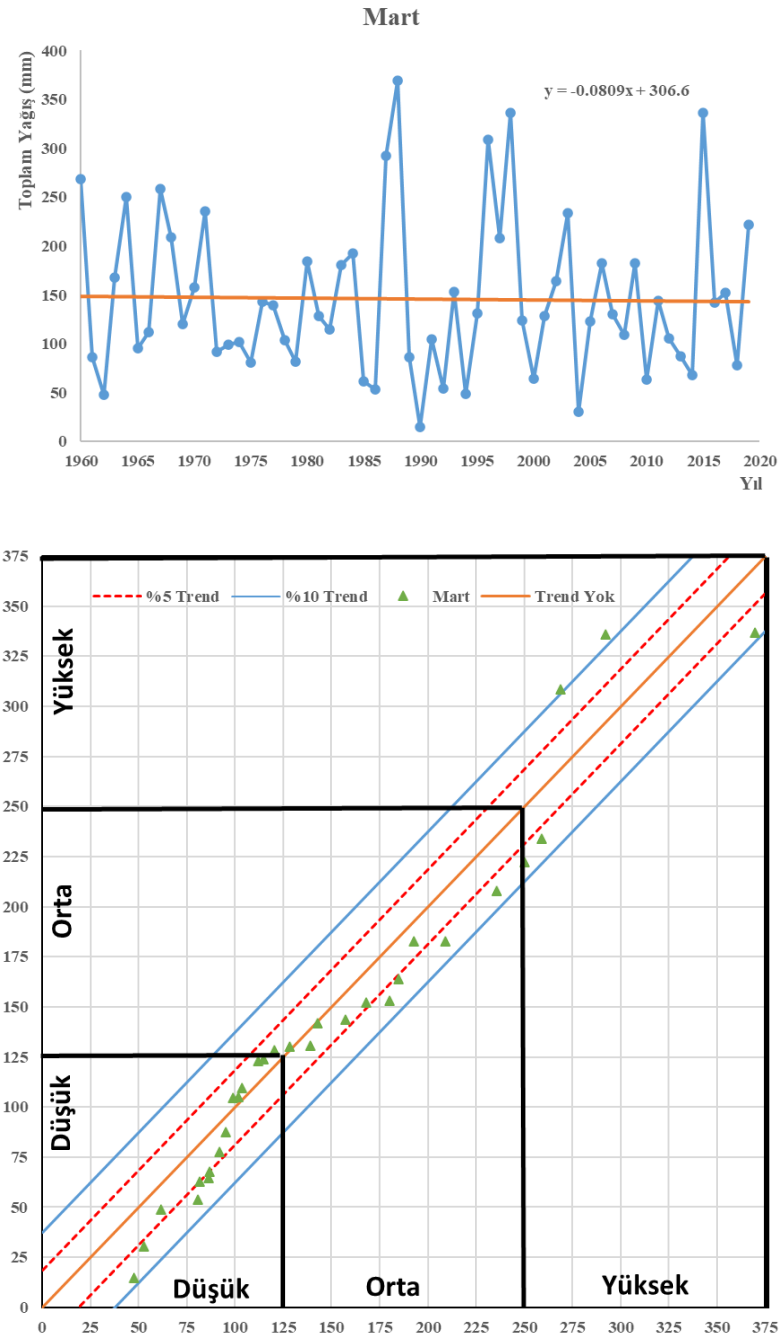


Şekil 4.18 Ocak ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları



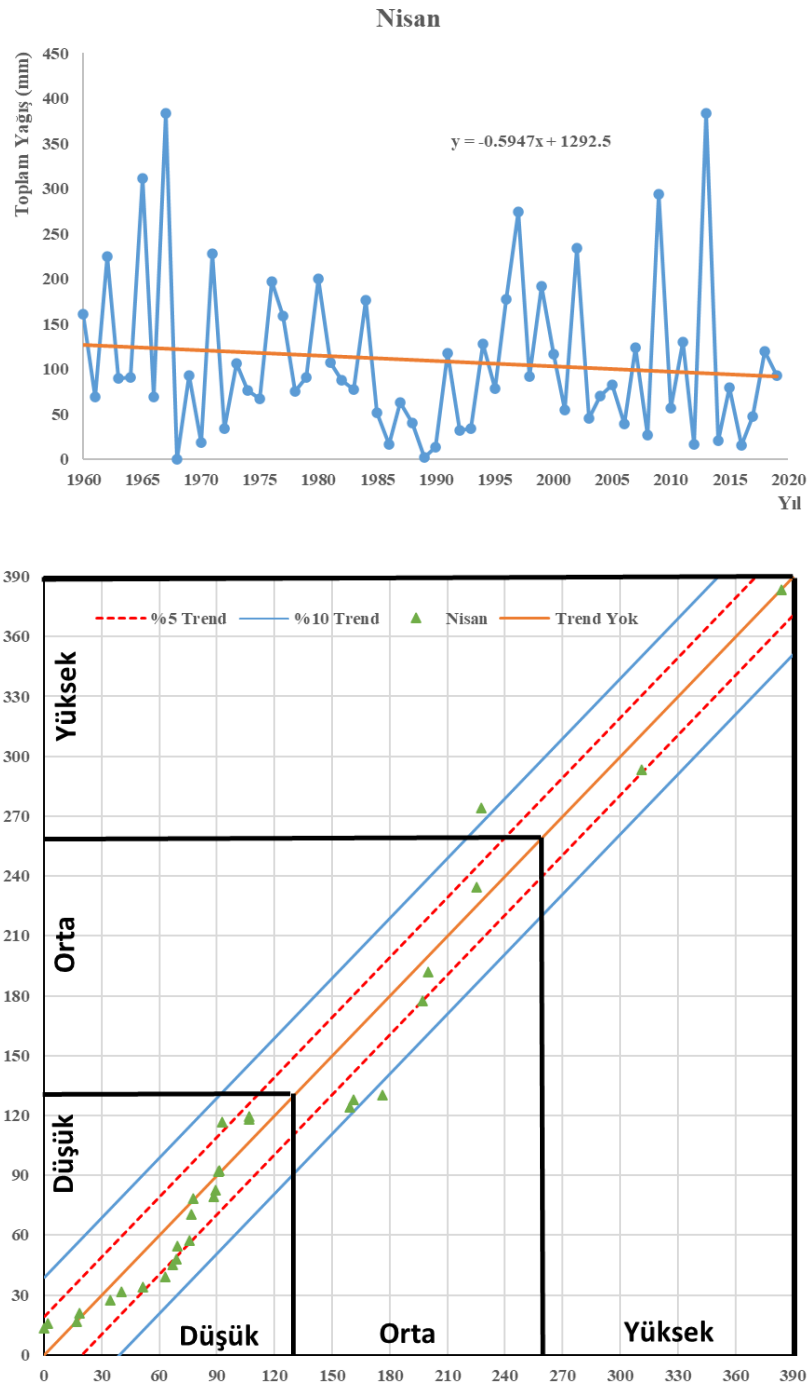
Şekil 4.19 Şubat ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Şubat ayı uzun yıllar toplam yağış değişimi ve İnovatif Şen trend metot analiz sonuçları Şekil 4.19 ile verilmiştir. Şubat ayı toplam yağış dağılım grafiğine eklenen lineer regresyon doğrusunun eğimi negatiftir. Şekil 4.19 ile verilen İnovatif Şen trend analiz sonuçlarına göre ise düşük bölgede negatiften pozitife bir geçiş olduğu görülmektedir. Orta sınıfta dağılım tek yönlü değildir. Dolayısıyla orta bölgede net bir trend yoktur. Yüksek sınıfta ise %9 civarında belirgin bir artış trendi görülmektedir.



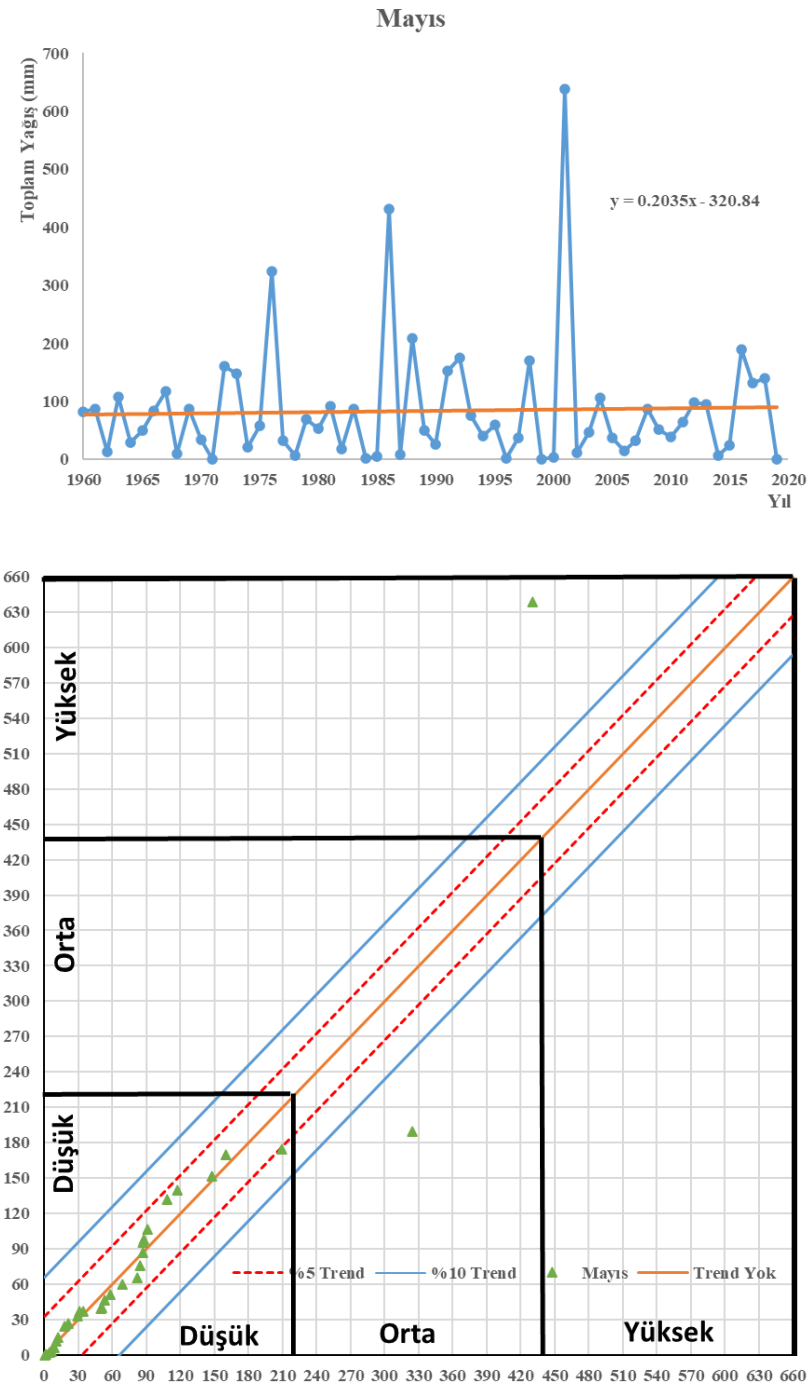
Şekil 4.20 Mart ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Mart ayı toplam yağış dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.20 ile verilmiştir. Mart ayı toplam yağış dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi azalan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend sonuçlarına göre ise düşük sınıfının iki aşamada değerlendirilmesinin mümkün olduğu görülmektedir. 100 mm'ye kadar olan yağışlarda düşük sınıfında azalma eğilimi varken 100-125 mm arasındaki aralıkta artış eğilimi olduğu görülmektedir. Orta sınıfta ise %5'ten büyük bir azalma trendi olduğu görülmektedir. Yüksek sınıfta trend tespit edilememiştir.



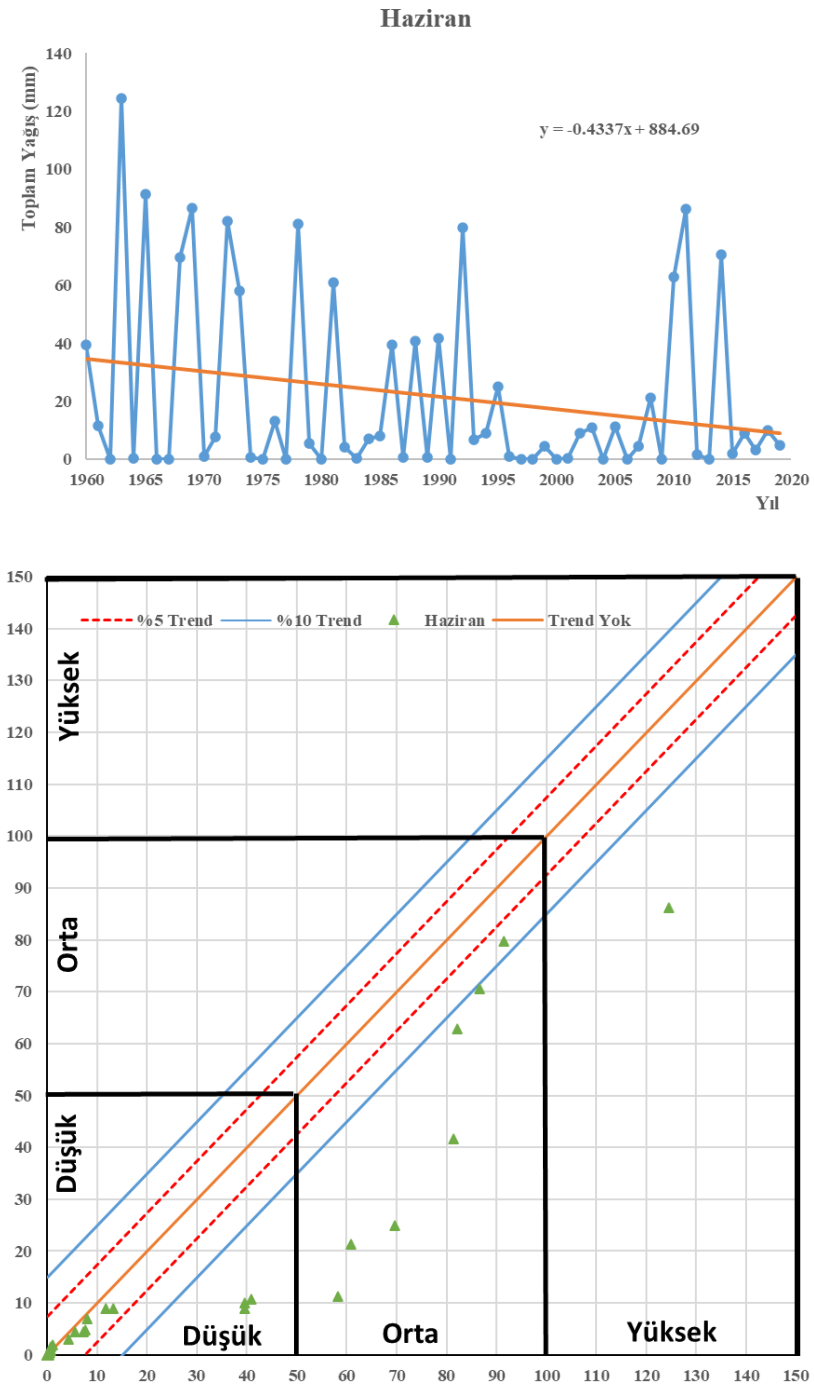
Şekil 4.21 Nisan ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Nisan ayı toplam yağış değişimi ve İnovatif Şen trend analiz sonuçları Şekil 4.21 ile verilmiştir. Nisan ayı toplam yağış dağılım grafiğine eklenen lineer regresyon doğrusunun eğimi çok belirgin bir düşüş trendine işaret etmektedir. Ancak İnovatif Şen trend metodu sonuçlarına göre hiçbir sınıfta net bir trend saptanamamıştır. Düşük ve orta sınıflarda azalma eğiliminde olan verilerin sınıflamanın sınırlarına doğru artış eğilimine geçtiği görülmüştür.



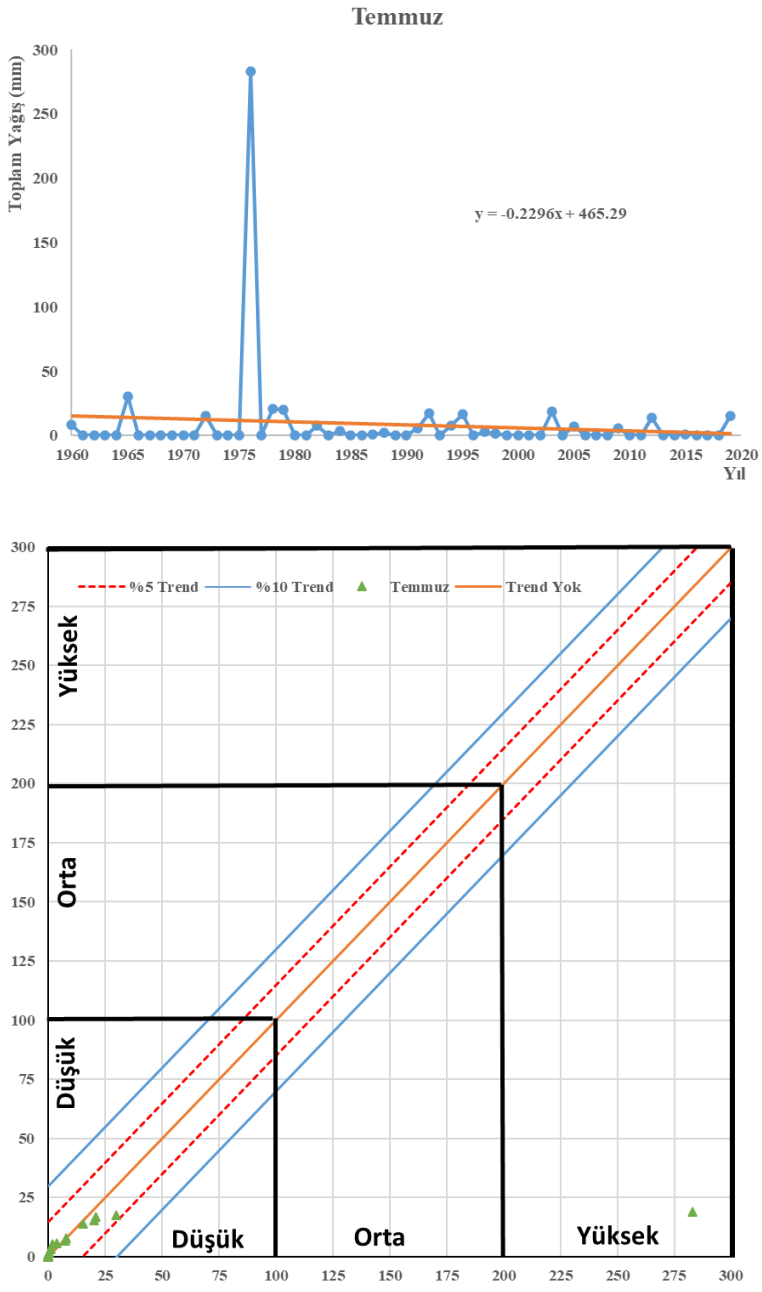
Şekil 4.22 Mayıs ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Mayıs ayı toplam yağış dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend metot sonuçları Şekil 4.22 ile verilmiştir. Önceki aylardan farklı olarak mayıs ayı toplam yağış dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi pozitif olmuştur. İnovatif Şen trend yöntem sonuçlarına bakıldığında verilerin büyük çoğunluğunun düşük sınıfa düştüğü görülmektedir. Orta sınıfta %10'dan yüksek bir azalma trendi var iken yüksek sınıfta ise %10'dan büyük bir artış olduğu görülmüştür.



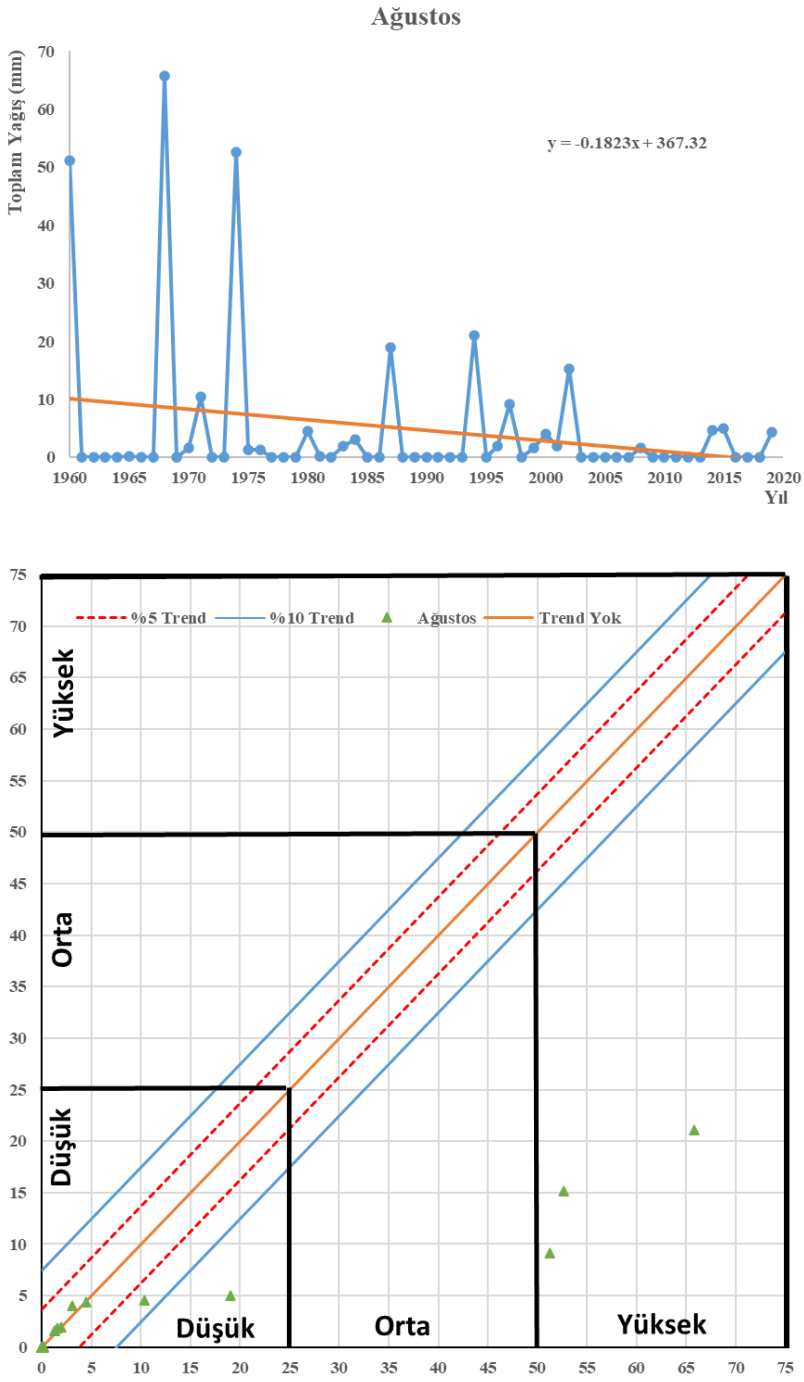
Şekil 4.23 Haziran ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Haziran ayı toplam yağış değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.23 ile verilmiştir. Uzun yıllar haziran ayı toplam yağış grafiğine eklenen lineer regresyon doğrusunun eğimi negatiftir ve ciddi bir azalma trendine işaret etmektedir. Benzer şekilde haziran ayı için yapılan İnovatif Şen trend analizinde de her üç sınıfta %10'dan büyük azalan trendler saptanmıştır.



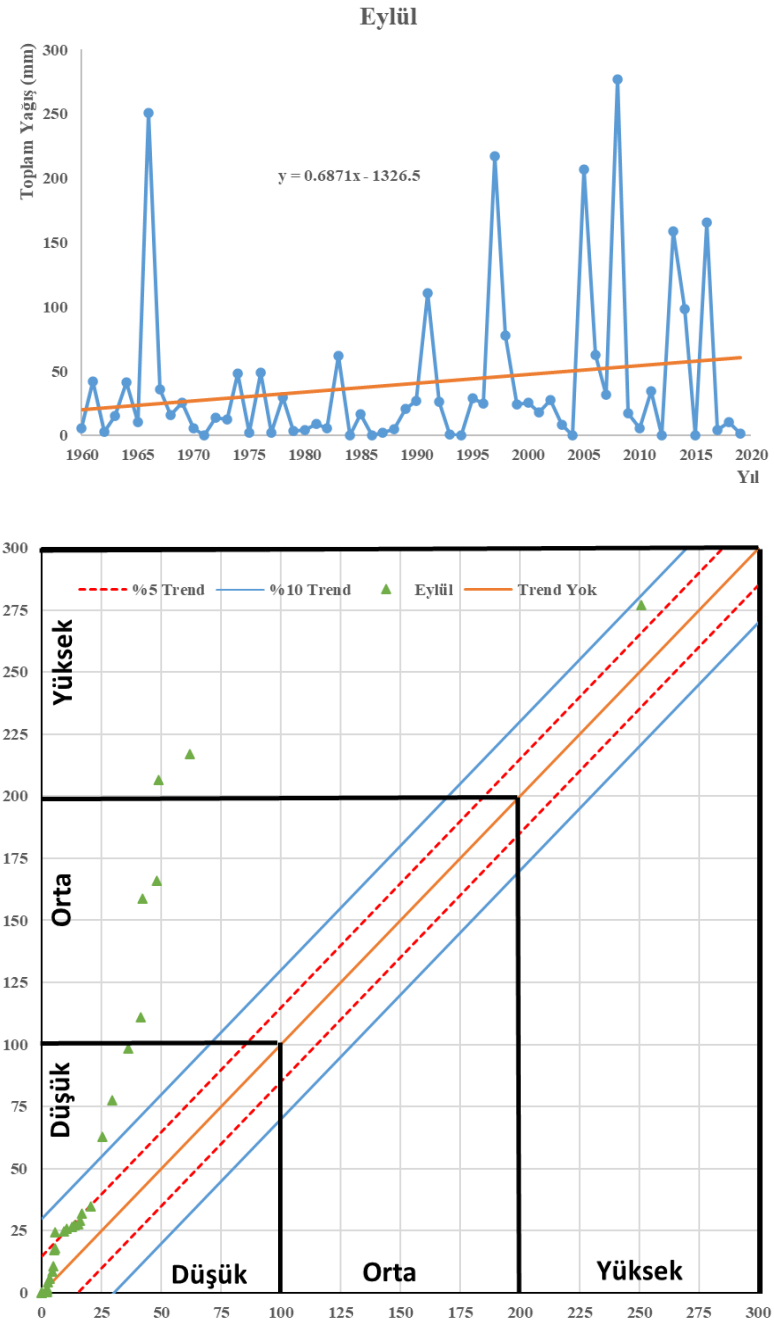
Şekil 4.24 Temmuz ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Temmuz ayı toplam yağış parametresi dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.24 ile verilmiştir. Çalışma bölgesinin iklim koşullarından kaynaklı olarak temmuz ayı genellikle az yağışlı geçmektedir. Ancak Şekil 4.24'te görüldüğü üzere temmuz ayında ekstrem yağışların görüldüğü yıllarda olmuştur. Temmuz ayı toplam yağış grafiği incelendiğinde lineer regresyon doğrusunun eğiminin azalan bir trende işaret ettiği anlaşılmaktadır. İnovatif Şen trend yönteminde ise verilerin çok büyük kısmı düşük sınıfta yer almıştır ve %3 civarında azalan bir trend vardır. Orta sınıfta hiç veri yer almazken yüksek sınıfta %10'dan büyük azalan bir trend mevcuttur.



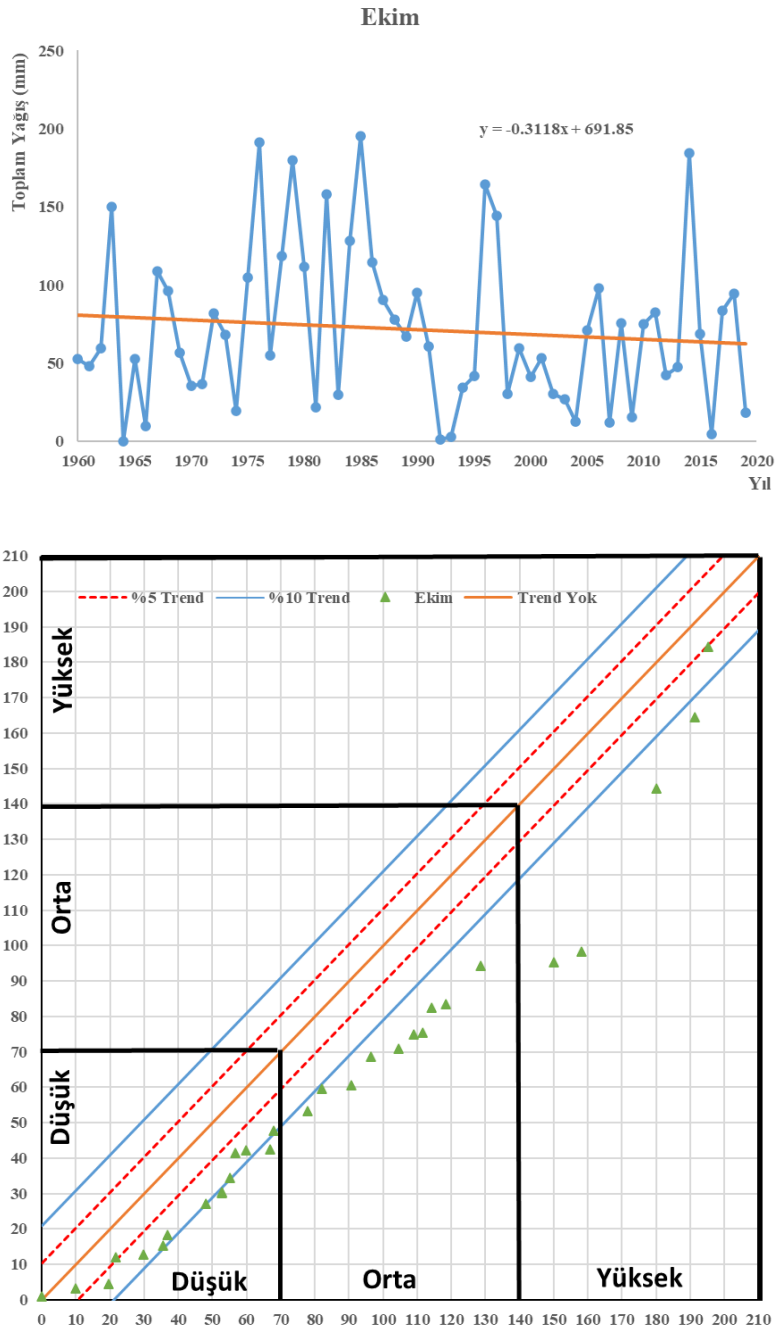
Şekil 4.25 Ağustos ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ağustos ayı toplam yağış grafiği ve İnovatif Şen trend sonuçları Şekil 4.25 ile verilmiştir. Ağustos ayı toplam yağış sonuçları temmuz ayı sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Dağılım grafiğine eklenen lineer regresyon denklemi azalan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen tren test sonuçlarına göre ise orta sınıfta hiç veri yer almazken düşük ve yüksek sınıfta yer alan veriler negatif bir trende işaret etmektedir.



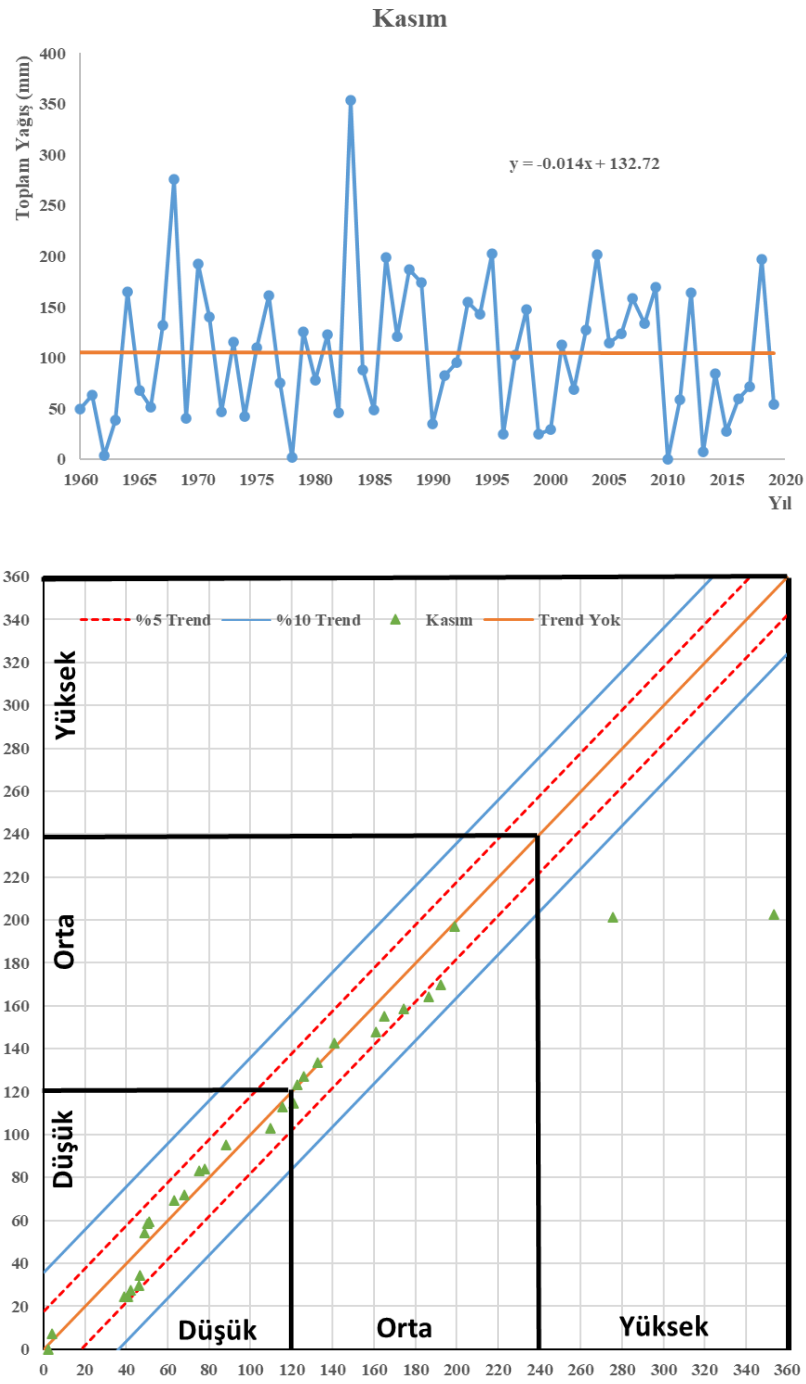
Şekil 4.26 Eylül ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Eylül ayı toplam yağış değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.26 ile verilmiştir. Yaz aylarından farklı olarak eylül ayına ait toplam yağış dağılım grafiğine eklenen lineer regresyon doğrusunun eğimi artan bir eğime işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçları da bu bulguyu destekler niteliktedir. İnovatif Şen trend test sonucuna göre her üç sınıftada %10'dan fazla artan trendler belirlenmiştir.



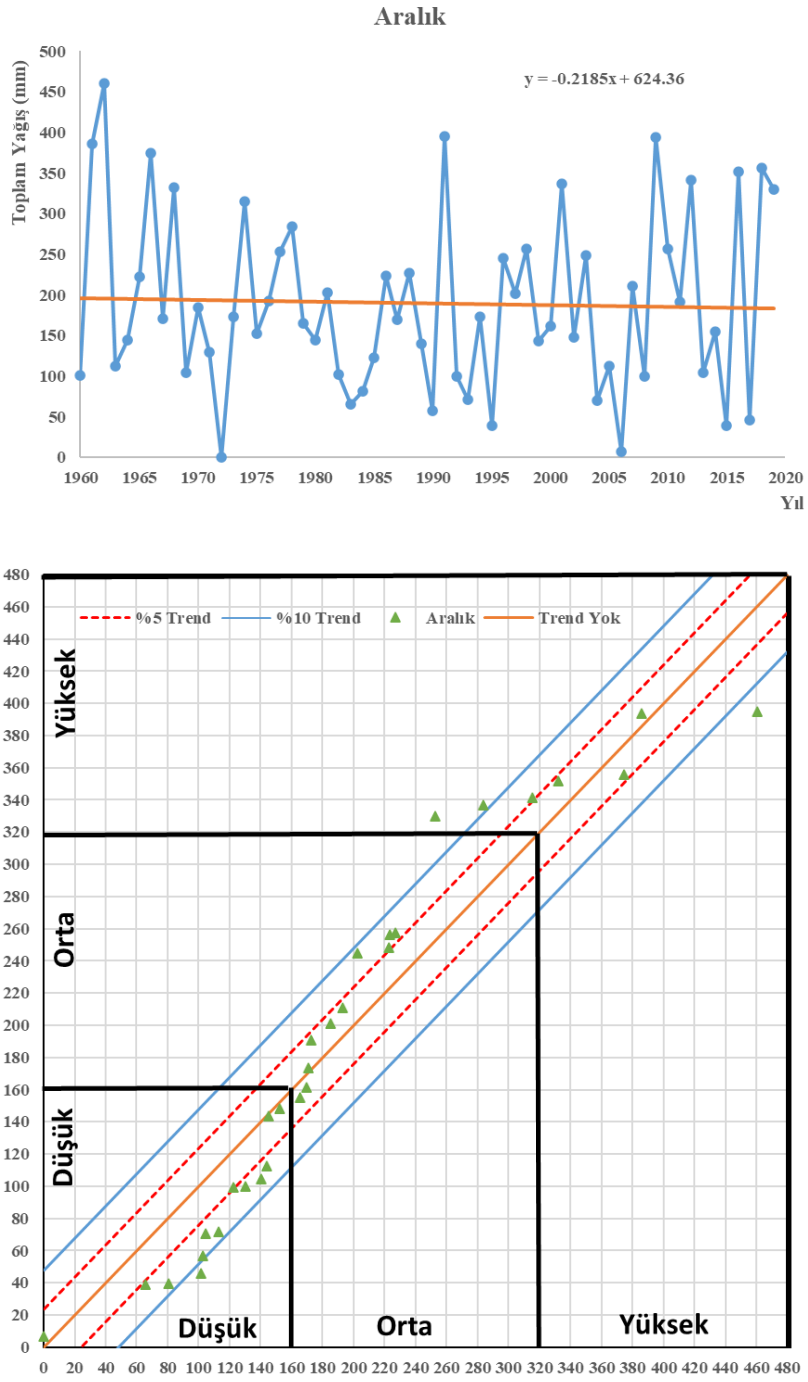
Şekil 4.27 Ekim ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ekim ayı toplam yağış grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.27 ile verilmiştir. Ekim ayı toplam yağış grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi bariz bir azalan trende işaret etmektedir. İnovatif şen trend test sonuçları da bu bulguyu desteklemektedir. Buna göre her üç sınıflamada da ekim ayı toplam yağış parametresinin %10 civarında azalma trendi gösterdiği görülmüştür.



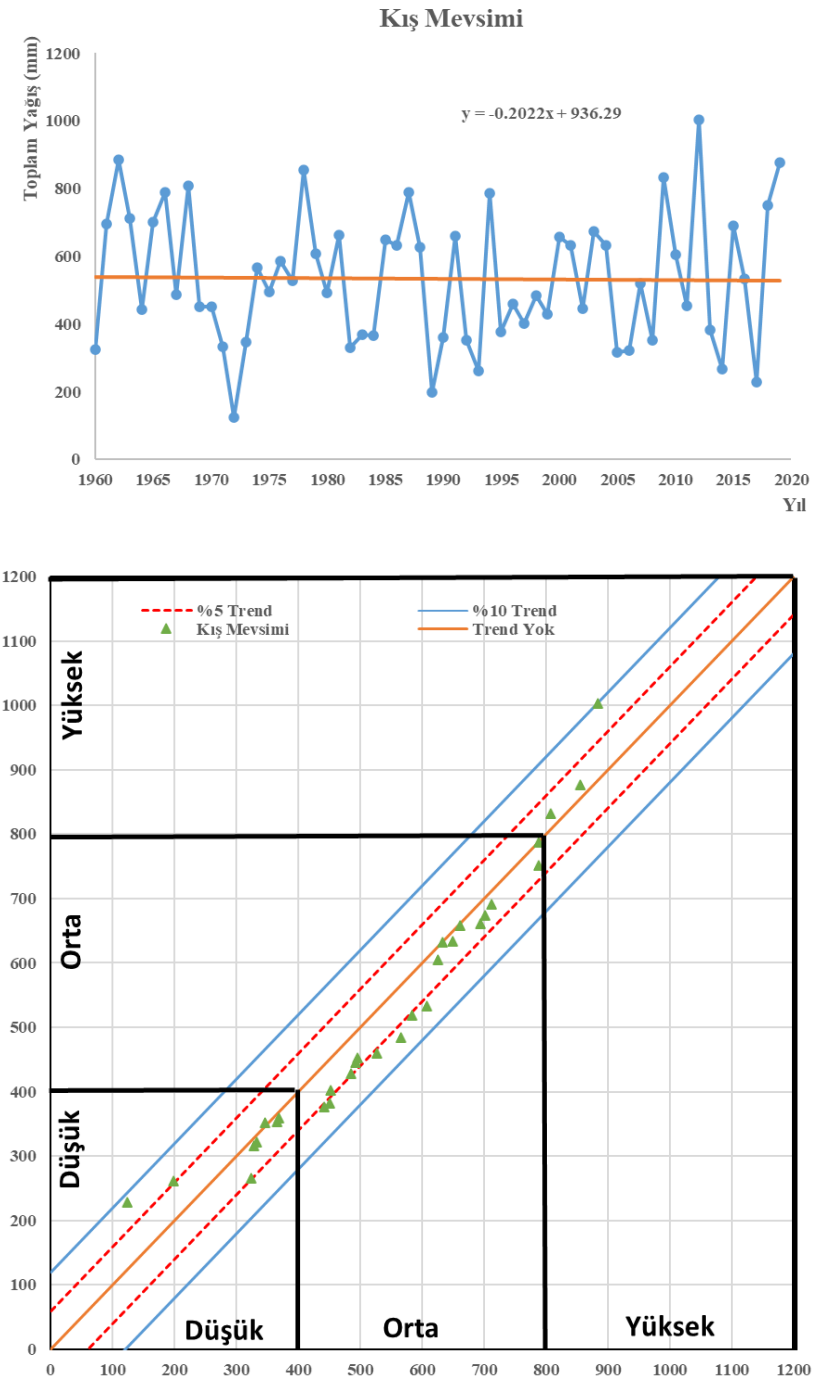
Şekil 4.28 Kasım ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Kasım ayı toplam yağış grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.28 ile verilmiştir. Kasım ayı toplam yağış grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimine göre çok belirgin olmasa da azalan bir trend söz konusudur. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre ise düşük bölgede bir trend yokken orta sınıfta %4 civarında, yüksek sınıfta ise %10'dan büyük azalan trendler saptanmıştır.



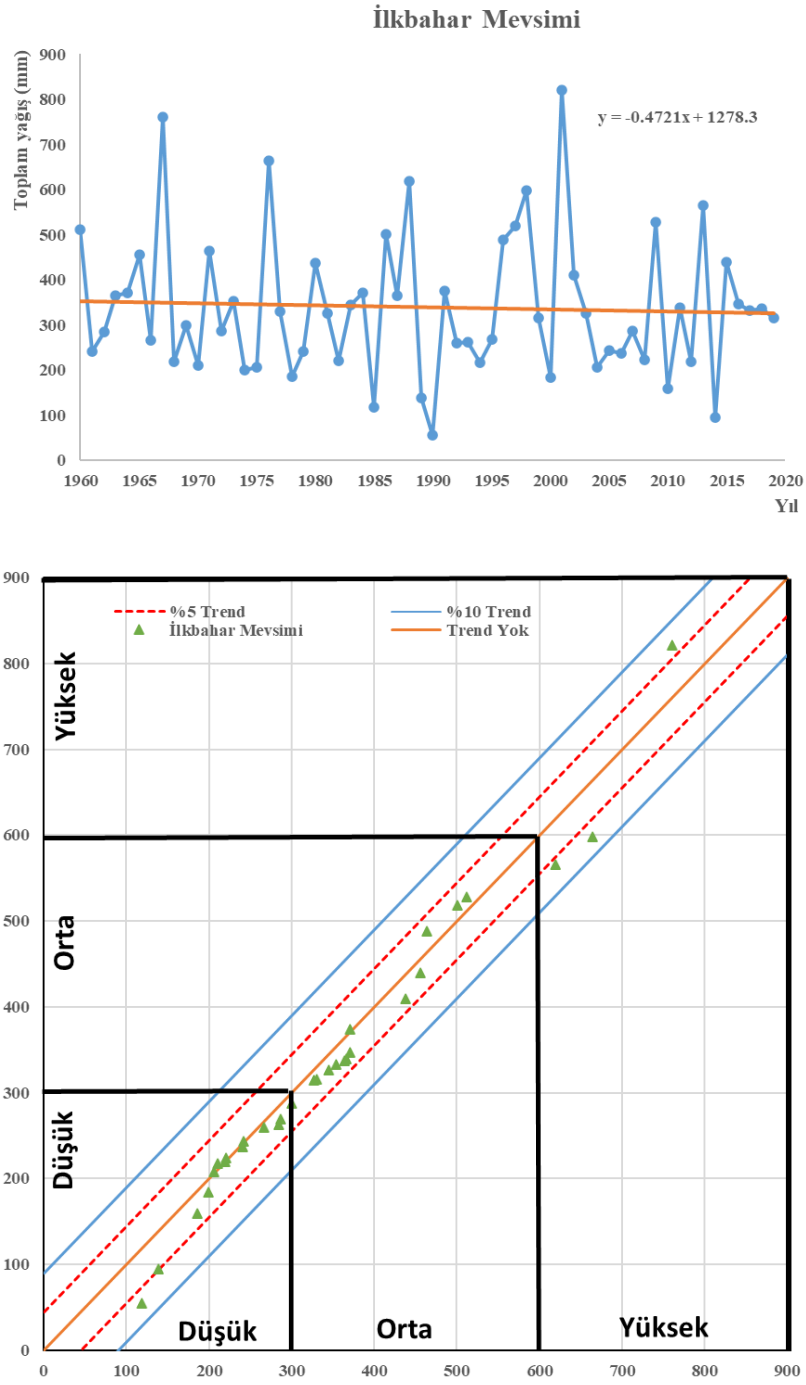
Şekil 4.29 Aralık ayı toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Aralık ayı toplam yağış ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.29 ile verilmiştir. Aralık ayı toplam yağış değerlerinin dağılımına eklenen regresyon doğrusunun eğimi negatif bulunmuştur. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre düşük sınıfta %6 civarında azalan bir trend söz konusu iken orta sınıfta yaklaşık %5 artan trend vardır. Yüksek sınıfta bir trend tespit edilememiştir.



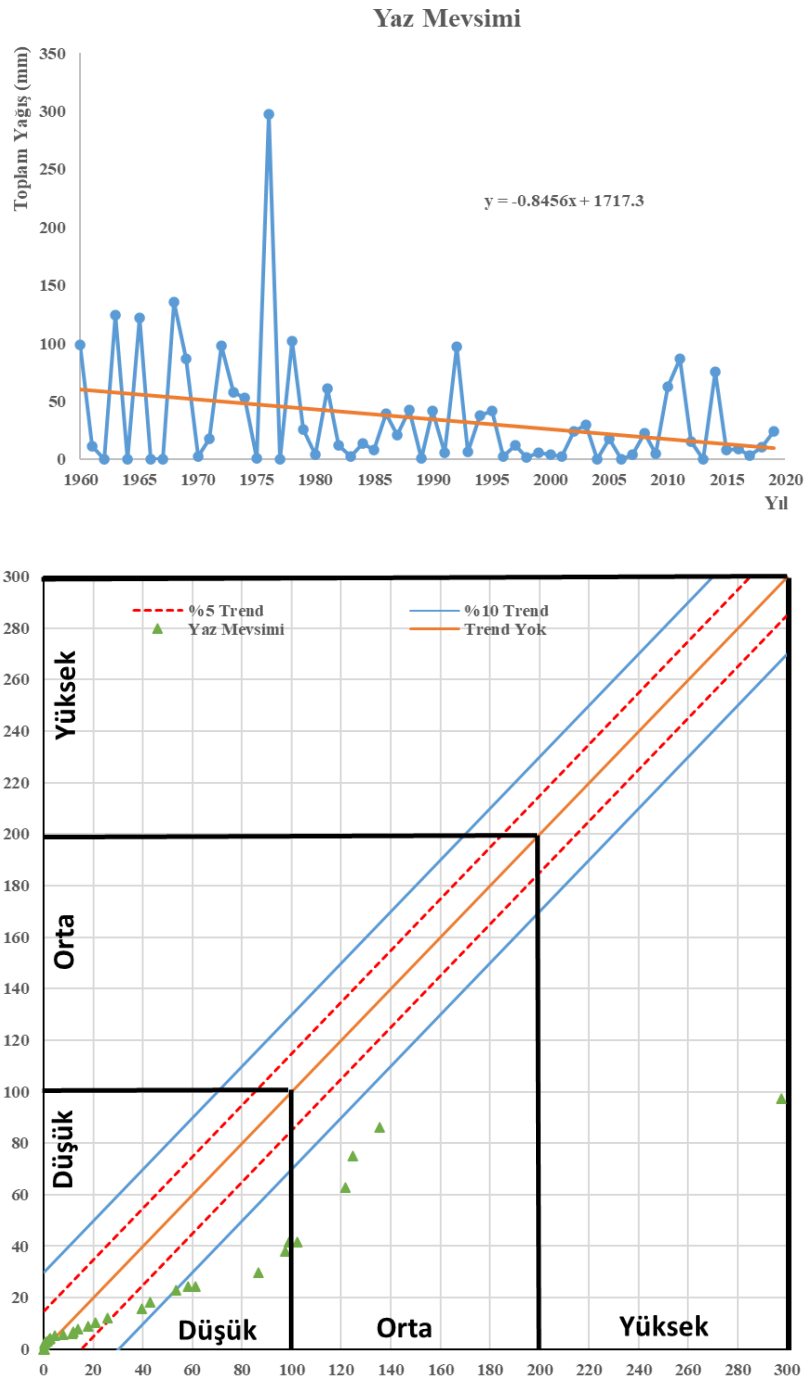
Şekil 4.30 Kış mevsimi toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Kış mevsimi toplam yağış değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.30 ile verilmiştir. Kış mevsimi toplam yağış değişim grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi azalan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre ise düşük sınıfta bir trend tespit edilmezken, orta sınıfta azalan ve yüksek sınıfta artan bir trend görülmüştür.



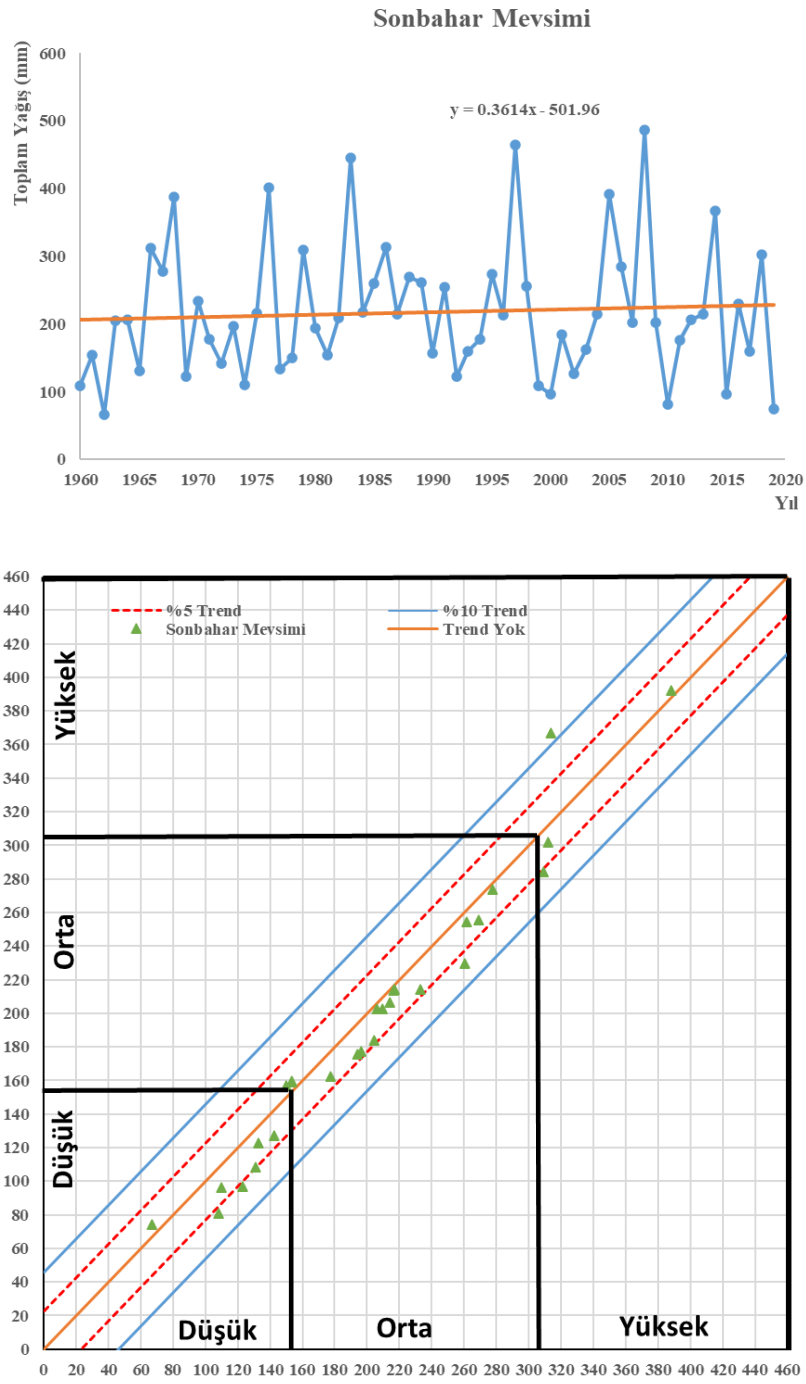
Şekil 4.31 İlkbahar mevsimi toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

İlkbahar mevsimi toplam yağış grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.31 ile verilmiştir. İlkbahar mevsiminde de kış mevsiminde olduğu gibi dağılım grafiğine eklenen lineer regresyon doğrusunun eğimi negatif olmuştur. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre düşük sınıfta azalan bir trend tespit edilirken diğer sınıflarda anlamlı trendler tespit edilmemiştir.



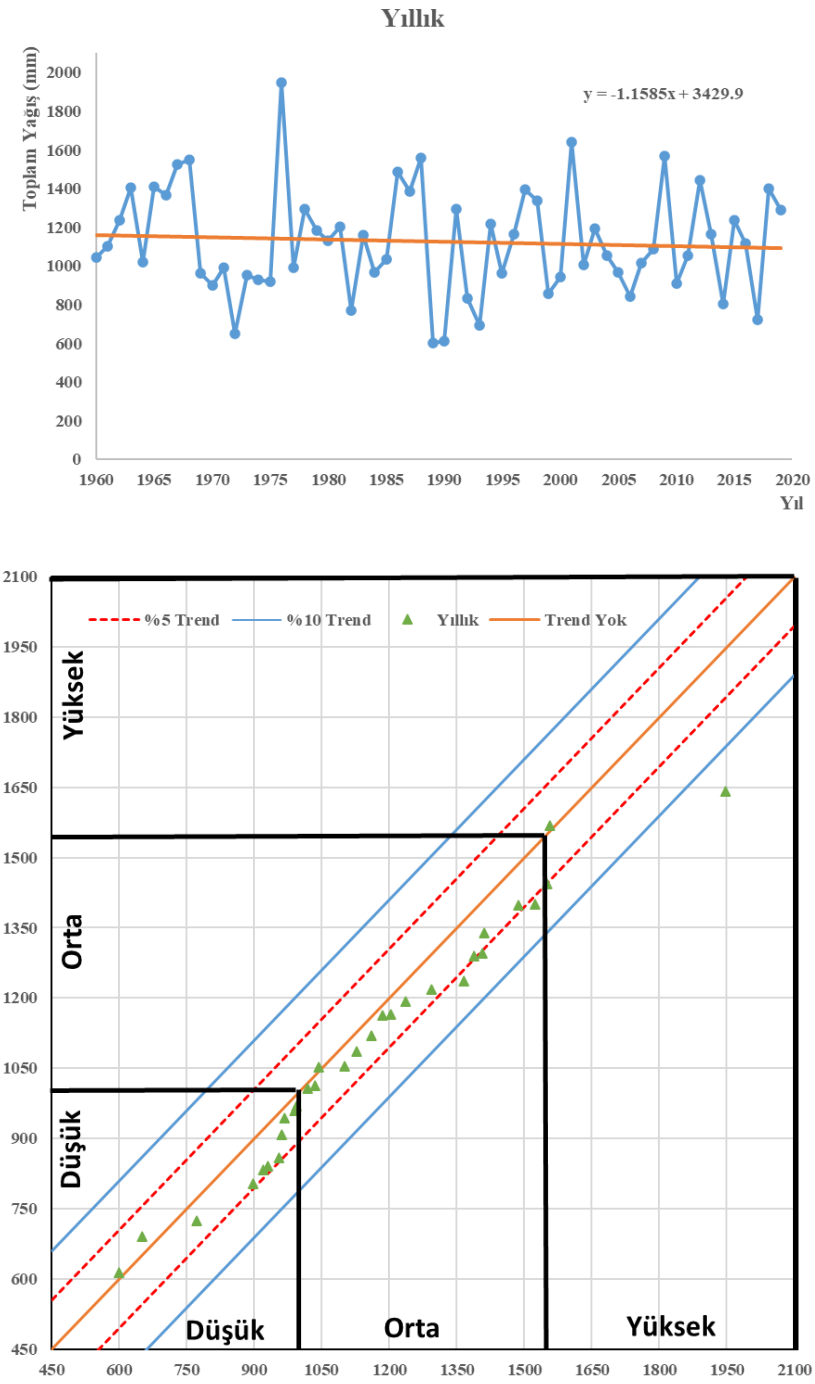
Şekil 4.32 Yaz mevsimi toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Yaz mevsimi toplam yağış değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.32 ile verilmiştir. Yaz mevsimi toplam yağışlarında dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimine göre bariz bir azalma trendi olduğu görülmektedir. İnovatif şen trend test sonucunda her üç sınıfta da %10'dan büyük azalan trendler saptanmıştır.



Şekil 4.33 Sonbahar mevsimi toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Sonbahar mevsimi toplam yağış değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.33 ile verilmiştir. Sonbahar mevsimi dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi diğer üç mevsimden farklı olarak pozitif bulunmuştur. Ancak İnovatif şen trend metoduna göre herhangi pozitif bir trend saptanmamıştır. Düşük ve orta sınıfta başlangıçta pozitif olan trendlerin negatife döndüğü yüksek sınıfta ise negatiften pozitife dönen bir trend olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.34 Yıllık toplam yağış dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Yıllık toplam yağış değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.34 ile paylaşılmıştır. Şekil 4.34 ile verilen dağılım grafiği incelendiğinde dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi çok belirgin bir azalan trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre de her sınıfta azalan trendler belirlenmiştir.

Toplam yağış parametresi İnovatif Şen trend test aylık değerlendirme sonuçları Tablo 4.9 ile verilmiştir.

Tablo 4.9 Toplam yağış İnovatif Şen trend analiz aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Sınıf	Trend	Trend Yönü	Yaklaşık Yüzde (%)
Ocak	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	8%
	Yüksek	Yok	-	-
Şubat	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Pozitif	9%
Mart	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	6%
	Yüksek	Yok	-	-
Nisan	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Yok	-	-
Mayıs	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Orta	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Pozitif	>%10
Haziran	Düşük	Var	Negatif	>%10
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Temmuz	Düşük	Var	Negatif	3%
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Ağustos	Düşük	Var	Negatif	>%10
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Eylül	Düşük	Var	Pozitif	>%10
	Orta	Var	Pozitif	>%10
	Yüksek	Var	Pozitif	>%10
Ekim	Düşük	Var	Negatif	9%
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Kasım	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	4%
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Aralık	Düşük	Var	Negatif	6%
	Orta	Var	Pozitif	5%
	Yüksek	Yok	-	-

1960-2019m dönemine ait aylık toplam yağış verilerine uygulanan İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre çoğunlukla ciddi oranda azalan trendler tespit edilmiştir. Sadece eylül ayında her üç sınıfta da artan trendler görülmüştür. Şubat ayında düşük ve orta sınıfta herhangi bir trend bulunmazken yüksek sınıfta artan bir trend tespit edilmiştir. Ek olarak, mayıs ayının yüksek sınıfında ve aralık ayının orta sınıfında artan trendler mevcuttur. Bunların dışında kalan aylarda ya herhangi bir trend tespit edilememiş ya da azalan trendler olduğu belirlenmiştir. Mevsimlik ve yıllık toplam yağış parametresi İnovatif Şen trend test sonuçları Tablo 4.10 ile verilmiştir.

Tablo 4.10 Toplam yağış İnovatif Şen trend analiz mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Sınıf	Trend	Trend Yönü	Yaklaşık Yüzde (%)
Kış	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	4%
	Yüksek	Var	Pozitif	5%
İlkbahar	Düşük	Var	Negatif	3%
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Yok	-	-
Yaz	Düşük	Var	Negatif	>%10
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Sonbahar	Düşük	Var	Negatif	4%
	Orta	Var	Negatif	3%
	Yüksek	Var	Pozitif	4%
Yıllık	Düşük	Var	Negatif	3%
	Orta	Var	Negatif	5%
	Yüksek	Var	Negatif	>%10

Mevsimsel değerlendirmede kış mevsiminin orta sınıfında negatif bir trend bulunmuşken, yüksek sınıfta artan bir trend tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde sadece düşük sınıfta azalan bir trend saptanmıştır. Yaz mevsiminde bütün sınıflamalarda belirgin azalan trendler görülmüştür. Sonbahar mevsiminde düşük ve orta sınıfta azalan trendler görülürken yüksek sınıfta artan bir trend belirlenmiştir.

Yıllık değerlendirmeye göre toplam yağışın her üç sınıfta da azaldığı görülmüştür. Özellikle yüksek sınıfta yüzde 10'dan büyük azalan bir trend olduğu saptanmıştır. Bu

trendin devam etmesi bölgenin gelecekte yıllık bazda daha az yağış alacağını göstermektedir.

4.1.2.2 Toplam Yağış Parametresi Lineer Regresyon Trend Yaklaşımı Analiz Sonuçları

Toplam yağış parametresi aylık, mevsimsel ve yıllık değerlerine uygulanan Lineer Regresyon test sonuçları bu bölümde ayrı ayrı verilmiştir. Dağılım grafiğine eklenen lineer regresyon doğrusunun eğim değerine göre trend olup olmadığına karar verilmiştir. Eğim değerinin yüzde 1'den büyük olması durumunda istatistiksel olarak anlamlı bir trend olduğu kabul edilmiştir. Eğimin işareti aynı zamanda trendin yönünü belirtmektedir. Lineer regresyon trend analiz yöntemi toplam yağış aylık sonuçları Tablo 4.11 ile verilmiştir.

Tablo 4.11 Toplam yağış Lineer Regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Eğim Değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.294	Var	Pozitif
Şubat	-0.277	Var	Negatif
Mart	-0.081	Var	Negatif
Nisan	-0.595	Var	Negatif
Mayıs	0.203	Var	Pozitif
Haziran	-0.434	Var	Negatif
Temmuz	-0.230	Var	Negatif
Ağustos	-0.182	Var	Negatif
Eylül	0.687	Var	Pozitif
Ekim	-0.312	Var	Negatif
Kasım	-0.014	Var	Negatif
Aralık	-0.218	Var	Negatif

Tablo 4.11 ile verilen aylık değerlendirme sonuçlarına göre İnovatif Şen trend test sonuçlarında olduğu gibi Lineer Regresyon test sonuçlarında da toplam yağış için çoğunlukla azalan trendler tespit edilmiştir. Bununla beraber aylık değerlendirmede en belirgin trend eylül ayına ait olan artış trendi olmuştur. Aylık değerlendirmede sadece ocak, mayıs ve eylül ayları için artan trendler tespit edilmiştir. Toplam yağış parametresi Lineer regresyon trend test mevsimlik ve yıllık sonuçları Tablo 4.12 ile verilmiştir.

Tablo 4.12 Toplam yağış Lineer Regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Eğim Değeri	Trend	Trend Yönü
Kış	-0.202	Var	Negatif
İlkbahar	-0.472	Var	Negatif
Yaz	-0.846	Var	Negatif
Sonbahar	0.361	Var	Pozitif
Yıllık	-1.158	Var	Negatif

Mevsimsel değerlendirmede en belirgin trend yaz mevsiminde görülen azalan trend olmuştur. Mevsimsel olarak sadece sonbahar mevsiminde toplam yağışlarda artış eğilimi saptanmıştır. Diğer mevsimlerde toplam yağışının azalma trendinde olduğu görülmüştür.

Yıllık değerlendirmede çok belirgin bir azalan trend tespit edilmiştir. Yıllık değerlendirme sonuçları İnovatif Şen trend test sonuçlarını destekler niteliktedir.

4.1.2.3 Toplam Yağış Parametresi Mann Kendall Test Sonuçları

Mann Kendall test 0.05 önem katsayısı için yüzde 95 güven aralığında çalışılmıştır. Farklı zaman dilimleri için MK değerleri kullanılarak hesaplanan Z değerleri yüzde 95 güven aralığı için Z tablosundan okunan +1.96 ve -1.96 değerleri ile karşılaştırılmıştır.

H_0 hipotezi trendin olmadığı durumu ifade ettiğinden hipotezin kabulü veya reddine göre trend olup olmadığı tespit edilmiştir. Hesaplanan Z değerleri kritik z değerinden büyük ise H_0 hipotezi reddedilerek trend olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Toplam yağış verisine uygulanan parametrik olmayan Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçları Tablo 4.13 ile verilmiştir.

Tablo 4.13 Toplam yağış Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z Değeri	Hesaplanan Z Değeri	MK Değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.05	+1.96 -1.96	0.71	112	Yok	-
Şubat			-0.47	-75	Yok	-
Mart			-0.11	-18	Yok	-
Nisan			-0.98	-154	Yok	-
Mayıs			0.03	5	Yok	-
Haziran			-0.82	-129	Yok	-
Temmuz			-0.21	-30	Yok	-
Ağustos			-0.16	-23	Yok	-
Eylül			0.70	111	Yok	-
Ekim			-0.71	-112	Yok	-
Kasım			0.34	54	Yok	-
Aralık			-0.24	-39	Yok	-

Toplam yağış parametresi için yapılan analizlerde aylık değerlendirmelerin hiçbirinde trend saptanamamıştır. Toplam yağış parametresi Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları Tablo 4.14 ile verilmiştir.

Tablo 4.14 Toplam yağış Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z Değeri	Hesaplanan Z Değeri	MK Değeri	Trend	Trend Yönü
Kış	0.05	+1.96 -1.96	-0.23	-37	Yok	-
İlkbahar			-0.35	-56	Yok	-
Yaz			-1.20	-189	Yok	-
Sonbahar			0.59	93	Yok	-
Yıllık			-0.29	-46	Yok	-

Yapılan mevsimlik ve yıllık değerlendirmelerde de aylık değerlendirmeye paralel olarak toplam yağış parametresi için Mann Kendall test ile herhangi bir trend saptanmamıştır. Sonuç olarak toplam yağış için yüzde 95 güven aralığında yapılan analizlerde hiçbir zaman diliminde Mann Kendall test ile trend tespit edilememiştir.

Bir önceki parametre olan ortalama hava sıcaklığı Mann Kendall test sonuçları İnovatif Şen trend test sonuçları ile büyük oranda benzerlik göstermişti. Ancak toplam yağış parametresi için yapılan analizlerde sonuçlar arasında ciddi farklar oluşmuştur. Pek çok zaman dilimi için İnovatif Şen trend metodu trendler tespit ederken Mann Kendall

test analizinde herhangi bir trend tespit edilememiştir. Bu durum İnovatif Şen trend metodunun trend tespit etmede daha üstün olduğunun göstergesidir.

4.1.2.4 Toplam Yağış Parametresi Spearman's Rho Test Sonuçları

Toplam yağış parametresi için yapılan analizlerde 0.05 önem katsayısı için yüzde 95 güven aralığında çalışılmıştır. Her bir zaman dilimi için hesaplanan Spearman's rho Z değeri (Z_{SR}) kritik Z değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucuna göre H_0 hipotezi kabul veya reddedilerek trend olup olmadığına karar verilmiştir. H_0 hipotezi daha önceki parametrelerde olduğu gibi trendin olmadığını ifade etmektedir. Son trend analiz yöntemi olan Spearman's Rho test toplam yağış aylık sonuçları Tablo 4.15 ile verilmiştir.

Tablo 4.15 Toplam yağış Spearman's Rho test aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z Değeri	Hesaplanan Z_{SR} Değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.05	+1.96 -1.96	0.72	Yok	-
Şubat			-0.48	Yok	-
Mart			-0.13	Yok	-
Nisan			-0.99	Yok	-
Mayıs			-0.03	Yok	-
Haziran			-0.52	Yok	-
Temmuz			3.12	Var	Pozitif
Ağustos			2.60	Var	Pozitif
Eylül			0.68	Yok	-
Ekim			-0.76	Yok	-
Kasım			0.30	Yok	-
Aralık			-0.22	Yok	-

Tablo 4.15 ile verilen Mann Kendall test ile benzer değerlendirme prensiplerine sahip olan Spearman's Rho test sonuçlarına göre temmuz ve ağustos aylarında artan trendler tespit edilmiştir. Bunların dışındaki hiçbir aylık zaman diliminde trend tespit edilememiştir. Toplam yağış parametresi mevsimlik ve yıllık Spearman's Rho test değerlendirme sonuçları Tablo 4.16 ile verilmiştir.

Tablo 4.16 Toplam yağış Spearman’s Rho test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z Değeri	Hesaplanan $Z_{SR\ D}$ değeri	Trend	Trend Yönü
Kış			-0.36	Yok	-
İlkbahar			-0.35	Yok	-
Yaz			-1.11	Yok	-
Sonbahar			0.48	Yok	-
Yıllık			-0.42	Yok	-

Tablo 4.16 ile verilen sonuçlara göre mevsimlik ve yıllık değerlendirmede Spearman’s rho test ile yapılan toplam yağış parametresi analizlerinde yüzde 95 güven aralığında herhangi bir trend bulunamamıştır.

Ortalama hava sıcaklığı parametresinde Mann Kendall test sonuçlarında olduğu gibi Spearman’s Rho test sonuçları da İnovatif Şen trend test sonuçları ile uyumlu bulunmuştu. Ancak toplam yağış için yapılan analizlerde bu uyumdan söz etmek mümkün değildir.

4.1.3 Bağıl Nem Trend Analiz Sonuçları

Çalışma alanının iklim koşulları hakkında önemli bilgiler barındırdığı düşünülen ortalama bağıl nem aylık, mevsimsel ve yıllık verilerine uygulanan İnovatif Şen trend test, Lineer regresyon trend analiz yaklaşımı, Mann Kendall test ve Spearman’s Rho test sonuçları bu bölümde verilmiştir. Bağıl nem verileri Antakya meteoroloji istasyonunda kaydedilen verilerdir. Veriler 1960-2019 yılları arasındaki 60 yıllık döneme aittir.

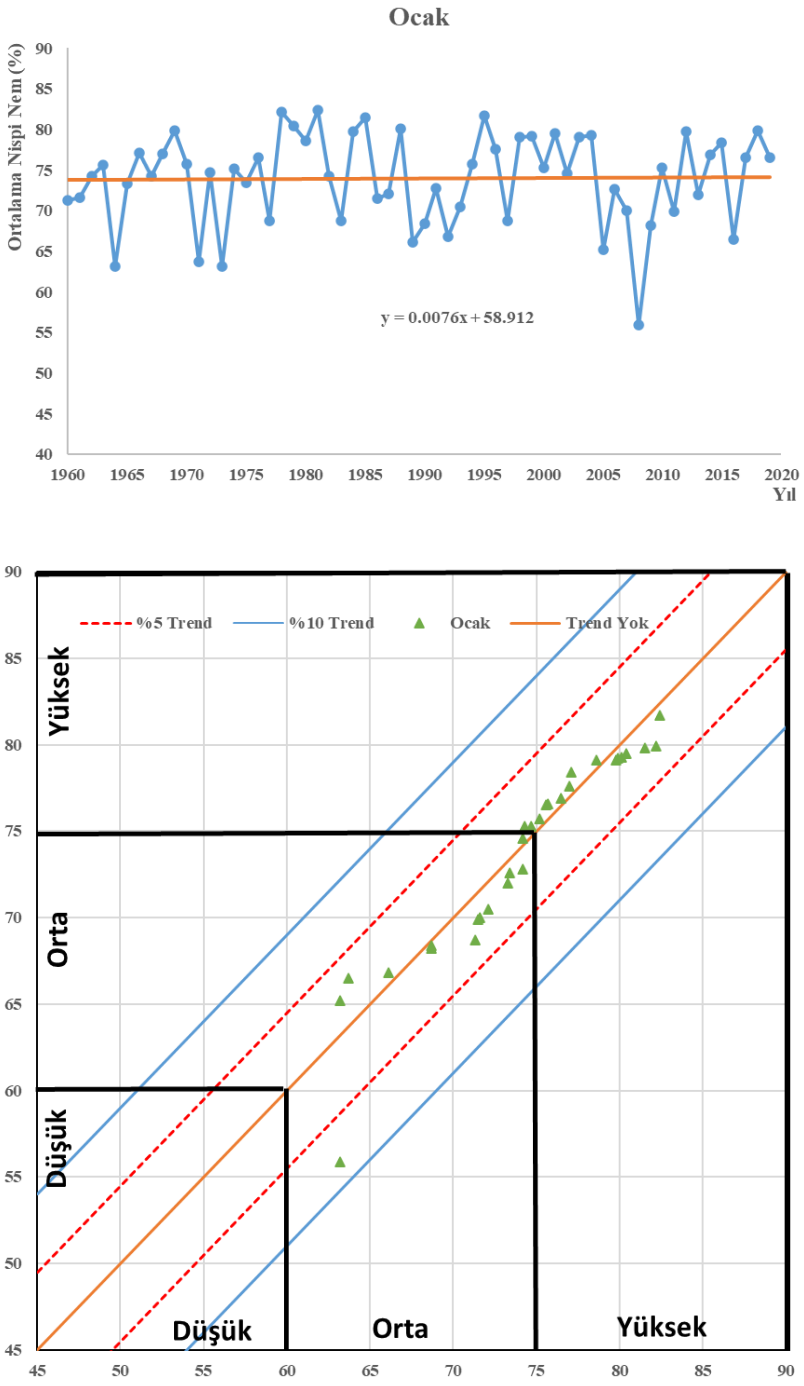
Bilindiği üzere bağıl nem belirli bir sıcaklıkta havanın taşıyabileceği nemin yüzdelik olarak ne kadarını taşıdığını ifade eder. Bağıl nem değerinin % 100’e yaklaşması yağış ihtimalini arttırır. Ayrıca bağıl nem sıcaklıkla ters orantılı olduğundan sıcaklık arttıkça bağıl nem değerinin düşmesi beklenir.

4.1.3.1 Ortalama Bağıl Nem Parametresi İnovatif Şen Trend Analiz Sonuçları

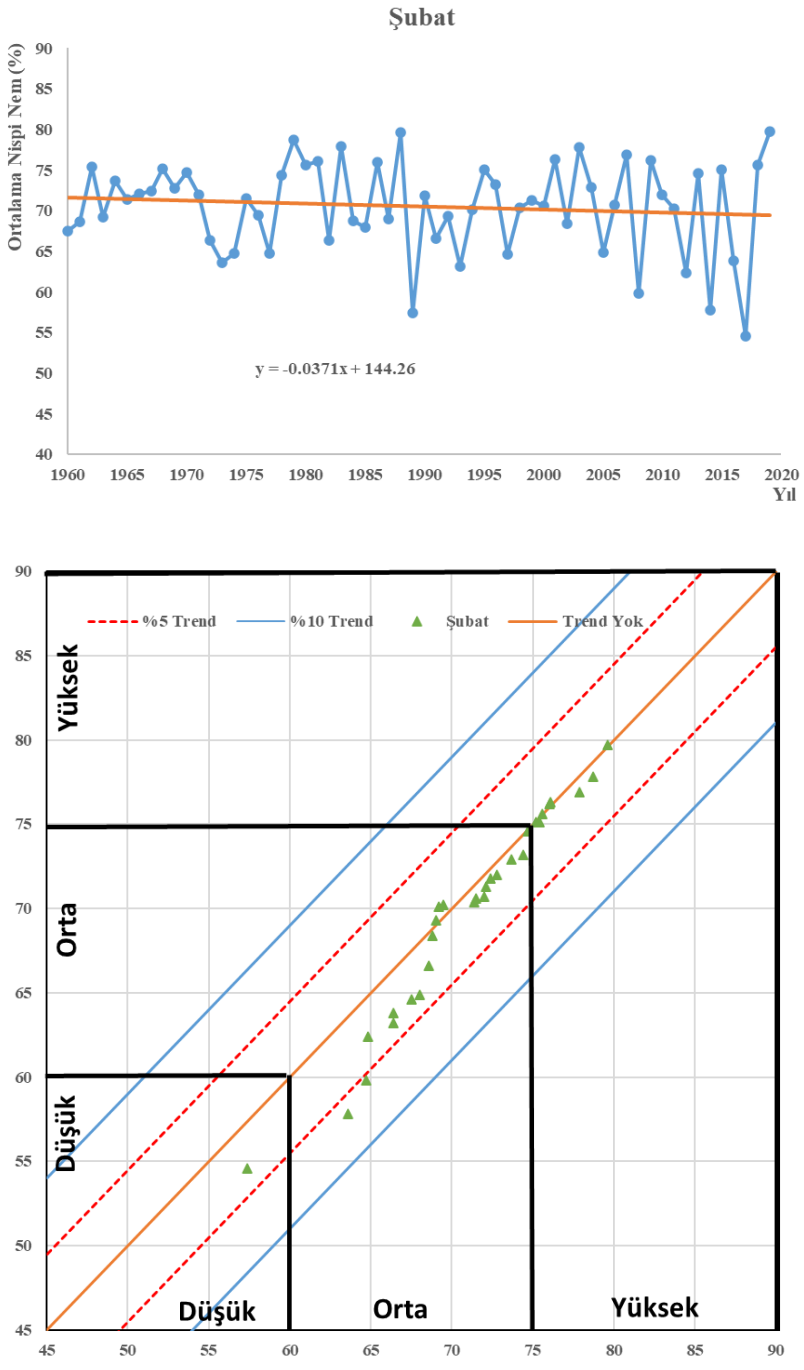
Ortalama bağıl nem sonuçları İnovatif Şen trend test yöntemi kullanılarak daha önceki analizlerde olduğu gibi üç farklı sınıfta değerlendirilmiştir. Düşük, orta ve yüksek sınıflar için yapılan değerlendirmelerde referans aralığı belirlenirken, veri dağılımının maksimum ve minimumlarını bir miktar pay bırakarak kapsayacak şekilde çalışılmıştır. 1960-1989 yılları arasındaki ilk 30 yıllık veri grafik tabanlı değerlendirmenin x eksenini oluştururken, 1990-2019 yılları arasındaki ikinci 30 yıllık veri y eksenini oluşturmuştur.

Ocak ayı ortalama nispi nem dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.35 ile verilmiştir. Şekil 4.35 ile verilen dağlım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi pozitif olmasına rağmen eğim değerinin sıfıra yakın olması ortalama nispi nem için belirgin bir trend olmadığının göstergesidir.

İnovatif Şen trend test ocak ayı ortalama nispi nem sonuçlarına göre düşük bölgede herhangi bir veri mevcut değildir. Orta sınıfta veri dağılımının dağınık olduğu görülmüş ve anlamlı bir trend olmadığına karar verilmiştir. Yüksek sınıftaki dağılımı ise iki aşamada değerlendirmek mümkündür. Yüksek sınıfta yüzde 78'e kadar olan kısımda az da olsa artan bir trend mevcutken sonrasında trend negatife dönmüştür.

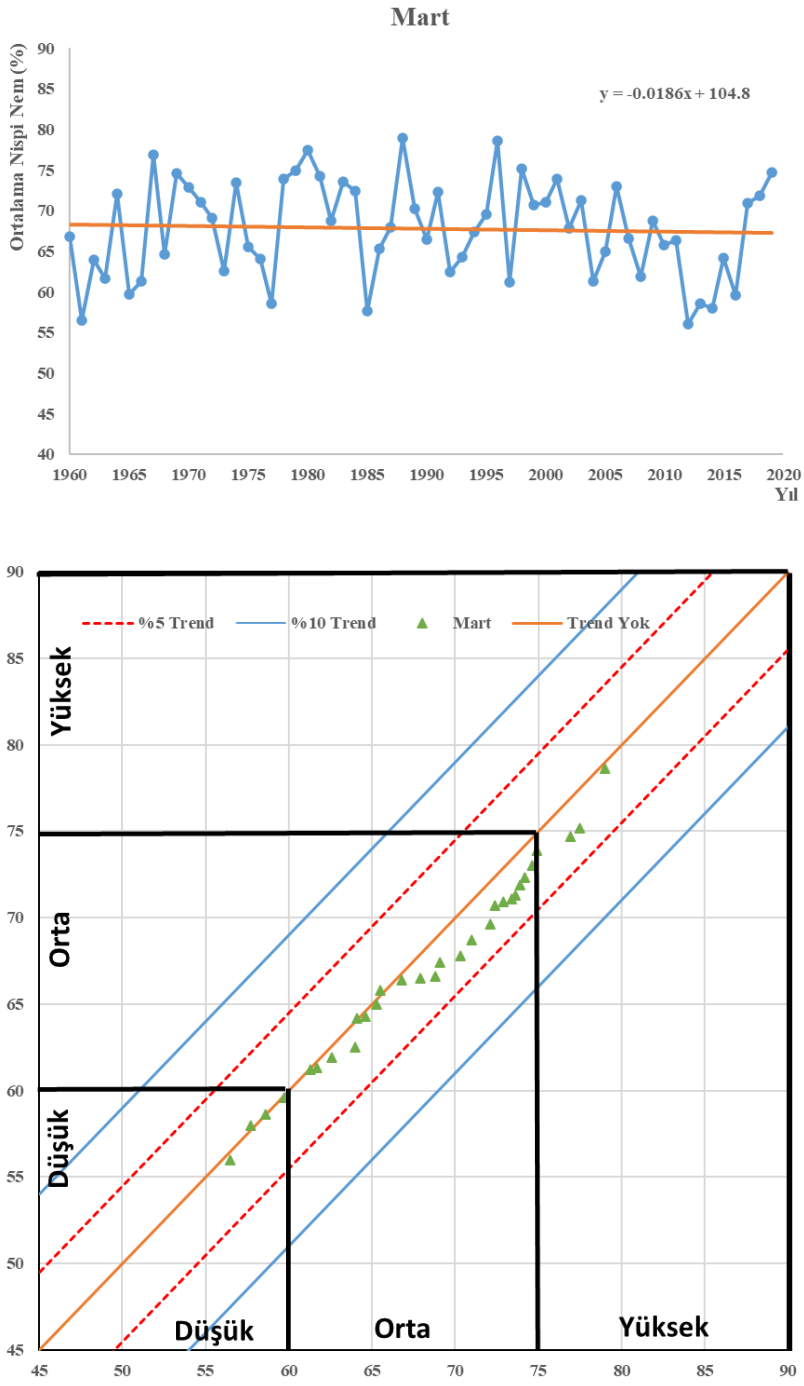


Şekil 4.35 Ocak ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları



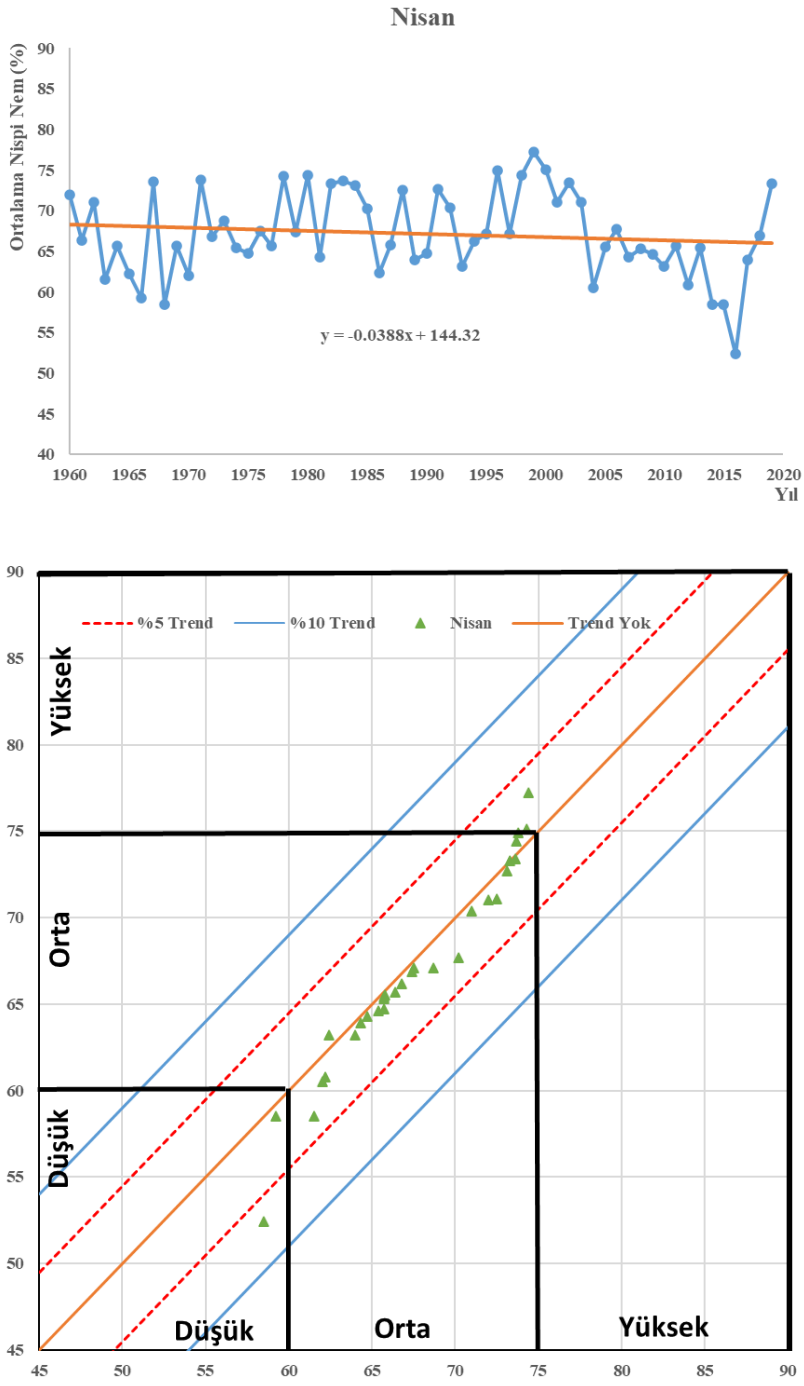
Şekil 4.36 Şubat ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Şubat ayı ortalama bağıl nem değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.36 ile paylaşılmıştır. Ortalama bağıl nem grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi negatiftir. Bu durum şubat ayında azalan bir trende işaret etmektedir. Şekil 4.36 ile verilen İnovatif Şen trend test yönteminde elde edilen sonuçlara göre ise düşük sınıfta %5'e yakın azalan bir trend tespit edilmiştir. Orta sınıfta verilerin dağılımının "trend yoktur" çizgisinin altında ve üstünde dağıldığı dikkate alındığında bu sınıfta bir trend olduğu söylenemez. Yüksek sınıfta ise az da olsa azalan bir trend mevcuttur.



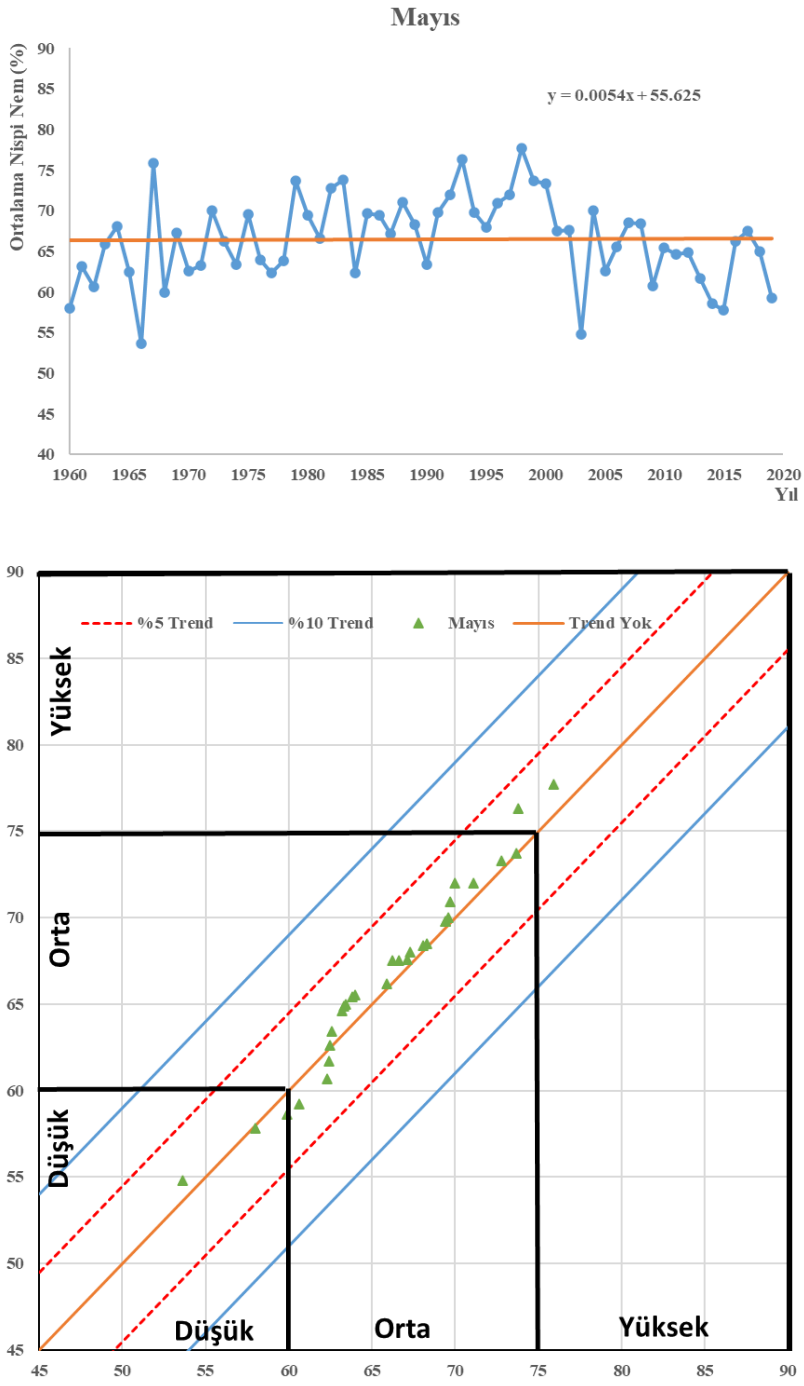
Şekil 4.37 Mart ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Mart ayı ortalama bağıl nem değişim grafiği ve İnovatif Şen trend analiz sonuçları Şekil 4.37 ile paylaşılmıştır. Şubat ayına benzer şekilde mart ayında da dağılım grafiğine eklenen regresyon eğrisinin eğimi negatif bulunmuştur. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre ise düşük, orta ve yüksek sınıflarının tamamında azalan trendler bulunmuştur.



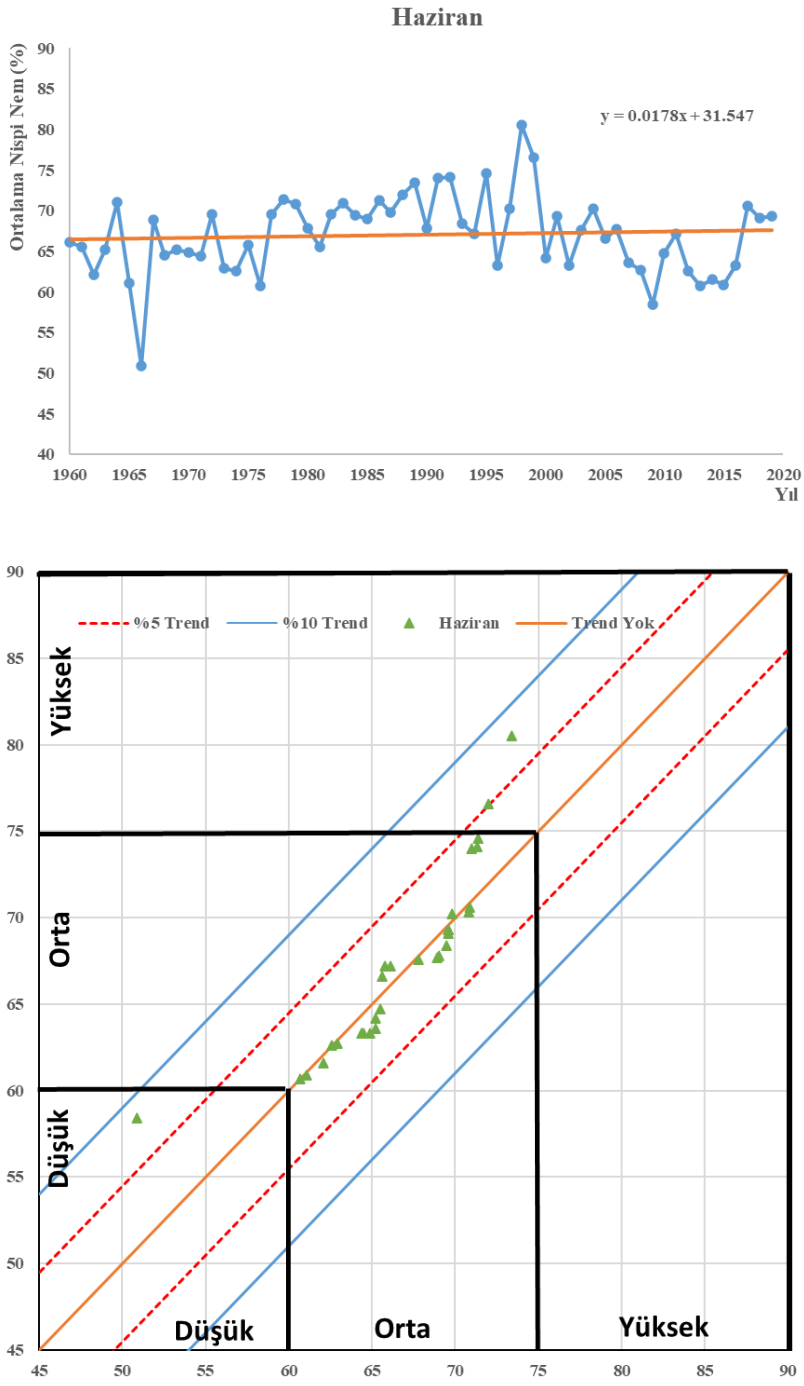
Şekil 4.38 Nisan ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Nisan ayı ortalama bağıl nem dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend analiz sonuçları Şekil 4.38 ile verilmiştir. Nisan ayı dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğiminin negatif olması azalan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre düşük sınıfta %4 civarında azalan bir trend mevcut iken orta sınıfta herhangi bir trend tespit edilememiştir. Yüksek sınıfta ise pozitif bir trend olduğu görülmektedir.



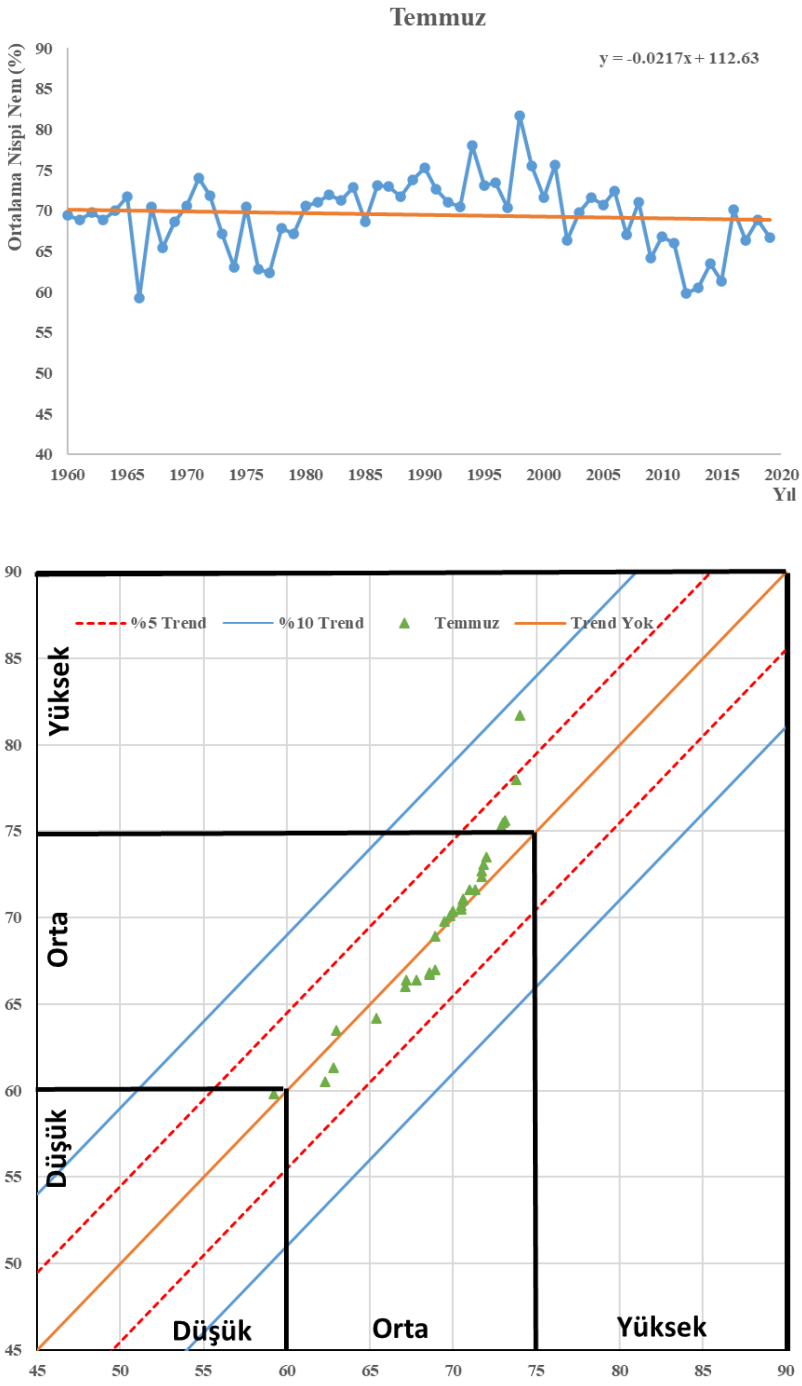
Şekil 4.39 Mayıs ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Mayıs ayı ortalama bağıl nem değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.39 ile verilmiştir. Mayıs ortalama bağıl nem dağılımına eklenen regresyon doğrusunun eğimi pozitiftir ancak eğim değeri sıfıra yakın olduğundan belirgin bir eğilimden söz edilemez. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre ise düşük sınıfta net bir trend bulunmazken, orta ve yüksek sınıflarda az da olsa artan trendler mevcuttur.



Şekil 4.40 Haziran ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

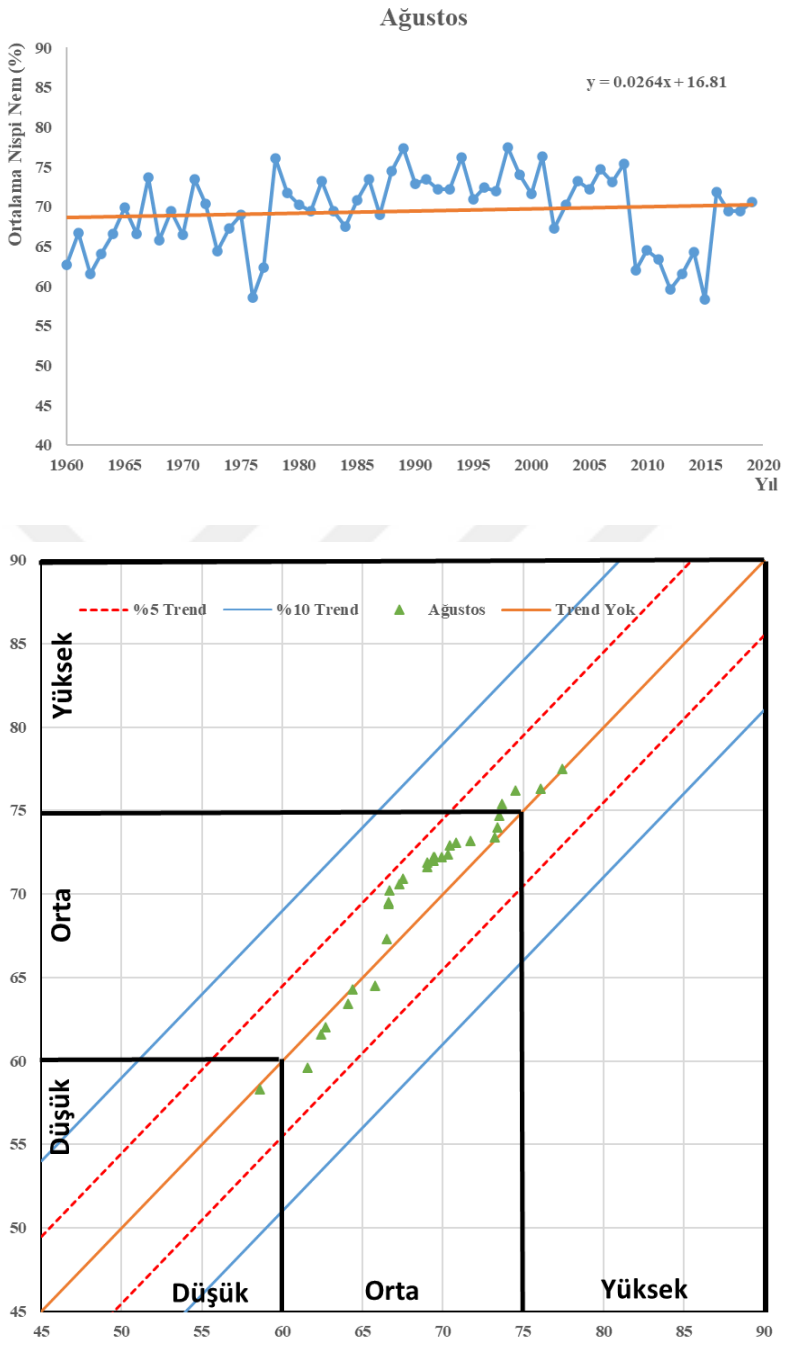
Haziran ayı ortalama bağıl nem dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.40 ile verilmiştir. Ortalama bağıl nem haziran ayı dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi pozitif olarak hesaplanmıştır. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre de düşük ve yüksek sınıflarda %5'ten büyük artan trendler belirlenmiştir. Orta sınıfta veri dağılımının "trend yoktur" çizgisi etrafındaki dağılımı bu sınıfta trend olmadığının göstergesidir.



Şekil 4.41 Temmuz ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

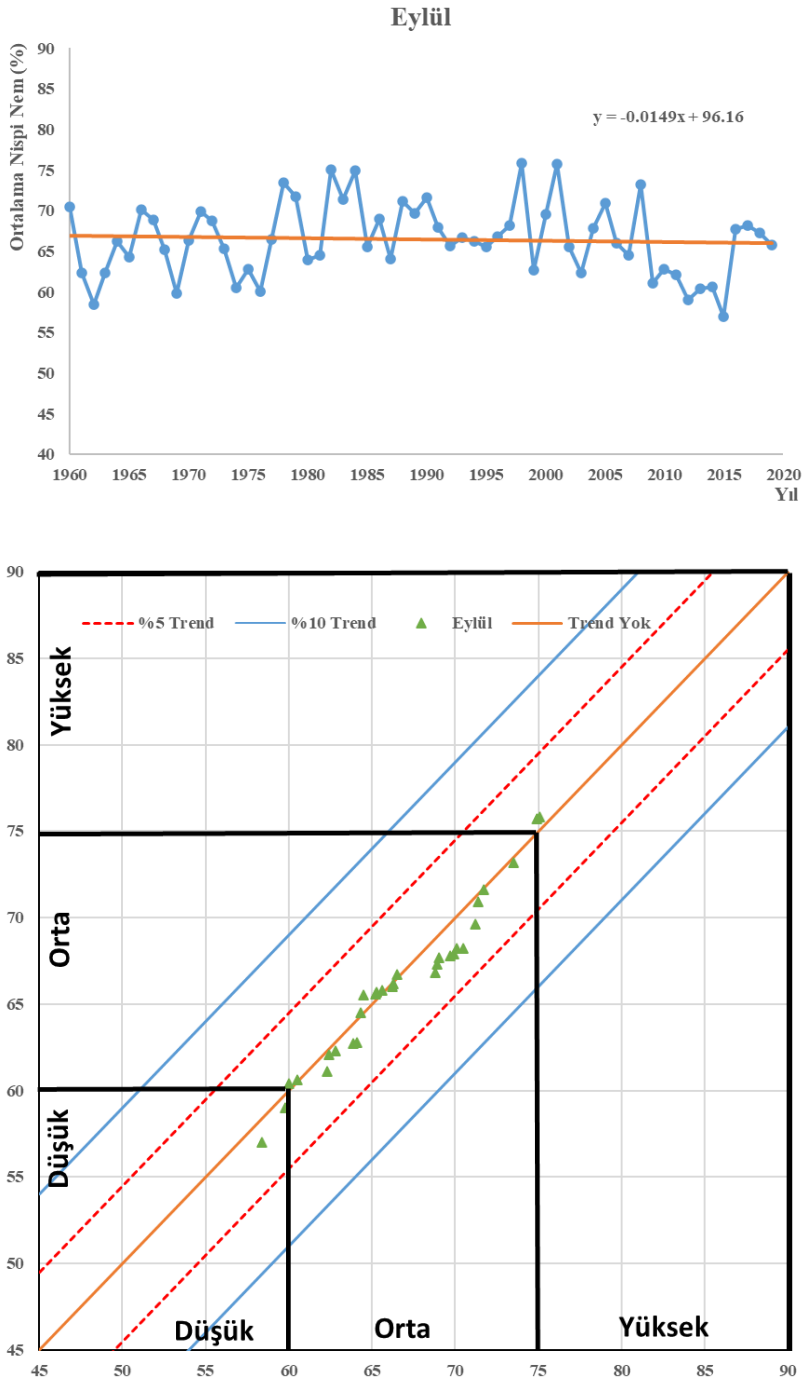
Temmuz ayı ortalama nispi nem değişimini gösteren grafik ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.41 ile verilmiştir. Temmuz ayı için yapılan değerlendirmede ortalama nispi nem dağılımına eklenen regresyon doğrusunun eğiminin negatif olduğu tespit edilmiştir. Bu durum azalan bir trende işaret etmektedir. Ancak İnovatif Şen trend test sonuçları regresyon doğrusunun eğimi ile uyumlu değildir. İnovatif Şen trend analiz

sonuçlarına göre düşük ve yüksek sınıflar için artan trendler belirlenmiştir. Özellikle yüksek sınıfta trend büyüklüğünün %5'ten fazla olduğu görülmektedir.



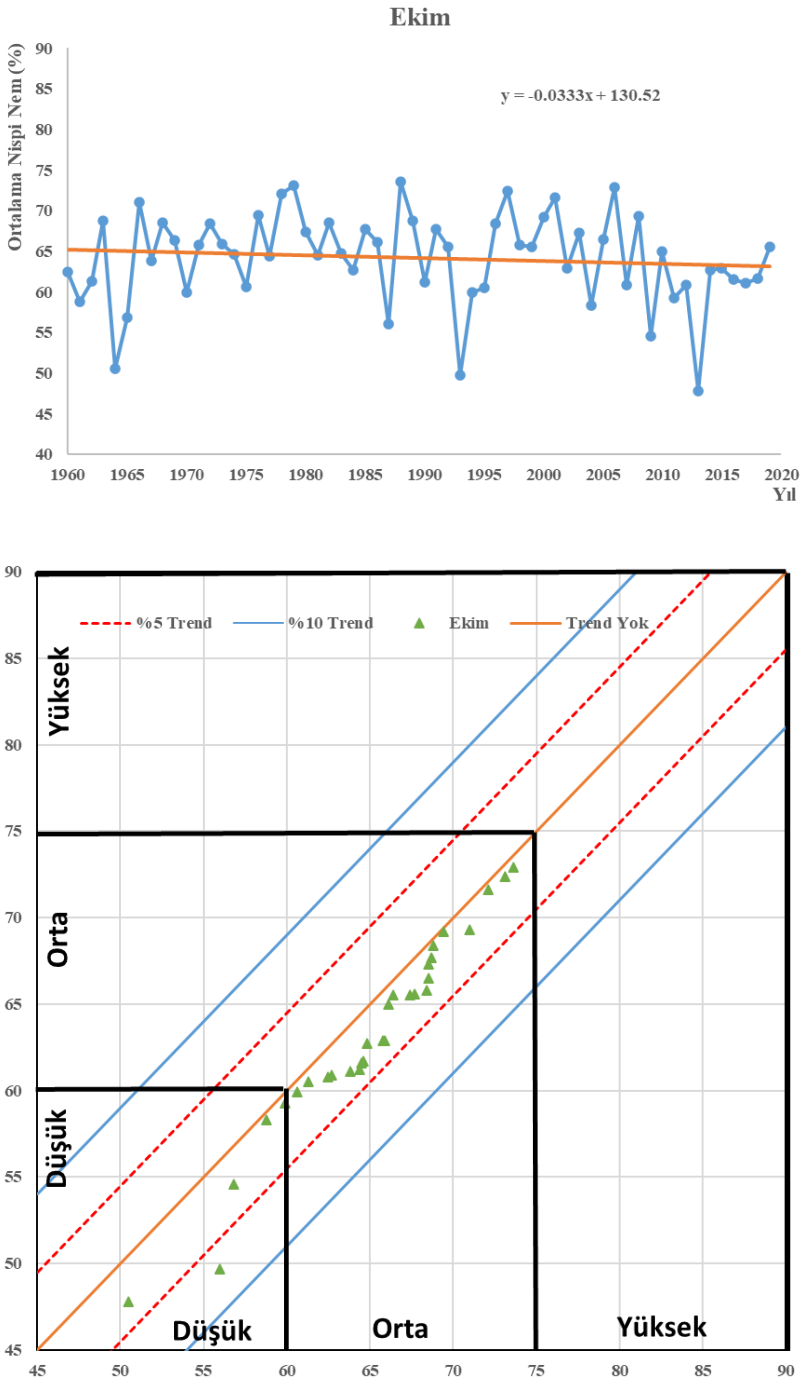
Şekil 4.42 Ağustos ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ağustos ayı ortalama bağıl nem değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.42 ile verilmiştir. Ağustos ayı ortalama nispi nem parametresine eklenen regresyon doğrusunun eğimi artan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre Ağustos ayı ortalama bağıl nem değerleri düşük sınıfta az da olsa azalan bir trend gösterirken orta ve yüksek sınıflarda artan trendler vardır.



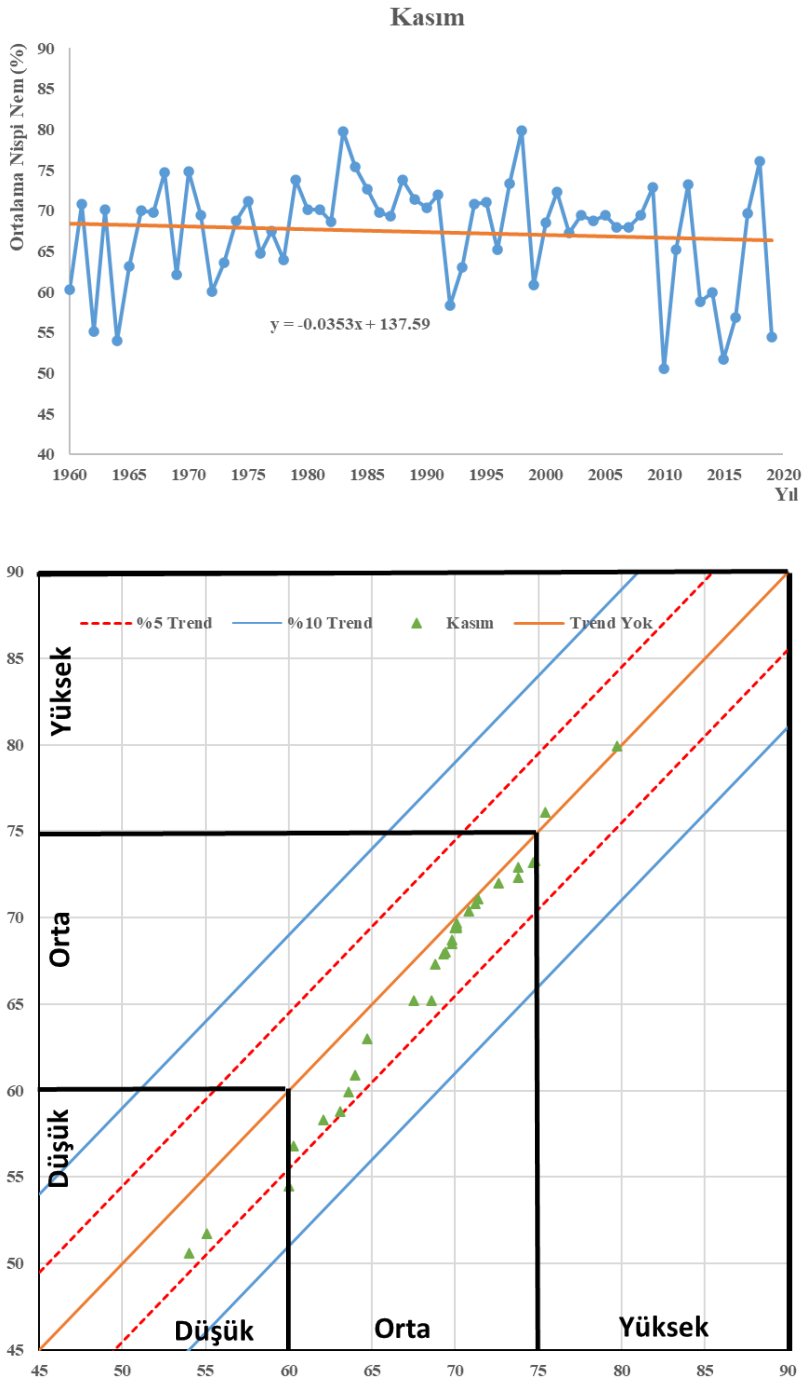
Şekil 4.43 Eylül ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Eylül ayı ortalama bağıl nem dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.43 ile verilmiştir. Eylül ayı dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi azalan bir trende işaret etmektedir. Eylül ayı ortalama bağıl nem İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre ise düşük sınıfta negatif bir trend var iken yüksek sınıfta az da olsa pozitif bir trend mevcuttur. Orta sınıfta ise dağılımın tek yönlü olmaması bu sınıfta trend olmadığının göstergesidir.



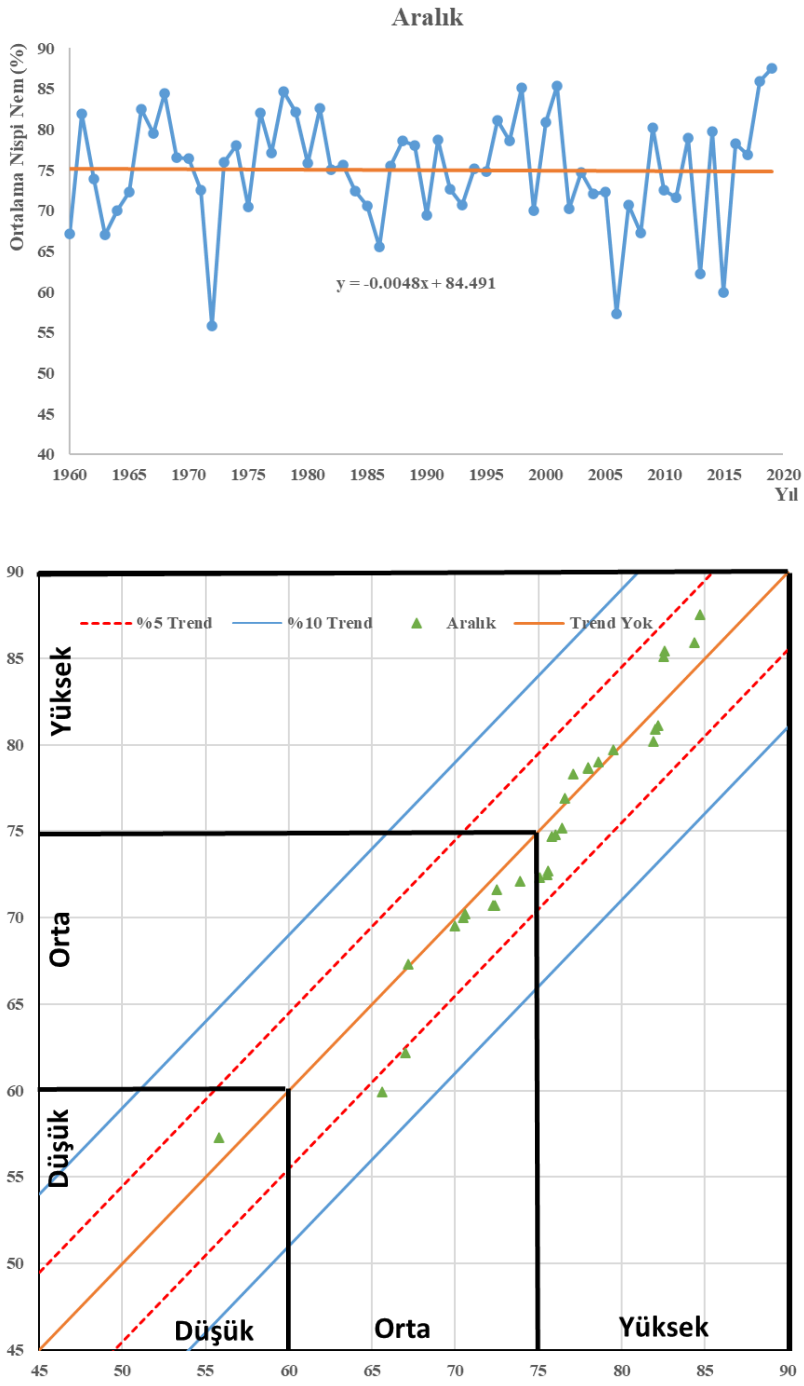
Şekil 4.44 Ekim ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ekim ayı ortalama bağıl nem dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.44 ile verilmiştir. Ekim ayı ortalama bağıl nem dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi negatif bulunmuştur. Ekim ayında ortalama nispi nem değerlerinin tamamı düşük ve orta sınıfta yer almıştır ve regresyon doğrusunun eğimi ile uyumlu olarak düşük ve orta sınıfların her ikisinde de azalan trendler belirlenmiştir.



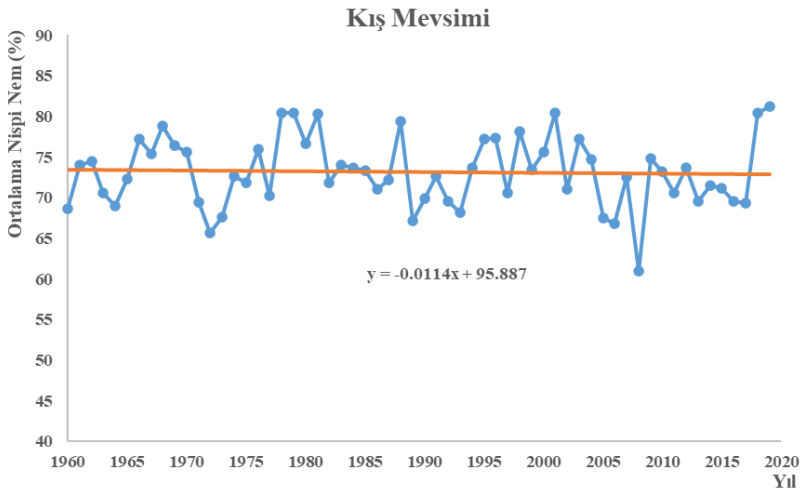
Şekil 4.45 Kasım ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

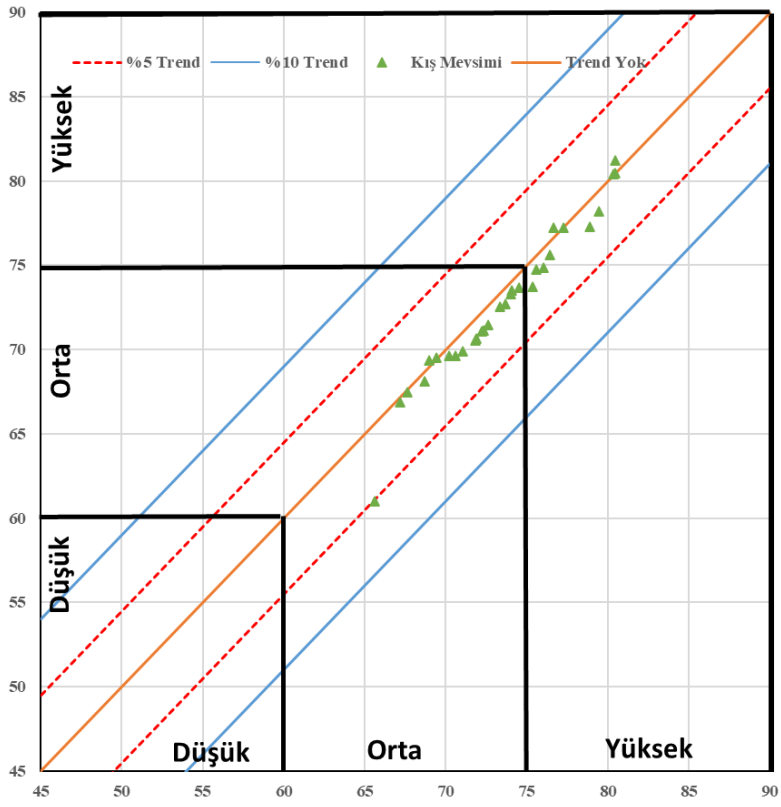
Kasım ayı ortalama bağıl nem dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.45 ile verilmiştir. Kasım ayı ortalama bağıl nem grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi azalan bir trende işaret etmektedir. Kasım ayı ortalama bağıl nem İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre düşük sınıfta %4 civarında azalan, orta sınıfta %3 civarında azalan ve yüksek sınıfta %1 civarında artan trendler olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.46 Aralık ayı ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

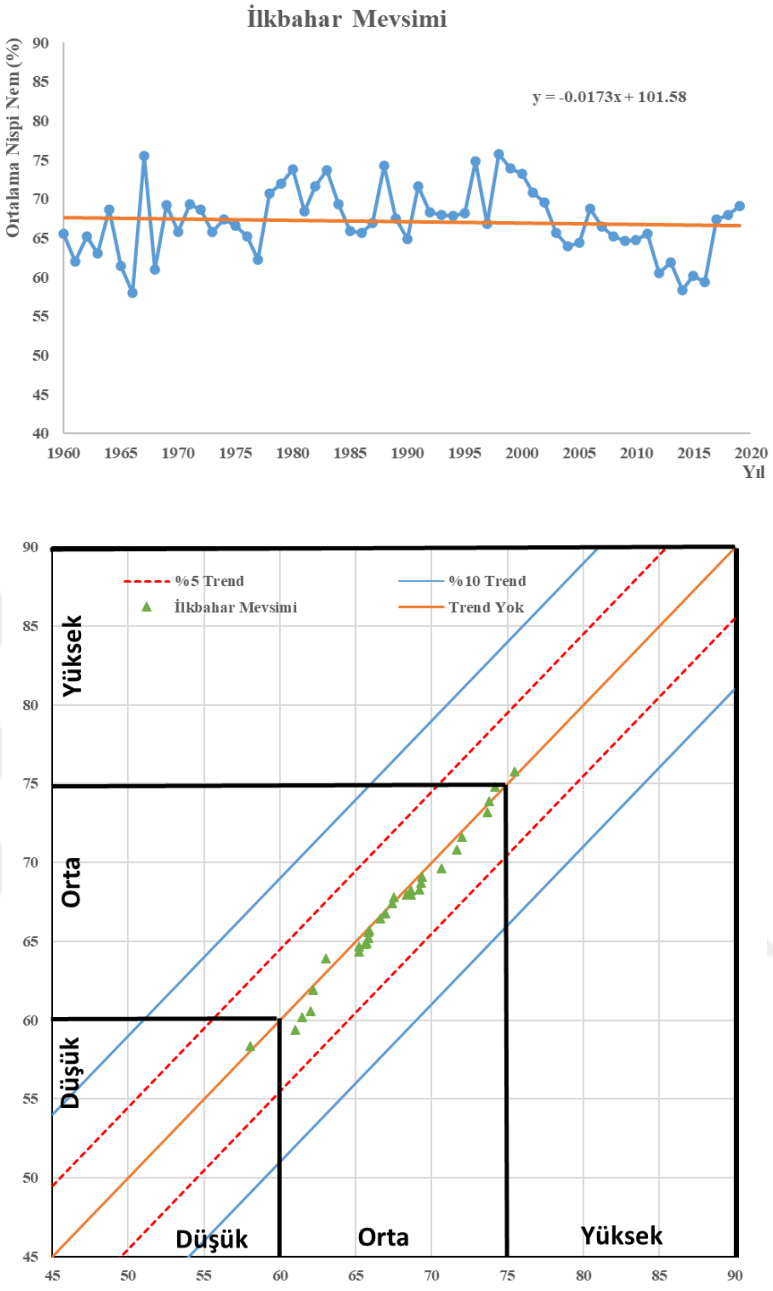
Aralık ayı ortalama bağıl nem değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.46 ile verilmiştir. Ortalama bağıl nem grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi azalan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre aralık ayı ortalama nispi nem verileri düşük sınıfta %1 civarında artan ve orta sınıfta %4 civarında azalan bir trend göstermektedir. Yüksek sınıfta ise bir trend tespit edilememiştir.





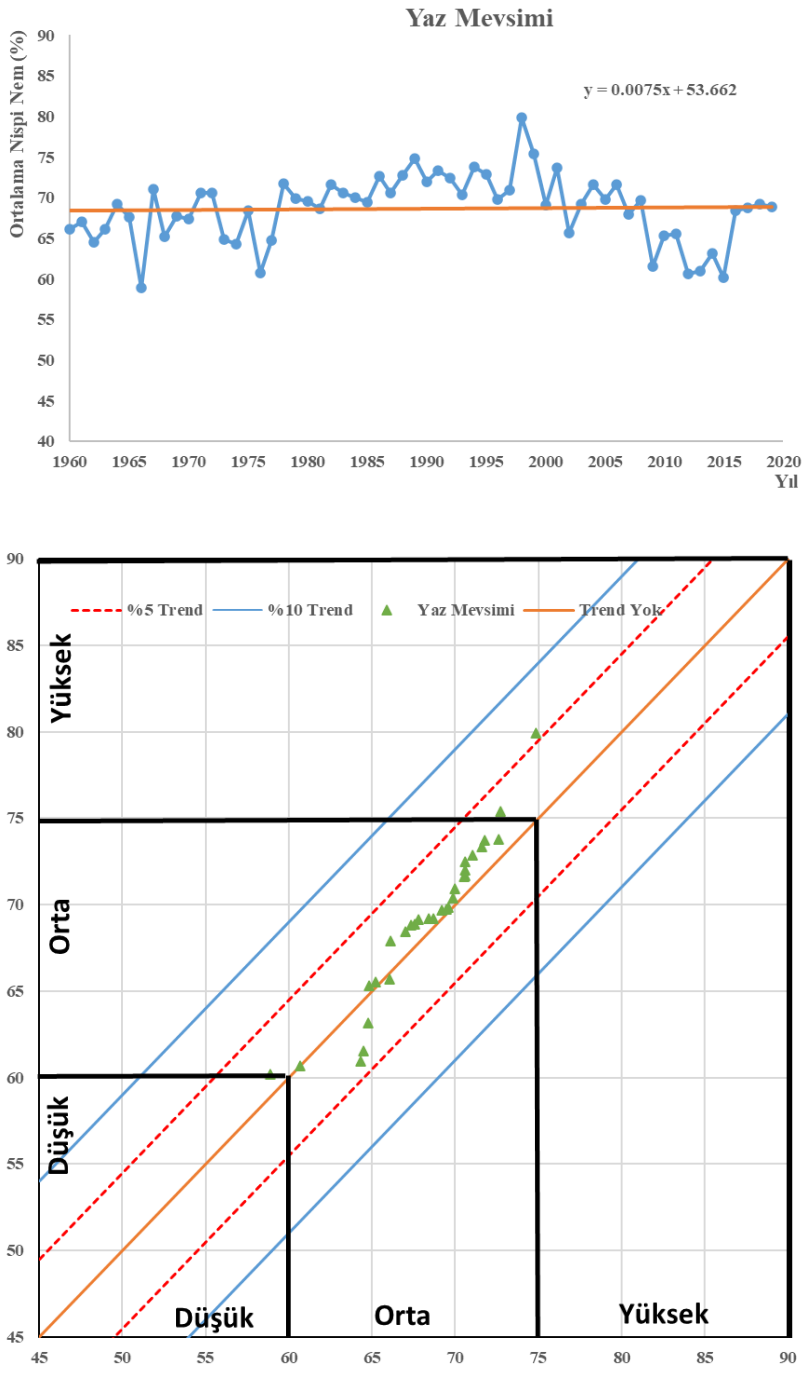
Şekil 4.47 Kış mevsimi ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Mevsimsel değerlendirmelerin ilki olan kış mevsimi ortalama nispi nem değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.47 ile verilmiştir. Kış mevsimi ortalama nispi nem verilerine eklenen regresyon doğrusunun eğimi azalan bir trend göstermektedir. İnovatif Şen trend test kış mevsimi ortalama nispi nem sonuçlarına göre ise orta sınıfta %2 civarında azalan bir trend görülmektedir. Sonuçlara göre düşük sınıfta hiç veri yer almazken yüksek sınıfta ise verilerin dağılımının çarpıklığı trend olmadığının göstergesidir.



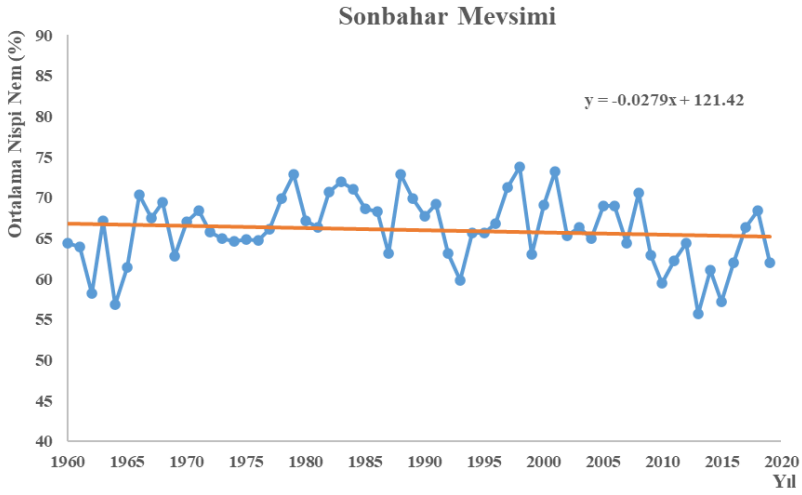
Şekil 4.48 İlkbahar mevsimi ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

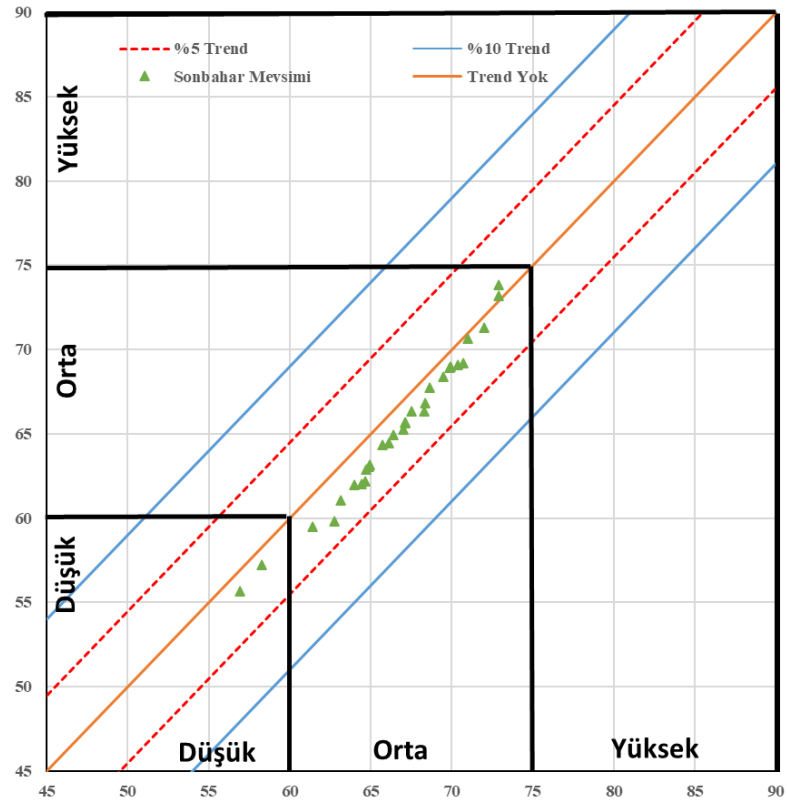
İlkbahar mevsimi ortalama bağıl nem değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.48 ile verilmiştir. İlkbahar mevsimi ortalama nispi nem verilerine eklenen regresyon doğrusunun eğimi azalan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend analiz sonuçlarına bakıldığında verilerin büyük çoğunluğunun orta sınıfta yer aldığı görülmektedir. İlkbahar mevsiminde hiçbir sınıfta bariz bir trend olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.49 Yaz mevsimi ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

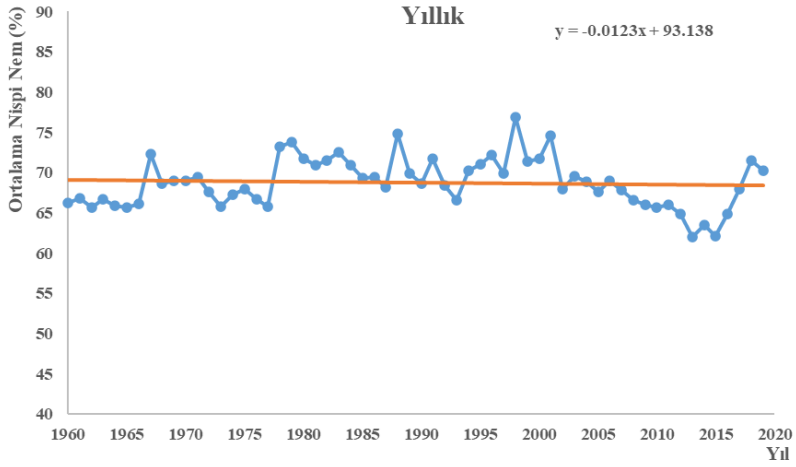
Yaz mevsimi ortalama bağıl nem değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.49 ile paylaşılmıştır. Yaz mevsimi ortalama bağıl nem değerlerine uygulanan regresyon doğrusunun eğimi pozitif olsa da belirgin bir trende işaret etmemektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre verilerin çoğunun orta sınıfa düştüğü görülmektedir. Düşük sınıfta hiç veri yer almazken orta ve yüksek sınıflarda artan trendler olduğu saptanmıştır.

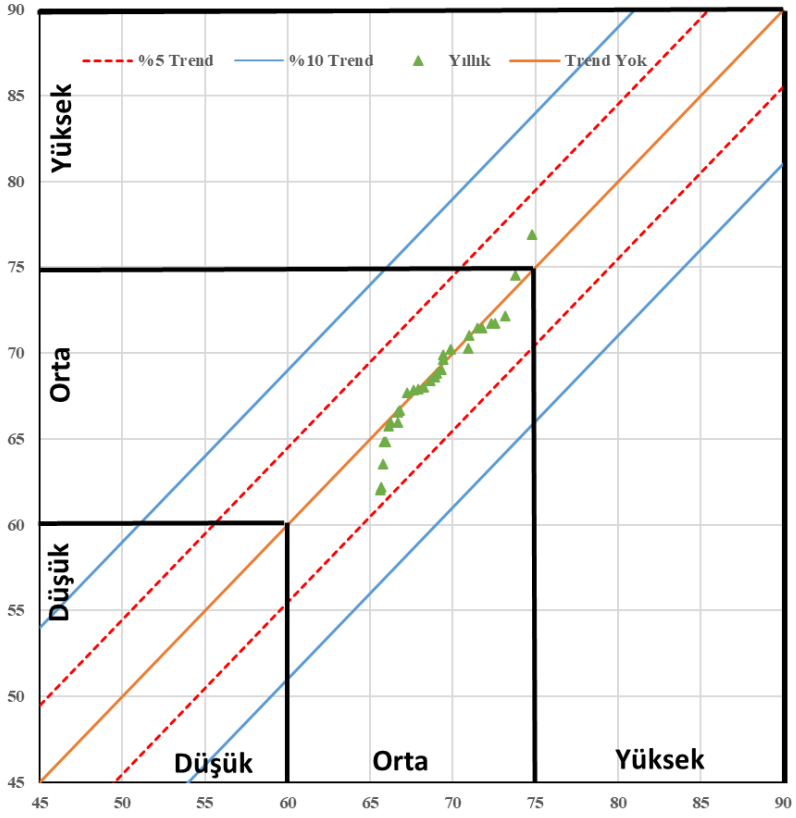




Şekil 4.50 Sonbahar mevsimi ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Sonbahar mevsimi ortalama bağıl nem değişim grafiği ve İnovatif şen trend test sonuçları Şekil 4.50 ile verilmiştir. Sonbahar mevsimi ortalama bağıl nem dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi bariz bir azalan trende işaret etmektedir. Ancak İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre sadece düşük sınıfta %1 civarında azalan trend tespit edilmiştir. Orta sınıfta %73'e kadar olan referans aralığında azalan eğim söz konusu iken sonrasında artan eğim görülmüştür.





Şekil 4.51 Yıllık ortalama bağıl nem dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ortalama bağıl nem değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test Yıllık değerlendirme sonuçları Şekil 4.51 ile verilmiştir. Yıllık değerlendirmede ortalama bağıl nem verilerine eklenen regresyon doğrusunun eğiminin negatif olduğu görülmüştür. İnovatif Şen trend test sonuçları ise verilerin çoğunlukla orta sınıfta dağıldığını göstermiştir. Yüksek sınıfta %2 dolaylarında bir trend saptanırken düşük ve orta sınıflarda trend bulunmamıştır.

İnovatif Şen trend test ortalama bağıl nem aylık değerlendirme sonuçları bir arada Tablo 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4.17 Ortalama bağıl nem İnovatif Şen trend test aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Sınıf	Trend	Trend Yönü	Yaklaşık Yüzde (%)
Ocak	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Negatif	1%
Şubat	Düşük	Var	Negatif	4%
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Negatif	1%
Mart	Düşük	Var	Negatif	1%
	Orta	Var	Negatif	2%
	Yüksek	Var	Negatif	3%
Nisan	Düşük	Var	Negatif	4%
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Pozitif	3%
Mayıs	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Pozitif	1%
	Yüksek	Var	Pozitif	2%
Haziran	Düşük	Var	Pozitif	7%
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Pozitif	6%
Temmuz	Düşük	Var	Pozitif	1%
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Pozitif	5%
Ağustos	Düşük	Var	Negatif	1%
	Orta	Var	Pozitif	2%
	Yüksek	Var	Pozitif	1%
Eylül	Düşük	Var	Negatif	2%
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Pozitif	1%
Ekim	Düşük	Var	Negatif	5%
	Orta	Var	Negatif	3%
	Yüksek	Yok	-	-
Kasım	Düşük	Var	Negatif	4%
	Orta	Var	Negatif	3%
	Yüksek	Var	Pozitif	1%
Aralık	Düşük	Var	Pozitif	1%
	Orta	Var	Negatif	4%
	Yüksek	Yok	-	-

Tablo 4.17 ile verilen ortalama bağıl nem parametresi İnovatif Şen trend test sonuçları incelendiğinde aylık değerlendirmede negatif ve pozitif trendlerin hemen hemen eşit sayıda olduğu görülmüştür. Bununla beraber hiçbir zaman dilimi ve kategori için %5'ten büyük trendler tespit edilememiştir. Tespit edilen trendler bazı aylarda ortalama nispi nem değerinin artış eğiliminde olduğunu buna mukabil bazı aylarda da düşüş eğiliminde olduğunu göstermiştir. Ortalama bağıl nem parametresi İnovatif Şen trend test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları Tablo 4.18 ile verilmiştir.

Tablo 4.18 Ortalama bağıl nem İnovatif Şen trend test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Sınıf	Trend	Trend Yönü	Yaklaşık Yüzde (%)
Kış	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	3%
	Yüksek	Yok	-	-
İlkbahar	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Yok	-	-
Yaz	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Pozitif	2%
	Yüksek	Var	Pozitif	4%
Sonbahar	Düşük	Var	Negatif	1%
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Yok	-	-
Yıllık	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Yok	-	-
	Yüksek	Var	Pozitif	2%

Tablo 4.18 ile verilen sonuçlar incelendiğinde mevsimsel değerlendirmede ortalama bağıl nem iklim parametresi için bariz trendler belirlendiğinden söz etmek mümkün değildir. İlkbahar mevsiminde hiçbir sınıfta istatistiksel olarak anlamlı trendler belirlenemezken en belirgin mevsimsel trendler yaz mevsiminin orta ve yüksek sınıfında tespit edilmiştir. Yaz mevsimi orta sınıfında tespit edilen artan trend %2 civarında iken yüksek sınıfında tespit edilen trend %4 civarında olmuştur.

Yıllık değerlendirmede düşük ve orta bölgelerde anlamlı trendler tespit edilememesi ve yüksek sınıfta görece düşük seviyede artan bir trend saptanmış olması aylık bazda

tespit edilen artan ve azalan trendlerin sayısının bir birine yakın olmasının bir sonucudur.

4.1.3.2 Ortalama Bağıl Nem Parametresi Lineer Regresyon Trend Yaklaşımı Analiz Sonuçları

Lineer regresyon trend belirleme yaklaşımı aylık, mevsimsel ve yıllık ortalama bağıl nem sonuçlarına uygulanmıştır. Farklı zaman dilimleri için dağılım grafiğine eklenen lineer regresyon doğrusunun eğim değerine göre trend olup olmadığına karar verilmiştir. İlgili zaman diliminde lineer regresyon doğrusunun eğimi yüzde 1'den büyük ise trend olduğu kabulü ile değerlendirmeler yapılmıştır. Eğim değerinin işareti aynı zamanda trend yönünü göstermektedir. Aylık bazda elde edilen yöntem sonuçları Tablo 4.19 ile verilmiştir.

Tablo 4.19 Ortalama bağıl nem Lineer Regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Eğim Değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.008	Yok	-
Şubat	-0.037	Var	Negatif
Mart	-0.019	Var	Negatif
Nisan	-0.039	Var	Negatif
Mayıs	0.005	Yok	-
Haziran	0.018	Var	Pozitif
Temmuz	-0.022	Var	Negatif
Ağustos	0.026	Var	Pozitif
Eylül	-0.015	Var	Negatif
Ekim	-0.033	Var	Negatif
Kasım	-0.035	Var	Negatif
Aralık	-0.005	Var	Negatif

Antakya meteoroloji istasyonu ortalama bağıl nem verilerine uygulanan Lineer regresyon trend analiz sonuçlarına göre aylık değerlendirmede sadece ağustos ve haziran aylarında pozitif trendler tespit edilmiştir. Yüzde birden küçük eğim değerlerinde belirgin trendler olmadığı kabulüyle yapılan değerlendirmede ocak, mayıs aylarında ve yaz mevsiminde herhangi bir trend saptanmamıştır. Ortalama bağıl nem lineer regresyon mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları Tablo 4.20 ile verilmiştir.

Tablo 4.20 Ortalama bağıl nem Lineer Regresyon trend analiz mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Eğim Değeri	Trend	Trend Yönü
Kış	-0.011	Var	Negatif
İlkbahar	-0.017	Var	Negatif
Yaz	0.008	Yok	-
Sonbahar	-0.028	Var	Negatif
Yıllık	-0.012	Var	Negatif

Tablo 4.20 ile verilen sonuçlar incelendiğinde mevsimlik değerlendirmede yaz mevsimi dışındaki mevsimlerin tamamında azalan trendler olduğu görülmüştür.

Yıllık değerlendirmede de regresyon doğrusunun eğimi negatif hesaplanmıştır ki bu durum yıllık bazda da ortalama bağıl nemin azalma trendinde olduğunu göstermektedir.

4.1.3.3 Ortalama Bağıl Nem Parametresi Mann Kendall Test Sonuçları

Ortalama hava sıcaklığı ve toplam yağış parametrelerinde olduğu gibi ortalama bağıl nem parametresi Mann Kendall test uygulaması da %95 güven aralığında çalışılmıştır. Hesaplanan Mann Kendall değerleri kullanılarak Z değerleri hesaplanmış ve bu değeler +1.96 ve -1.96 kritik Z değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucuna göre H_0 hipotezi değerlendirmesi yapılmış ve trend olup olmadığına karar verilmiştir.

Mann Kendall test ortalama bağıl nem iklim parametresi aylık değerlendirme sonuçları Tablo 4.21 ile verilmiştir.

Tablo 4.21 Ortalama bağıl nem Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z Değeri	Hesaplanan Z Değeri	MK Değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.05	+1.96 -1.96	0.40	63	Yok	-
Şubat			-0.13	-22	Yok	-
Mart			-0.50	-79	Yok	-
Nisan			-0.92	-145	Yok	-
Mayıs			0.24	39	Yok	-
Haziran			0.06	10	Yok	-
Temmuz			-0.35	-56	Yok	-
Ağustos			-0.35	203	Yok	-
Eylül			-0.45	-72	Yok	-
Ekim			-0.80	-126	Yok	-
Kasım			-0.52	-82	Yok	-
Aralık			-0.02	-4	Yok	-

Ortalama bağıl nem parametresi için yapılan Mann Kendall test analizlerinin aylık sonuçları incelendiğinde hiçbir ayda istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmadığı görülmektedir. İlgili parametre için yapılan Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık sonuçları Tablo 4.22 ile verilmiştir.

Tablo 4.22 Ortalama bağıl nem Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z Değeri	Hesaplanan Z Değeri	MK Değeri	Trend	Trend Yönü
Kış	0.05	+1.96 -1.96	-0.42	-67	Yok	-
İlkbahar			-0.68	-108	Yok	-
Yaz			0.55	88	Yok	-
Sonbahar			-0.91	-144	Yok	-
Yıllık			-0.35	-56	Yok	-

Tablo 4.21 ve 4.22 birlikte incelendiğinde önem katsayısı (α) 0.05 seçilerek yapılan ortalama bağıl nem analizlerinde Mann Kendall test ile herhangi bir zaman dilimi için bir trend tespit edilemediği görülmüştür. Hesaplanan Mann Kendall (MK) değerleri kullanılarak saptanan Z değerlerinin +1.96 ile -1.96 kritik Z değerleri arasında değişmektedir. Seçilen anlamlılık düzeyinde Mann Kendall test ile trend belirlenemediği anlaşılmaktadır. Önem katsayısı arttırılıp güven aralığı düşürülerek

yapılacak analizlerde trend tespit etmek mümkün olabilir. Ancak bu çalışmada bütün parametreler için güven aralığı %95 olarak seçildiğinden ortalama bağıl nem parametresi için de farklı bir yol izlenmemiştir.

4.1.3.4 Ortalama Bağıl Nem Parametresi Spearman's Rho Test Sonuçları

Ortalama nispi nem parametresi aylık, mevsimsel ve yıllık değerleri kullanılarak yapılan Spearman's Rho test trend analiz sonuçları ayrı ayrı verilmiştir. Önem katsayısı 0.05 için yüzde 95 güven aralığında çalışılmıştır. Hesaplanan Spearman's rho Z değerleri (Z_{SR}) kritik Z değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yöntemde elde edilen sonuçlar bir diğer non-parametrik test olan Mann Kendall test sonuçları ile birebir örtüşmektedir. Ortalama bağıl nem parametresi için yapılan Spearman's rho test aylık değerlendirme sonuçları Tablo 4.23 ile verilmiştir.

Tablo 4.23 Ortalama bağıl nem Spearman's Rho test aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z değeri	Hesaplanan Z_{SR} değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.05	+1.96 -1.96	0.44	Yok	-
Şubat			-0.21	Yok	-
Mart			-0.40	Yok	-
Nisan			-0.81	Yok	-
Mayıs			0.22	Yok	-
Haziran			0.01	Yok	-
Temmuz			-0.56	Yok	-
Ağustos			1.15	Yok	-
Eylül			-0.36	Yok	-
Ekim			-0.85	Yok	-
Kasım			-0.58	Yok	-
Aralık			0.13	Yok	-

Ortalama bağıl nem parametresi için yapılan değerlendirmede Spearman's rho test aylık sonuçları için %95 güven aralığı içerisinde herhangi bir trend saptanamamıştır. İlgili iklim parametresine ait Spearman's rho test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları Tablo 4.24 ile verilmiştir.

Tablo 4.24 Ortalama bağıl nem Spearman's Rho test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z değeri	Hesaplanan Z_{SR} değeri	Trend	Trend Yönü
Kış	0.05	+1.96 -1.96	-0.34	Yok	-
İlkbahar			-0.55	Yok	-
Yaz			0.40	Yok	-
Sonbahar			-0.90	Yok	-
Yıllık			-0.29	Yok	-

Tablo 4.24 ile verilen sonuçlar incelendiğinde Spearman's rho test ile mevsimlik veya yıllık bazda trendler tespit edilemediği görülmektedir.

Mann Kendall testte olduğu gibi Spearman's Rho testte de %95 güven aralığında çalışılmış ne aylık ne mevsimsel ve nede yıllık bazda herhangi bir trend saptanamamıştır.

Parametrik olmayan testler olan Mann Kendall ve Spearman's Rho testlerinin bazı durumlarda trend belirlemede İnovatif Şen trend metodu kadar etkin olmadığı sonucu ortalama bağıl nem analizinde de görülmüştür. Ayrıca İnovatif Şen trend test ile yapılan analizlerde yöntemin referans aralığı ve sınıflandırma imkanı sunması sonuçların yorumlanabilmesini kolaylaştırmıştır.

4.1.4 Ortalama Rüzgar Hızı Trend Analiz Sonuçları

Antakya meteoroloji istasyonunda kaydedilen ortalama rüzgar hızı parametresinin trend analizleri Mann Kendall test, İnovatif Şen trend test, Spearman's Rho test ve Lineer Regresyon trend analiz yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

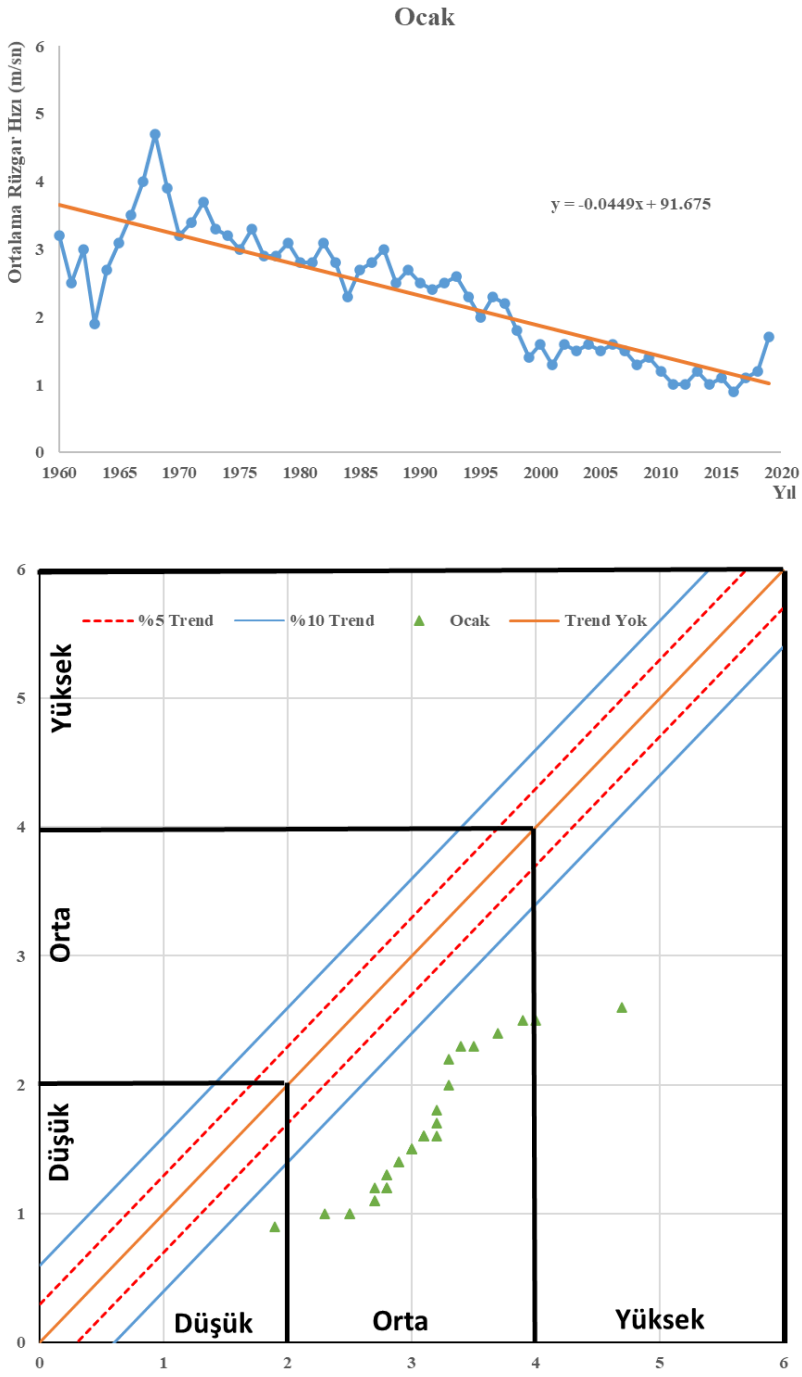
Ortalama rüzgar hızı parametresi de diğer parametrelerle aynı döneme (1960-2011) aittir. Bu 60 yıllık zaman zarfında kaydedilen ortalama rüzgar hızları aylık, mevsimsel ve yıllık olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Daha önceden incelenen hava sıcaklığı ve bağıl nem parametreleri rüzgar hızı üzerinde doğrudan etkisi olan iklim parametreleridir. Aslında bir bölgede çalışılan bütün iklim parametreleri bir şekilde birbiri ile ilişkilidir. Rüzgar sıcak bölgeden soğuk bölgeye geçen hava akımı ya da yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine gerçekleşen

hava akımı ile oluşur. Rüzgarı meydana getiren basınç farkı ne kadar fazla ise rüzgar hızının da o kadar yüksek olduğu bilinmektedir.

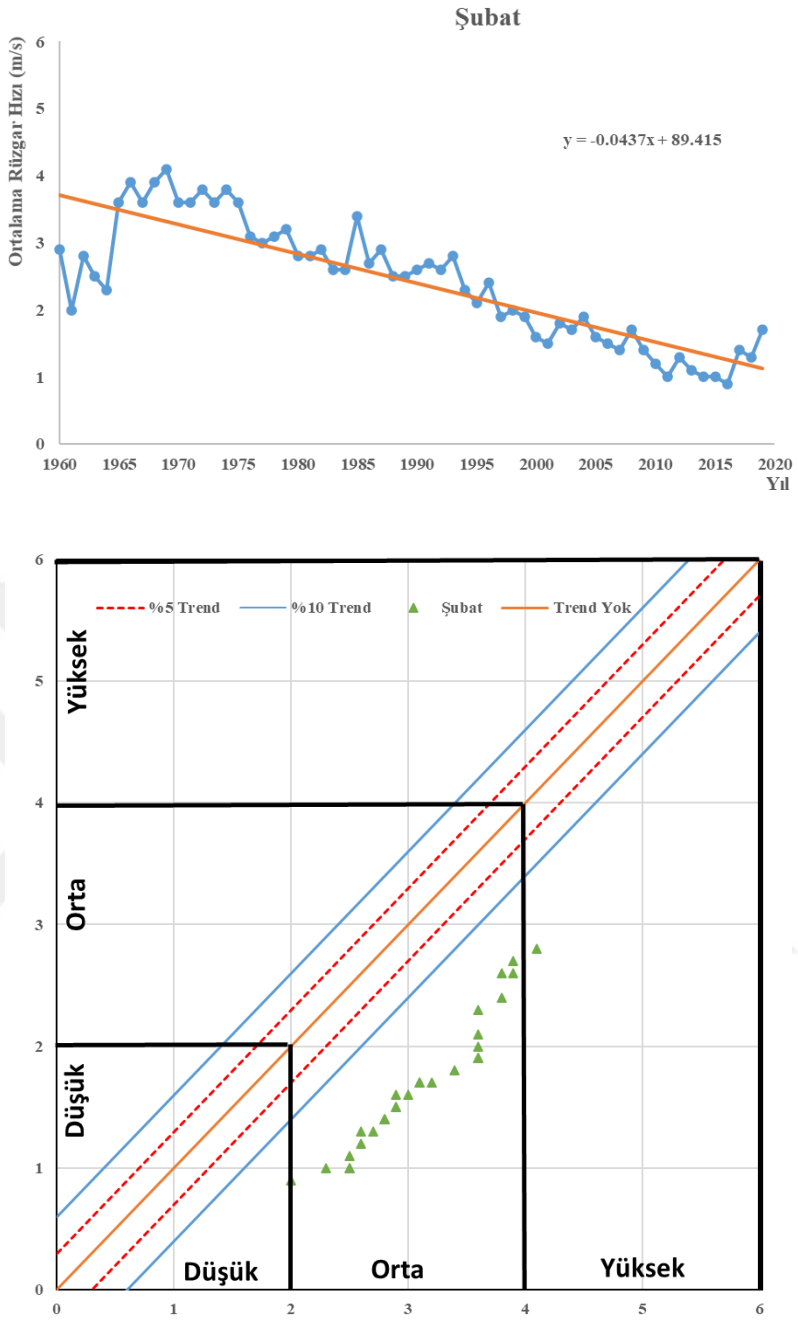
4.1.4.1 Ortalama Rüzgar Hızı Parametresi İnovatif Şen Trend Analiz Sonuçları

Aylık, mevsimsel ve yıllık ortalama rüzgar hızı dağılım grafikleri ve İnovatif Şen trend test sonuçları birlikte verilmiştir. Dağılım grafiğine eklenen lineer regresyon doğrusunun eğimi daha önceki parametrelerde olduğu gibi aynı zamanda Lineer regresyon trend analiz yaklaşımının yorumunu içermektedir. İnovatif Şen trend analiz yönteminde düşük, orta ve yüksek kategorileri kullanılmıştır. Grafik tabanlı İnovatif Şen trend test yönteminde referans aralığı ilgili verinin maksimum ve minimum değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir.



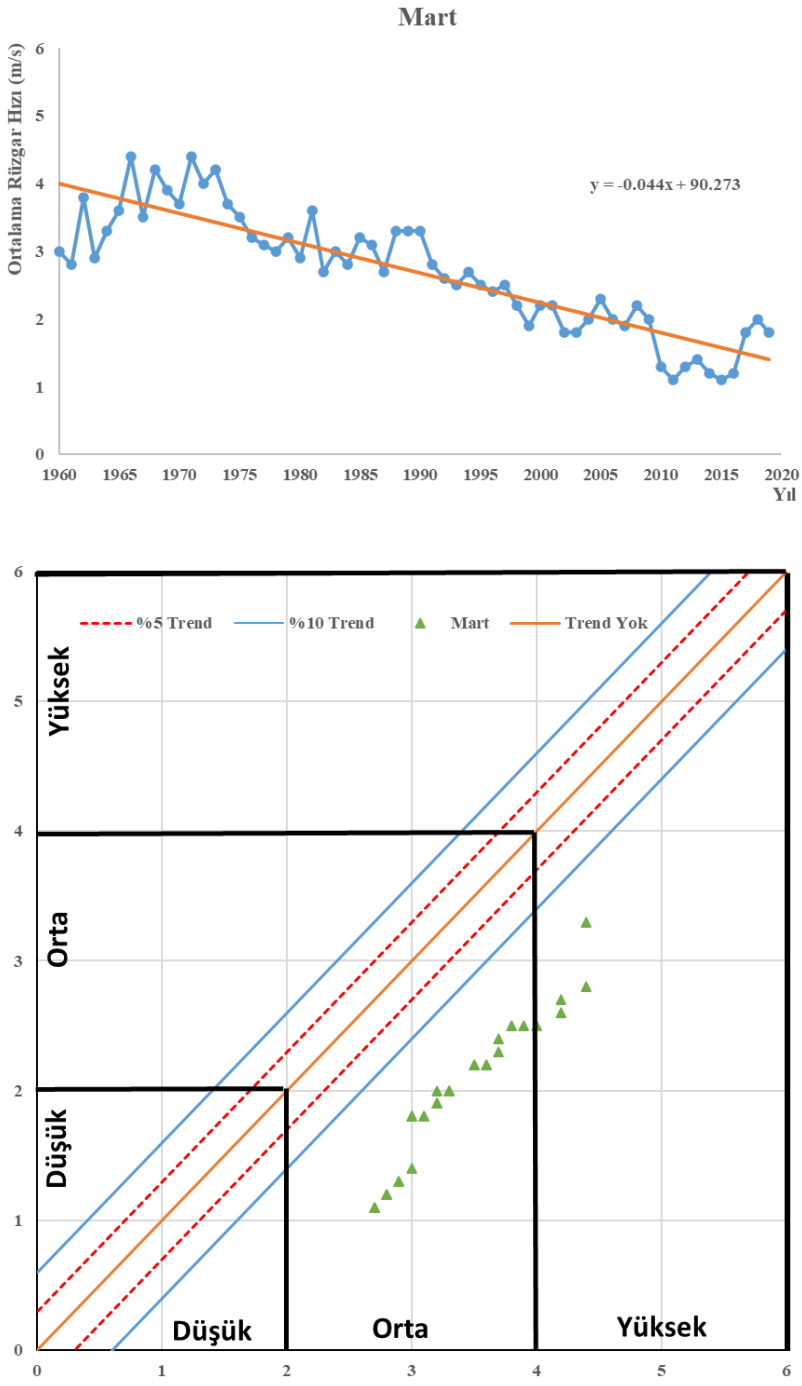
Şekil 4.52 Ocak ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ocak ayı ortalama rüzgar hızı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.52 ile verilmiştir. Ocak ayı ortalama rüzgar hızı dağılımına eklenen regresyon doğrusunun eğimi negatiftir ve çok belirgin bir azalan trende işaret etmektedir. Regresyon doğrusunun eğimini destekler nitelikte İnovatif Şen trend test sonuçları da düşük, orta ve yüksek sınıfların üçünde de %10'dan büyük azalan trendler olduğunu göstermektedir.



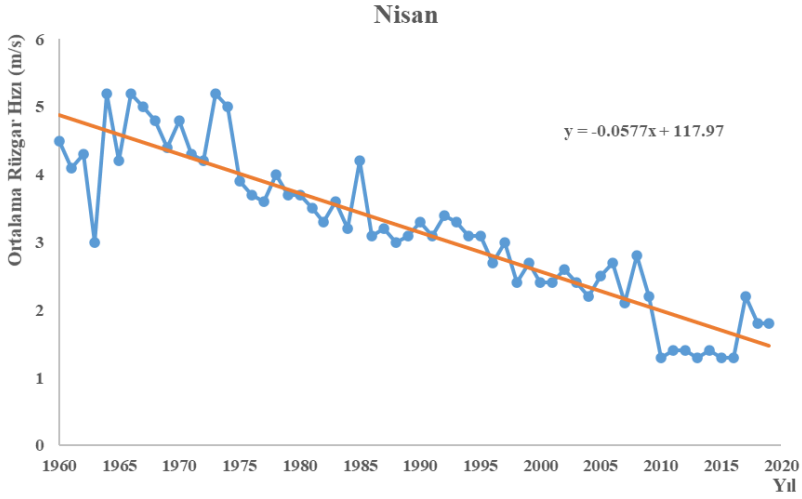
Şekil 4.53 Şubat ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

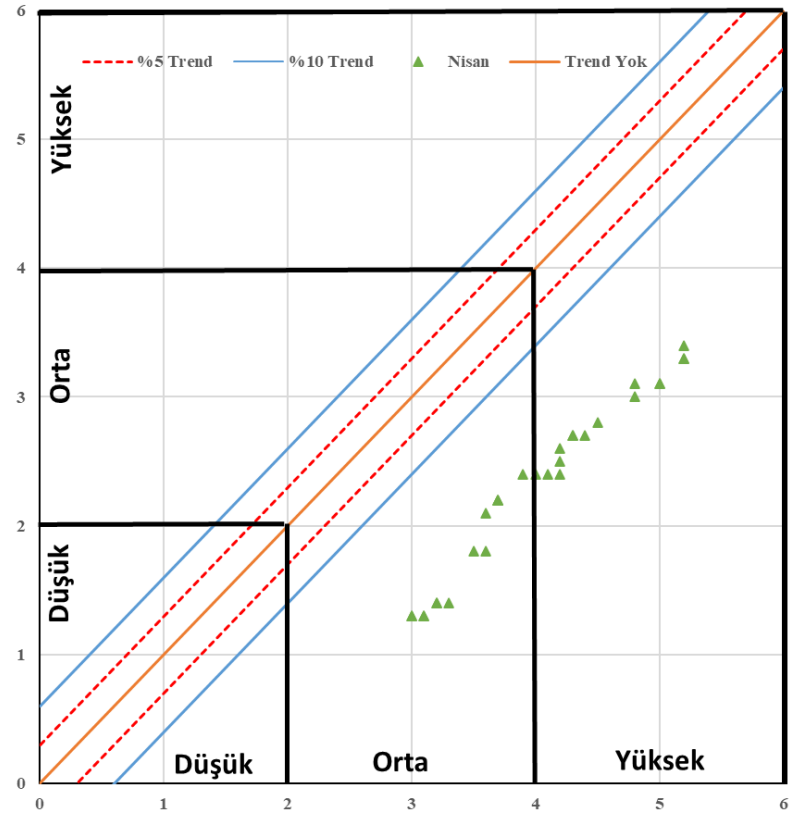
Şubat ayı ortalama rüzgar hızı değişim grafiği ve İnovatif Şen trend analiz yöntemi sonuçları Şekil 4.53 ile verilmiştir. Ocak ayı sonuçlarına çok benzer şekilde şubat ayı ortalama rüzgar hızı değerlerine eklenen lineer regresyon doğrusunun eğimi bariz bir azalan trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçları da bu bulguyu desteklemektedir. Şubat ayı ortalama rüzgar hızı parametrelerinin büyük çoğunluğunun orta sınıfa düştüğü ve orta ve yüksek sınıflarda %10'dan büyük trendler olduğu görülmüştür.



Şekil 4.54 Mart ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

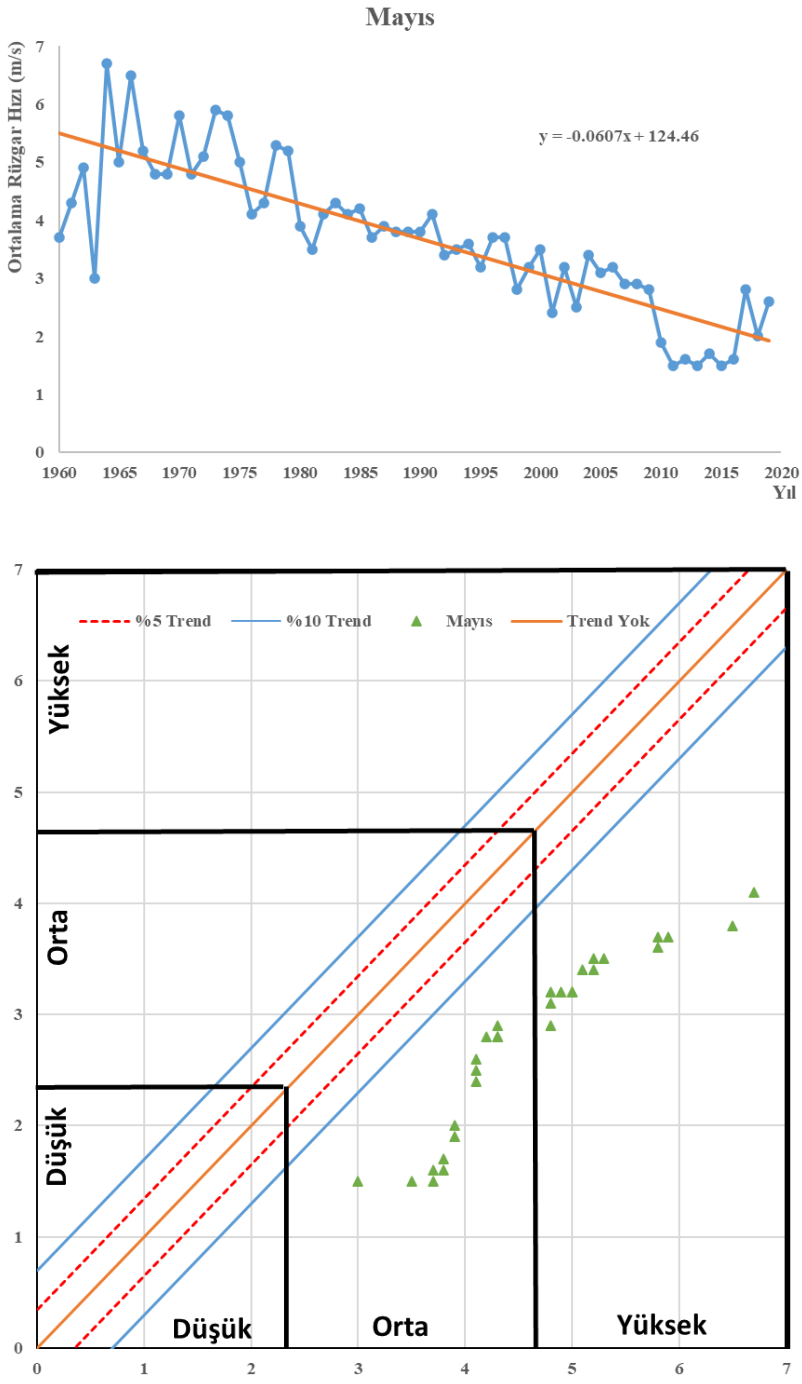
Mart ayı ortalama rüzgar hızı değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.54 ile verilmiştir. Mart ayı ortalama rüzgar hızı parametresinin dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi çok belirgin azalan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarında da benzer şekilde %10'dan büyük trendler saptanmıştır.





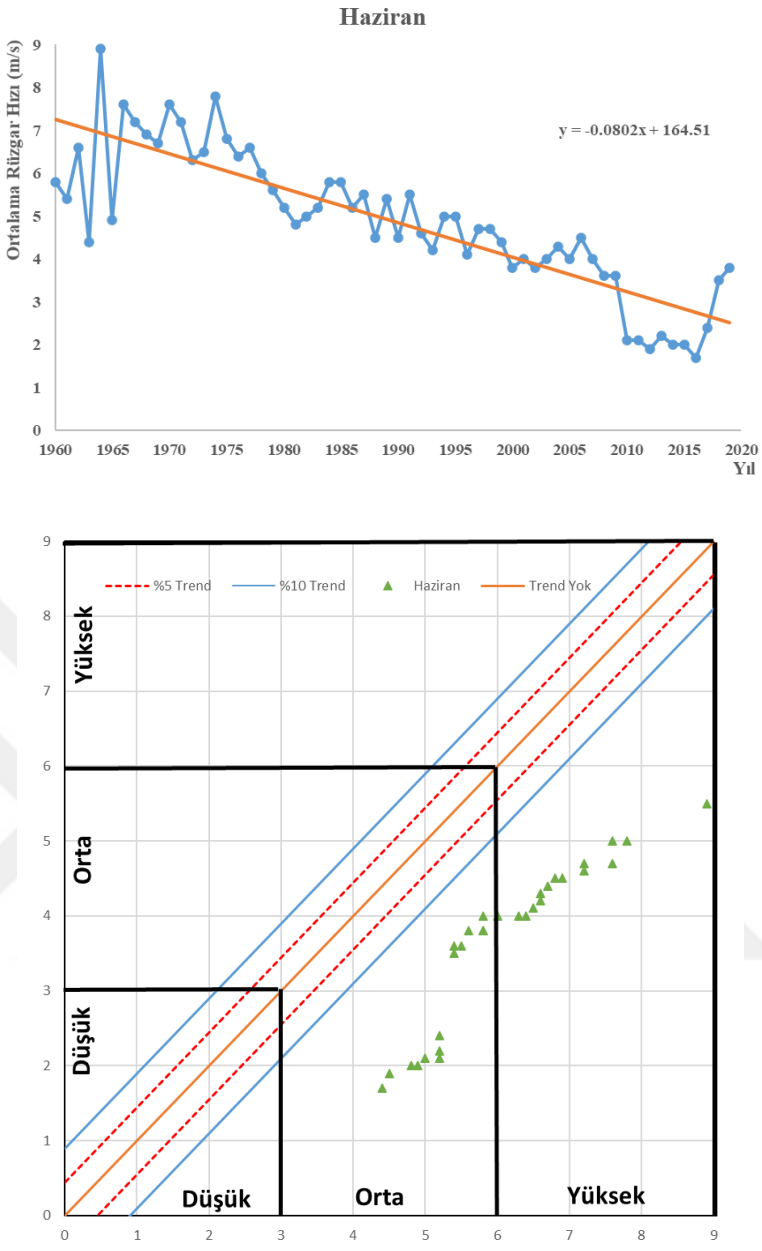
Şekil 4.55 Nisan ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Nisan ayı ortalama rüzgar hızı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.55 ile verilmiştir. Ortalama rüzgar hızı verilerinde nisan ayı dağılım grafiğinde ve İnovatif Şen trend test sonuçlarında çok belirgin azlan trendler tespit edilmiştir. İnovatif Şen trend test sonucuna göre düşük sınıfta hiç veri yer almazken orta ve yüksek sınıftaki verilerin tamamı -%10'luk referans doğrusunun epey altında konumlanmıştır.



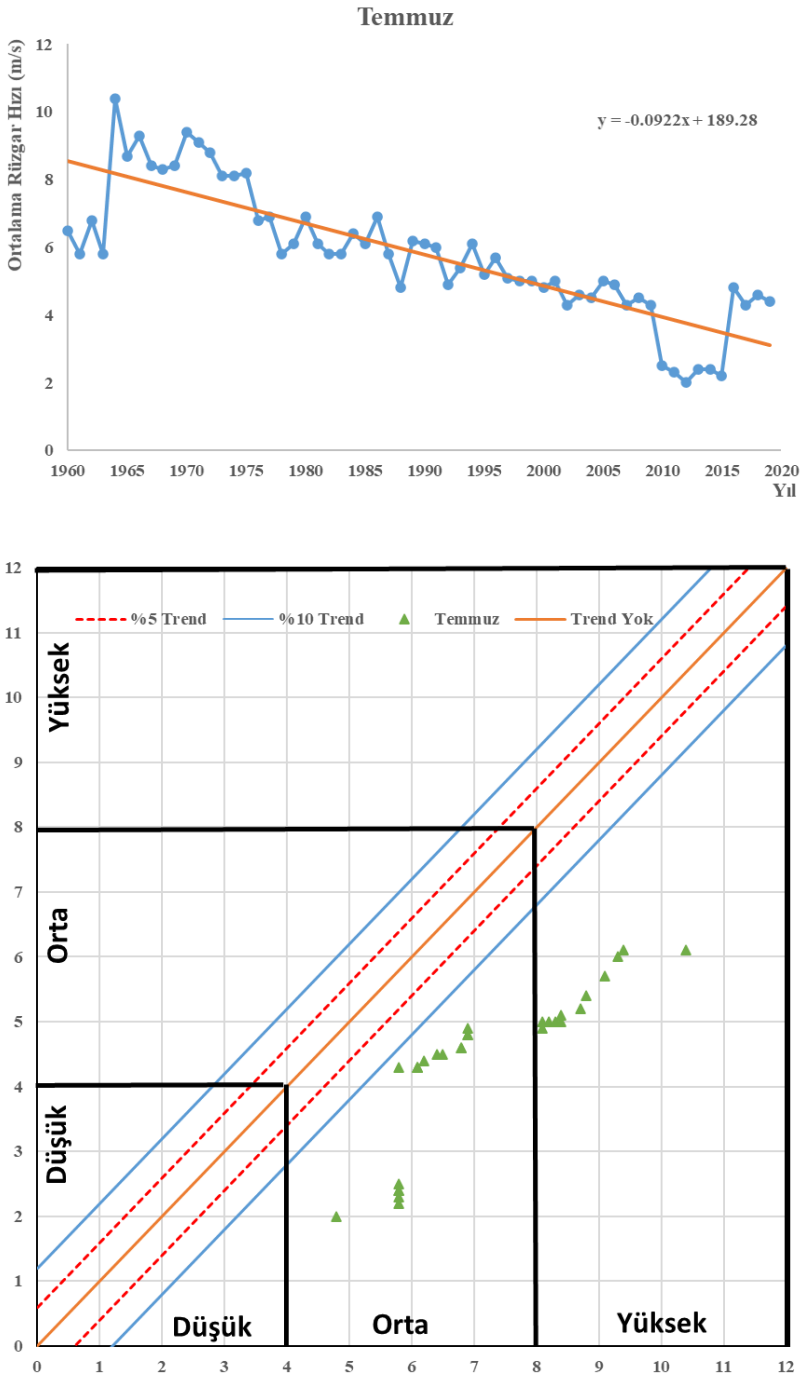
Şekil 4.56 Mayıs ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Mayıs ayı ortalama rüzgar hızı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.56 ile verilmiştir. Mayıs ayı ortalama rüzgar hızı verilerine eklenen regresyon doğrusu belirgin azalan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend sonuçları da bu bulguyu destekler niteliktedir. Daha önceki birkaç aylık değerlendirmede olduğu gibi verilerin tamamı orta ve yüksek sınıfta dağılmıştır.



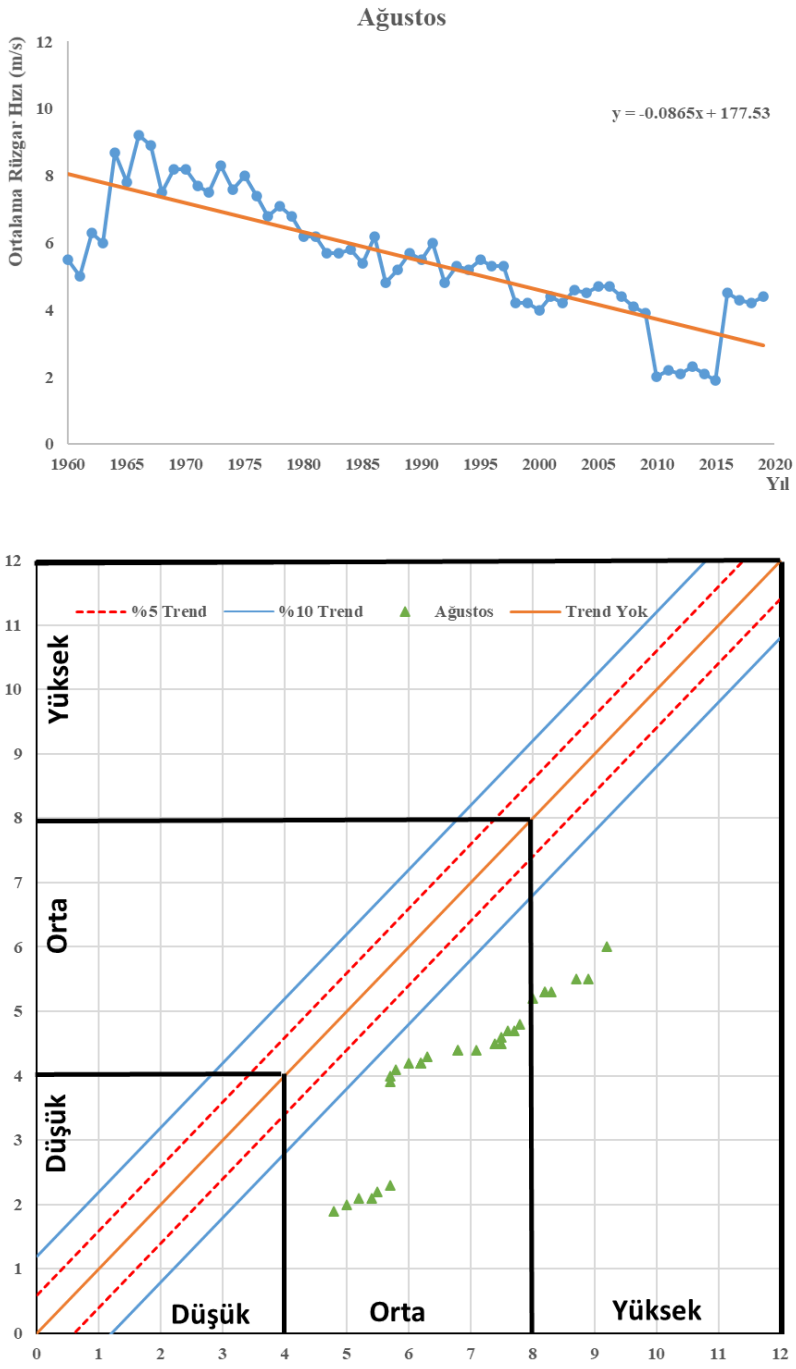
Şekil 4.57 Haziran ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Haziran ayı ortalama rüzgar hızı değişim grafiği ve grafik tabanlı İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.57 ile verilmiştir. Haziran ayı ortalama rüzgar hızı dağılım grafiğinde de önceki aylarda görülen trendlerin devam ettiği anlaşılmaktadır. İnovatif Şen trend test yönteminde de veriler orta ve yüksek sınıfta dağılmıştır ve %10'dan büyük azalan trendler olduğu görülmektedir. Bununla beraber haziran ayıyla birlikte yüksek sınıfta daha fazla verinin yer aldığı anlaşılmaktadır.



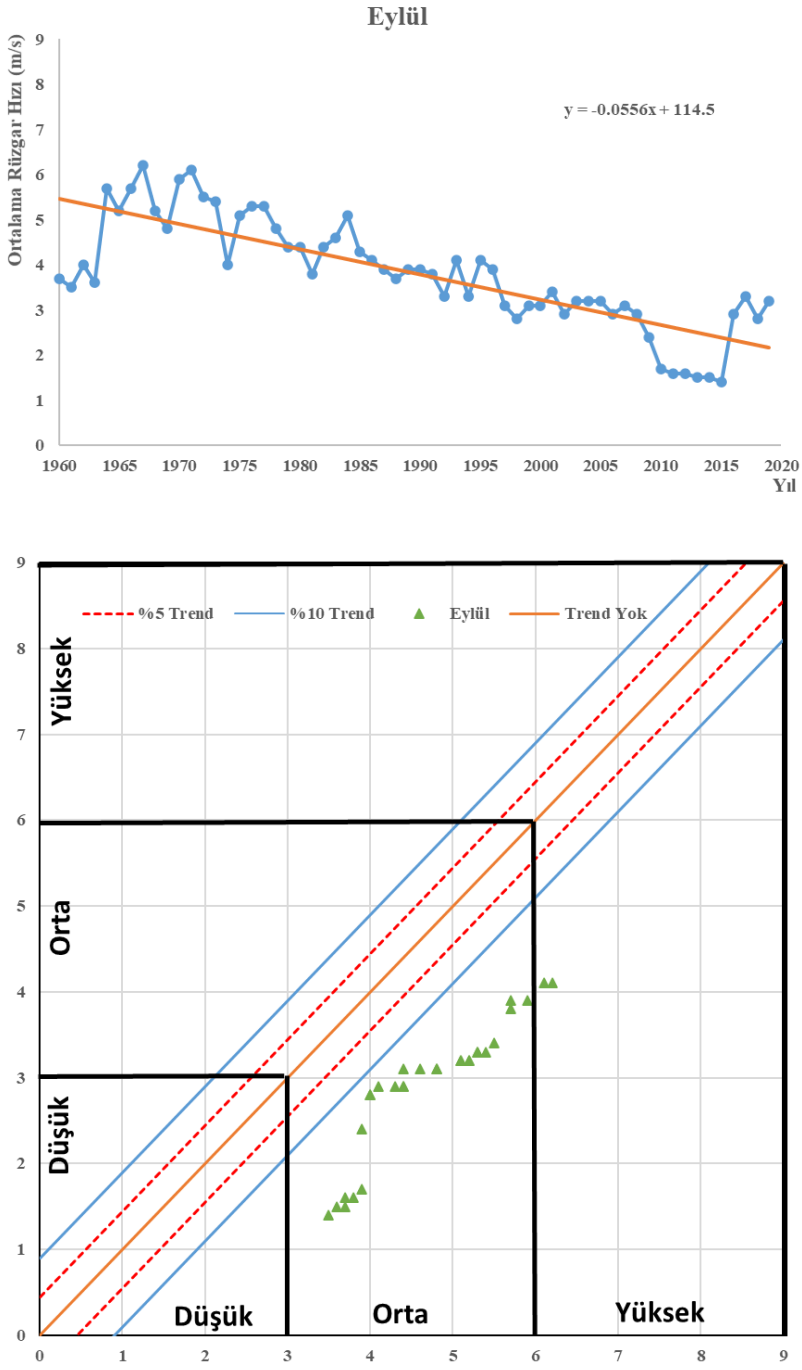
Şekil 4.58 Temmuz ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Temmuz ayı ortalama rüzgar hızı değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.58 ile verilmiştir. Şekil 4.58 ile verilen temmuz ayı ortalama rüzgar hızı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları önceki ayların tamamında olduğu gibi belirgin azalan trendlere işaret etmektedir.



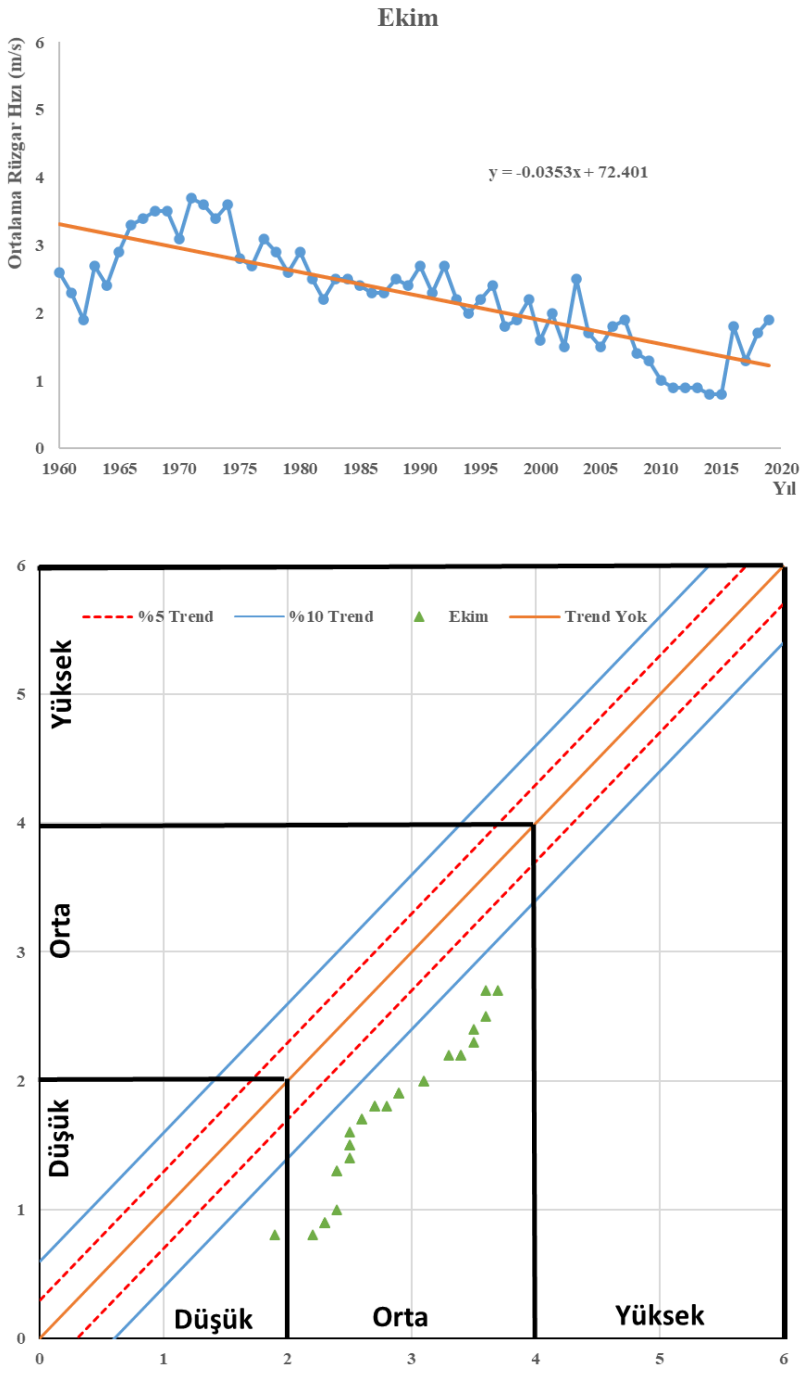
Şekil 4.59 Ağustos ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ağustos ayı ortalama rüzgar hızı değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.59 ile paylaşılmıştır. Ağustos ayı ortalama rüzgar hızı sonuçlarında da önceki aylarda olduğu gibi hem lineer regresyon eğimine göre hem İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre belirgin azalan trendler saptanmıştır. Orta ve yüksek sınıfa denk düşen verilerin trendinin %10'dan büyük olduğu görülmektedir.



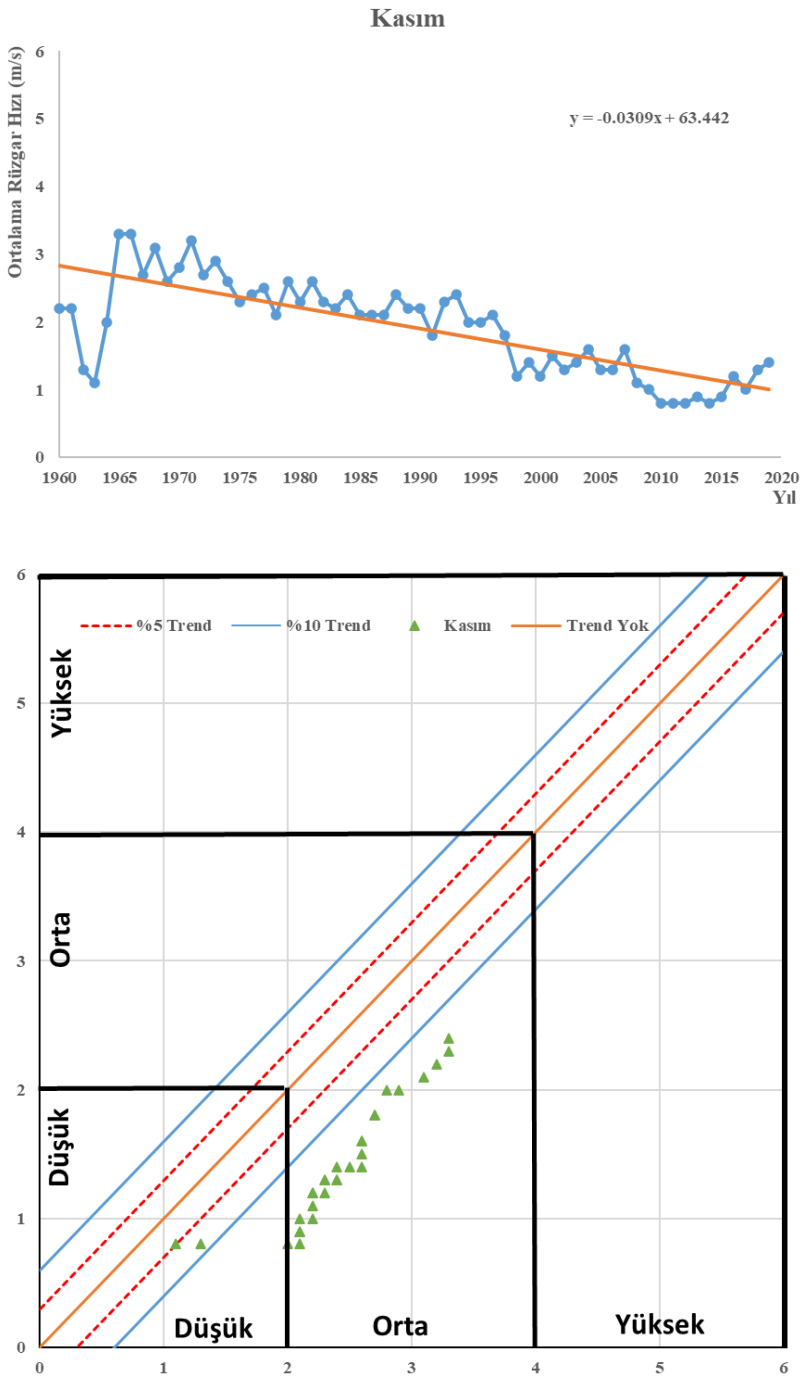
Şekil 4.60 Eylül ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Eylül ayı ortalama rüzgar hızı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.60 ile verilmiştir. Eylül ayı ortalama rüzgar hızı dağılım grafiğinin eğimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları belirgin azalan trendler tespit etmiştir. İnovatif Şen trend test grafiğinde referans aralığı çok geniş tutulmuş gibi görünse de yöntem bölümünde anlatıldığı üzere toplam zaman serisinin ilk kısmı x eksenini ikinci kısmı ise y eksenini oluşturduğundan seçilen aralıklar makuldür.



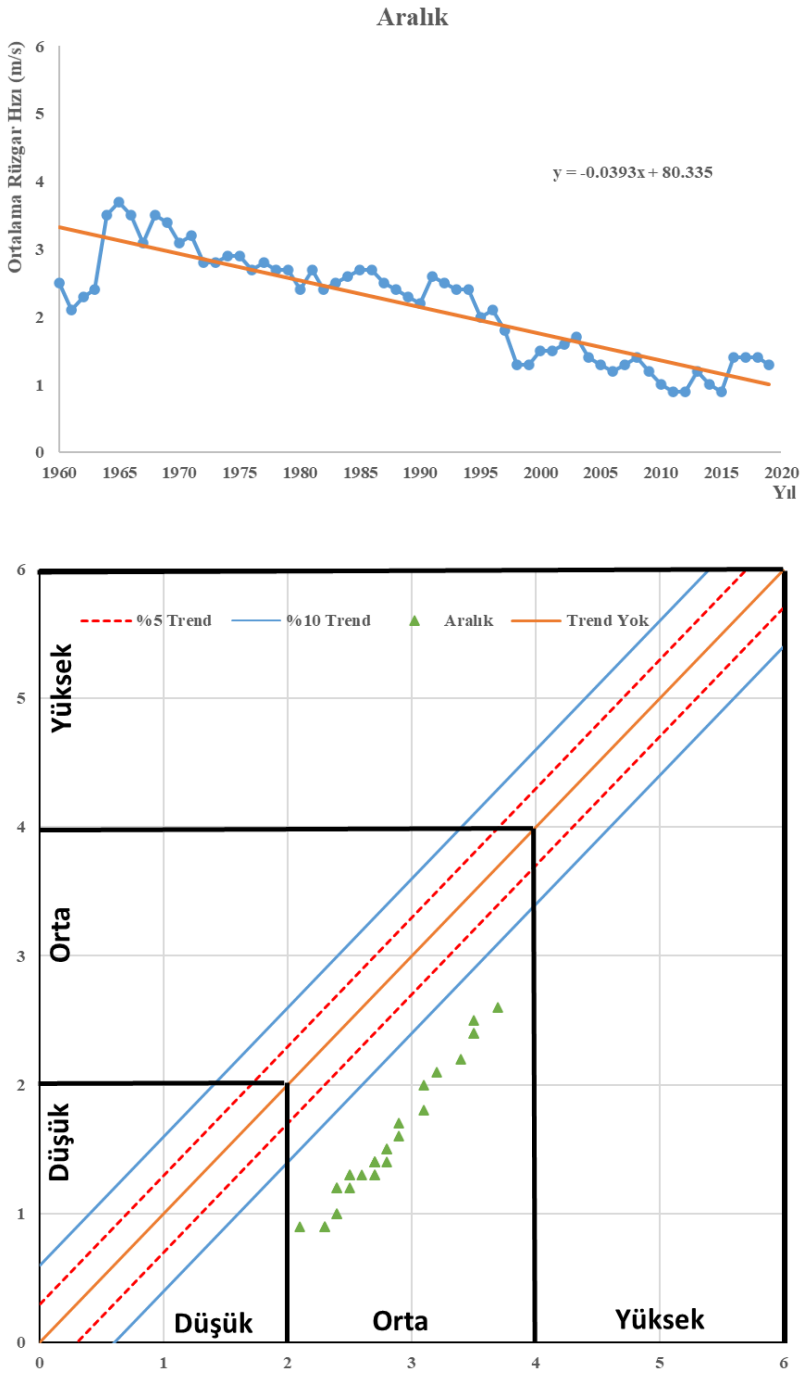
Şekil 4.61 Ekim ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Ekim ayı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.61 ile verilmiştir. Ekim ayı ortalama rüzgar hızına eklenen regresyon doğrusunun eğimi önceki ayların tamamında olduğu gibi belirgin azalan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend yönteminde düşük ve orta sınıfa düşen veriler %10'dan büyük azalan trendler olduğunu göstermektedir.



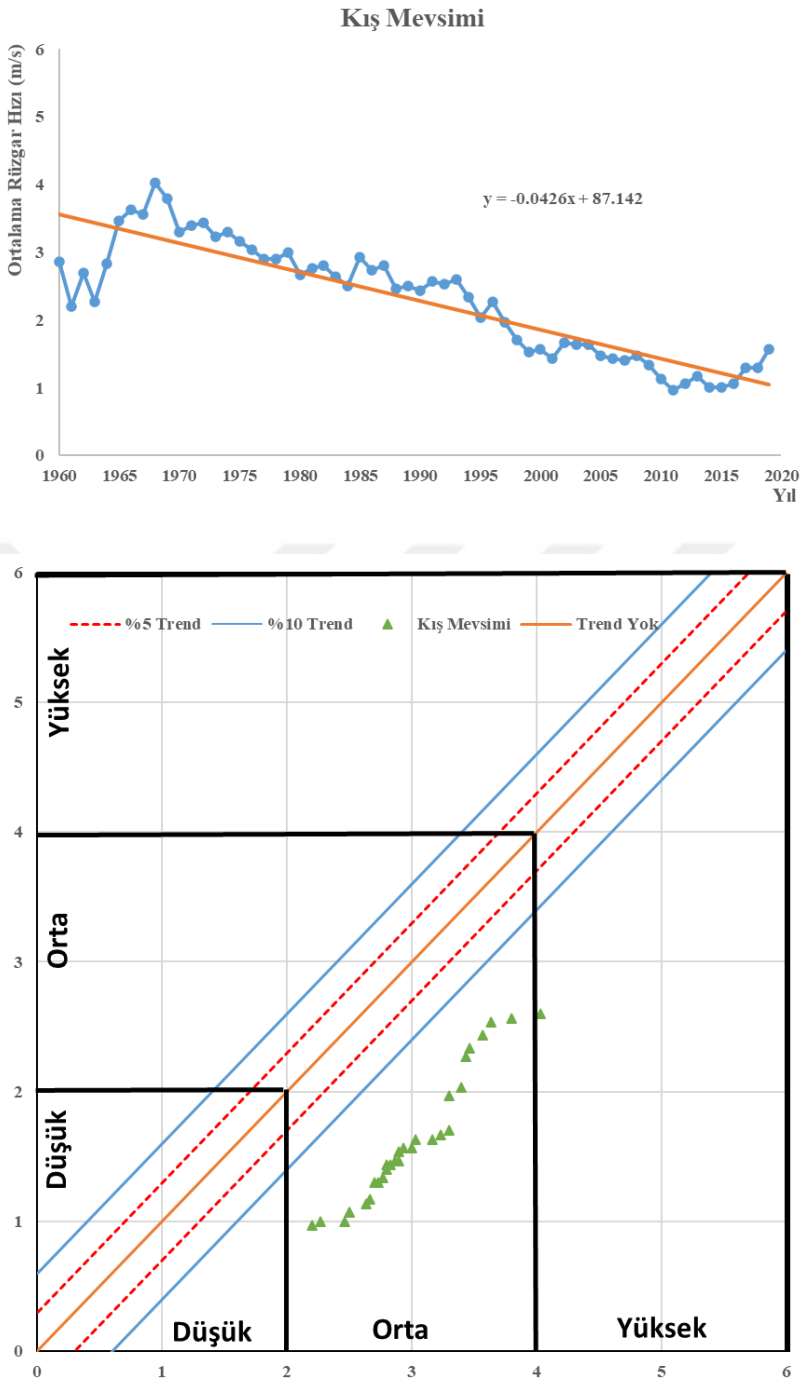
Şekil 4.62 Kasım ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Kasım ayı ortalama rüzgar hızı değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.62 ile verilmiştir. Kasım ayı ortalama rüzgar hızı dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi bariz azalan trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test yönteminde düşük ve orta sınıfa düşen veriler azalan bir trendi göstermektedir. Ancak kasım ayı değerlendirmesinde ilk kez bir sınıfta %10'dan küçük bir trend bulunmuştur.



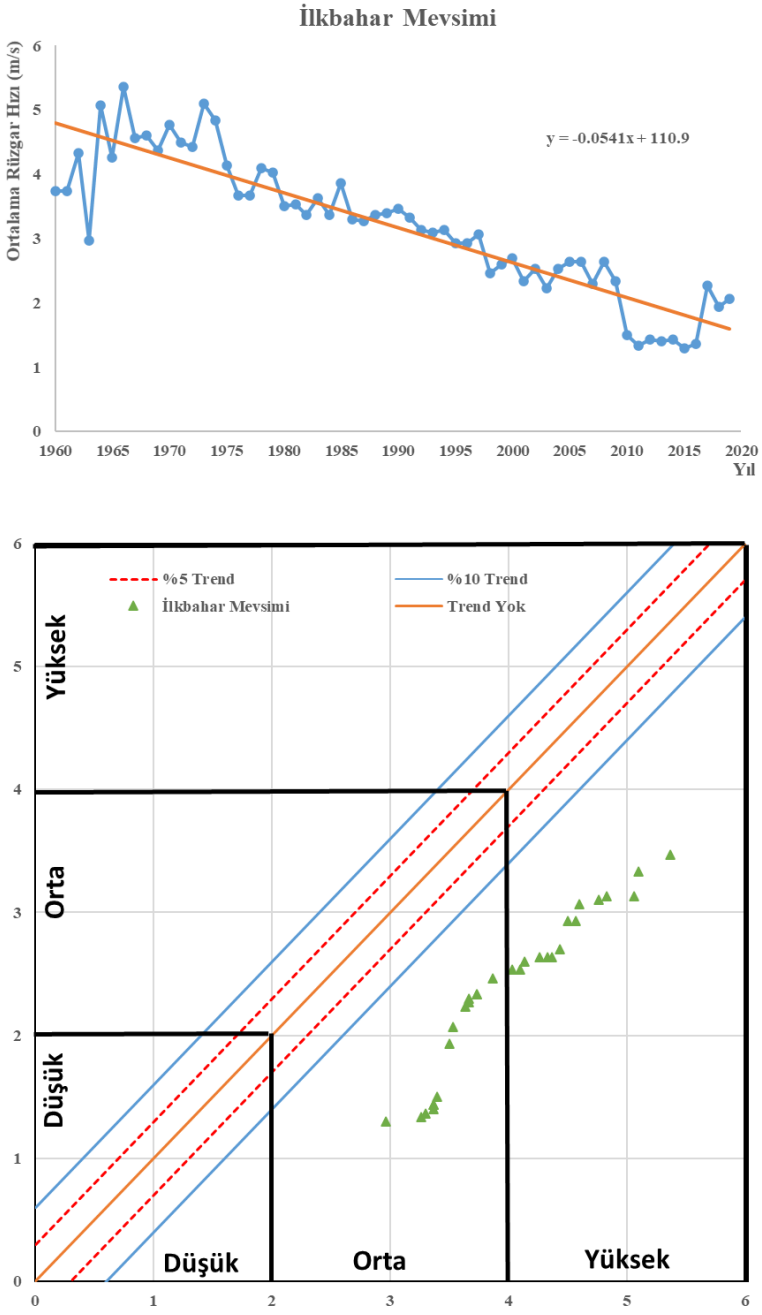
Şekil 4.63 Aralık ayı ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Son aylık değerlendirme olan aralık ayı ortalama rüzgar hızı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.63 ile verilmiştir. Aralık ayında da önceki aylık değerlendirmelerde olduğu gibi hem İnovatif Şen trend test hem de Lineer Regresyon doğrusunun eğimine göre belirgin bir azalan trend olduğu tespit edilmiştir.



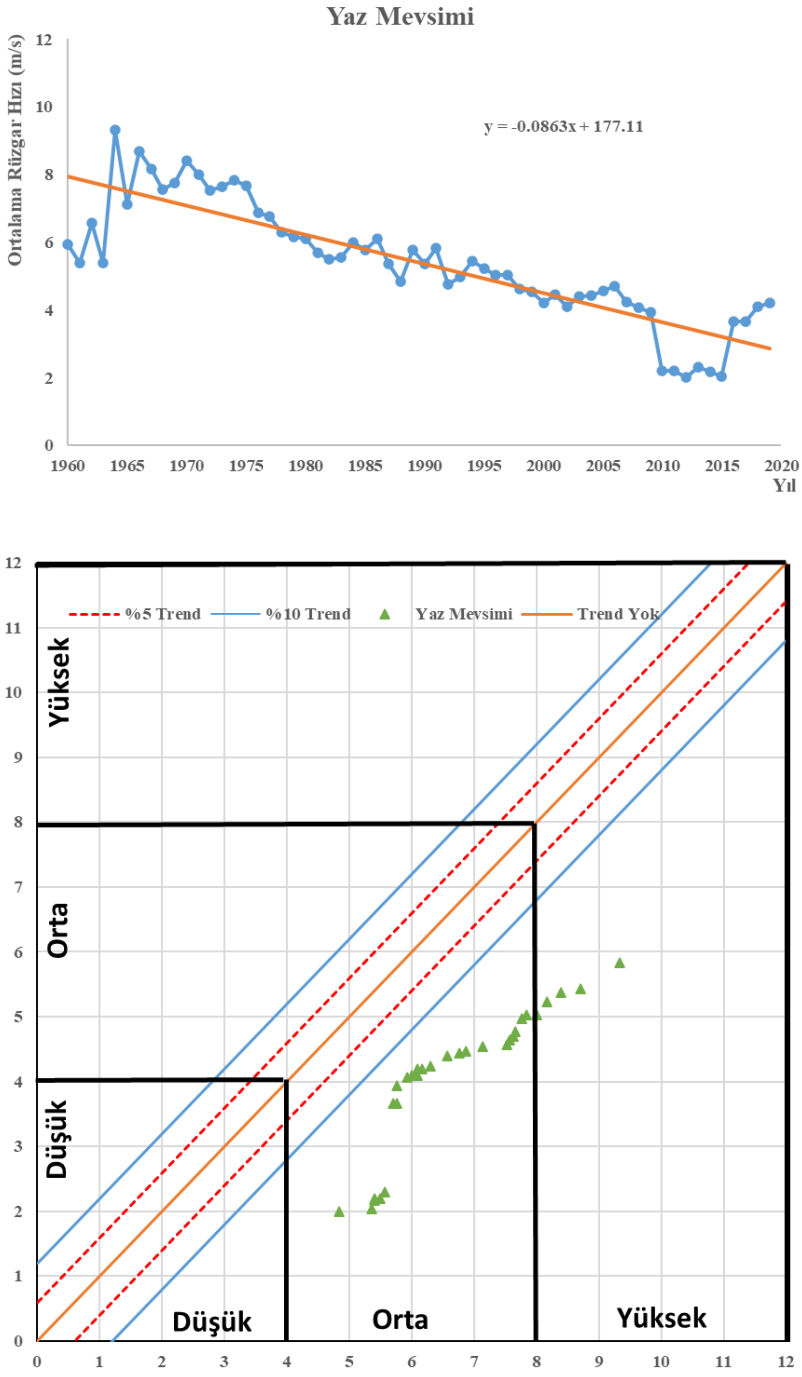
Şekil 4.64 Kış mevsimi ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Kış mevsimi ortalama rüzgar hızı değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.64 ile paylaşılmıştır.Bütün aylık değerlendirmelerde ortalama rüzgar hızında azalan trendler tespit edildiğinden beklenildiği üzere kış mevsiminde de hem regresyon doğrusunun eğimi hem de İnovatif Şen trend test sonucuna göre belirgin azalan trendler olduğu tespit edilmiştir.



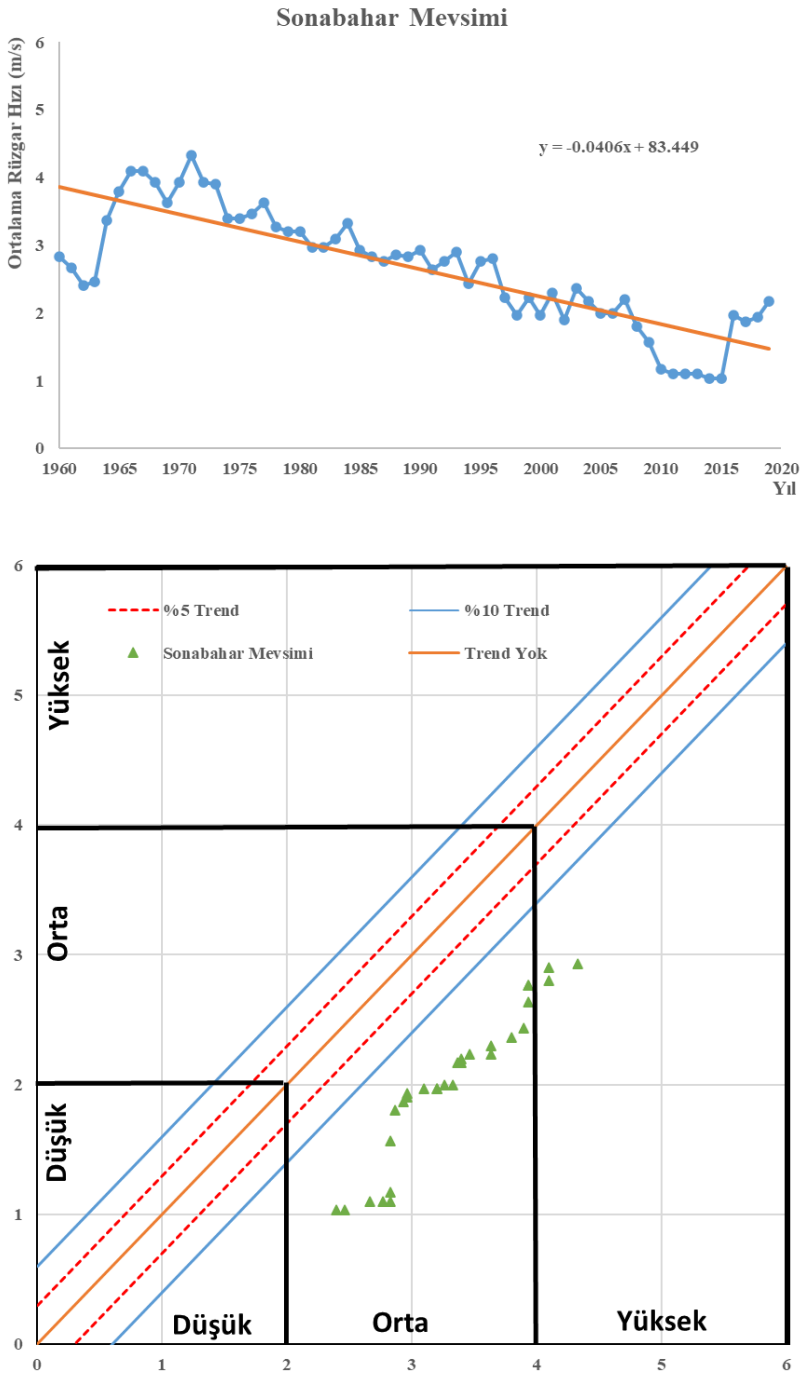
Şekil 4.65 İlkbahar mevsimi ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Şekil 4.65 ile ilkbahar mevsimi ortalama rüzgar hızı değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları verilmiştir. Ortalama rüzgar hızı ilkbahar mevsimi dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi belirgin bir azalan trende işaret etmektedir. İlkbahar mevsimi İnovatif Şen trend test sonuçları bu bulguyu desteklemektedir. Orta ve yüksek sınıflarda tespit edilen azalan trendler %10'dan büyüktür.



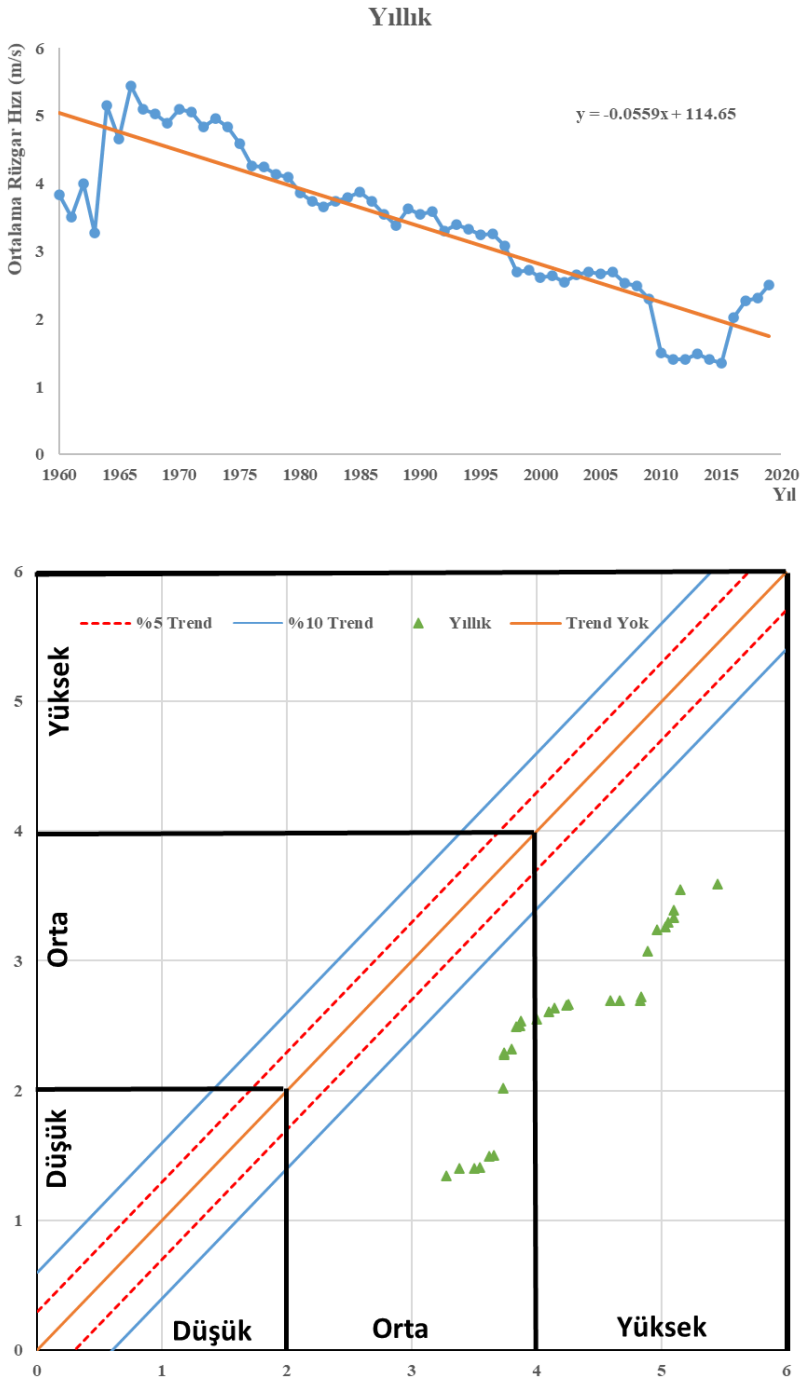
Şekil 4.66 Yaz mevsimi ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Yaz mevsimi ortalama rüzgar hızı değişimi ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.66 ile verilmiştir. Yaz mevsimi ortalama rüzgar hızı verilerine eklenen regresyon doğrusunun eğimi negatif hesaplanmıştır. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre ise orta ve yüksek sınıfta %10'dan büyük trendler tespit edilmiştir.



Şekil 4.67 Sonbahar mevsimi ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Sonbahar mevsimi ortalama rüzgar hızı dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.67 ile verilmiştir. Diğer üç mevsimde olduğu gibi sonbahar mevsimi ortalama rüzgar hızının azalan bir trende sahip olduğu kullanılan her iki yöntemle de teyit edilmiştir. Bütün aylık trendler azalan trende işaret ederken yıllık değerlendirmede de benzer şekilde azalan bir trend öngörmek mümkündür.



Şekil 4.68 Yıllık ortalama rüzgar hızı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Yıllara göre ortalama rüzgar hızı değişiminin ve İnovatif Şen trend test sonucunun verildiği grafikler Şekil 4.68 ile verilmiştir. Yıllık değerlendirmede dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi belirgin bir azalan trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarında da yıllık bazda orta ve yüksek sınıflarda %10'dan büyük azalan trendler olduğu görülmüştür.

Tablo 4.25 Ortalama rüzgar hızı İnovatif Şen trend test aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Sınıf	Trend	Trend Yönü	Yaklaşık Yüzde (%)
Ocak	Düşük	Var	Negatif	>%10
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Şubat	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Mart	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Nisan	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Mayıs	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Haziran	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Temmuz	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Ağustos	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Eylül	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Ekim	Düşük	Var	Negatif	>%10
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Yok	-	-
Kasım	Düşük	Var	Negatif	9%
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Yok	-	-
Aralık	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Yok	-	-

Ortalama rüzgar hızı İnovatif Şen trend test aylık değerlendirme sonuçları Tablo 4.25 ile verilmiştir. Tabloda verilen yüzdelik değerler grafiklerde çizilen referans doğruları baz alınarak verilen yaklaşık değerlerdir.

Ortalama rüzgar hızı parametresi için yapılan İnovatif Şen trend test aylık değerlendirmesine göre bütün aylarda %10'dan büyük azalan trendler olduğu görülmüştür. Ortalama rüzgar hızı mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları Tablo 4.26 ile verilmiştir.

Tablo 4.26 Ortalama rüzgar hızı İnovatif Şen trend test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Sınıf	Trend	Trend Yönü	Yaklaşık Yüzde (%)
Kış	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
İlkbahar	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Yaz	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Sonbahar	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10
Yıllık	Düşük	Yok	-	-
	Orta	Var	Negatif	>%10
	Yüksek	Var	Negatif	>%10

İnovatif Şen trend test yöntemi ile ortalama rüzgar hızı için yapılan mevsimlik ve yıllık değerlendirmede aylık değerlendirmeler ile uyumlu olarak her bir zaman dilimi için %10'dan büyük azalan trendler olduğu saptanmıştır.

İnovatif Şen trend test kullanılarak gerçekleştirilen ortalama rüzgar hızı trend analizinde tespit edilen aylık, mevsimsel ve yıllık trendlerin tamamı azalan trendler olmuştur.

Tablo 4.25 ve 4.26 ile verilen sonuçlardan da görüleceği üzere tespit edilen trendlerin neredeyse tamamı %10'luk referans çizgisinin dahi altındadır. Sadece kasım ayı düşük sınıfında tespit edilen azalan trend %9 mertebesinde olmuştur.

İnovatif Şen trend grafiklerinde net olarak görüldüğü üzere "trend yoktur" tespiti yapılan sınıflamalarda trend olmamasının nedeni veri dağılımının çarpıklığıyla değil ilgili sınıflarda hiç veri bulunmaması ile ilgilidir.

4.1.4.2 Ortalama Rüzgar Hızı Parametresi Lineer Regresyon Trend Analiz Sonuçları

İnovatif Şen trend yönteminde elde edilen bulgulara benzer şekilde lineer regresyon trend analiz yönteminde de her bir zaman dilimi için azalan trendler belirlenmiştir. Yöntemde lineer regresyon doğrusunun eğiminin yüzde 1'den büyük olması durumunda trend olduğuna karar verilmiştir. Ortalama rüzgar hızı lineer regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları Tablo 4.27 ile paylaşılmıştır.

Tablo 4.27 Ortalama rüzgar hızı lineer regresyon trend analiz aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Eğim Değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	-0.045	Var	Negatif
Şubat	-0.044	Var	Negatif
Mart	-0.044	Var	Negatif
Nisan	-0.058	Var	Negatif
Mayıs	-0.061	Var	Negatif
Haziran	-0.080	Var	Negatif
Temmuz	-0.092	Var	Negatif
Ağustos	-0.086	Var	Negatif
Eylül	-0.056	Var	Negatif
Ekim	-0.035	Var	Negatif
Kasım	-0.031	Var	Negatif
Aralık	-0.039	Var	Negatif

Lineer regresyon doğrusunun eğimine göre yapılan değerlendirmede aylık bazda en büyük azalan eğim temmuz ayı için hesaplanmıştır. Aylık değerlendirmede bütün aylarda istatistiksel olarak anlamlı azalan trendler olduğu tespit edilmiştir. Mevsimlik

ve yıllık lineer regresyon trend analiz ortalama rüzgar hızı sonuçları Tablo 4.28 ile verilmiştir.

Tablo 4.28 Ortalama rüzgar hızı lineer regresyon trend analiz mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	Eğim Değeri	Trend	Trend Yönü
Kış	-0.043	Var	Negatif
İlkbahar	-0.054	Var	Negatif
Yaz	-0.086	Var	Negatif
Sonbahar	-0.041	Var	Negatif
Yıllık	-0.056	Var	Negatif

Mevsimsel değerlendirmede ortalama rüzgar hızı için en büyük azalan eğim aylık değerlendirme ile uyumlu olarak yaz mevsimi için hesaplanmıştır. Dört mevsimde ve yıllık değerlendirmede azalan trendler saptanmıştır.

Hesaplanan lineer regresyon doğrusu eğimlerine göre karar verilen trendlerin tamamının İnovatif Şen trend test sonuçları ile aynı doğrultuda olduğu anlaşılmaktadır.

4.1.4.3 Ortalama Rüzgar Hızı Parametresi Mann Kendall Test Sonuçları

Önem katsayısı 0.05 alınarak yüzde 95 güven aralığı için aylık, mevsimsel ve yıllık bazda uygulanan Mann Kendall test sonuçları ortalama rüzgar hızı konusunda daha önceki iki yöntemle uyumlu bulunmuştur. Hesaplanan Mann Kendall istatistiğine göre Z değeri hesaplanmış ve kritik Z değerleri ile karşılaştırılmıştır. Hesaplanan Z değerinin kritik Z değerinden büyük veya küçük olmasına göre H_0 kabul veya reddedilmiş, trendin varlığına ve yönüne karar verilmiştir. Ortalama rüzgar hızı Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçları bir arada Tablo 4.29 ile verilmiştir.

Tablo 4.29 Ortalama rüzgar hızı Mann Kendall test aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z Değeri	Hesaplanan Z Değeri	MK Değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.05	+1.96 -1.96	-8.31	-1303	Var	Negatif
Şubat			-8.03	-1258	Var	Negatif
Mart			-8.00	-1254	Var	Negatif
Nisan			-8.73	-1368	Var	Negatif
Mayıs			-7.92	-1241	Var	Negatif
Haziran			-8.09	-1269	Var	Negatif
Temmuz			-8.12	-1272	Var	Negatif
Ağustos			-8.12	-1248	Var	Negatif
Eylül			-7.43	-1164	Var	Negatif
Ekim			-7.30	-1143	Var	Negatif
Kasım			-6.93	-1086	Var	Negatif
Aralık			-8.00	-1253	Var	Negatif

Mann Kendall test kullanılarak yapılan ortalama rüzgar hızı aylık değerlendirmelerinde bütün aylar için istatistiksel olarak anlamlı azalan trendler belirlenmiştir. Mevsimlik ve yıllık Mann Kendall test ortalama rüzgar hızı sonuçları Tablo 4.30 ile verilmiştir.

Tablo 4.30 Ortalama rüzgar hızı Mann Kendall test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z Değeri	Hesaplanan Z Değeri	MK Değeri	Trend	Trend Yönü
Kış			-8.42	-1321	Var	Negatif
İlkbahar			-8.73	-1369	Var	Negatif
Yaz			-8.47	-1329	Var	Negatif
Sonbahar			-7.83	-1229	Var	Negatif
Yıllık			-8.85	-1388	Var	Negatif

Tablo 4.30 ile verilen mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları aylık değerlendirme sonuçları ile uyumlu olarak negatif trendlere sahiptir.

Mann Kendall istatistiği kullanılarak hesaplanan Z değerlerinin tamamı önem katsayısına göre belirlenen -1.96 kritik Z değerinden küçüktür ki bu H_0:"trend yoktur."

hipotezinin reddedilip alternatif hipotezin kabulünü gerekli kılar. Kısacası bu önem katsayısı ve güven aralığı için Mann Kendall ile yapılan analizlerin tamamında istatistiksel olarak anlamlı azalan trendler tespit edilmiştir.

Daha önceki yağış ve bağıl nem parametrelerinde parametrik olmayan Mann Kendall test sonuçlarının İnovatif Şen trend test yöntemi ile uyumlu olmadığına değinilmişti. Ancak ortalama rüzgar hızı parametresi için yapılan analizlerde her iki yönteme ait sonuçların tamamen örtüştüğü görülmektedir.

4.1.4.4 Ortalama Rüzgar Hızı Parametresi Spearman's Rho Test Sonuçları

Spearman's Rho testte de Mann Kendall yönteminde olduğu gibi 0.05 önem katsayısı ve %95 güven aralığı için çalışılmıştır. Spearman's Rho test sonuçları da diğer üç yöntemle aynı doğrultuda sonuç vermiş ve bütün zaman dilimlerinde azalan trendler tespit etmiştir. Hesaplanan Z_{SR} değeri kritik Z değeri ile karşılaştırılarak H_0 hipotezi kabul veya reddedilmiştir. H_0 hipotezi trendin olmadığı durumu ifade etmektedir. Ortalama rüzgar hızı parametresi Spearman's Rho test aylık değerlendirme sonuçları Tablo 4.31 ile verilmiştir.

Tablo 4.31 Ortalama rüzgar hızı Spearman's Rho test aylık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z değeri	Hesaplanan Z_{SR} değeri	Trend	Trend Yönü
Ocak	0.05	+1.96 -1.96	-12.29	Var	Negatif
Şubat			-11.87	Var	Negatif
Mart			-13.51	Var	Negatif
Nisan			-17.11	Var	Negatif
Mayıs			-12.41	Var	Negatif
Haziran			-13.47	Var	Negatif
Temmuz			-13.49	Var	Negatif
Ağustos			-13.02	Var	Negatif
Eylül			-10.66	Var	Negatif
Ekim			-10.14	Var	Negatif
Kasım			-8.23	Var	Negatif
Aralık			-11.62	Var	Negatif

Tablo 4.31 ile verilen sonuçlar incelendiğinde Spearman's rho test yönteminin bütün aylarda istatistiksel olarak anlamlı azalan trendler saptadığı görülmektedir. Ortalama

rüzgar hızı mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları Tablo 4.32 ile verilmiştir. Tablo 4.32 ile verilen değerlendirmede aylık sonuçlar ile uyumlu olarak dört mevsimde ve yıllık bazda azalan trendler olduğu görülmüştür.

Tablo 4.32 Ortalama rüzgar hızı Spearman's Rho test mevsimlik ve yıllık değerlendirme sonuçları

Zaman Dilimi	α	Kritik Z değeri	Hesaplanan Z_{SR} değeri	Trend	Trend Yönü
Kış			-14.08	Var	Negatif
İlkbahar			-17.78	Var	Negatif
Yaz			-15.98	Var	Negatif
Sonbahar			-11.68	Var	Negatif
Yıllık			-16.41	Var	Negatif

Kullanılan dört trend belirleme yönteminde de ortalama rüzgar hızı parametresi için istatistiksel olarak anlamlı azalan trendler olduğu görülmüştür. Özellikle İnovatif Şen trend test yönteminde grafik üzerinde görülen belirgin azalan trendlerin tek başına iklim değişikliği ile açıklanmasının mümkün olmadığı düşünülmektedir. İstasyon konumu da dikkate alındığında bu denli bir azalış eğiliminin bölgedeki yapılaşma ile ilgili olabileceğini düşündürtmektedir. 1960 yılından itibaren 2019 yılına kadar kesintisiz alınan kayıtlar kullanıldığından 60 yıllık süreçte zamanla artan yapılaşmanın istasyona ulaşan rüzgarın hızını kesebileceği ihtimali güçlü bir ihtimal olarak görülmektedir.

4.1.5 Akım Verileri Trend Analiz Sonuçları

Akım trend analizleri için Amik ovasında yer alan Devlet Su İşleri'ne ait akım gözlem istasyonlarının uzun yılara ait verileri kullanılmıştır.

1905-Karasu Torun, 1906-Afrin Deresi, 1907-Asi Demirköprü, 1908-Asi Antakya akım gözlem istasyonlarının yıllık ortalama ve maksimum debilerine İnovatif Şen trend test, Lineer regrsyon trend analiz yaklaşımı, Spearman's Rho test ve Mann Kendall test yöntemleri uygulanarak ilgili istasyonların akım değişimleri incelenmiştir.

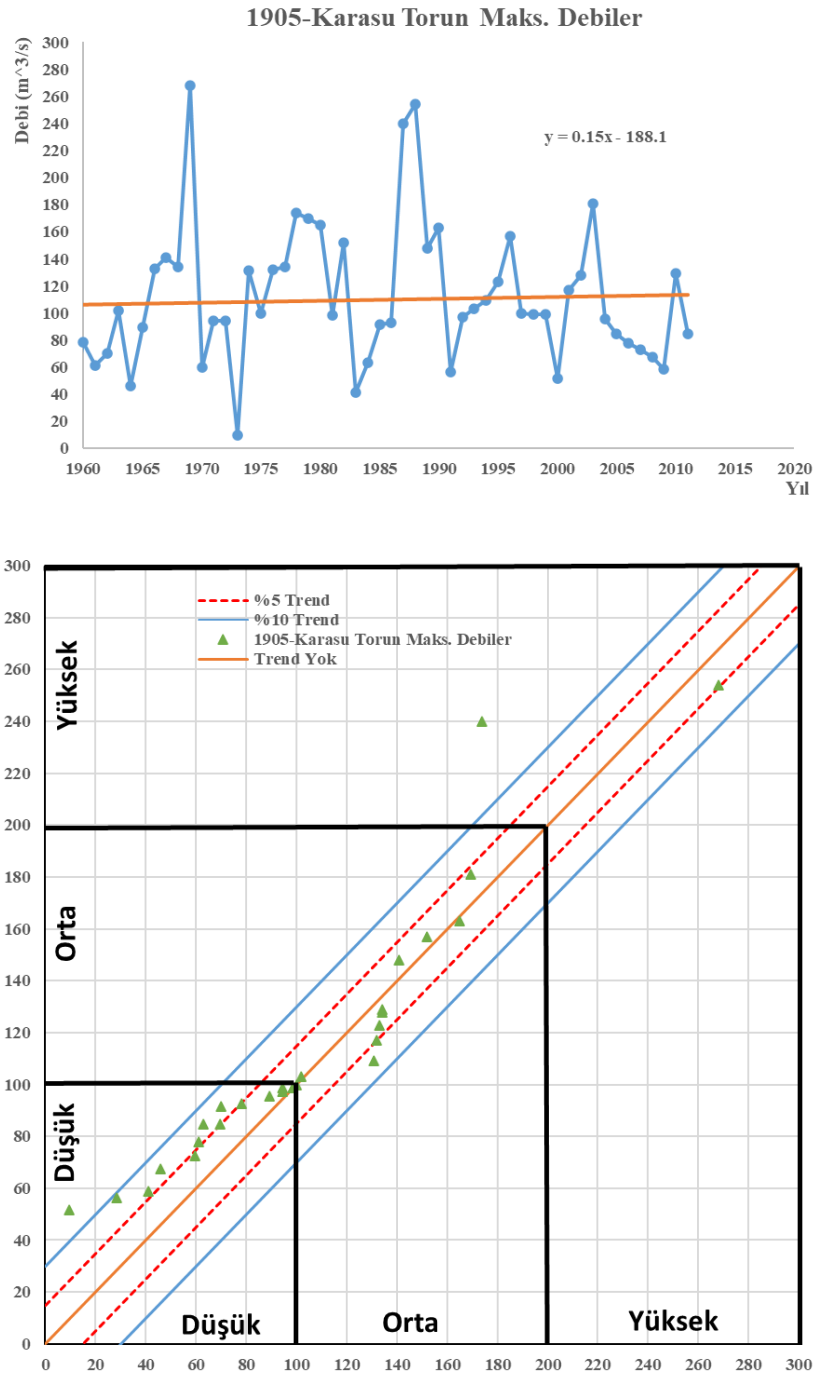
4.1.5.1 Akım Verileri İnovatif Şen Trend Test Sonuçları

Amik ovasının Kuzey kesiminde yer alan 1905-Karasu Torun AGİ'nin maksimum ve ortalama akım değerlerinin trend araştırma yöntem sonuçları aşağıdaki gibidir.

İklim parametrelerinde olduğu gibi akım trend araştırmasında da İnovatif Şen trend test yöntemi düşük, orta ve yüksek isimli üç farklı kategoride incelenmiştir.

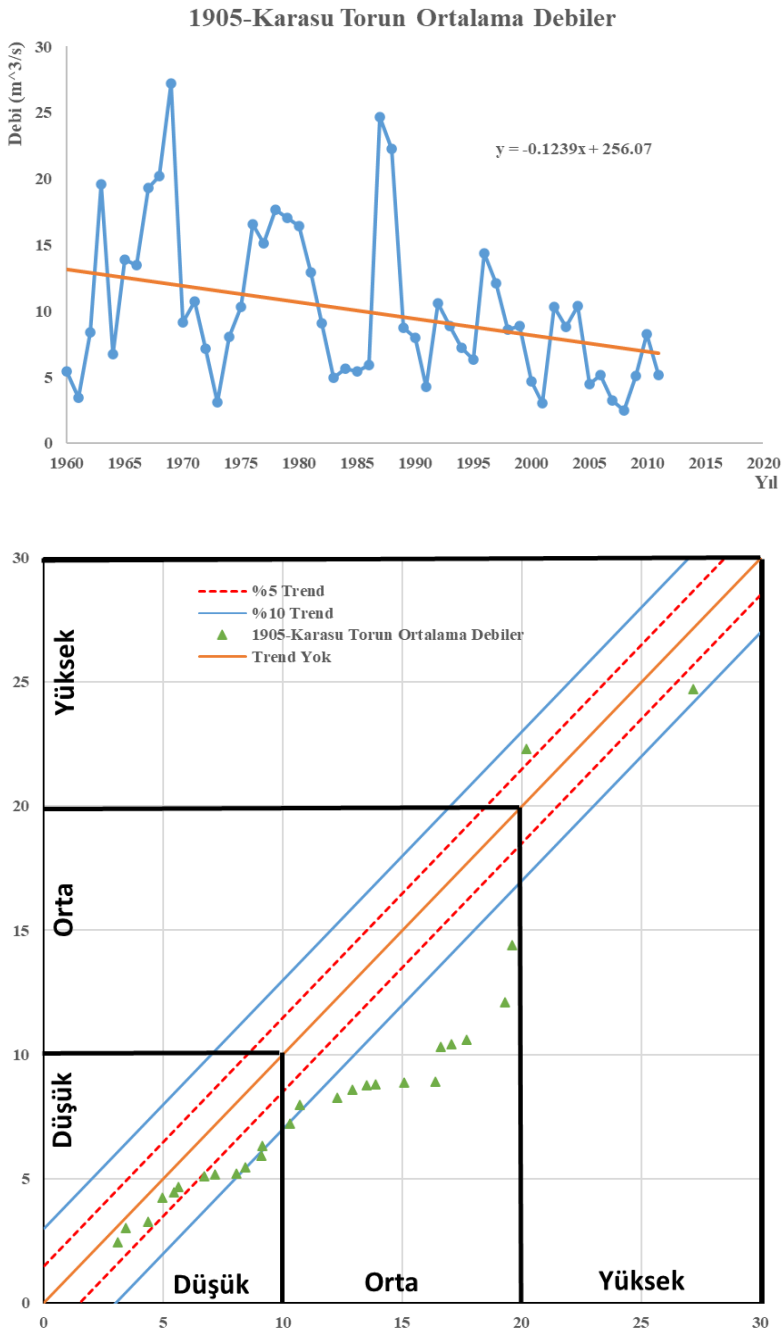
1905-Karasu Torun AGİ uzun yıllar maksimum debilerine eklenen regresyon doğrusunun eğimi pozitif olarak hesaplanmıştır. Bu durum bahsi geçen akım gözlem istasyonunda maksimum debilerin artan bir trende sahip olduğuna işaret etmektedir.

1905-Karasu Torun AGİ maksimum debilerinin İnovatif Şen trend test sonuçları ve akım verilerinin yıllara göre değişimi Şekil 4.69 ile verilmiştir.



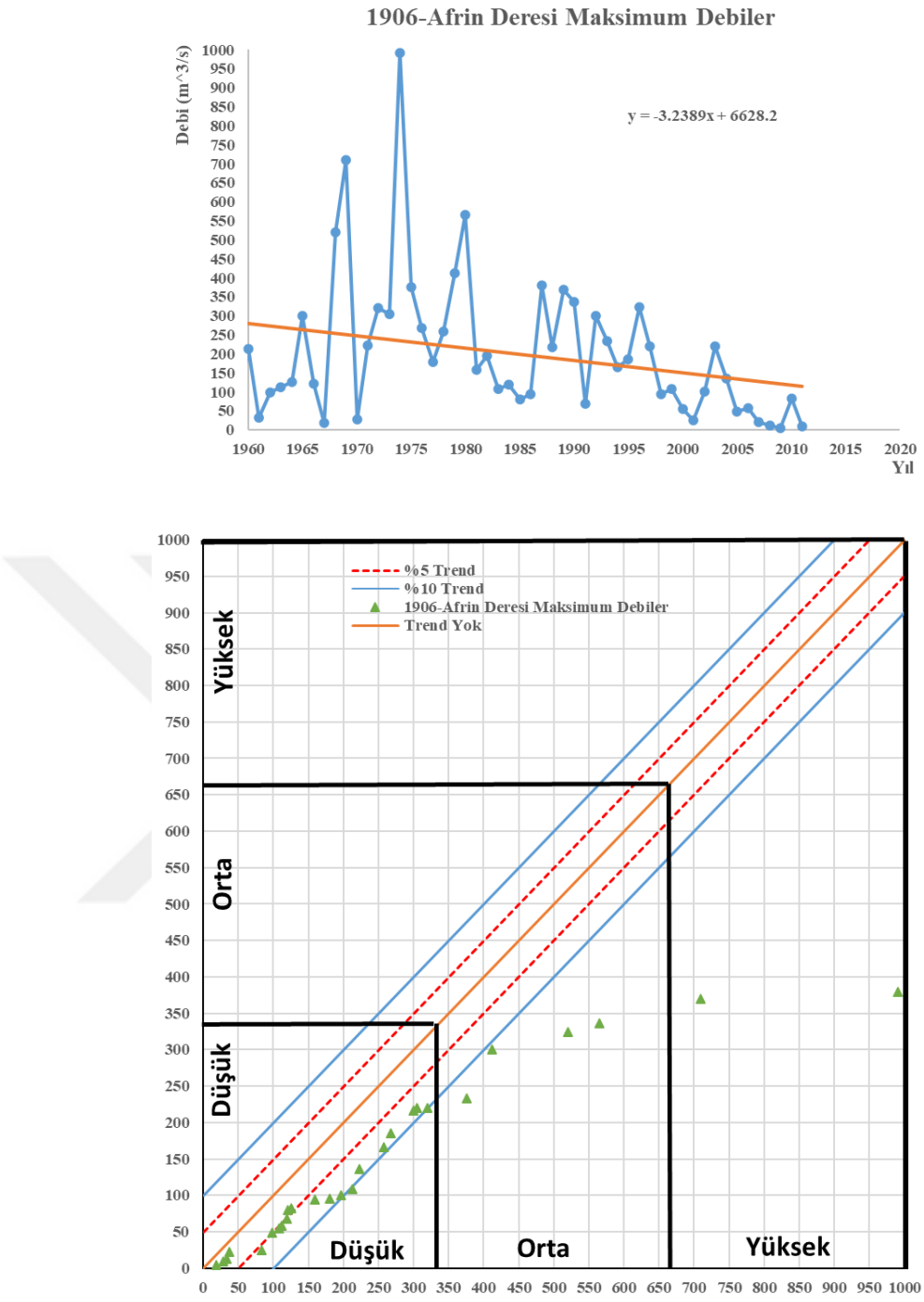
Şekil 4.69 1905-Karasu Torun AGİ maksimum debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre 1905-Karasu Torun AGİ maksimum debi değerlerinin çoğunlukla düşük ve orta sınıfta dağıldığı görülmektedir. Düşük sınıfta verilerin tamamı "trend yoktur" çizgisinin üzerinde yer almaktadır ki bu durum düşük sınıfta maksimum debiler için bir artan trend olduğunu göstermektedir. Orta ve yüksek sınıflarda veri dağılımları anlamlı bir trend olmadığını göstermektedir.



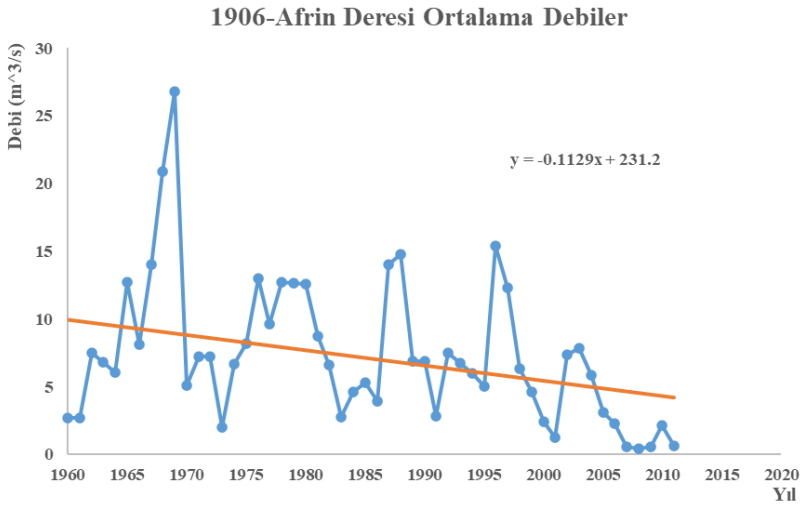
Şekil 4.70 1905-Karasu Torun AGİ ortalama debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

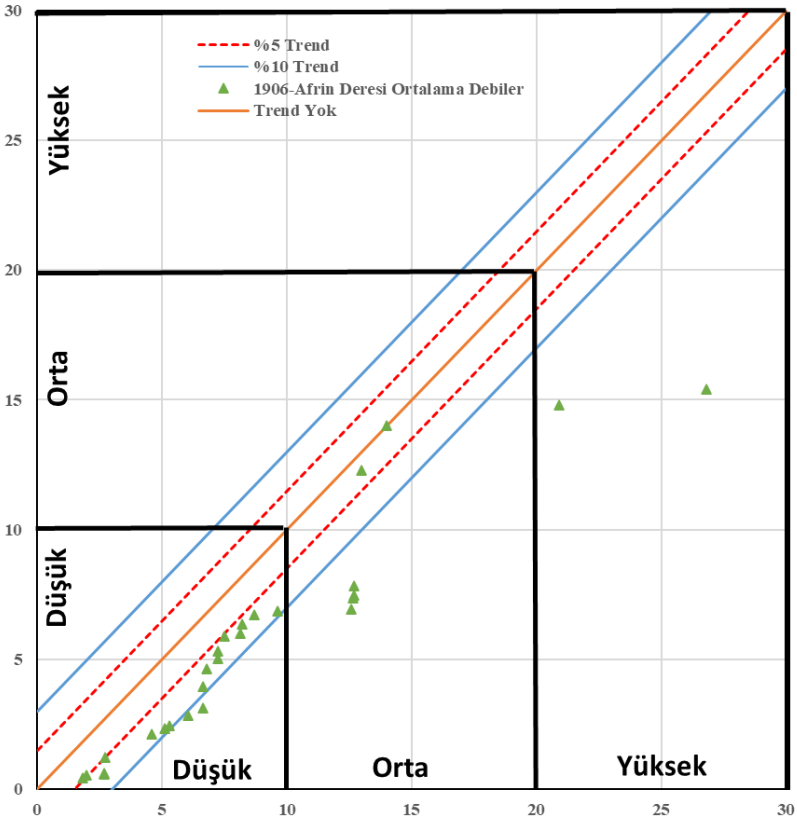
1905-Karasu Torun ortalama akım değerlerinin dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.70 ile verilmiştir. Bahsedilen istasyonun ortalama akım verilerine eklenen lineer regresyon doğrusunun eğimi azalan bir trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçları da bu bulguyu destekler niteliktedir. Düşük ve orta sınıflar için azalan trendler tespit edilirken özellikle orta sınıfta %10'dan büyük bir azalan trend saptanmıştır.



Şekil 4.71 1906-Afrin Deresi AGİ maksimum debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

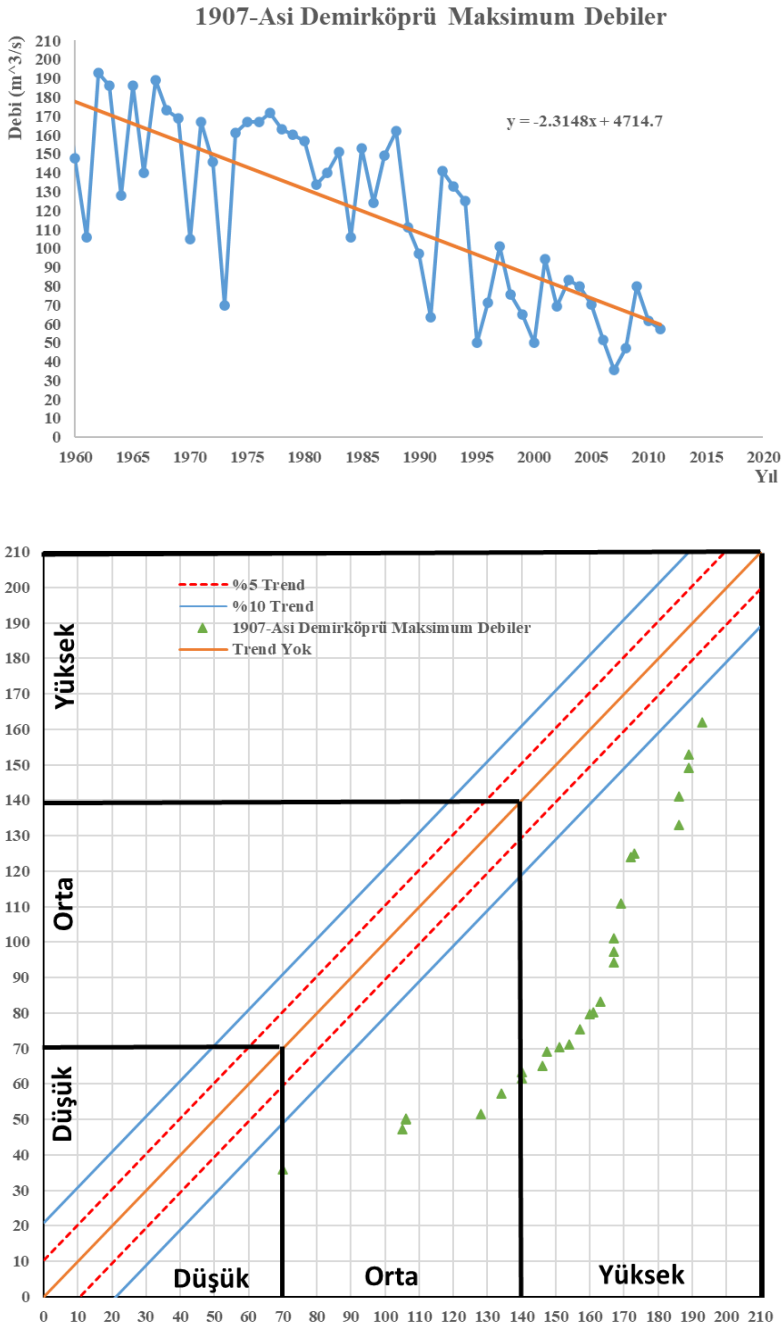
1906-Afrin Deresi AGİ maksimum debilerinin dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.71 ile verilmiştir. İlgili istasyonun maksimum debi değerlerinin dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi çok belirgin bir azalan trende işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçları da bu doğrultudadır. Her üç sınıflandırmada da bariz düşüş trendleri saptanmıştır.





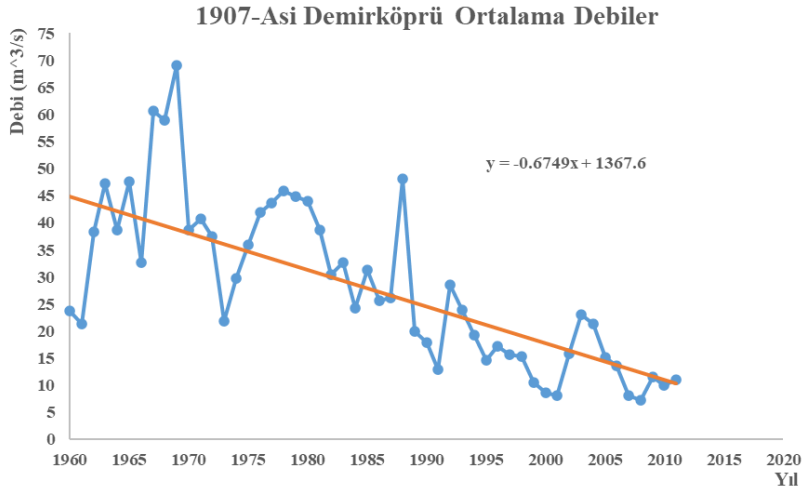
Şekil 4.72 1906-Afrin Deresi AGİ ortalama debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

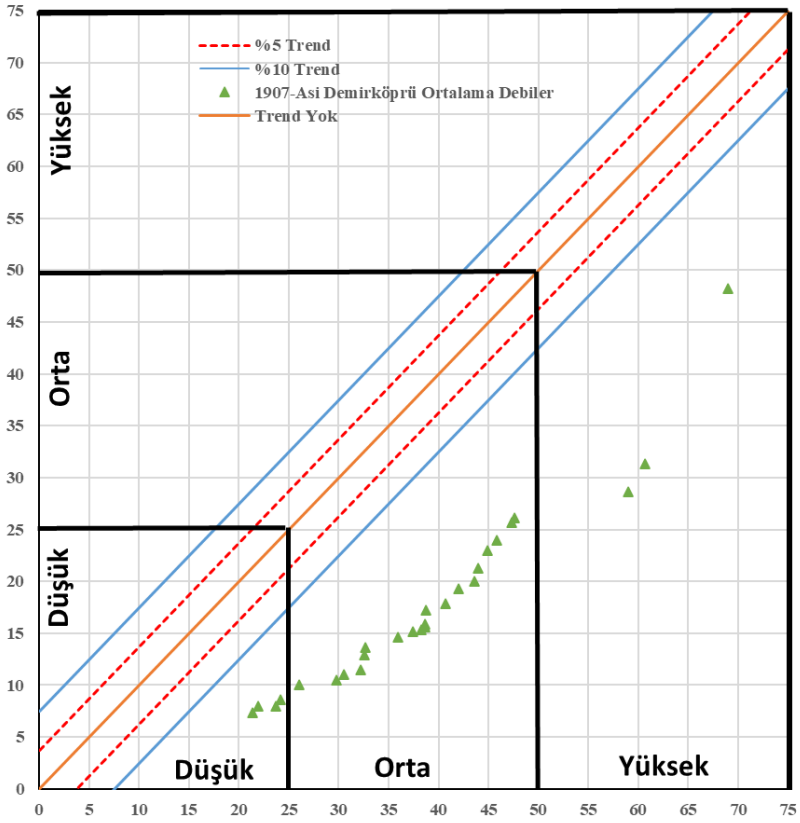
1906-Afrin Deresi ortalama debilerinin yıllara göre değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test analiz sonuçları Şekil 4.72 ile verilmiştir. 1906-Afrin Deresi AGİ maksimum debilerinde olduğu gibi ortalama debilerde de regresyon doğrusunun eğimi çok belirgin bir düşüş trendine işaret etmektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre de her üç sınıfta belirgin azalan trendler tespit edilmiştir.



Şekil 4.73 1907-Asi Demirköprü AGİ maksimum debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

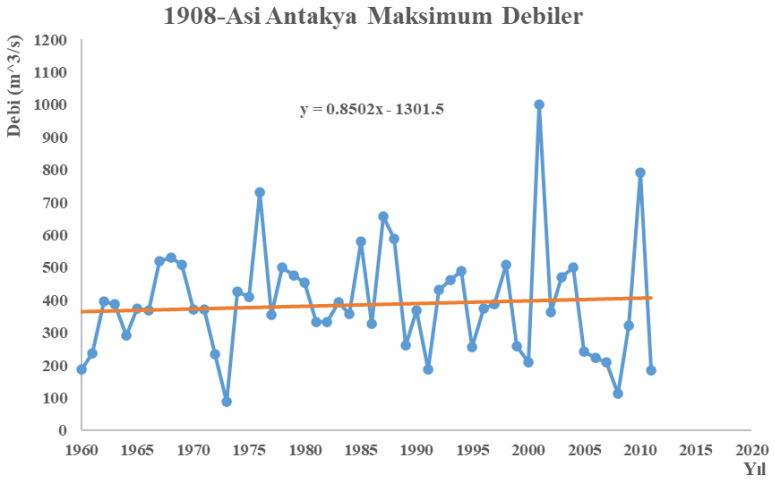
1907-Asi Demirköprü AGİ maksimum debilerin dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.73 ile verilmiştir. İlgili istasyonun maksimum debilerine eklenen regresyon doğrusunun eğimi maksimum debilerin çok belirgin şekilde azaldığını göstermektedir. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre verilerin çoğu orta ve yüksek sınıfa düşmektedir ve azalan trendler %10'dan büyüktür.

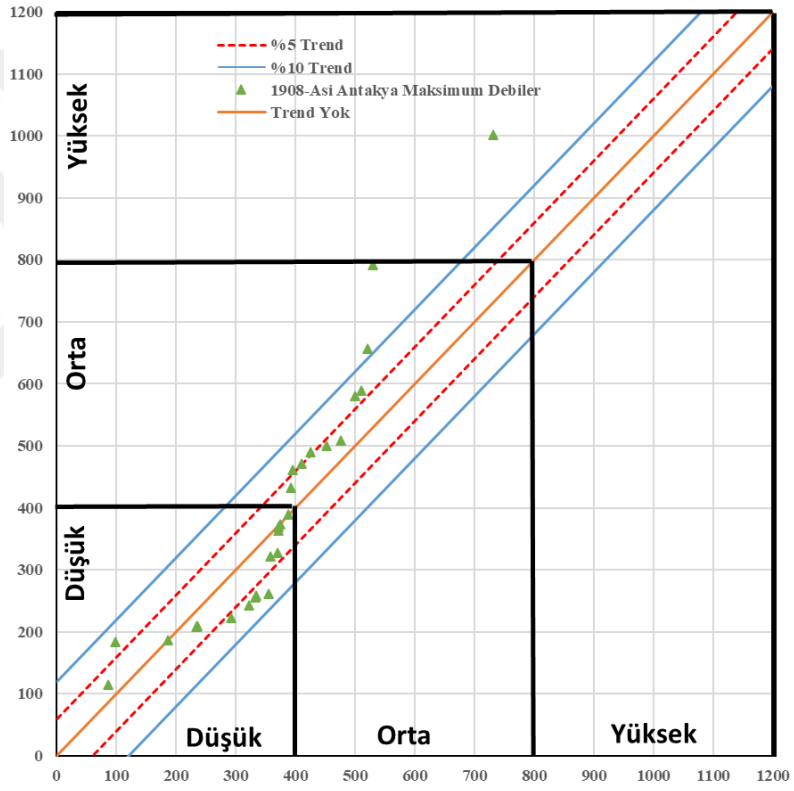




Şekil 4.74 1907-Asi Demirköprü AGİ ortalama debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

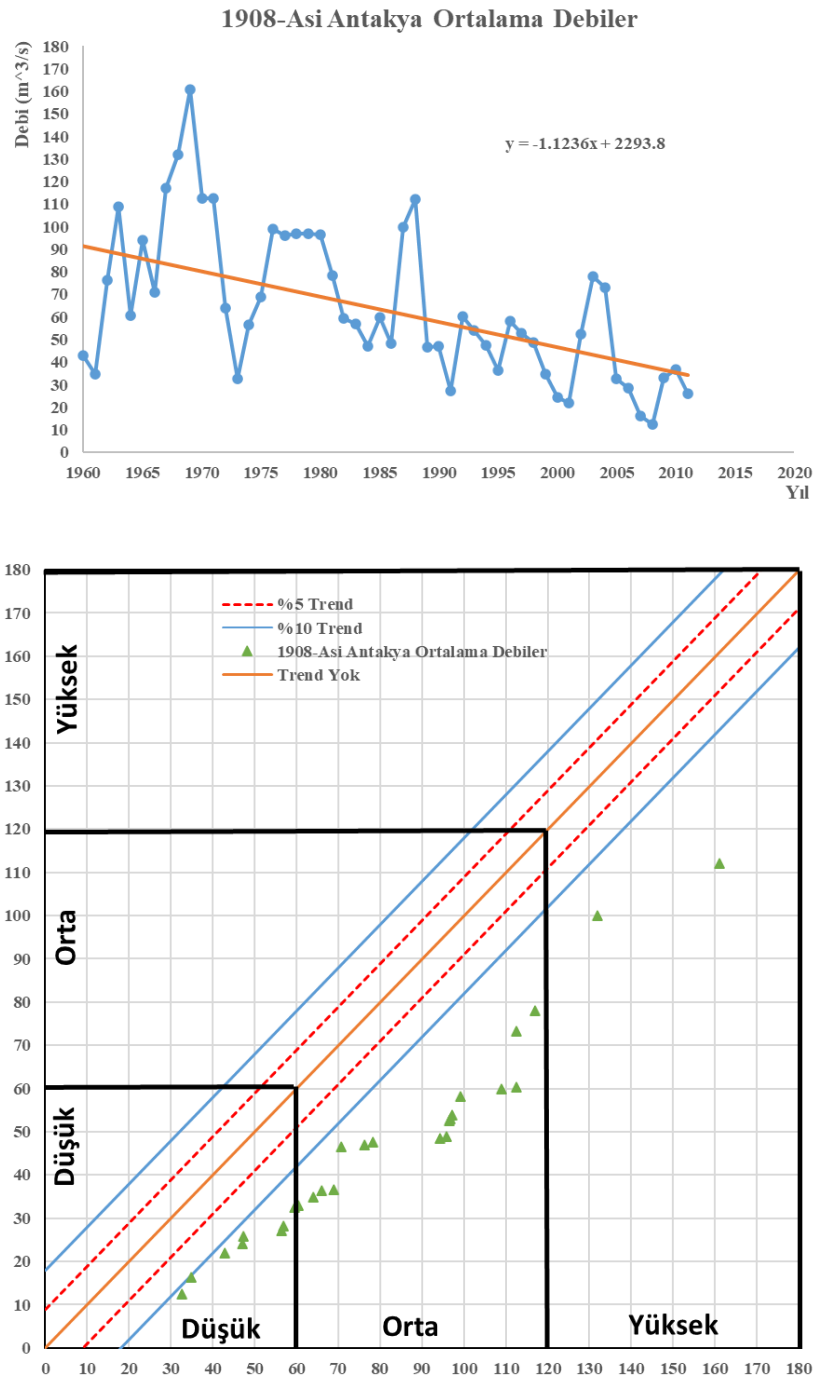
1907-Asi Demirköprü AGİ ortalama akım verilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.74 ile paylaşılmıştır. 1907-Asi Demirköprü ortalama akım verilerinin sonuçları da maksimum debilerin sonuçları ile aynı doğrultudadır. İnovatif Şen trend test yöntemine göre ilgili istasyonun ortalama debileri her üç sınıfta da azalma eğilimindedir.





Şekil 4.75 1908-Asi Antakya AGİ maksimum debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Amik ovasının çıkışında yer alan 1908-Asi Antakya AGİ maksimum debi değerlerinin değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.75 ile verilmiştir. Bu istasyonda Afin Deresi ve Asi Demirköprü AGİ'lerden farklı olarak dağılım grafiğine eklenen regresyon doğrusunun eğimi pozitiftir ve artan bir trend olduğunu göstermektedir. İnovatif Şen trend test sonucuna göre ise düşük sınıfta azalan bir trend söz konusu iken orta ve yüksek sınıflarda artan trendler bulunmuştur.



Şekil 4.76 1908-Asi Antakya AGİ ortalama debilerinin dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Son akım değerleri olan 1908-Asi Antakya ortalama akım değerlerinin değişim grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.76 ile paylaşılmıştır.1908-Asi Antakya ortalama akım değerleri sonuçlarının aynı istasyonun maksimum akım değerlerinden ciddi anlamda farklı olduğu görülmüştür. 1908-Asi Antakya AGİ ortalama debilerine eklenen regresyon doğrusunun eğimi belirgin bir düşüş eğilimi olduğunu

göstermektedir. İnovatif Şen trend test sonucuna göre de düşük, orta ve yüksek sınıfların tamamında %10'dan büyük azalan trendler söz konusu olmuştur.

Ortalama ve maksimum akım debileri için bütün istasyonların İnovatif Şen trend test sonuçları Tablo 4.33 ile verilmiştir.

Tablo 4.33 Akım verileri İnovatif Şen trend test sonuçları

İstasyon Adı	Debi	Sınıf	Trend	Trend Yönü	Yaklaşık Yüzde (%)
1905-Karasu Torun	Maksimum Debiler	Düşük	Var	Pozitif	5%
		Orta	Yok	-	-
		Yüksek	Yok	-	-
	Ortalama Debiler	Düşük	Var	Negatif	7%
		Orta	Var	Negatif	>%10
		Yüksek	Yok	-	-
1906-Afrin Deresi	Maksimum Debiler	Düşük	Var	Negatif	8%
		Orta	Var	Negatif	>%10
		Yüksek	Var	Negatif	>%10
	Ortalama Debiler	Düşük	Var	Negatif	9%
		Orta	Var	Negatif	>%10
		Yüksek	Var	Negatif	>%10
1907-Asi Demirköprü	Maksimum Debiler	Düşük	Yok	-	-
		Orta	Var	Negatif	>%10
		Yüksek	Var	Negatif	>%10
	Ortalama Debiler	Düşük	Var	Negatif	>%10
		Orta	Var	Negatif	>%10
		Yüksek	Var	Negatif	>%10
1908-Asi Antakya	Maksimum Debiler	Düşük	Var	Negatif	5%
		Orta	Var	Pozitif	7%
		Yüksek	Var	Pozitif	>%10
	Ortalama Debiler	Düşük	Var	Negatif	>%10
		Orta	Var	Negatif	>%10
		Yüksek	Var	Negatif	>%10

İnovatif Şen trend test yönteminde birçok akım gözlem istasyonu için azalan trendler olduğu belirlenmiştir. Ancak çok çarpıcı bir sonuç olarak Amik ovasının çıkışında yer alan 1908-Asi Antakya maksimum debilerinin orta ve yüksek sınıfında artış eğilimi olduğu saptanmıştır. 1908-Asi Antakya istasyonunun konum olarak Amik ovasının

deşarj kesiminde yer aldığı düşünüldüğünde maksimum yağışlardaki artış eğiliminin bölgede daha sık taşkın yaşanma ihtimalini arttırdığı söylenebilir. Bununla beraber ortalama akım değerlerinin tamamında tespit edilen belirgin azalan trendler devam ederse bölgede su sıkıntısı yaşanabilme ihtimalinin artacağı düşünülmektedir.

4.1.5.2 Akım Verileri Lineer Regresyon Trend Analiz Sonuçları

Amik ovasında konumlanan dört adet akım gözlem istasyonunun ortalama ve maksimum debilerinin yıllara göre değişimine eklenen doğrusal regresyon denkleminin eğimine göre oluşturulan trend sonuçları Tablo 4.34 ile verilmiştir.

Tablo 4.34 Akım verileri Lineer regresyon trend analiz sonuçları

İstasyon Adı	Debi	Eğim Değeri	Trend	Trend Yönü
1905-Karasu Torun	Maksimum	0.150	Var	Pozitif
	Ortalama	-0.124	Var	Negatif
1906-Afrin Deresi	Maksimum	-3.239	Var	Negatif
	Ortalama	-0.113	Var	Negatif
1907-Asi Demirköprü	Maksimum	-2.315	Var	Negatif
	Ortalama	-0.675	Var	Negatif
1908-Asi Antakya	Maksimum	0.850	Var	Pozitif
	Ortalama	-1.124	Var	Negatif

Tablo 4.34 ile verilen lineer regresyon trend analiz sonuçları İnovatif Şen trend sonuçları ile örtüşmektedir. Buna göre 1905 -Karasu Torun ve 1908 Asi Antakya istasyonlarının maksimum debilerinde bir artış trendi saptanmıştır. Diğer istasyonların maksimum ve ortalama akım verilerinin tamamı için azalan trendler olduğu görülmüştür.

4.1.5.3 Akım Verileri Mann Kendall test Sonuçları

İklim parametrelerinde olduğu gibi akım trend analizinde de Mann Kendall test 0.05 önem katsayısı ve %95 güven aralığında çalışılmıştır. Çeşitli akım gözlem istasyonlarının yıllık ortalama ve maksimum debilerine uygulanan Mann Kendall test sonuçları Tablo 4.35 ile verilmiştir.

Tablo 4.35 Akım verileri Mann Kendall test sonuçları

İstasyon Adı	Veri Tipi	Kritik Z Değeri	Hesaplanan Z Değeri	MK Değeri	Trend	Trend Yönü
1905- Karasu-Torun	Maksimum	+1.96 -1.96	0.36	49	Yok	-
	Ortalama		-2.48	-334	Var	Negatif
1906-Afrin Deresi	Maksimum		-2.45	-329	Var	Negatif
	Ortalama		-2.69	-361	Var	Negatif
1907-Asi Demirköprü	Maksimum		-6.47	-868	Var	Negatif
	Ortalama		-6.01	-807	Var	Negatif
1908-Asi Antakya	Maksimum		-0.25	-35	Yok	-
	Ortalama		-4.43	-595	Var	Negatif

Tablo 4.35 ile verilen Mann Kendall test sonuçları incelendiğinde negatif trendlerin lineer regresyon trend analiz sonuçları ile aynı olduğu görülmüştür. Ancak Lineer regresyon trend analiz yönteminde pozitif trend tespit edilen 1905-Karasu Torun ve 1908-Asi Antakya maksimum debileri için Mann Kendall testinde trend tespit edilememiştir.

4.1.5.4 Akım Verileri Spearman's Rho test Sonuçları

Bir diğer klasik trend araştırma yöntemi olan Spearman's Rho test akım değerlerine uygulanmış ve sonuçları Tablo 4.36 ile verilmiştir. Spearman's rho test 0.05 önem katsayısı ve %95 güven aralığında çalışılmıştır.

Tablo 4.36 Akım verileri Spearman's Rho test sonuçları

İstasyon No ve Adı	Veri Tipi	α	Kritik Z değeri	Hesaplanan Z_{SR} değeri	Trend	Trend Yönü
1905-Karasu-Torun	Maksimum	0.05	+1.96 -1.96	0.4	Yok	-
	Ortalama			-2.5	Var	Negatif
1906-Afrin Deresi	Maksimum			-2.2	Var	Negatif
	Ortalama			-2.8	Var	Negatif
1907-Asi Demirköprü	Maksimum			-8.9	Var	Negatif
	Ortalama			-8.4	Var	Negatif
1908-Asi Antakya	Maksimum			-0.2	Yok	-
	Ortalama			-4.9	Var	Negatif

Spearman’s Rho test akım trend analizleri %95 güven aralığında çalışılmıştır. Belirlenen trendler noktasında Mann Kendall test sonuçları ile Spearman’s Rho test sonuçlarının akım parametresinde bire bir örtüştüğü anlaşılmıştır. Bu yöntemde de Mann Kendall testte olduğu gibi 1905-Karasu Torun ve 1908-Asi Antakya maksimum debileri için herhangi bir trend tespit edilememiştir. Diğer bütün veriler için azalan trendler olduğu görülmüştür.

Akım verilerine uygulanan trend analiz yöntemlerinin tamamı azalan trendler noktasında aynı sonuçları vermiştir. Ancak İnovatif Şen trend test yönteminde ve Lineer regresyon test yönteminde tespit edilen pozitif trendler Mann Kendall test ve Spearman’s Rho test yöntemlerinde tespit edilememiştir.

4.1.6 Şiddetli Yağış Görülen Gün Sayısı Trend Analiz Sonuçları

Çalışmanın asıl amaçlarından olan iklim değişikliği ve taşkın ilişkisinin incelenmesi konusunda doğrudan taşkını etkileyecek bir iklim indisi tanımlanmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Amik ovasında zaman zaman yaşanan taşkınların şiddetli yağışlardan ve kar erimelerinden kaynaklandığı bilinmektedir. Bu amaçla yöntem bölümünde detaylı olarak anlatıldığı üzere meteoroloji genel müdürlüğünün şiddetli yağış kabulünden hareketle uzun yıllar boyunca şiddetli yağış görülen günlerin sayısı bir indis olarak alınmıştır.

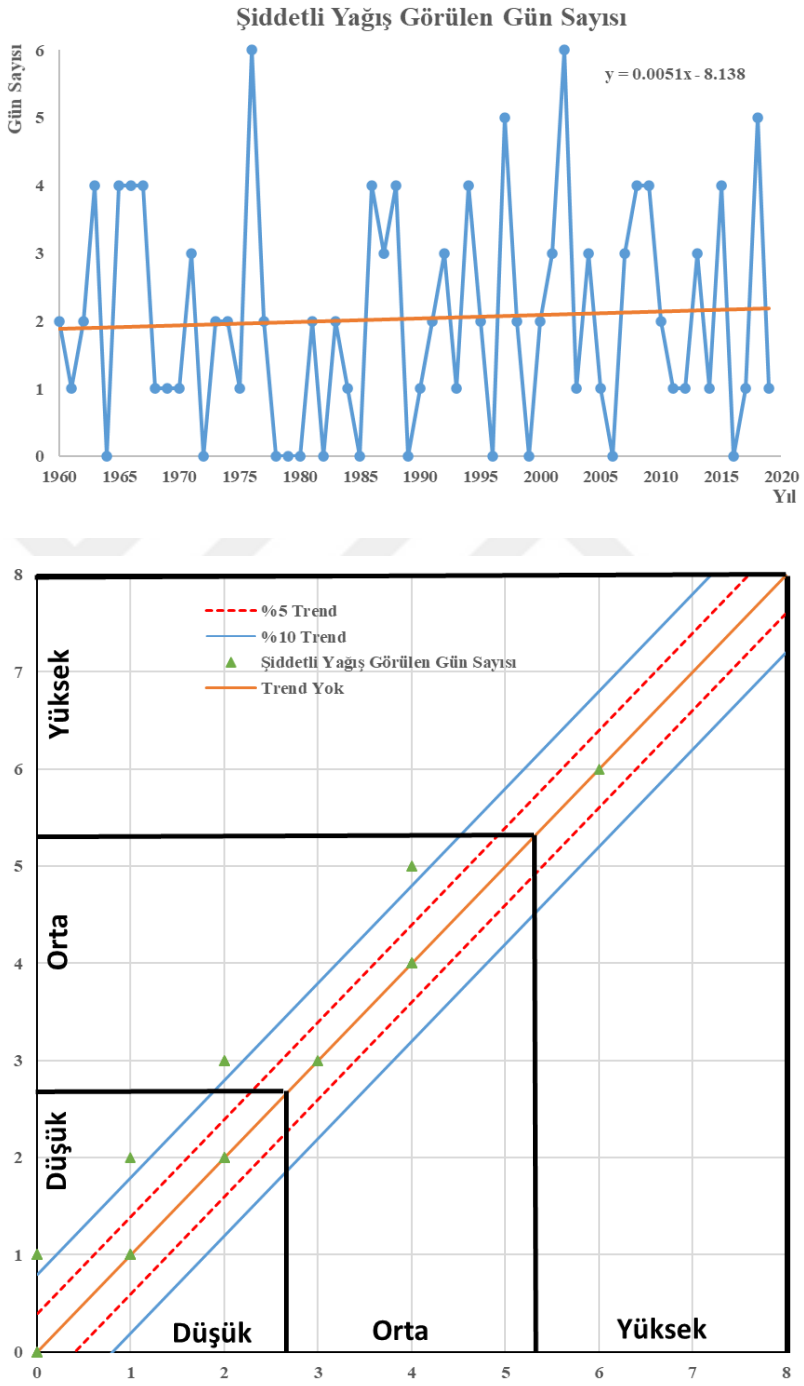
1960 yılından 2019 yılında kadar olan 60 yıllık sürede gün boyunca (24 saat) 60 mm ve üzerinde yağış alan günlerin sayısı hesaplanmıştır. Bu 60 yıllık sürede her yıl kaç adet şiddetli yağışlı gün yaşandığı tespit edildikten sonra, bu tanımlanan indisteki geçmişe dönük değişimi incelemek adına iklim parametrelerinde ve akım verilerinde olduğu gibi trend analiz yöntemleri kullanılmıştır.

İnovatif Şen trend yöntemi, Mann Kendall test, Spearman’s Rho test ve Lineer regresyon trend analiz yaklaşımı sonuçları aşağıdaki gibi paylaşılmıştır.

Şiddetli yağış görülen gün sayısının dağılım grafiği ve İnovatif Şen trend test sonuçları Şekil 4.77 ile verilmiştir.

Şekil 4.77 ile gösterildiği üzere lineer regresyon doğusunun eğimi pozitif hesaplanmıştır ki bu durum artan bir trend olduğunu göstermektedir.

Şiddetli yağışlı gün sayısı İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre ise düşük ve orta sınıflarda %10'dan büyük trendler olduğu tespit edilmiştir. Yüksek sınıfta ise veriler "trend yoktur" çizgisine denk geldiğinden bu sınıfta herhangi bir trend olmadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.77 Şiddetli yağış görülen gün sayısı dağılımı ve İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları

Şiddetli yağışlı gün sayısı için Mann Kendall test ile %95 güven aralığı için yapılan analizlerde herhangi bir trend olmadığı belirlenmiştir. Mann Kendall istatistiği (55)

kullanılarak hesaplanan Z değeri 0.35 olmuştur. Bu değer pozitif eşik için kritik Z değeri olan +1.96'dan küçük olduğundan H_0: "trend yoktur." hipotezi kabul edilmiştir. Spearman's Rho testte Mann Kendall testte olduğu gibi %95 aralığında çalışılmış ve yine bu yöntemde de şiddetli yağışlı gün sayısı indisi için bir trend tespit edilememiştir. Bu indis için Spearman's Rho test Z değeri (Z_{SR}) 1.72 olarak hesaplanmıştır.

Ortalama hava sıcaklığı, toplam yağış, ortalama bağıl nem, ortalama rüzgar hızı iklim parametrelerine, akım verilerine ve şiddetli yağışlı gün sayısı indisine uygulanan analizlerde klasik trend değerlendirme yöntemleri olan Spearman's Rho test, Mann Kendall test ve Lineer regresyon trend test yöntemlerinin sonuçlarını yeni bir yaklaşım olan İnovatif Şen trend test yöntemi ile karşılaştırma imkanı olmuştur. İnovatif Şen trend test klasik trend değerlendirme yöntemlerinin trend tespit edemediği bazı durumlarda trendler tespit etmiştir. Ayrıca İnovatif Şen trend test yönteminde sınıflandırma yapılabilmesi özellikle ekstrem iklim olaylarının yorumlanabilmesini kolaylaştırmıştır. Meteoroloji istasyonunun ve her bir akım gözlem istasyonun konumu yöntem kısmında verilmiştir. Verilen haritada meteoroloji istasyonu ovanın çıkışında yer alırken akım gözlem istasyonları Amik ovasının Kuzey, Doğu, Güney ve Güneybatı doğrultularında yer almaktadır. Akım gözlem istasyonlarında kaydedilen ortalama akımların tamamının azalan trendlere sahip olması bölgenin daha az yağış aldığının bir göstergesidir. Keza yapılan toplam yağış parametresi İnovatif Şen trend analizlerinde yıllık bazda tüm sınıflarda azalan trendler olduğu görülmüştür. Mann Kendall test ve Spearman's Rho test toplam yağış parametresi için yapılan analizlerde herhangi bir trend tespit edemediğinden yağış-akış verilerinin analizlerinin birlikte değerlendirilmesi noktasında İnovatif Şen trend test sonuçlarının daha doğru olduğu sonucuna varılmıştır. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre bölgedeki ortalama hava sıcaklıklarının yıllık bazda artma eğiliminde, toplam yağışın azalma eğiliminde olduğu saptanmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda beklenti ortalama akım verilerinin de azalma eğiliminde olmasıdır ki İnovatif Şen trend yöntemi sonuçları bu şekildedir. Yıllık değerlendirme genel iklimsel görünümü değerlendirmek için yeterli olsa dahi her bir parametrenin farklı zaman dilimlerinde araştırılması bölgenin sıcaklık, yağış gibi iklim parametrelerinin deseninde kaymalar olup olmadığını analiz etmek için gereklidir.

Tez çalışmasının iklim değişikliği trend araştırma sonuçları Ekim 2021'de Theoritical and Applied Climatology" dergisinde yayınlanmıştır (Üneş & Kaya, 2021).

4.2 Taşkın Model Sonuçları

Bu bölümde Amik ovası için hazırlanan 1 ve 2 boyutlu taşkın modellerinin sonuçları paylaşılmıştır. Çalışmada 1 boyutlu model, kararlı akım koşulunda 2012 taşkınının maksimum debilerine göre Amik ovasının önemli akım yollarının kesit yeterliliğinin test edilmesi amacıyla oluşturulurken 2 boyutlu analiz için ise 14 farklı model oluşturulmuştur. 2 boyutlu modellerin tamamında Manning pürüzlülük katsayısı bu tezin yöntem kısmında detaylı olarak anlatıldığı üzere MODIS (Friedl, M. & Sulla-Menashe, 2019) arazi örtüsü verilerine göre belirlenmiştir. 1 boyutlu model için ise Manning pürüzlülük katsayısı ilgili literatürden deneysel olarak belirlenen değerlere göre seçilmiştir. 2 boyutlu modellerde kullanılan sayısal yükseklik verileri üç farklı uydunun verileridir. Bu verilerin hangisinin daha uygun olduğuna karar vermek için 2012 yılında yaşanan taşkın verileri ile iki boyutlu ilk 6 model oluşturulmuştur.

İki boyutlu analizlerde çalışmada oluşturulan ilk 6 modelin 3 tanesi doğrudan uydu verilerinden elde edilen SYM'ler kullanılarak modellenmiştir. Bu durumdaki SYM'ler doğal SYM olarak isimlendirilmiştir. Kalan 3 model ise bu doğal SYM'lerin iyileştirilmesi ile oluşturulan modellerdir. SYM üzerinde yapılan iyileştirmeler Amik ovasındaki ana akım kanallarının model üzerine işlenmesi şeklindedir. İki boyutlu modellenmede oluşturulan akım ağına ait görseller ve iyileştirme metodolojisi yöntem kısmında açıklanmıştır.

İki boyutlu ilk 6 modelin sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla 2012 yılında Amik ovasında su yüzü kotunun geldiği maksimum seviye ve taşkında Amik ovasında yaklaşık 13000 ha alanının sular altında kaldığı tespitinden faydalanılmıştır. Amik ovasındaki su seviyesinin 2012 taşkınında günlere göre değişimi yöntem bölümünde verilmiştir. Su seviyesi değişim grafiği ve yaklaşık 13000 ha'lık alanın sular altında kaldığı bilgisi DSİ 6. Bölge Müdürlüğünden alınmış bilgilerdir.

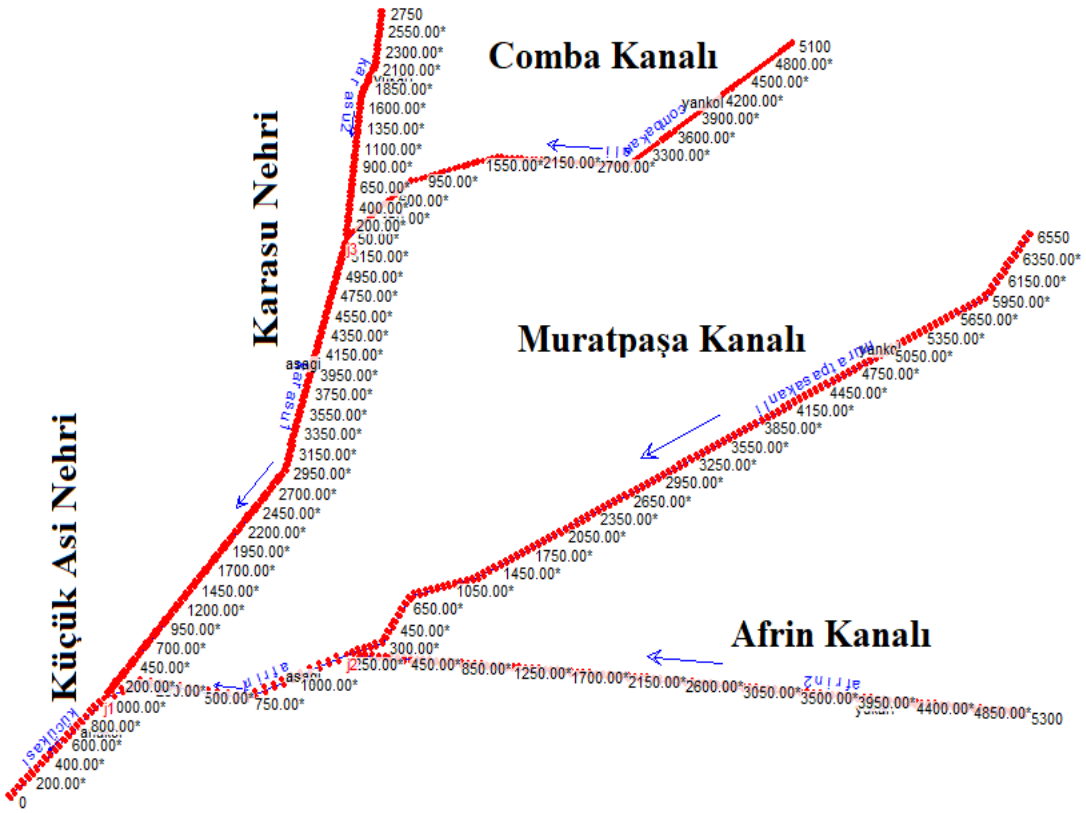
İki boyutlu geometri alanı çalışma alanının dışını da kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede doğrudan yağış verisi girildiği durumlarda Amik ovasının çanak yapısının su toplama potansiyelini araştırma imkanı olmuştur. Oluşturulan geometrik yapının ağ (mesh) sisteminde 1111684 hücre bulunmaktadır. Bu denli yüksek sayıda hücre seçilmiş olması analizlerin çok zaman almasına neden olsa da sonuç itibariyle daha geniş bir alanı daha hassas bir şekilde haritalamak mümkün olmuştur. İki boyutlu

bütün modellerde aynı çalışma alanını kapsayan tek bir geometri tanımlanmıştır. Geometri farklılıklarından kaynaklanması muhtemel sonuç değişikliklerinin bu şekilde önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

Bir boyutlu modellemede her bir akım ağının memba ve mansap bölümlerinden alınan kesitler incelenerek su yüzü profillerinin değişimi ve kesit yeterliliği araştırılmıştır.

4.2.1 Bir Boyutlu Model Sonuçları

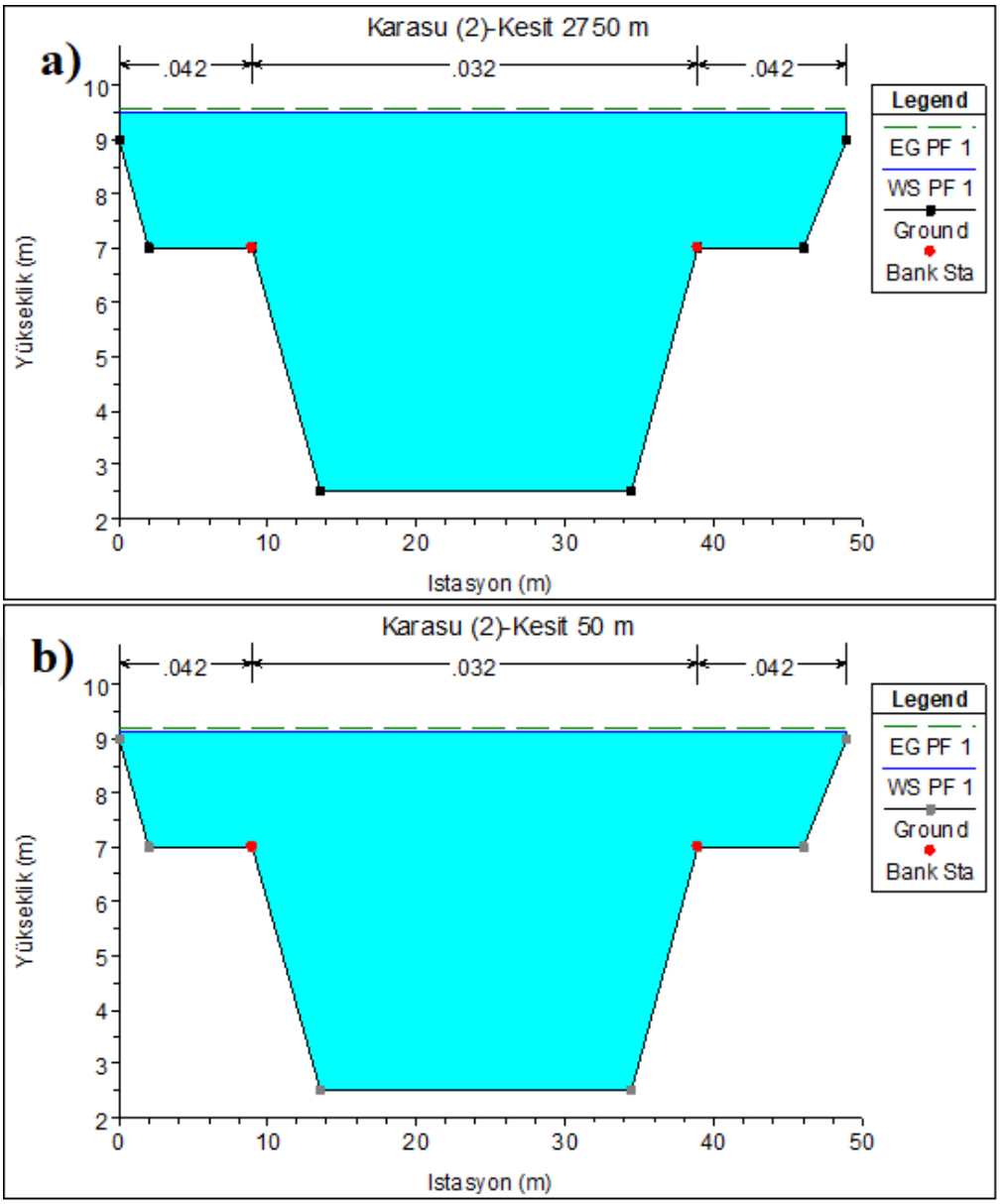
Amik ovasında bulunan önemli akım yolları HEC-RAS yazılımı ile bir boyutlu olarak modellenmiş, çalışılan akım yollarının kesit durumları incelenmiştir. Comba kanalı, Karasu nehri, Muratpaşa kanalı, Afrin nehri ve Küçük Asi nehri bir boyutlu olarak 2012 taşkın verileri kullanılarak modellenmiştir. Modellemede kararlı akım yaklaşımı kullanılmıştır. Akım gözlem istasyonlarında 2012 taşkınında ölçülen maksimum debi değerleri kararlı akım verisi olarak girilmiştir. Oluşturulan akım ağına ait detaylı bilgiler çalışmanın yöntem bölümünde sunulmuştur. Ayrıca elde edilen sonuçların takibini kolaylaştırmak için oluşturulan bir boyutlu akım ağı bu bölümde Şekil 4.78 ile tekrar paylaşılmıştır.



Şekil 4.78 HEC-RAS yazılımı ile oluşturulan 1 boyutlu akım ağı

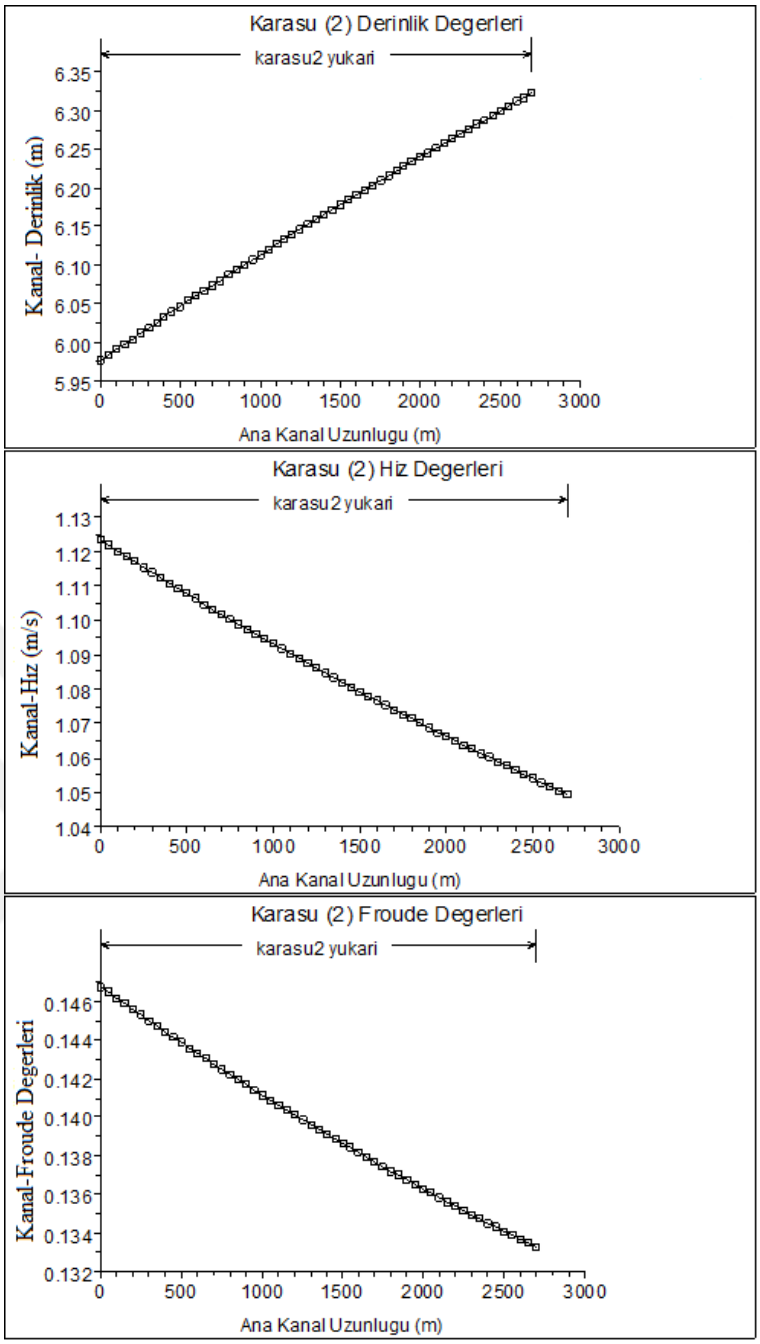
Şekil 4.78 ile verilen akım ağında Karasu ve Afrin nehirleri iki aşamada modellenmiştir. Comba kanalı ile Karasu nehrinin memba tarafının birleşiminden sonraki kısım Karasu nehrinin ilk kısmını, Karasu nehrinin memba kesimi ise Karasu nehrinin ikinci kısmını oluşturmuştur. Afrin kanalı ile Muratpaşa kanalının bileşiminden sonraki kısım Afrin 1 olarak modellenmiş, Afrin kanalının memba kesimi ise Afrin 2 olarak modellenmiştir. Bir boyutlu modellemede akım ağının her bir kolu ayrı ayrı değerlendirilerek kesit durumları incelenmiştir. Değerlendirmede kolların başlangıç ve bitiş kesitlerine ait su yüzü profilleri ve derinlik bilgileri verilmiştir. Ayrıca her bir akım kolu için hız değerlerinin değişimi ve Froude sayısı değişimi verilmiştir.

Q=216 m^3/s sabit debi durumunda Karasu (2) kolunun memba ve mansap tarafındaki kesit bilgileri Şekil 4.79 ile verilmiştir. Kolun memba tarafındaki kesit 2750 metrede iken mansap tarafındaki kesit ise 50 metrededir.



Şekil 4.79 Karasu (2) su yüzü profilleri a) 2750 m kesiti b) 50 m kesiti

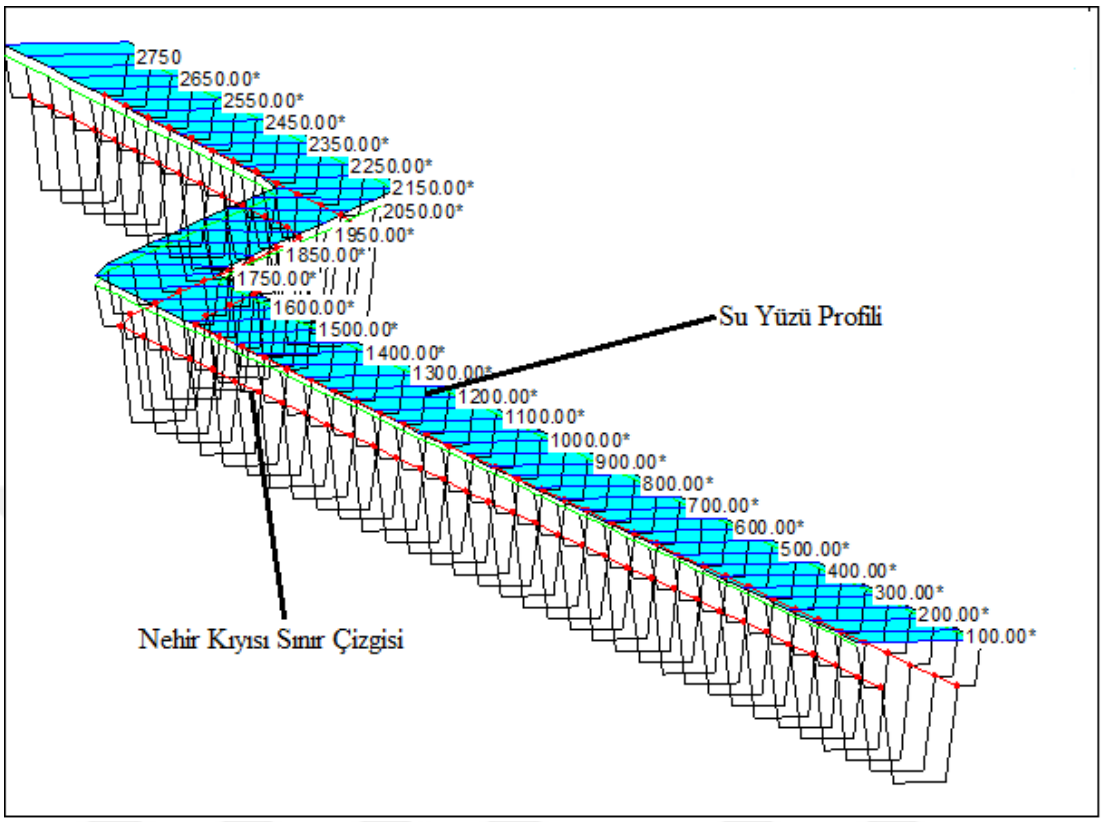
Şekil 4.79 a) incelendiğinde su yüzü profilinin yaklaşık 9.5 m yükseklikte olduğu görülmektedir. Buna karşın kanal kenar yüksekliği yaklaşık 7 metredir. Q=216 m^3/s sabit debi durumunda Karasu (2) memba tarafında kanal üst kotunun yaklaşık 2 m üzerinde su yüksekliği oluştuğu görülmektedir. Şekil 4.79 b) ile Karasu (2) nehrinin mansapta tarafında yer alan 50 metredeki kesit durumu verilmiştir. Sabit 216 m^3/s'lik debi durumunda su yüzü profili kanal üst kotunun yaklaşık 2 m üzerinde oluşmuştur.



Şekil 4.80 Karasu (2) kesiminde Sabit 216 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri

Karasu (2) kesimine ait derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri Şekil 4.80 ile verilmiştir. Şekil 4.80 incelendiğinde Karasu (2) akım yolunun 216 m^3/s'lik debi değerinde mansap tarafında oluşan derinlik 6 m civarında iken yaklaşık olarak lineer bir artış sonucunda memba tarafında bu değer 6.3 metrenin üzerine çıkmıştır. Hız değerleri mansap tarafında 1.125 m/s iken yaklaşık olarak lineer bir azalış ile bu değer memba tarafında 1.05 m/s'ye düşmüştür. Karasu (2) kanalında Froude sayısı hız

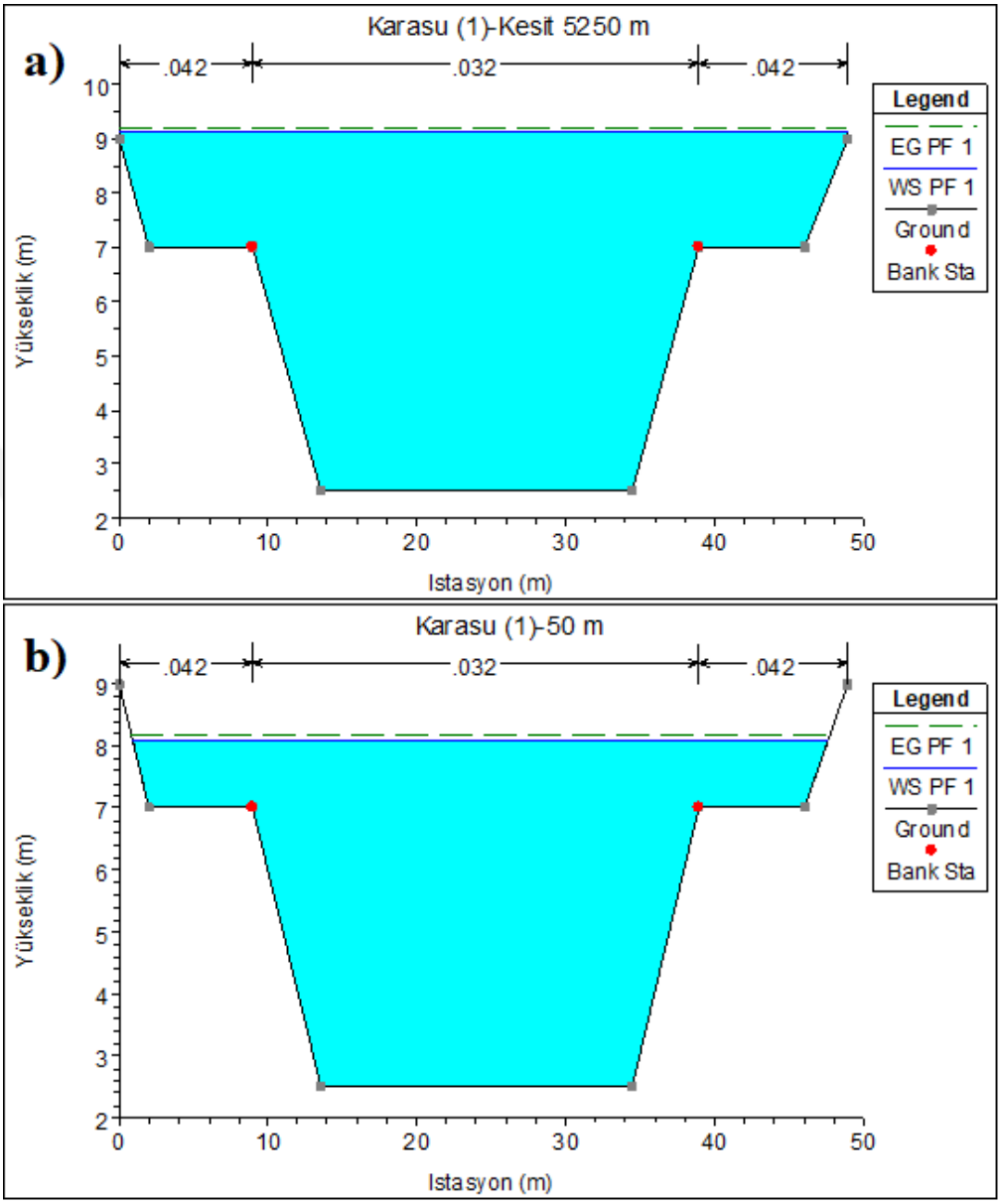
değerlerine bağlı olarak 0.15 seviyelerinden 0.13 seviyelerine düşmüştür. Karasu (2) kanalının x, y, z doğrultularındaki perspektif görünüşü Şekil 4.81 ile verilmiştir.



Şekil 4.81 Q= 216 m^3/s durumunda Karasu (2) perspektif görünüşü

Sabit 216 m^3/s debi için verilen Karasu (2) akım kolunun x,y,z doğrultularındaki kesitsel görünüşü incelendiğinde su yüzü profilinin kanal sınır çizgisinin üzerinde oluştuğu görülmektedir. Kanalın 50'inci metresinde çizilen kesit mansap tarafında yer alırken 2750'inci metresinde çizilen kesit memba tarafını göstermektedir. Şekil 4.80'de kanal derinlik grafiğinde mansaptan membaya doğru derinliğin arttığı görülmüştür. Şekil 4.80 ve Şekil 4.81 birlikte incelendiğinde derinliğin akım yönünün tersi yönünde arttığı anlaşılmaktadır. Akım derinliğinin membaya doğru artması geriye doğru bir kabarma olduğunu göstermektedir. Mansap tarafında yer alan kesitte dahi akım kanal sınır çizgisinin üzerinde oluşmaktadır. Membaya doğru kabarma olduğundan memba kesiminde mansap tarafına göre su yüzü profili kanal sınır çizgisinin daha yukarısında oluşmuştur.

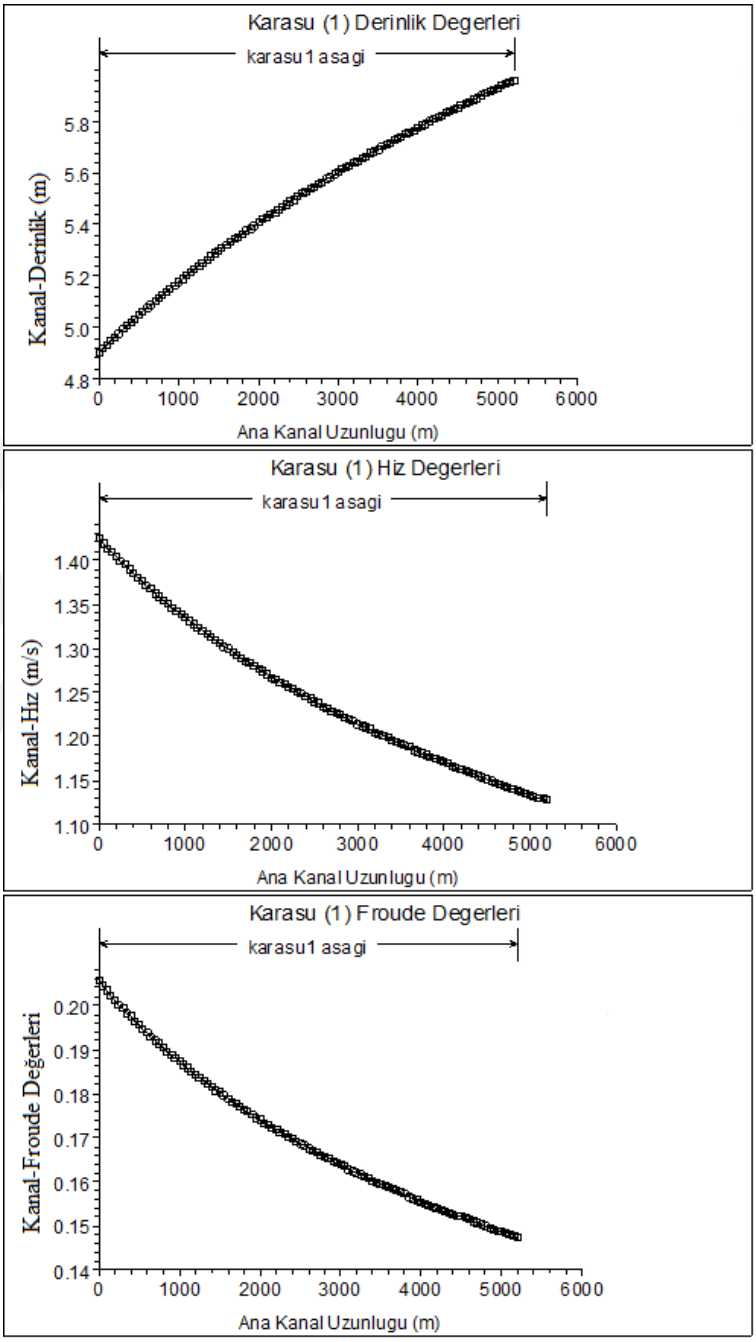
Q=216 m^3/s sabit debi durumunda Karasu (1) kolunun memba ve mansap tarafındaki kesit bilgileri Şekil 4.82 ile verilmiştir. Kolun memba tarafındaki kesit 5250 metrede iken mansap tarafındaki kesit ise 50 metrededir.



Şekil 4.82 Karasu (1) su yüzü profilleri a) 5250 m kesiti b) 50 m kesiti

Şekil 4.82 a) ile verilen kesit Karasu (1) kolunun memba tarafında yer almaktadır. Bu kesit aynı zamanda Karasu (2) kanalının çıkışına yakın bir yerdedir. Şekil 4.82 a) incelendiğinde su yüzü profilinin yaklaşık 9.2 metrede oluştuğu görülmektedir. Buna karşın kanal üst kotu yaklaşık olarak 7 metrededir. Dolayısıyla Q=216 m^3/s sabit debi durumunda Karasu (1) kolunun memba tarafında su yüzü profili kanal sınır çizgisinin

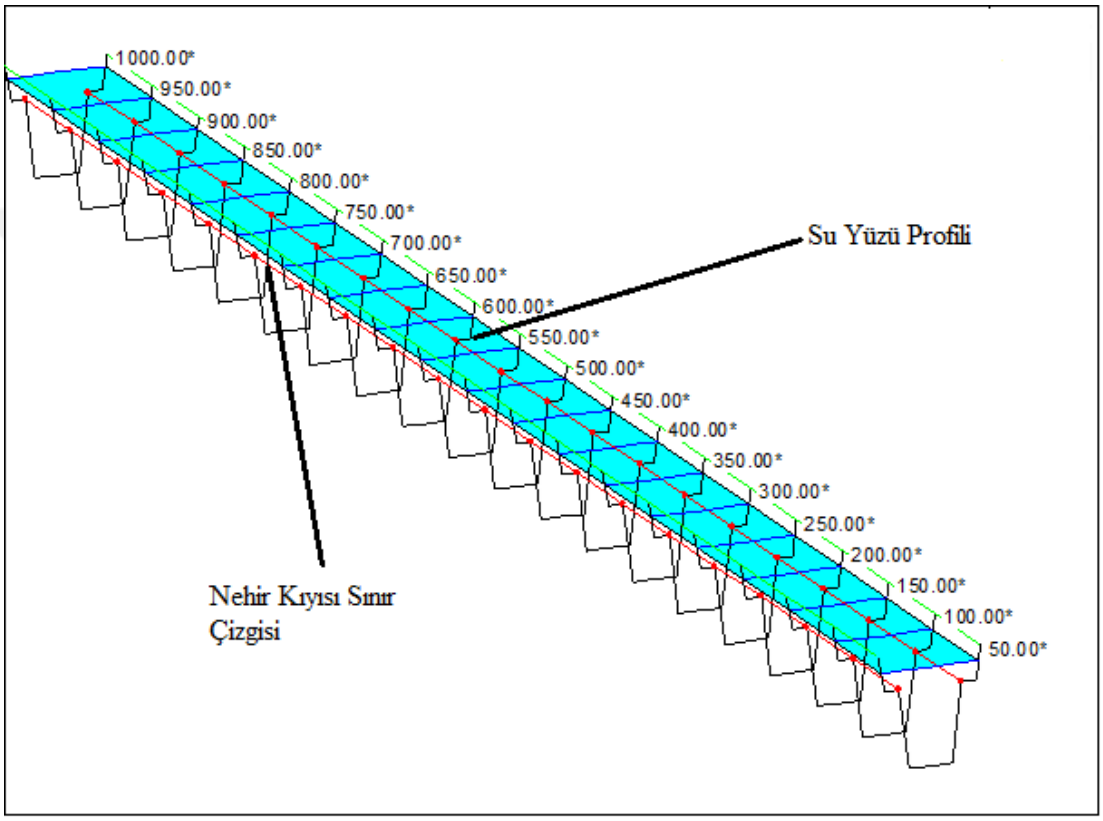
yaklaşık 2.8 m üzerinde yer almaktadır. Şekil 4.82 b) ile verilen kesit Karasu (1) kolunun 50'inci metresinde yer almaktadır. Mansap tarafında yer alan 50 m kesitinde su yüzü profili yaklaşık 8 metrede oluşmuştur.



Şekil 4.83 Karasu (1) kesiminde Sabit 216 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri

Karasu (1) akım yolunun derinlik, hız ve Froude sayısı değerleri Şekil 4.83 ile verilmiştir. Verilen grafik incelendiğinde Karasu (1) kolunda kanal boyunca derinliğin

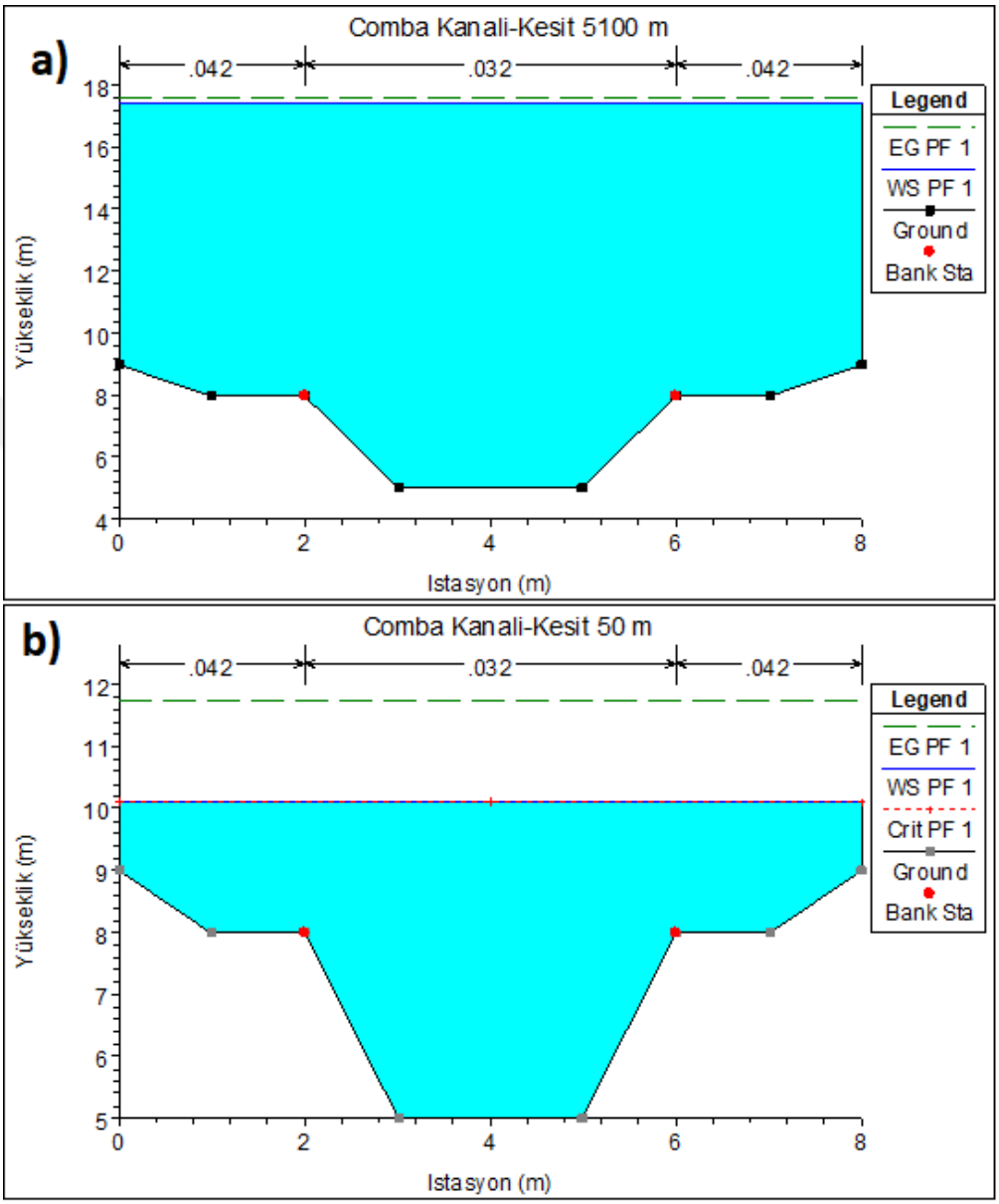
4.9 ile 5.9 m arasında değiştiği görülmektedir. Mansap tarafında belirlenen derinlik 4.9 m iken memba tarafında bu değer 5.9 metreye ulaşmaktadır. Şekil 4.83 ile verilen hız grafiğine göre mansap tarafında hız 1.4 m/s'nin üzerinde iken membaya doğru hız 1.15 m/s'nin altına düşmektedir. Hız değerlerine paralel olarak Froude sayısının 0.20'li seviyelerden 0.15 seviyelerine düştüğü görülmüştür. Karasu (1) kolunun sabit 216 m^3/s debi durumunda 50 ile 1000 m arasındaki üç boyutlu kesitsel görünüşü Şekil 4.84 ile verilmiştir.



Şekil 4.84 Q= 216 m^3/s durumunda Karasu (1) perspektif görünüşü

Sabit 216 m^3/s debi için Karasu (1) kolunda yapılan analizlerde Karasu (2) akım koluna benzer şekilde mansaptan membaya doğru bir kabarma olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.84 ile verilen kesitsel görünüşte 1000 metrede oluşan su yüzü profilinin 50 metrede oluşan su yüzü profiline göre daha yukarıda oluştuğu görülmektedir. Ayrıca bütün kesitlerde su yüzü profili nehir kıyısı sınır çizgisinin üzerinde görünmektedir. Şekil 4.83 ile verilen kanal derinlik grafiğinde de mansaptan membaya doğru derinliğin arttığını göstermektedir.

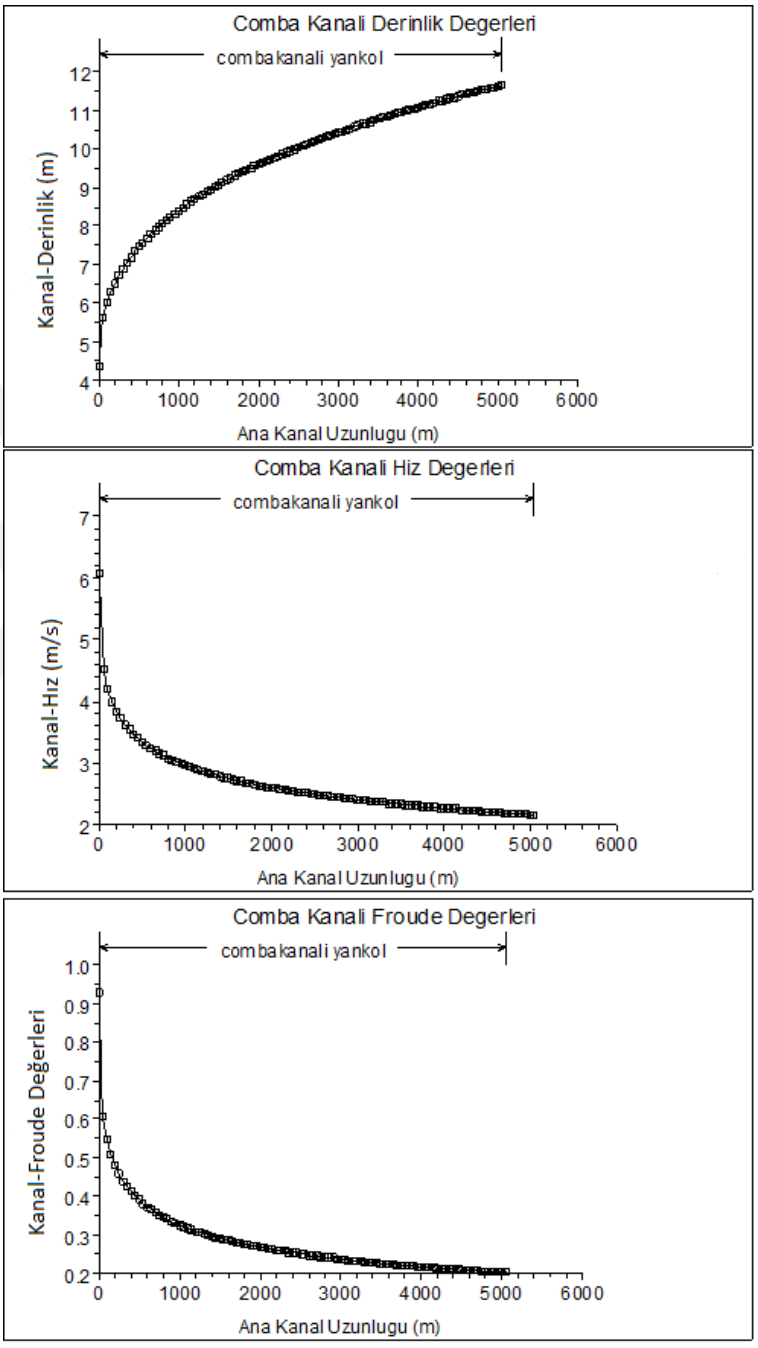
Karasu (2) koluna bağlanarak Karasu (1) kolunu oluşturan Comba kanalının bir boyutlu değerlendirmesi sabit 128 m^3/s'lik debi için yapılmıştır. Comba kanalının 5100 metresinde ve 50'inci metresinde alınan kesitlerde oluşan su yüzü profilleri Şekil 4.85 ile verilmiştir.



Şekil 4.85 Comba Kanalı su yüzü profilleri a) 5100 m kesiti b) 50 m kesiti

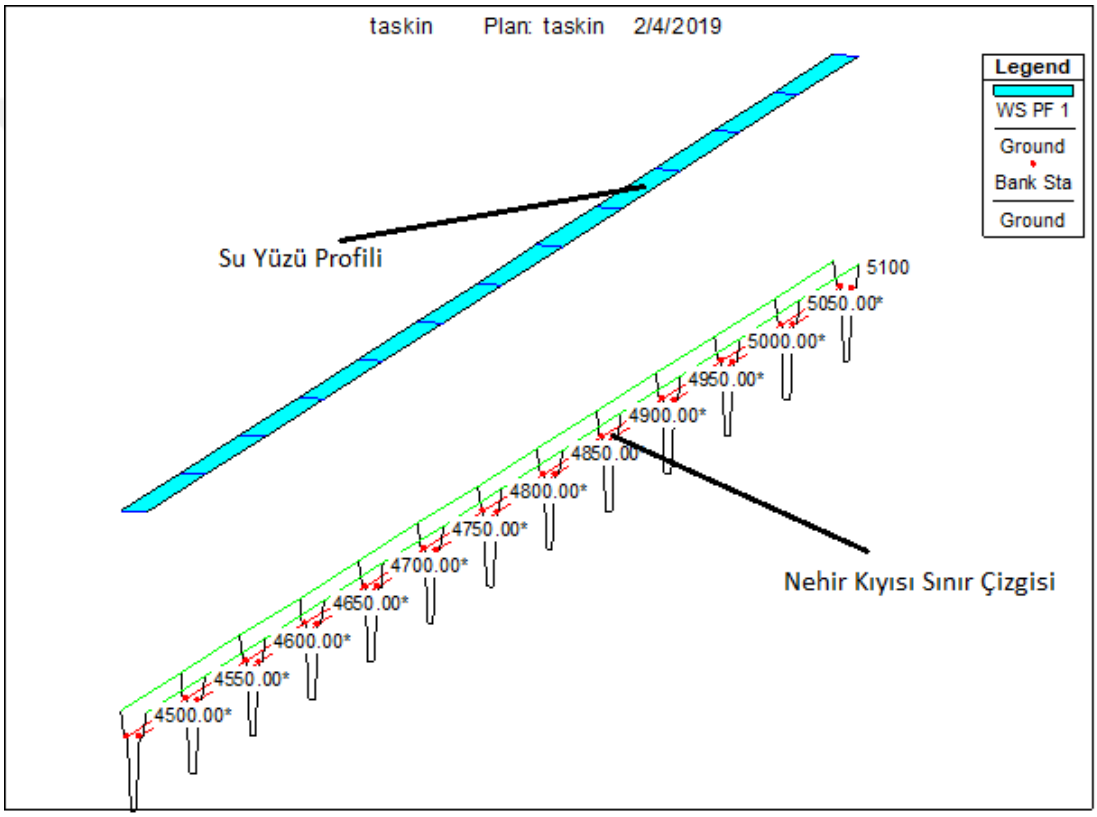
Sabit 128 m^3/s'lik debi için yapılan analizlerde Comba kanalında Şekil 4.85 a) ile verildiği üzere su yüzü profili yaklaşık 17 metre yükseklikte oluşmuştur. Kanal sınır çizgisinin yaklaşık 8 metrede olduğu görülen kesitte su yüzü profili sınır çizgisinin 9 m üzerindedir. Comba kanalı 128 m^3/s'lik debiyi güvenle geçirememektedir. Comba

kanalının mansap tarafında yer alan 50 m kesitinde ise Şekil 4.85 b) ile verildiği üzere su yüzü profili yaklaşık olarak 10 m yükseklikte oluşmuştur. Bu değer kanal sınır çizgisinin 2 m üzerindedir. Comba kanalında da önceki kanallarda olduğu gibi mansaptan membaya doğru bir kabarma olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.86 Comba Kanalında Sabit 128 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri

Şekil 4.86 incelendiğinde Comba kanalının derinlik değerlerinin 4.5 m ile 11.5 m arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Şekil 4.86 ile verilen grafiklerde 0 m kanalın mansap tarafını gösterirken 5100 m kanalın memba kesimini göstermektedir. Sabit 128 m^3/s'lik debi durumunda Comba kanalı mansabında hız değerlerinin 4.5 m/s'ye ulaştığı görülmektedir. Membaya doğru hız değerleri parabolik olarak azalmakta ve kanalın 5100'üncü metresinde 2 m/s seviyelerine düşmektedir. Şekil 4.86 ile verilen Froude değerleri grafiği incelendiğinde ise hız değişimine paralel olarak mansaptan membaya doğru bir düşüş olduğu görülmektedir. Mansap bölgesinde Froude değeri 0.65 civarında iken membaya doğru bu değer 0.2 seviyelerine düşmüştür.

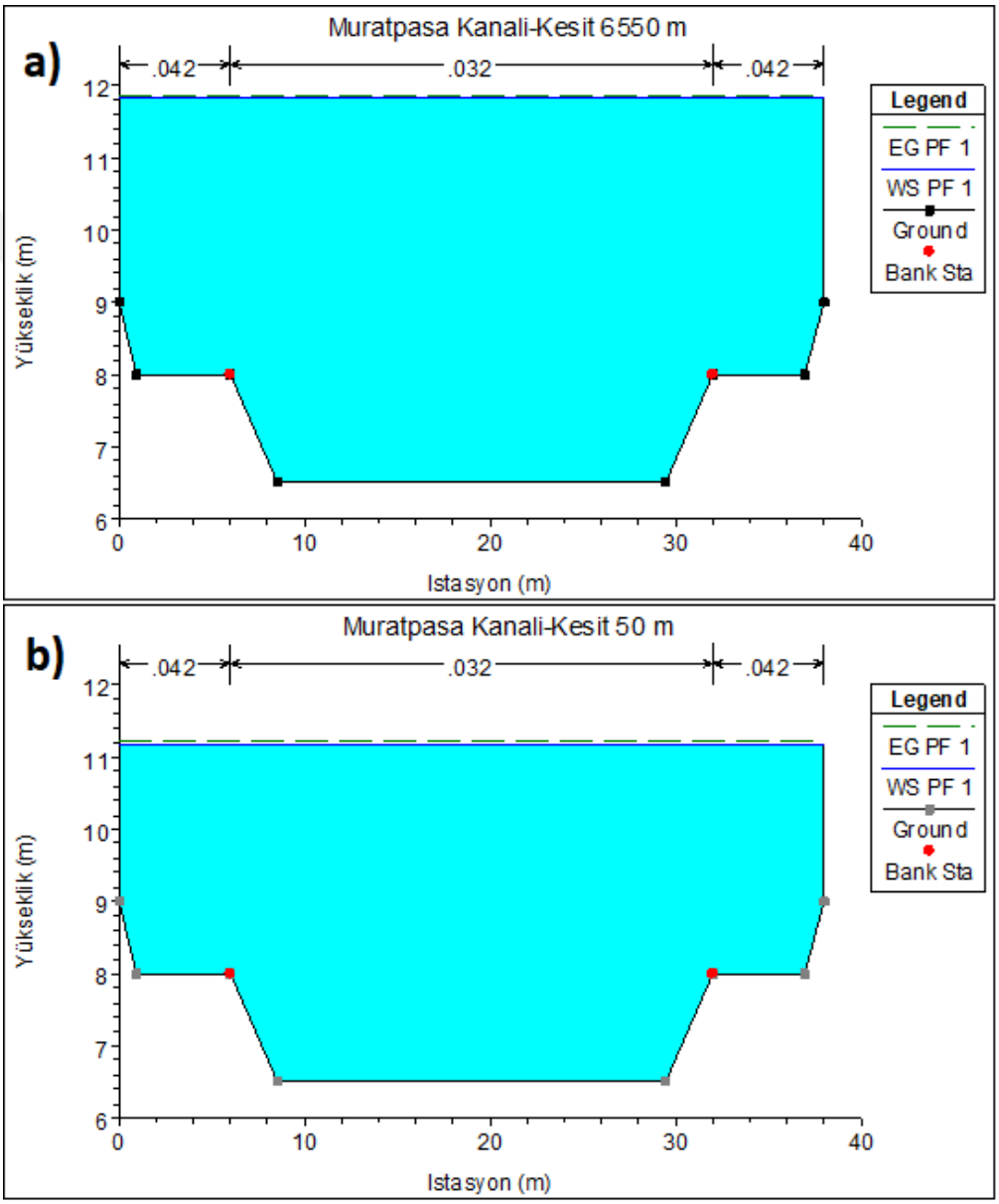


Şekil 4.87 Q= 128 m^3/s durumunda Comba Kanalı 4500-5100m perspektif görünüşü

Şekil 4.87 ile Comba kanalının 128 m^3/s debi durumunda memba tarafında 4500 m ile 5100 m arasında üç boyutlu görünüşü verilmiştir. Verilen kesitlerin tamamında su yüzü profilinin nehir kıyı sınır çizgisinin büyük oranda üzerinde oluştuğu üç boyutlu olarak gösterilmiştir. Şekil 4.86 ile verilen derinlik grafiğinde kanal içerisindeki derinliğin membaya doğru arttığı yani bir kabarma olduğu bilgisi verilmişti. Şekil 4.87 ile verilen üç boyutlu görselde de Şekil 4.86 ile verilen grafiklerle uyumlu olarak su yüzü profilinin mansaptan membaya doğru olan kesimde kanal kıyı sınır çizgisinin

daha üstünde oluştuğu görülmüştür. Verilen üç boyutlu görünüş ile de Comba kanalının 128 m^3/s'lik debiyi güvenle geçiremediği anlaşılmıştır. Kanalın bu büyüklükte bir akım değerine maruz kalması durumunda etrafındaki arazilere suyun ciddi bir kısmının taşacağı açık bir şekilde görülmüştür.

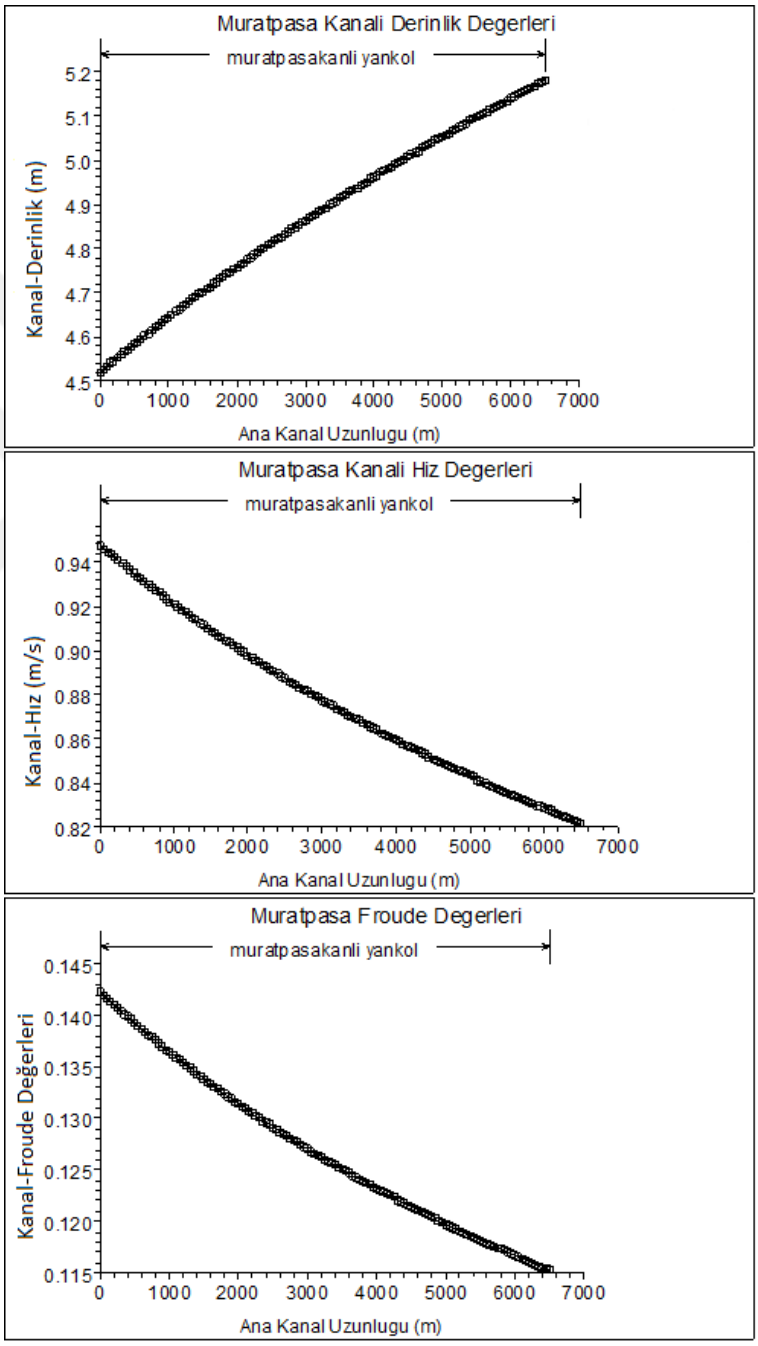
Sabit 128 m^3/s'lik debi durumunda Amik ovasındaki kurutma kanallarından biri olan Muratpaşa kanalının kesit durumu ve su yüzü profilinin oluşumu Şekil 4.88 ile verilmiştir.



Şekil 4.88 Muratpaşa Kanalı su yüzü profilleri a) 6550 m kesiti b) 50 m kesiti

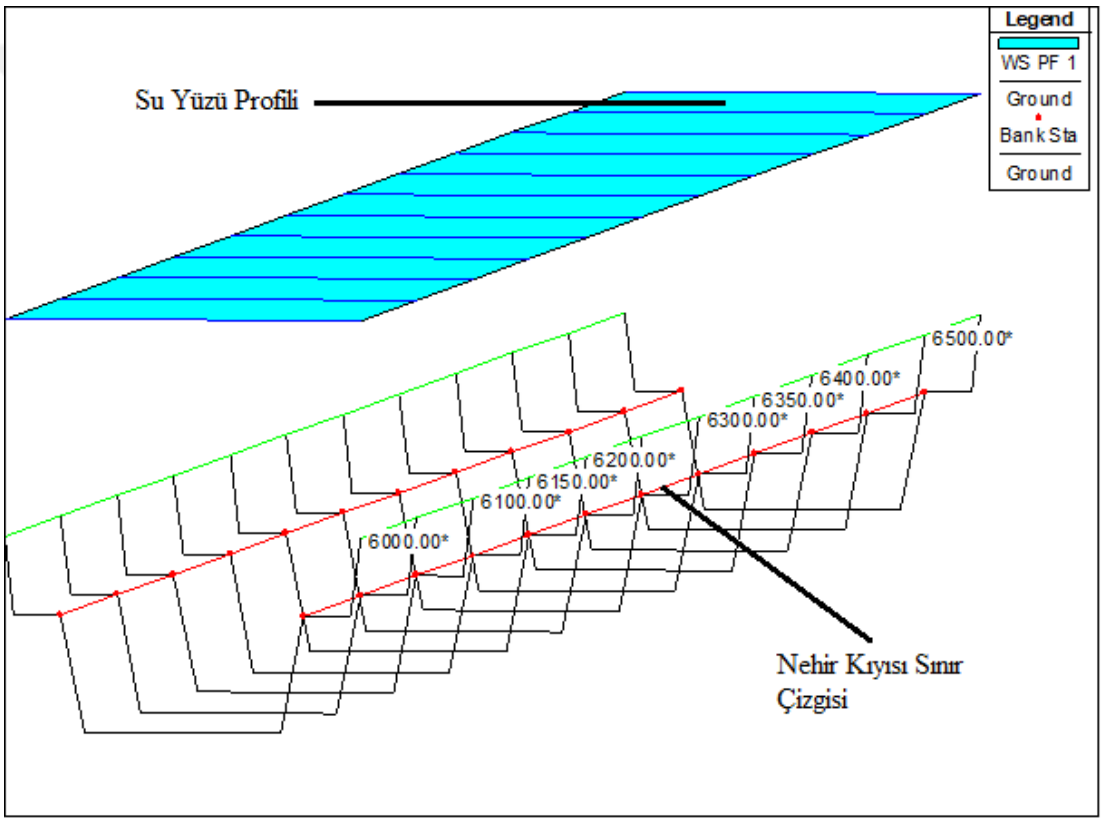
Şekil 4.88 a) ile Muratpaşa kanalında 128 m^3/s'lik debi durumunda memba tarafında oluşan su yüzü profili kesitsel olarak verilmiştir. Şekil 4.88 b) ile Muratpaşa kanalının

aynı debi durumunda mansabında yer alan kesitteki durumu verilmiştir. Memba tarafında yer alan 6550 m kesitinde su yüzü profili yaklaşık 11.8 metrede oluşmuştur. Buna karşın mansapta yer alan 50 m kesitinde su yüzü profili yaklaşık 11.2 metrede oluşmuştur. Kanal sınır çizgisinin 8 metrede bulunduğu bilindiğinden 6550 m kesitinde su yüzü yaklaşık olarak kanal sınır çizgisinin 3.8 m üzerindedir. Muratpaşa kanalının 50 m kesitinde bu değer 3.2 metreye düşmektedir.



Şekil 4.89 Muratpaşa Kanalında sabit 128 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri

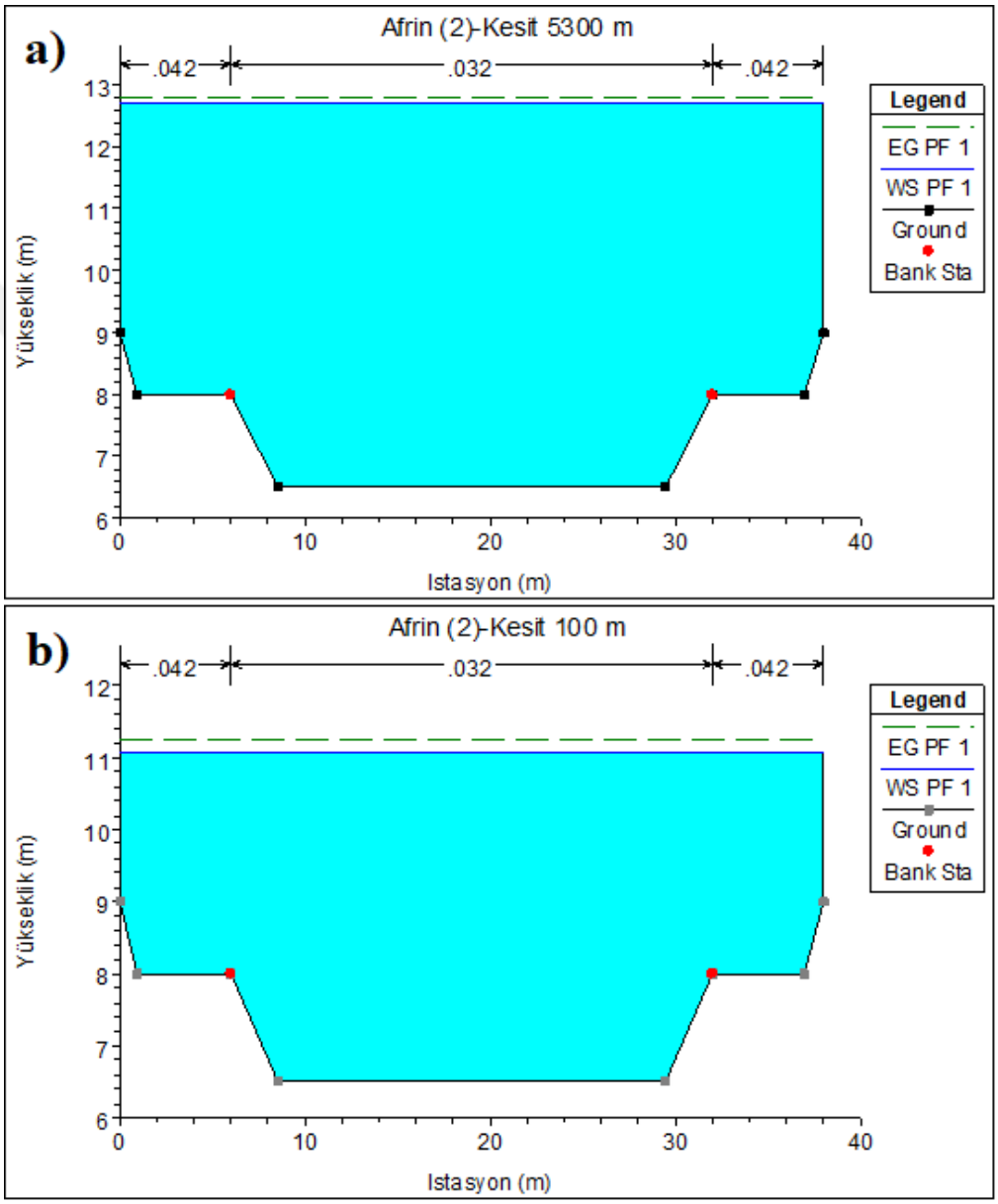
Şekil 4.89 ile Muratpaşa kanalında 128 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude değerleri verilmiştir. Şekil 4.89 ile verilen derinlik grafiği incelendiğinde Muratpaşa kanalının mansabında akım derinliğinin yaklaşık 4.5 m olduğu görülmektedir. Ancak membaya doğru derinlik değeri artarak memba kesiminde yaklaşık 5.2 metreye ulaşmıştır. Şekil 4.89 ile verilen hız grafiğinde kanal içerisindeki hız değerlerinin mansaptan membaya doğru azaldığı görülmüştür. Muratpaşa kanalının mansap tarafında yer alan kesitte hız değeri yaklaşık 0.95 m/s iken bu değer memba tarafında yer alan kesitte 0.82 m/s'ye düşmüştür. Şekil 4.89'da gösterilen kanal içerisindeki Froude sayısı değerleri de hız değerleri ile uyumlu olarak mansaptan membaya doğru azalmıştır.



Şekil 4.90 Q= 128 m^3/s durumunda Muratpaşa Kanalı 6000-6550 m perspektif görünüşü

Şekil 4.90 ile Muratpaşa kanalının memba kesiminde (6000-6550 m) sabit 128 m^3/s debi durumunda oluşacak su yüzü profili üç boyutlu olarak verilmiştir. Şekil 4.89 ile verilen derinlik bilgilerine göre Muratpaşa kanalının memba kesiminde kanal içerisindeki akım derinliğinin 5 m olduğu bilinmektedir. Şekil 4.90'da verilen üç boyutlu görselde de su yüzü profilinin nehir kıyısı sınır çizgisinin çok üzerinde

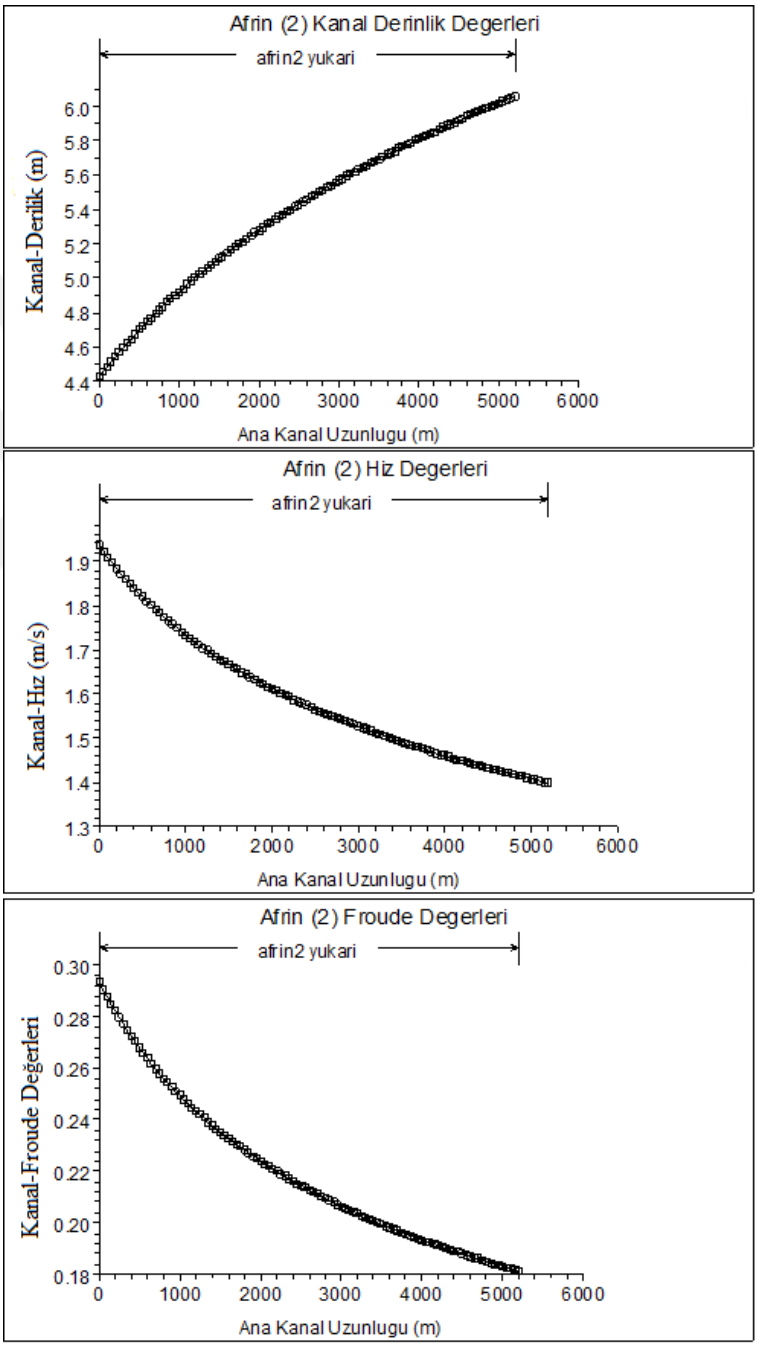
oluştuğu görülmüştür. Daha önceki akım kolları için yapılan analizlerde mansaptan membaya doğru kabarmalar olduğu tespit edilmişti. Benzer şekilde Muratpaşa kanalında da mansaptan membaya doğru bir kabarma olduğu derinlik grafiğinden ve su yüzü profilinin değişiminden anlaşılmaktadır. Muratpaşa kanalının sabit sabit 128 m^3/s debiyi ana akım koluna aktaramadığı anlaşılmıştır. Muratpaşa kanalının kesit yetersizliği nedeniyle kanal içerisinde taşınamayan sular Amik ovasına yayılacaktır.



Şekil 4.91 Afrin (2) Kanalı su yüzü profilleri a) 5300 m kesiti b) 100 m kesiti

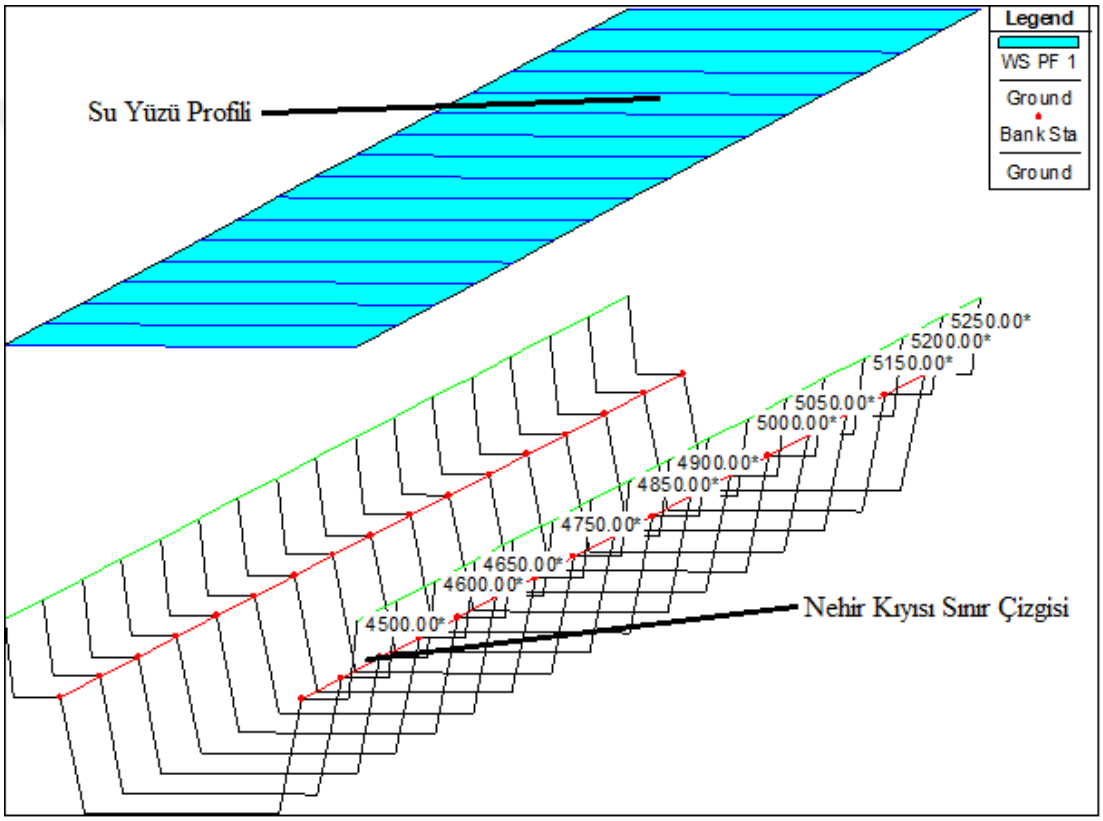
Afrin (2) akım kolunda sabit 256 m^3/s'lik debi durumunda memba (5300 m) ve mansap (100 m) kesitlerinde meydana gelen su yüzü profilleri Şekil 4.91 ile verilmiştir. Şekil

4.91 a) ile 5300 metrede yer alan kesitte oluşan su yüzü profili görülmektedir. Bu kesitte kanal sınır çizgisi 8 metrede iken su yüzü profili yaklaşık 12.8 metrede oluşmuştur. Mansap kesiminde yer alan 100 m kesitinde ise su yüzü profili 11 m civarında oluşmuştur. Su yüzü profili memba kesiminde mansap kesimine göre daha yukarıda oluşmuştur. Her iki kesitte de kanalın mevcut sabit 256 m^3/s'lik debiyi güvenle geçiremediği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.92 Afrin (2) Kanalında sabit 256 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri

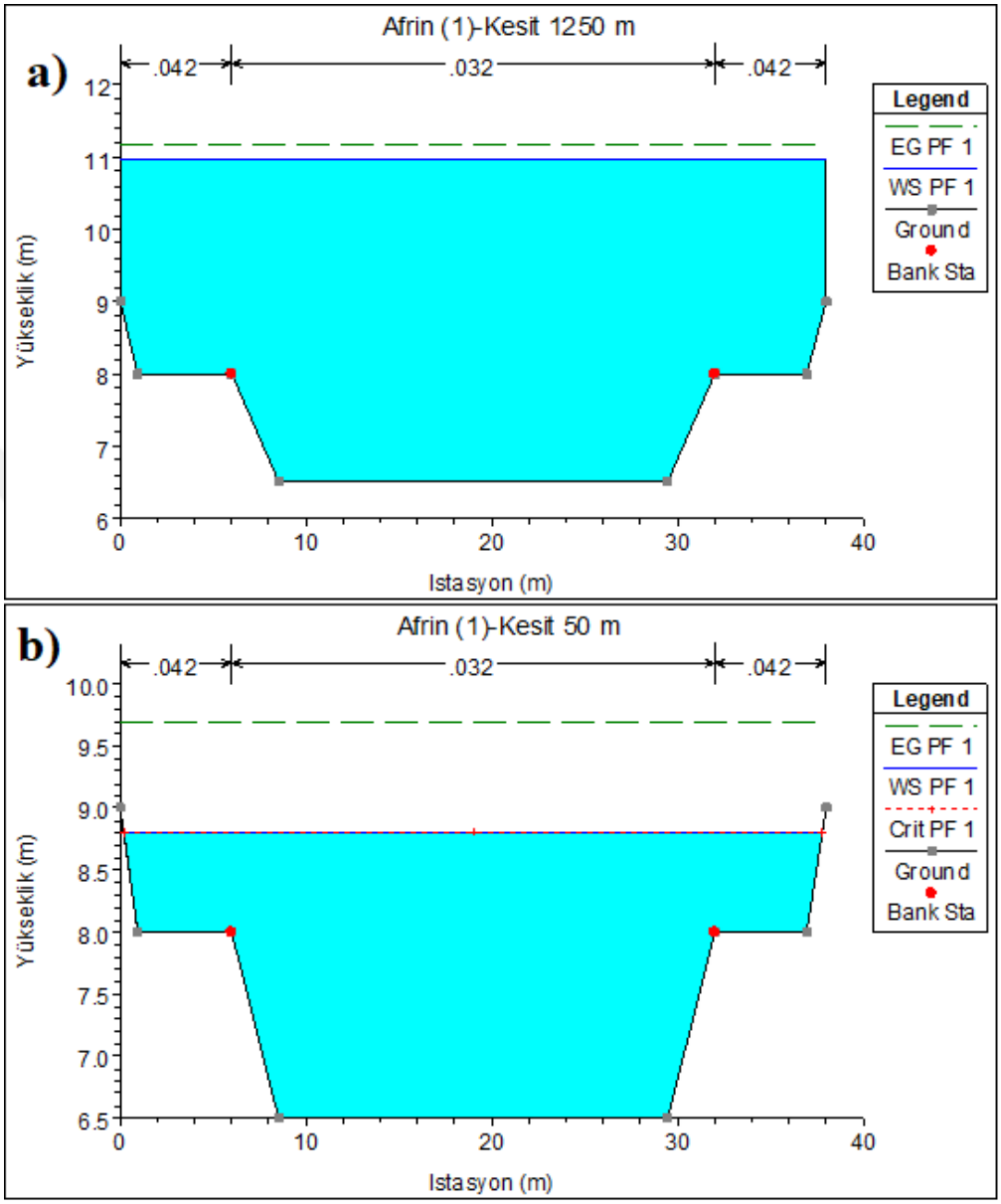
Afrin (2) akım kolunun 1 boyutlu değerlendirmesine ait kanal derinlik, hız ve Froude sayısı değişim grafikleri Şekil 4.92 ile verilmiştir. Sabit 256 m^3/s'lik debi için Afrin (2) kanalında derinlik değerlerinin 4.4 m ile 6 m arasında değiştiği Şekil 4.92 derinlik grafiğinden okunmaktadır. Afrin (2) kanalının mansap tarafında derinlik değeri 4.4 m iken bu değer memba kesiminde 6 metreye ulaşmıştır. Şekil 4.92 ile verilen hız grafiği incelendiğinde Afrin (2) mansap tarafında hız değerinin 1.9 m/s'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Kanalın hız değeri memba tarafında 1.4 m/s'ye seviyelerine düşmüştür. Hız değerlerinin değişimine paralel olarak kanal içerisindeki Froude sayısı 0.29 seviyelerinden 0.18 seviyelerine düşmüştür.



Şekil 4.93 Q= 256 m^3/s durumunda Afrin (2) 4500-5300 m perspektif görünüşü

Afrin (2) kanalı için yapılan bir boyutlu analiz sonucunda kanalın memba kesimine doğru 4500 ile 5300 m arasındaki kesitlerinin üç boyutlu görünüşü Şekil 4.93 ile verilmiştir. Şekil 4.92 ile verilen kanal derinlik grafiğine göre akımın membaya doğru derinliğinin arttığı bilinmektedir. Buna göre Şekil 4.93 ile verilen su yüzü profili membaya doğru mansapta olduğundan daha yukarıda oluşmuştur. Kanalın tamamında elde edilen kesitlerde de su yüzü profilinin nehir kıyısı sınır çizgisinin çok üzerinde

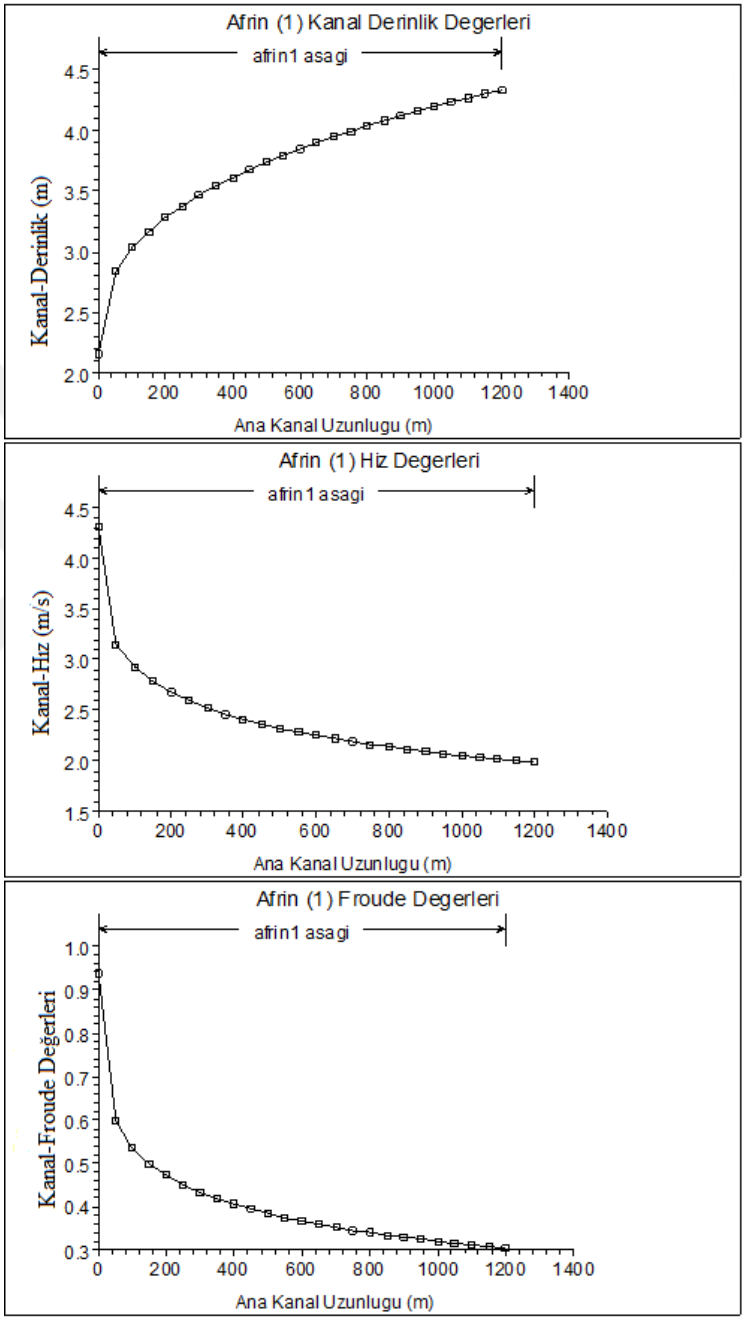
oluştuğu tespit edilmiştir. Ovanın doğu kesiminde yer alan Afrin (2) kolunun sabit 256 m^3/s'lik debiyi güvenle bir sonraki akım ağına iletemediği anlaşılmaktadır. Kanalın taşıma kapasitesinin üzerinde gelen akımın ovaya yayılacağı görülmektedir.



Şekil 4.94 Afrin (1) Kanalı su yüzü profilleri a) 1250 m kesiti b) 50 m kesiti

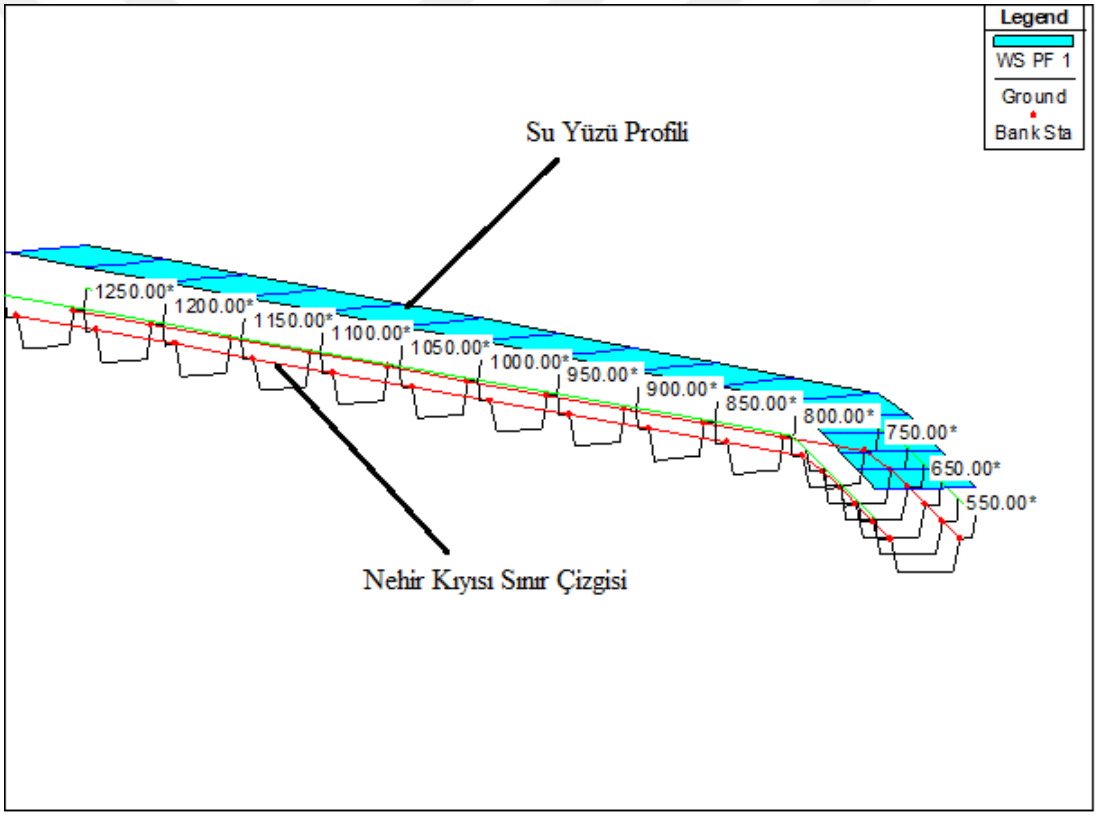
Muratpaşa kolu ile Afrin (2) kolunun birleşiminden oluşan Afrin (1) akım kolunun 1 boyutlu değerlendirmesi sabit 256 m^3/s'lik debi için yapılmıştır. Afrin (1) kolunun memba kesiminin (1250 m) kesiti Şekil 4.94 a) ile mansap kesiminin (50 m) kesiti Şekil 4.94 b) ile verilmiştir. 1250 metrede yer alan kesit incelendiğinde nehir kıyısı sınır çizgisinin 8 metrede olduğu buna karşın su yüzü profilinin yaklaşık 11 metrede

oluştuğu görülmektedir. Afrin (1) kolunun mansabında yer alan 50 m kesiti incelendiğinde ise su yüzü profilinin yaklaşık 8.8 m yükseklikte olduğu görülmektedir. Memba kesiminde yer alan derinliğin mansap kesimine göre yüksek olması Afrin (1) kolunda da akım yönünün tersi yönünde bir kabarma olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.95 Afrin (1) Kanalında sabit 256 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri

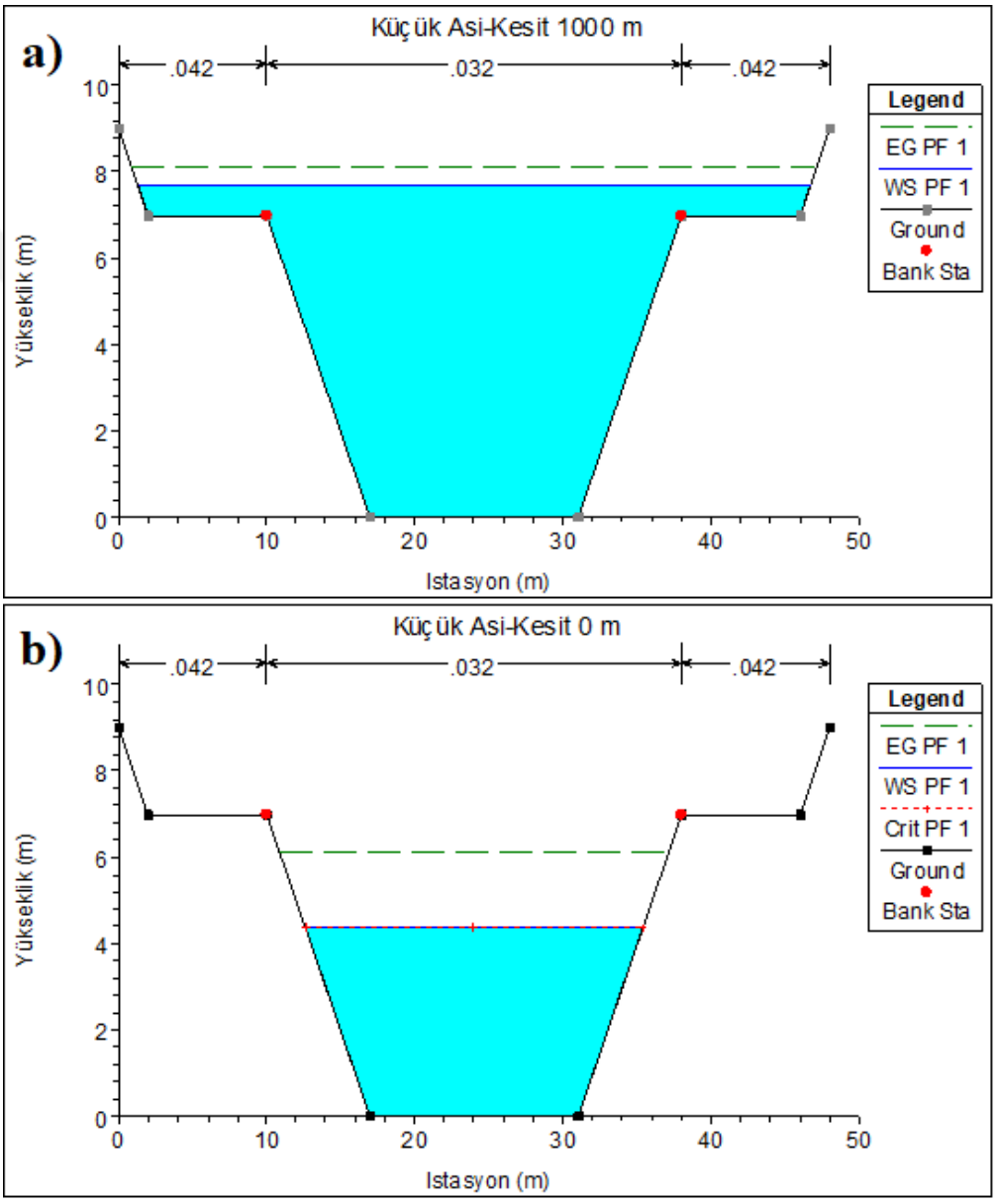
Afrin (1) akım kolunda sabit sabit 256 m^3/s'lik debi durumunda kanalda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı HEC-RAS grafikleri Şekil 4.95 ile verilmiştir. Şekil 4.95 ile verilen kanal derinlik grafiği incelendiğinde mansapta derinliğin 2.2 m civarında olduğu görülmektedir. Membaya doğru kanal derinlik değeri 2.2 metreden 4.3 m seviyelerine çıkmıştır. Şekil 4.95 ile verilen kanal içerisindeki hız değişimi grafiğinde ise mansaptan membaya doğru bir azalış olduğu görülmektedir. Mansap tarafında okunan hız değeri 4.4 m/s iken bu değer membada 2.1 m/s seviyelerine düşmektedir. Afrin (1) kanalı boyunca hızda meydana gelen değişime bağlı olarak Froude sayısında da aynı doğrultuda bir değişim olduğu Şekil 4.95 Froude sayısı grafiğinden anlaşılmaktadır. Mansap tarafında okunan Froude sayısı yaklaşık 0.95 iken bu değer memba tarafında 0.3 seviyelerine kadar düşmüştür.



Şekil 4.96 Q= 256 m^3/s durumunda Afrin (1) 500-1250 m perspektif görünüşü

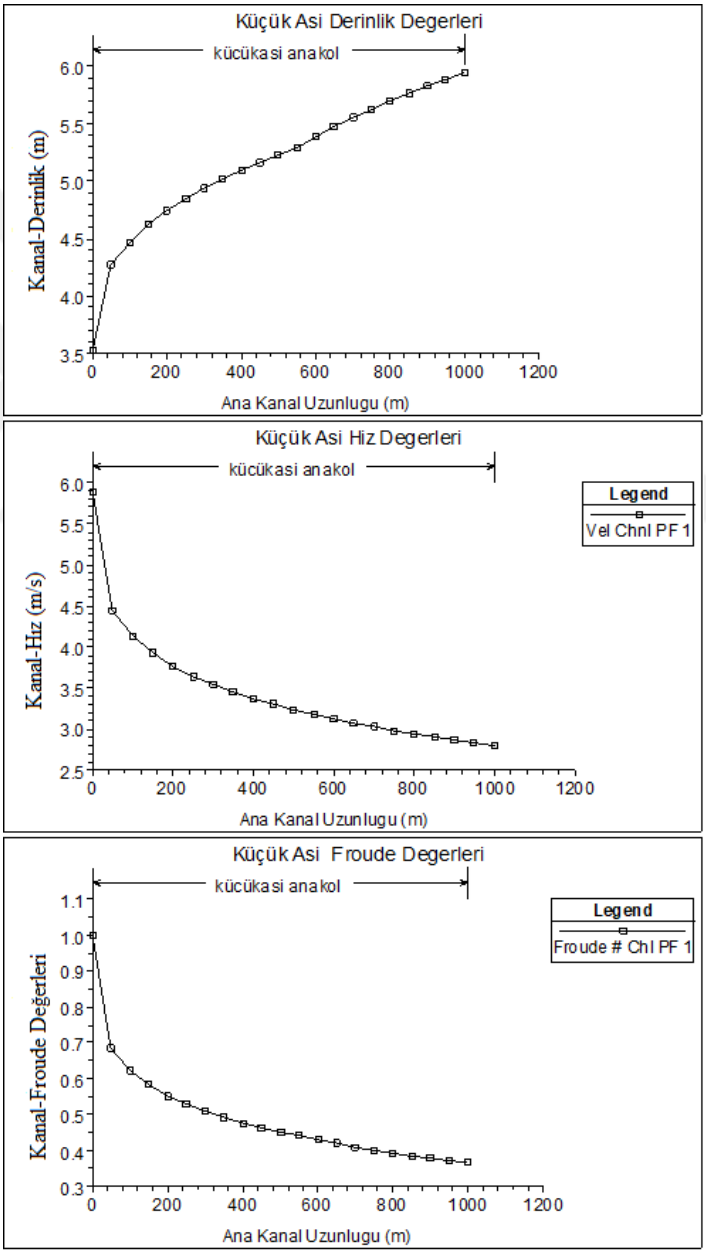
Şekil 4.96'da Afrin (1) akım kolunun sabit 256 m^3/s debi ile bir boyutlu HEC-RAS yazılımı kullanılarak analiz edilmesi sonucunda 500 ile 1250 m arasındaki kesitlerin üç boyutlu görünüşü verilmiştir. Afrin (1) kolunun memba kesimine doğru olan kesitlerinin üç boyutlu görüntüsü incelendiğinde su yüzü profilinin nehir kıyısı sınır çizgisinin çok üzerinde oluştuğu görülmektedir. Şekil 4.95 ile verilen HEC-RAS kanal

derinlik grafikleri ile de Afrin (1) kolunda derinliğin 2.2 metrenin üzerinde olduğu bulunmuştu. Kanal tabanı ile nehir kıyısı sınır çizgisi arasındaki yükseklik farkı yani kanal derinliği yaklaşık 1.5 m olduğundan bütün kesitlerdeki su yüzü profilinin nehir kıyısı sınır çizgisinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Mansaptan membaya doğru olan derinlik artışı ise önceki kanallarda olduğu gibi bir kabarma olduğunun göstergesidir. HEC-RAS yazılımı ile alınan Afrin (1) kanalına ait bir boyutlu çıktılar kanalın 256 m^3/s'lik debiyi güvenle geçiremeyeceğini göstermiştir.



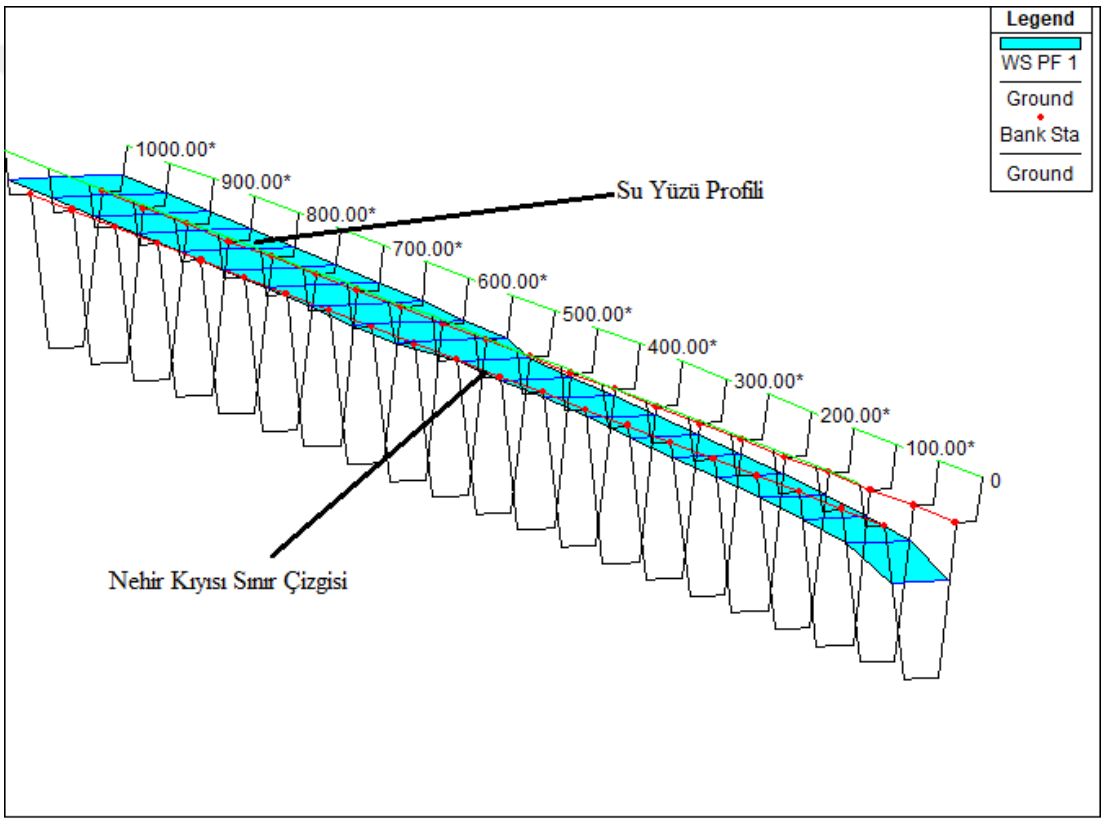
Şekil 4.97 Küçük Asi nehri su yüzü profilleri a) 1000 m kesiti b) 0 m kesiti

Bir boyutlu analiz sonucunda Küçük Asi nehrinin memba tarafında (1000 m) yer alan kesit ile mansabında yer alan (0 m) kesitinin su yüzü durumları Şekil 4.97 ile verilmiştir. Şekil 4.97 a) ile verilen 1000 m kesiti incelendiğinde sabit 472 m^3/s debi durumunda su yüzü profilinin yaklaşık 7.7 m yükseklikte oluştuğu görülmektedir. Nehir kıyısı sınır çizgisi yaklaşık olarak 7.4 metrede yer aldığından su yüzü profili kanalın üst kotunun yaklaşık 0.3 m üzerinde oluşmuştur. Şekil 4.97 b) ile verilen görsel incelendiğinde ise su yüzü profilinin yaklaşık 4 metre yükseklikte ve kanal içerisinde oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.98 Küçük Asi nehri sabit 472 m^3/s'lik debi durumunda oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri

Muratpaşa, Comba, Afrin kanallarının ve Karasu nehrinin birleşimi ile oluşan Küçük Asi nehrinin 1 boyutlu HEC RAS analizi sabit 472 m^3/s debi için yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Küçük Asi kanalında oluşan derinlik, hız ve Froude sayısı değişimleri Şekil 4.98 ile verilmiştir. Şekil 4.98 ile verilen derinlik grafiği incelendiğinde hidrolik derinliğin mansapta 3.5 m olduğu ve bu değerin giderek artarak memba kesiminde 5.8 m seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Şekil 4.98 ile verilen hız grafiğine göre mansap kesiminde 5.9 m/s seviyelerinde olan kanal içi hız değeri memba tarafında 3 m/s seviyelerine düşmüştür. Hız değişimi ile uyumlu olarak Froude sayısı grafiğinde de azalan bir grafik oluşmuştur. Froude sayısı mansapta kritik değer olan 1 iken bu değer membada 0.4'e kadar düşmektedir.



Şekil 4.99 Q= 472 m^3/s durumunda Küçük Asi nehri 0-1000 m perspektif görünüşü

HEC-RAS yazılımı 1 boyutlu analiz yaklaşımı kullanılarak Küçük Asi nehri için yapılan analizler sonucunda kesitlerde oluşan su yüzü profillerinin üç boyutlu gösterimi Şekil 4.99 ile verilmiştir. Şekil 4.99 ile verilen görsel incelendiğinde mansapta yer alan kesimde su yüzü profili kanal içerisinde oluşmaktadır. Yani su yüzü profili, nehir kıyısı sınır çizgisinin altında kalarak herhangi bir taşma olmadan

akmaktadır. Küçük Asi nehrinin memba tarafında ise su yüzü profilinin bir miktar nehir kıyısı sınır çizgisinin üzerinde oluştuğu görülmüştür. Önceki akım kollarının tamamında tespit edilen kabarma durumu Küçük Asi sonuçlarında da görülmüştür.

Bir boyutlu yapılan çalışmada incelenen her bir kanaldaki derinlik, hız değerlerinin kanal boyunca değişimi ve buna bağlı Froude sayısının aldığı değerler ayrı ayrı grafiklerle verilmiştir. Verilen derinlik, hız ve Froude sayısı grafikleri incelendiğinde çalışılan kanal boyunca derinlik artışı ile birlikte hız değerinin düştüğü, hız değerlerinin azalışı dolayısıyla da Froude sayısı değerlerinin daha küçük değerler aldığı görülmüştür. Bazı durumlarda kanalın tamamını içeren su yüzü profillerini görsel olarak paylaşmak mümkün olmadığından ilgili kanalın değişimin belirgin olduğu kısımları alınarak su yüzü profilinin oluşumu paylaşılmıştır.

Yapılan bir boyutlu HEC-RAS analizleri sonucunda kararlı akım şartlarında verilen debiler için akım ağını oluşturan kolların tümünün kesiti 2012 taşkın koşullarında yetersiz bulunmuştur. Yetersiz kesit nedeniyle çalışılan akım kolları iletmeleri gereken debiyi güvenle bir sonraki akım yoluna taşıyamamaktadır. Akım ağlarında görülen kabarma olayı, akım kollarının memba kesimlerinde Amik ovasına kanallarla taşınan suyun büyük bir kısmının yayılacağını göstermiştir. Özellikle, kurutma kanalları olan ve ovada taşkın koruma kanalları olarak da işlev gören Muratpaşa, Comba ve Afrin kanallarının kesit bakımından yetersiz oluşu, olası bir taşkın durumunda ovada yüzeysel akışa geçen suyun tahliyesini zorlaştıracaktır. Elde edilen bir boyutlu model sonuçları, kararlı akım koşullarında incelenen Muratpaşa, Afrin ve Comba kanallarının su yüzü profillerinin tasarımda ayrılan hava payının dahi çok üzerinde olduğunu göstermiştir. Uygulamada inşa edilen kanalların çevresinde taşkın koruma amacıyla ilave bentler oluşturulduğu bilinmektedir. Ancak yine sahada yapılan gözlemlerde kanalların kenarlarında inşa edilen toprak bentlerin birçok bölgede sulama amacıyla açıldığı da bilinmektedir. Sulama amacıyla bentlerde rastgele açılan kanallar, ilave bentlerin taşkın sırasında etkisini azaltacağından 1 boyutlu taşkın analizlerinde Devlet Su İşlerinin ana kanal tasarım boyutları esas alınmıştır. Gerçekleştirilen bir boyutlu analiz, çalışmanın devamında yürütülen iki boyutlu analiz ve değerlendirmelere temel teşkil etmiştir. Zira bir boyutlu analizde kanal kesitleri test edilmiş ve yetersiz bulunmuştur. Ancak yetersiz kesitler dolayısıyla oluşabilecek taşkınların yayılım alanı tespit edilememiştir. Taşkın yayılımı iki boyutlu analizde detaylı olarak incelenmiştir.

4.2.2 İki Boyutlu Model Sonuçları

Hatay ili Amik ovası için yapılan iki boyutlu analizler 14 farklı modelden oluşmaktadır. İlk 6 model 2012 yılında yaşanan taşkına ait veriler kullanılarak en uygun SYM'nin tespitine yönelik iken sonraki 7 model farklı dönüş periyotlu taşkın debilerinin etkileyeceği alanların tespitine yöneliktir. 14. ve son model ise akış verisi kullanmadan doğrudan 2012 taşkınında kaydedilen yağış verileri ile oluşturulmuştur.

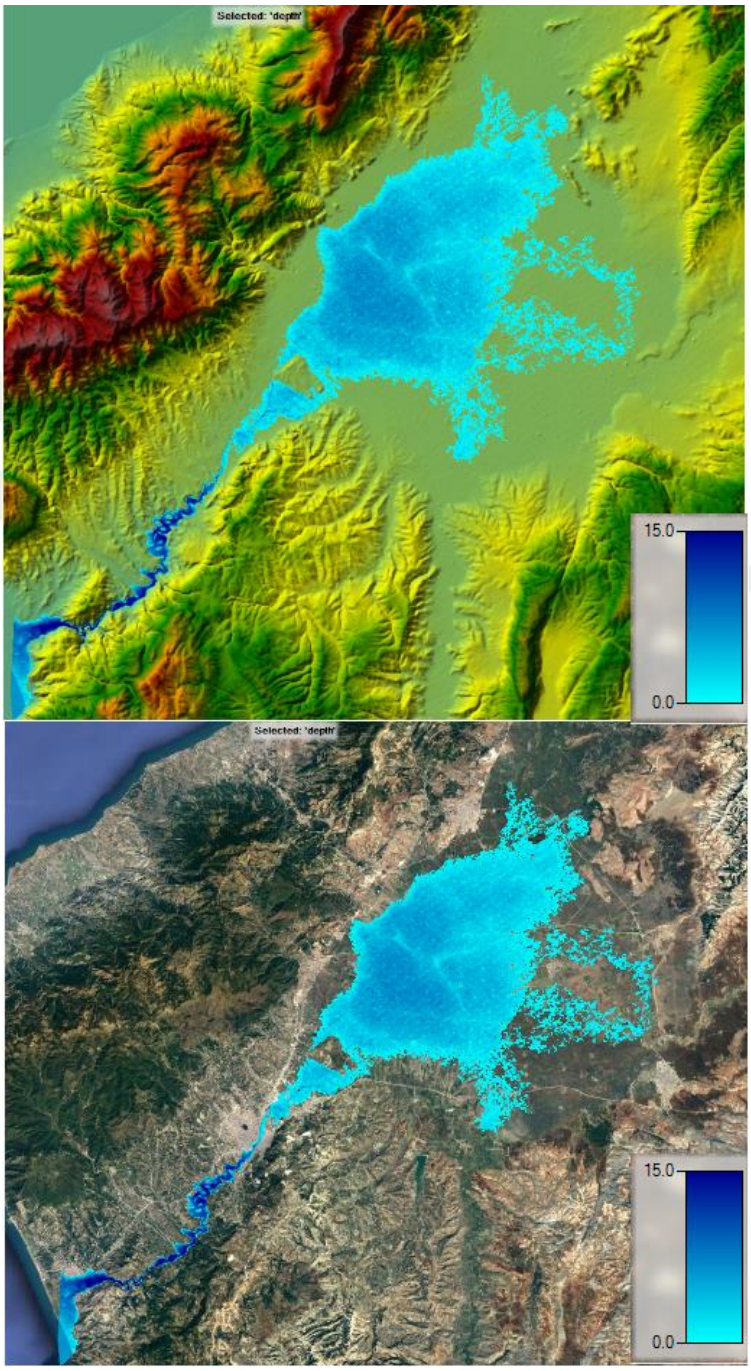
Tablo 4.37 Oluşturulan iki boyutlu modellerin içerikleri

Model No	Kullanılan SYM Verisi	Yapılan SYM İyileştirmeleri	Akım Verisi
1	Alos Palsar	-	2012 Taşkın Hidrografları
2	Alos Palsar	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	2012 Taşkın Hidrografları
3	Aster	-	2012 Taşkın Hidrografları
4	Aster	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	2012 Taşkın Hidrografları
5	SRTM	-	2012 Taşkın Hidrografları
6	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	2012 Taşkın Hidrografları
7	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_2
8	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_5
9	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_{10}
10	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_{25}
11	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_{50}
12	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_{100}
13	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	Q_{500}
14	SRTM	Akım ağı oluşturularak SYM'ye entegre edilmiştir.	2012 Yağış verisi

Modellerin hangi parametrelere göre oluşturulduğunu gösteren tablo yöntem kısmında paylaşılmış olsa da model sonuçlarının yorumlanmasında oluşabilecek karışıklığın önüne geçmek için Tablo 4.37 ile tekrar verilmiştir.

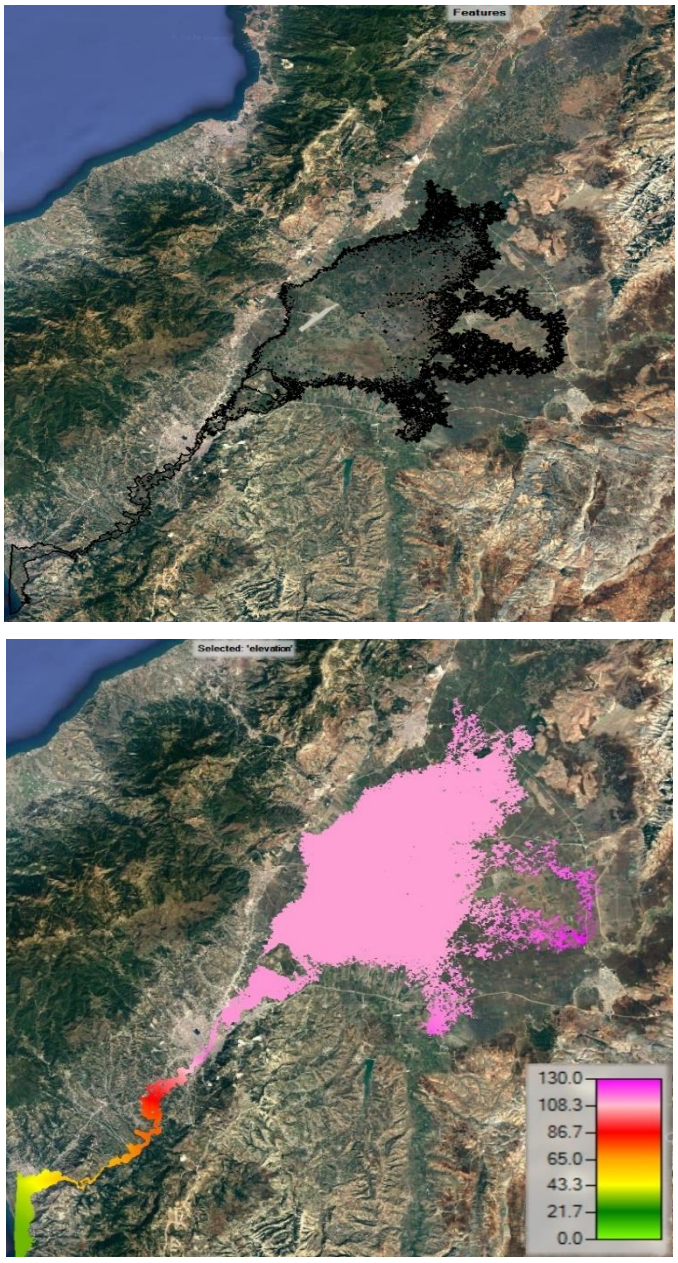
4.2.2.1 Oluşturulan 1 No'lu Modelin Sonuçları

2012 yılında yaşanan taşkının simüle edildiği modellerin ilkidir. Bu modelde Alos Palsar uydu verisinden elde edilen doğal SYM kullanılmıştır.



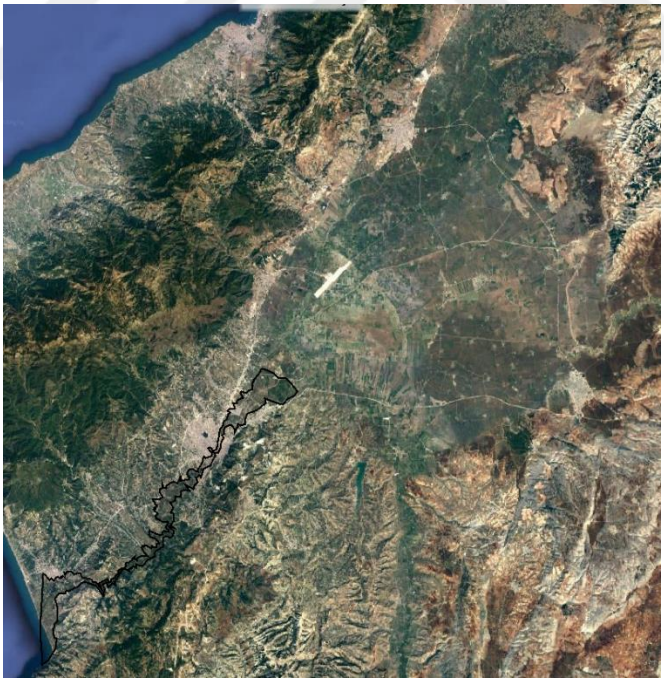
Şekil 4.100 1 No'lu model maksimum derinlik değerleri

1908-Asi Nehri Antakya, 19-026 Küçük Asi Hasanlı, 19030 Asi Nehri Eşrefiye, 1906 Afrin Müşrüflü ve 1905- Karasu Torun istasyonlarının verileri sınır şartı olarak tanımlanmış ve hidrograf verileri bu sınır şartlarına atanmıştır. Taşkından etkilenen alanlar Şekil 4.100 ile verilmiştir. Şekil 4.100'ün üst tarafındaki görsel 1 No'lu modelin sayısal yükseklik modeli üzerindeki maksimum derinlik durumunu vermektedir. Altta kalan görsel ise modelin Google uydu görüntüsüne işlenmiş halini göstermektedir. Derinlik skalası 0 ile 15 m arasında değişmektedir. 0 açık mavi ile gösterilirken 15 en koyu ton ile gösterilmiştir. Modelde derinliğin zaman zaman 7.5 m'nin üzerine çıktığı görülmüştür.



Şekil 4.101 1 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları

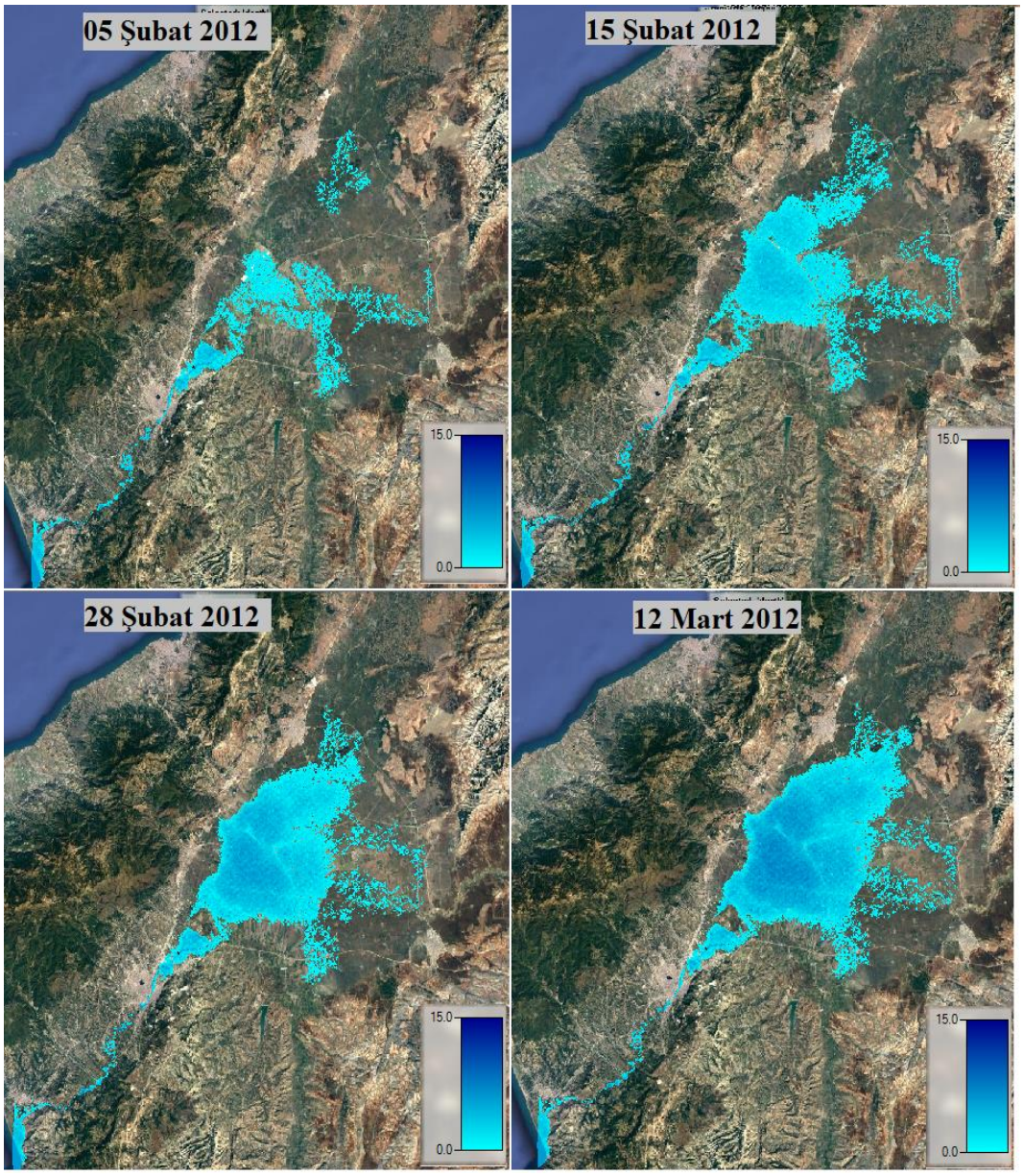
1 No'lu modelin maksimum su seviyesi için su yüzü kotlarını gösteren grafik ve bu durumda sular altına kalan alanların Google uydu görüntüsü üzerinde sınırlarını veren görüntü Şekil 4.101 ile verilmiştir. Şekil 4.100 ile 2012 taşkınındaki hidrograf verileri girilerek oluşturulan 1 No'lu modelin maksimum derinlik durumunda hangi alanlarının sular altında kalacağı gösterilmiştir. Derinliğin havaalanı ve çevresinde 7.5 m civarında olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.101'da taşkının maksimum seviyesinde ne kadarlık bir alanın sular altında kalacağı sınırları çizilerek Google uydu görüntüsü ile verilmiştir. Bu sınırların kapladığı toplam alan HEC-RAS yazılımının RAS Mapper aracı ile oluşturulan hesap tablosuna göre 43000 ha alandan fazladır. Bu değere Amik ovasının çıkışından Asi nehrinin denize döküldüğü yere kadar olan alanlar da dahildir. Ancak elimizdeki veriler Amik ovasında 13000 ha'lık alanın taşkından etkilendiği şeklindedir. Bu durumda Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan alanlara yeni bir özellik atanarak bu alanların büyüklüğü ayrıca hesaplanmıştır. RAS Mapper aracı kullanılarak atanan bu özellik ile Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan alanların büyüklüğü yaklaşık olarak 5428 ha olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.102 ile ovanın dışında sular altında kalan alanların gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.102 Model 1'de Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar

43000 ha'lık başlangıçta sular altında kalan alandan 5428 ha'lık ova dışında kalan alan çıkarıldığında dahi 37572 ha'lık alanın sular altında kaldığı görülmektedir. Bu değer

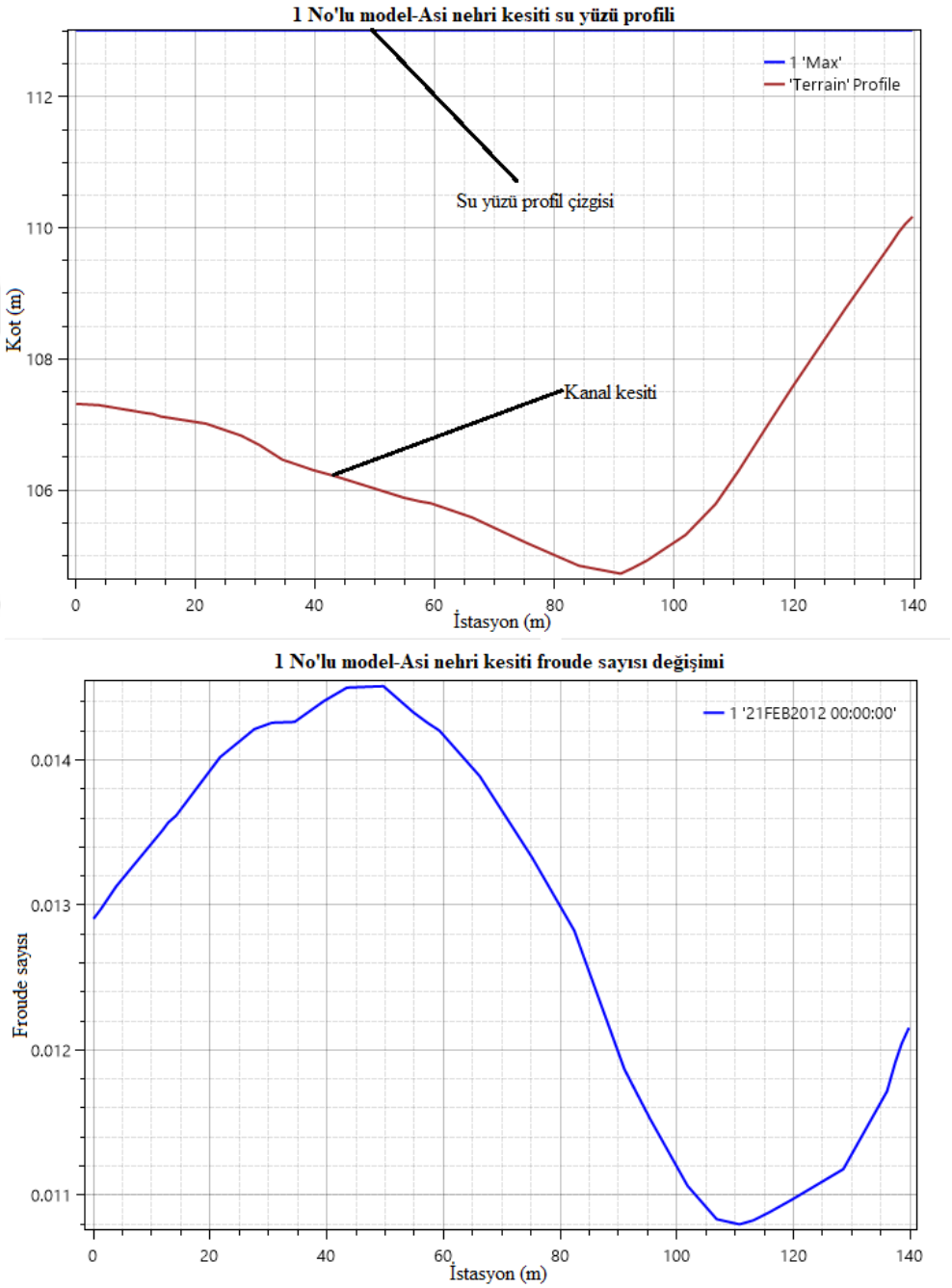
dahi taşkından etkilenen 13000 ha'lık alanın çok üzerindedir. Şekil 4.101'de gösterildiği üzere taşkının maksimum seviyesinde göl alanının su yüzü kotu 111.87 m olarak ölçülmüştür. Alos Palsar verisi ile oluşturulan SYM'de deniz seviyesinin +28 m kotunda olduğu bilinmektedir. Bu durumda aslında 1 no'lu modelde taşkın durumunda su yüzü kotu 83.87 metredir. DSİ verilerine göre ise maksimum seviyede taşkın su yüzü kotu 81.11 metredir.



Şekil 4.103 1 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

1 No'lu modelde kullanılan 2012 taşkın hidrograf verileri 31 Ocak 2012'den başlayıp 12 Mart 2012'de son bulmaktadır. Yapılan 2 boyutlu modellemede Amik ovasında

sular altında kalan alanların zamanla değişimi Şekil 4.103 ile verilmiştir. 1 No'lu model sonuçlarına göre 5 Şubat 2012 tarihinde taşkın sınırlı bir alanda etkili iken zamanla 12 Mart 2012 tarihine doğru daha geniş bir alana yayılmıştır. Başlangıçta taşkın Asi nehrinin Suriye'den gelen kolu, Afrin kanalı, Harim kanalı ve Küçük Asi nehrinin olduğu bölgede etkili iken zaman ilerledikçe Karasu nehri, Muratpaşa ve Comba kanallarının bulunduğu bölgede de etkisini arttırmıştır.

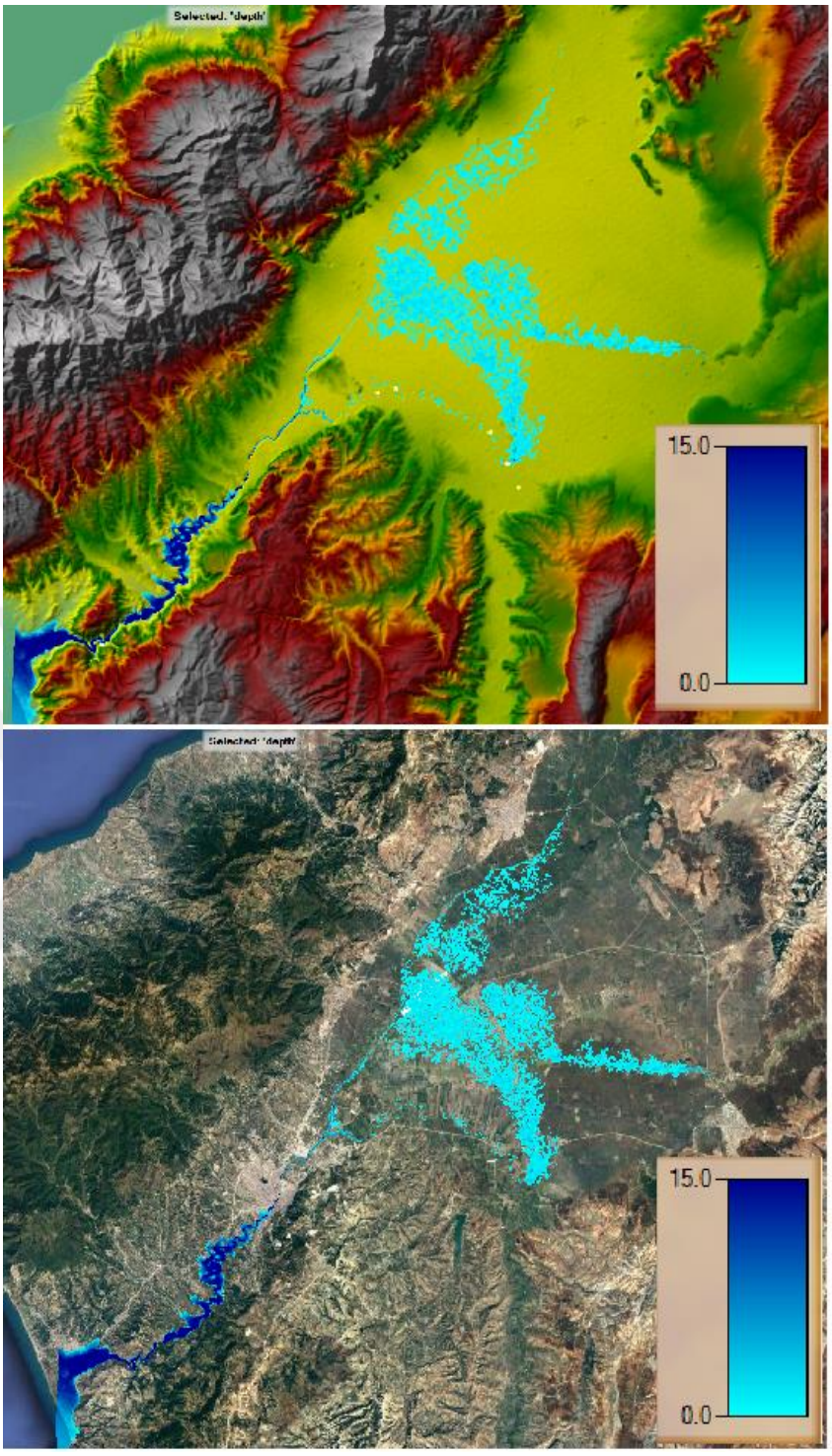


Şekil 4.104 Asi nehri kesit bilgileri-Model 1

Şekil 4.104 ile 1 No'lu model sonuçlarına göre Amik ovasının çıkışında Asi nehri ana kanalından alınan bir kesitteki su yüzü profili ve 21 Şubat 2012 tarihinde kesit boyunca Froude sayısı değişimi verilmiştir. Verilen su yüzü profili taşkının maksimum derinliğe ulaştığı anda alınmıştır. Şekil 4.104 incelendiğinde her iki sahilde de (sağ ve sol) taşmalar olacağı anlaşılmaktadır. Asi nehri ana kanalına çizilen kesit boyunca taşkının maksimum seviyelere yakın olduğu 21 Şubat 2012 tarihinde Froude sayısı çok küçük değerler almıştır.

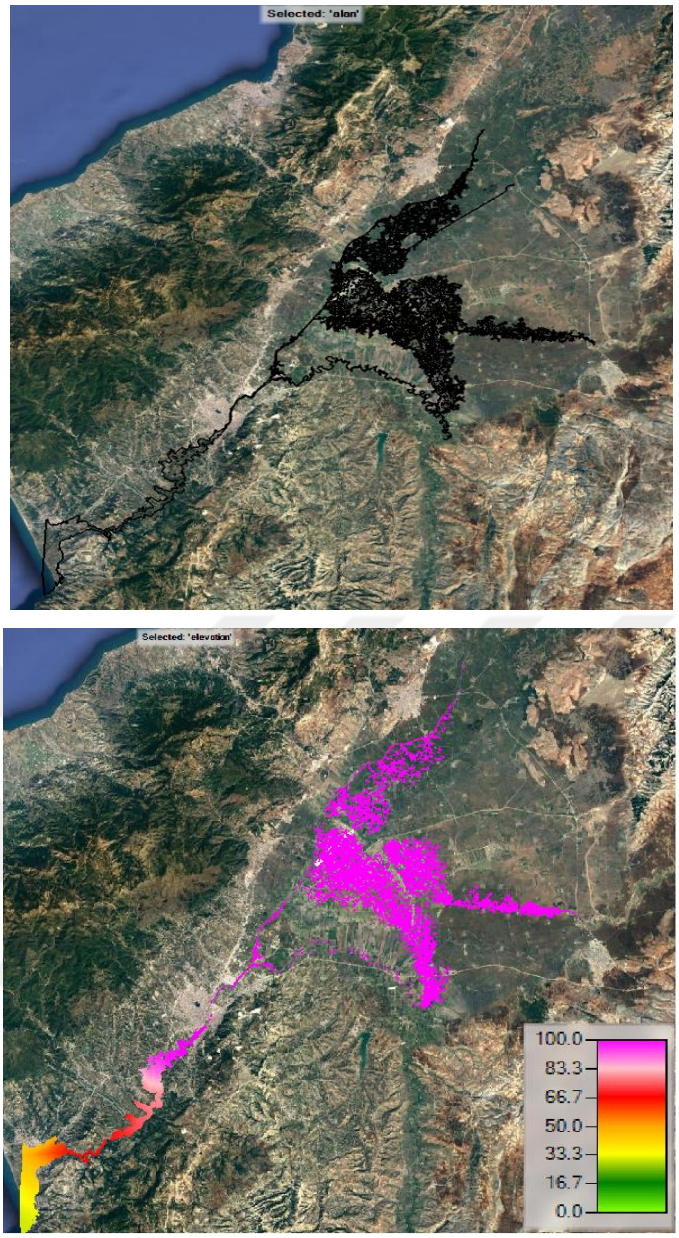
4.2.2.2 Oluşturulan 2 No'lu Modelin Sonuçları

Alos Palsar uydu verileri ile oluşturulan SYM'nin iyileştirilmiş versiyonunun kullanıldığı modeldir. 2 No'lu modelde de 2012 taşkın verilerine göre analizler yapılmıştır. Model geometrisi, pürüzlülük katsayısı ve sınır şartları 1 No'lu model ile aynı tutulmuştur. Tek değişiklik Alos Palsar uydu verisi ile oluşturulan SYM'ye Amik ovasındaki ana akım ağlarının eklenmesi ile yeni bir SYM oluşturmaktır.



Şekil 4.105 2 No'lu model maksimum derinlik değerleri

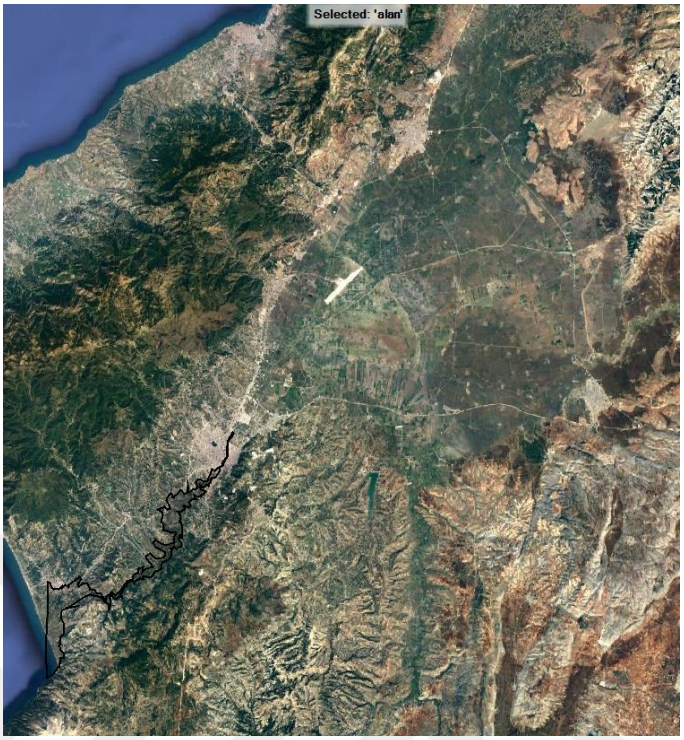
Şekil 4.105 ile üst görselde iyileştirilmiş SYM'nin 2012 taşkınındaki etkisi gösterilmiştir. Alt görsel sonuçların Google uydu görüntüsü ile verilmesine aittir. Şekil 4.106 ile üst görselde su altında kalan alanların sınırları Google uydu görüntüsü ile verilmiştir. Alt görselde ise maksimum taşkın seviyesinde su yüzü kotu değişimleri gösterilmiştir.



Şekil 4.106 2 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları

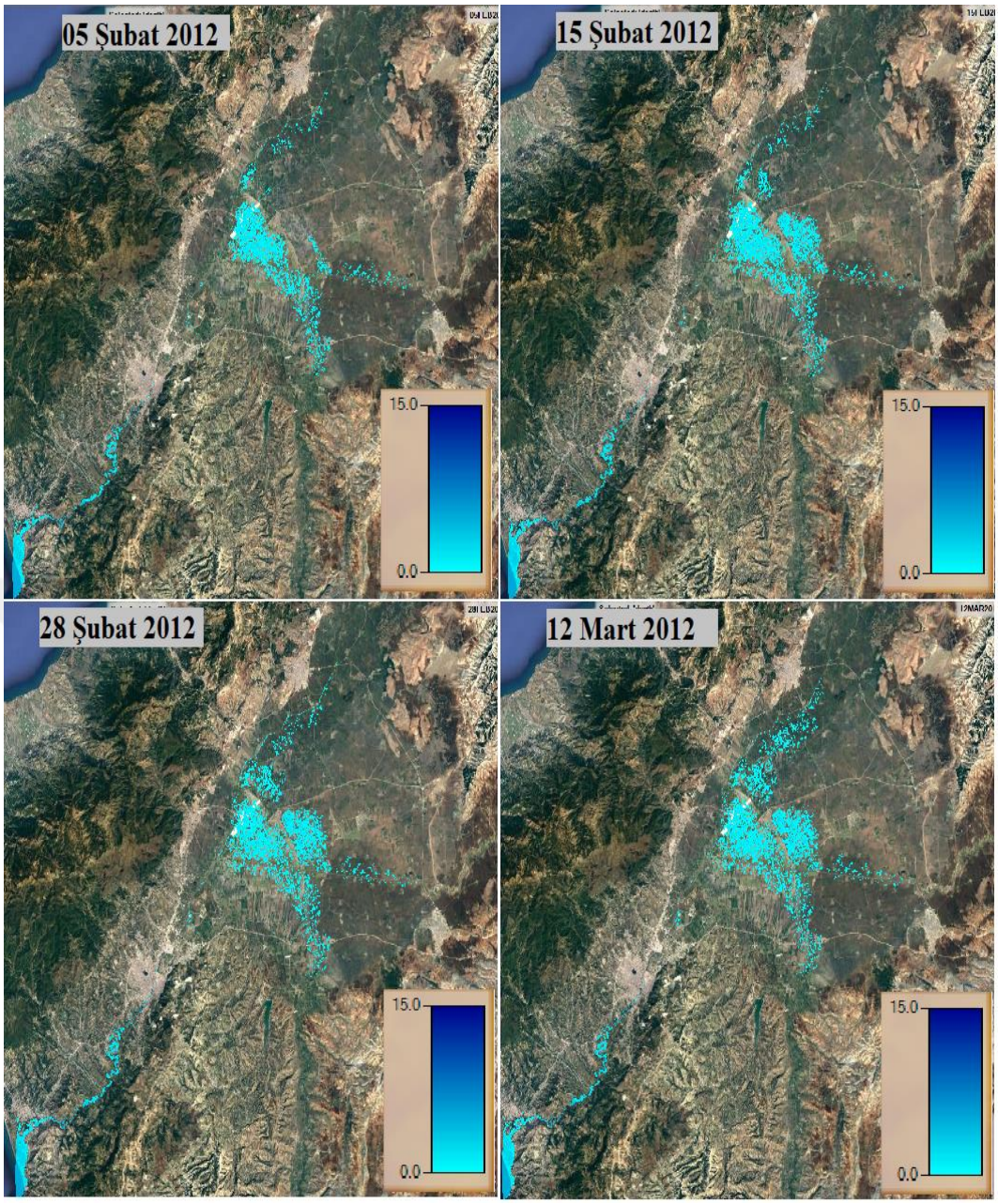
2' No lu model sonuçlarında SYM üzerinde yapılan iyileştirmelerin etkili olduğu çok net bir şekilde görülmüştür. SYM modeline ovada bulunan akım ağları eklendiğinde 1 No'lu modelde sular altında kalan alanlara göre çok daha az bir alanın sular altında kaldığı, taşkının sularının büyük bölümünün açılan bu kanalarda ilerlediği ve buna bağlı olarak su yüzü kotunun düştüğü belirlenmiştir. RAS Mapper özellik tablosundan alınan verilere göre 2 No'lu modelde maksimum taşkın durumunda sular altında kalan alanlar yaklaşık 15317 ha'dır. Ovanın çıkışından itibaren denize kadar olan alanlar yine RAS Mapper üzerinden atanan bir özellikle belirlendiğinde, bu alanın yaklaşık

büyüklüğünün 3696 ha olduğu tespit edilmiştir. Ovanın çıkışından itibaren bu alanın gösterimi Şekil 4.107 ile verilmiştir.



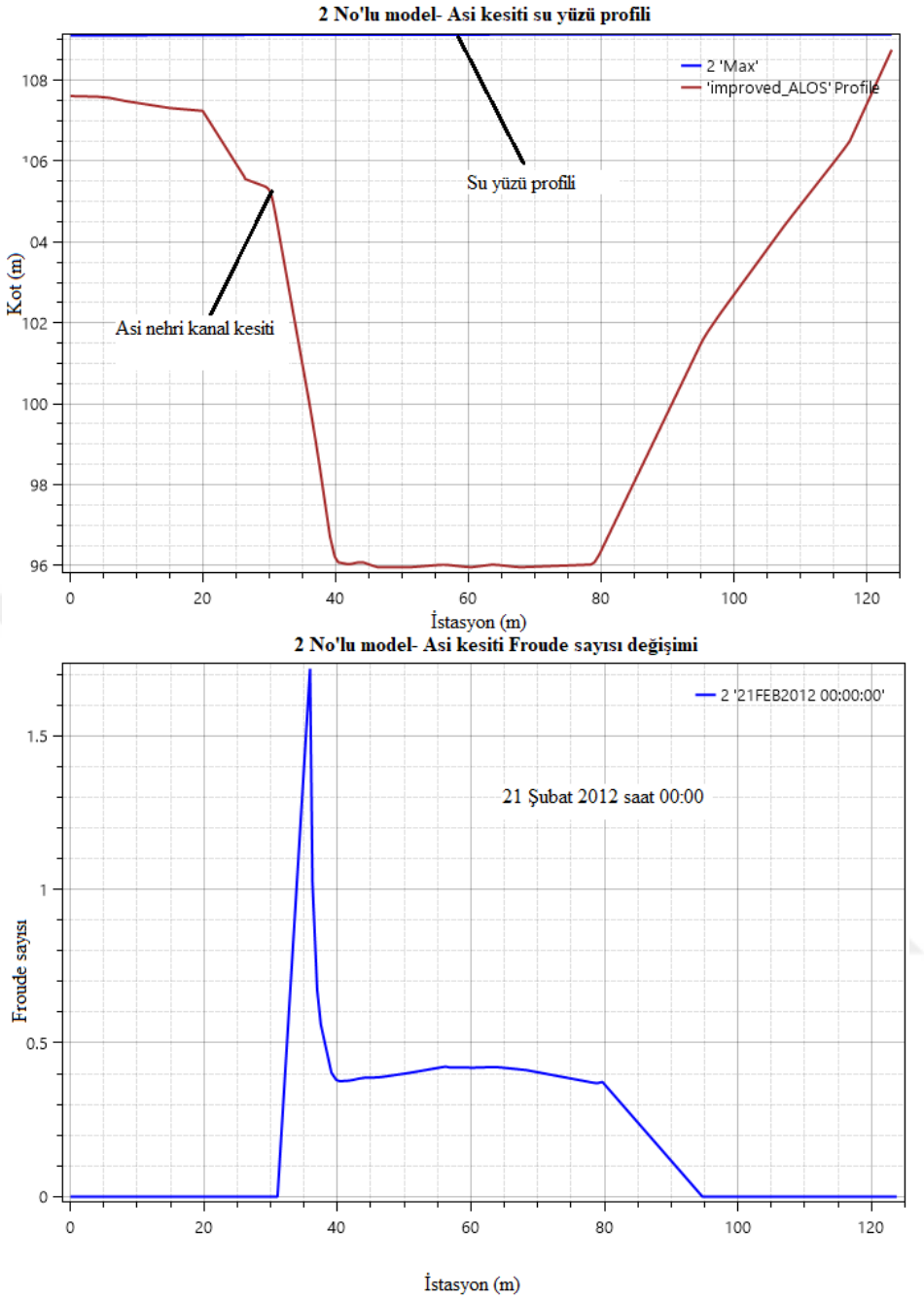
Şekil 4.107 Model 2'de Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar

2 No'lu modelde ovanın çıkışından itibaren su altında kalan alanlar toplam alandan düşüldüğünde Amik ovasında 11621 ha alanın sular altında kaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.105 ile verilen derinlik grafiklerinde derinliğin 0.5 ile 2.9 m arasında değiştiği görülmüştür. Maksimum taşkın seviyesi için su yüzü kotu ise göl alanının olduğu bölgede 106.42 m olarak ölçülmüştür. Bu değerden Alos Palsar uydu verisinde 28m olarak verilen deniz seviyesi düşüldüğünde, gerçekte bu kotun 78.42 m olduğu anlaşılmaktadır. 2 No'lu model sonuçları 2012 taşkınını 1 No'lu modele göre daha iyi yansıtmaktadır.



Şekil 4.108 2 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

2 No'lu modelde kullanılan hidrograf verileri 31 Ocak -12 Mart 2012 tarihlerini kapsamaktadır. Analizlerde tarihsel olarak gerçekleşen değişimleri göstermek üzere Şekil 4.108 verilmiştir. Şekil 4.108 incelendiğinde başlangıçta kısmen Hatay havaalanının olduğu bölgede bir göllenme olduğu görülmüştür. Daha sonra Karasu nehrinden de bir miktar taşma gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Zamanla havaalanı çevresinde göllenme artsa da Amik ovasının geneline yayılan bir taşkın söz konusu değildir ve 15-28 Şubat ve 12 Mart tarihlerine bakıldığında zamanla yayılış miktarının düşük olduğu görülmektedir.



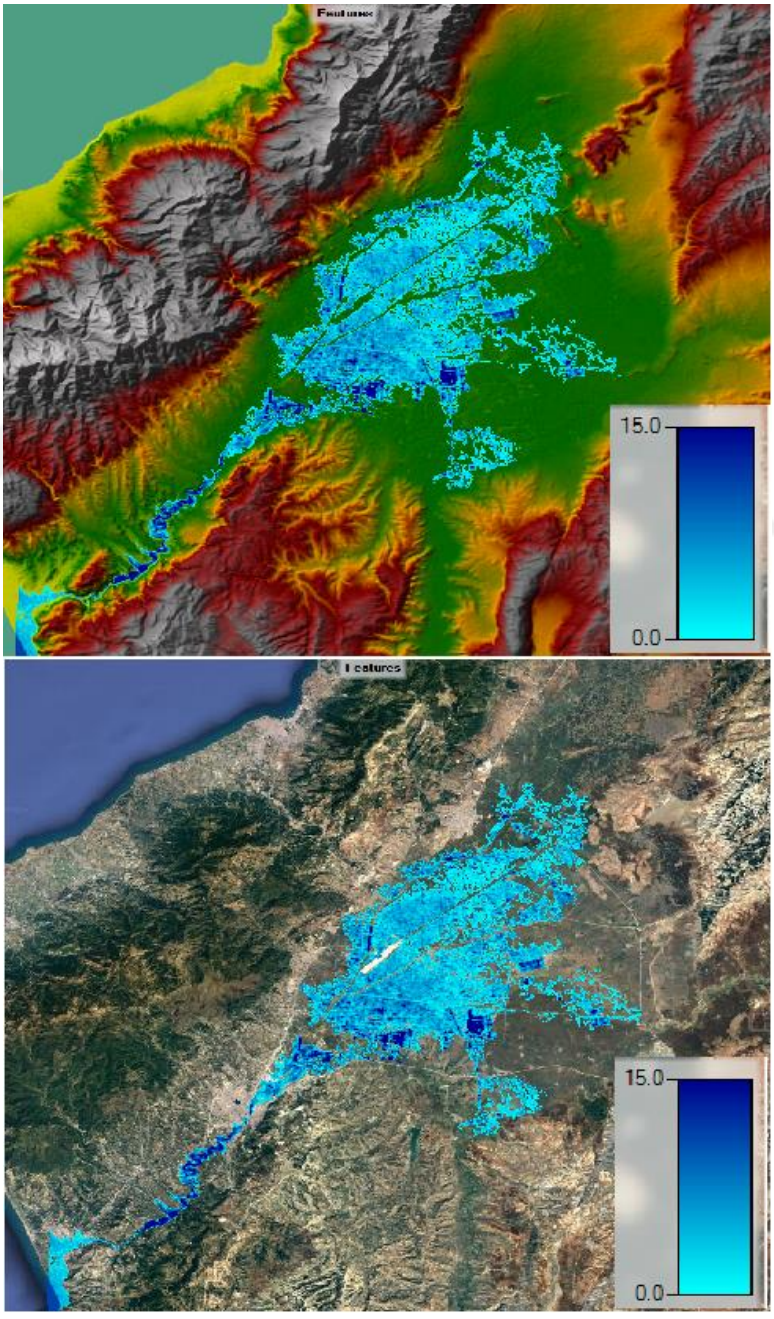
Şekil 4.109 Asi nehri kesit bilgileri-Model 2

2 No'lu modelde yapılan 2 boyutlu analizlerde Amik ovasının çıkışında yer alan Asi nehri için alınan kesite ait bilgiler Şekil 4.109 ile verilmiştir. Şekil 4.109 ile verilen görselde su yüzü profili yaklaşık olarak 109 metrede oluşmuştur. Kanal tabanının 96 metrede olduğu düşünüldüğünde kanalda yaklaşık 13 metrelik su yüksekliği oluştuğu anlaşılmaktadır. Maksimum taşkın durumu için kesitin her iki yönde yetersiz olduğu ve özellikle akım yönünün sağ sahiline doğru taşmalar olabileceği görülmektedir. Hız

değerlerine bağlı olarak kesitin bir bölümünde Froude sayısı kritik 1 değerinin üzerine çıkmaktadır.

4.2.3.3 Oluşturulan 3 No'lu Modelin Sonuçları

Bu model ASTER verisi kullanılarak oluşturulan doğal SYM ile çalışılmıştır. 2012 taşkın verileri girilerek elde edilen derinlikler Şekil 4.110 ile verilmiştir. Üst görselde ASTER SYM doğal görüntüsü üzerinde derinlikler verilirken alt görselde ise Google uydu görüntüsüne işlenmiş sonuçlar verilmiştir.



Şekil 4.110 3 No'lu model maksimum derinlik değerleri

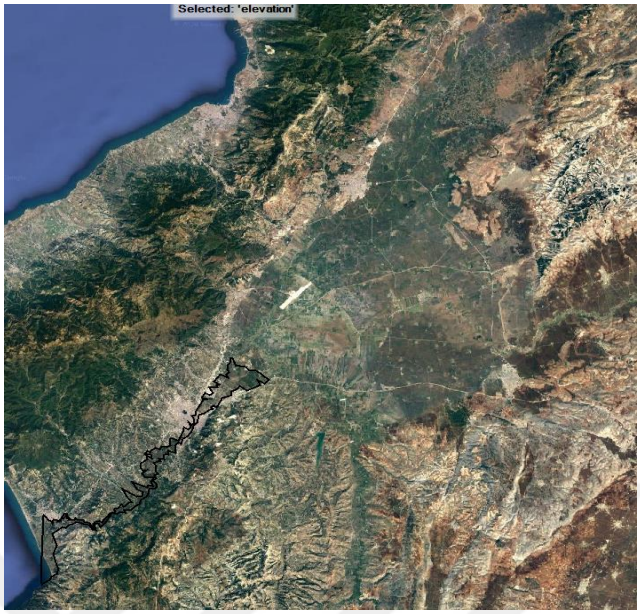
Şekil 4.110'da derinlik değerleri mavinin tonlarına göre değişmektedir. Açık mavi düşük derinlik değerlerini koyu mavi yüksek derinlik değerlerini göstermektedir. 3 No'lu modelde derinlik değerleri havaalanı çevresinde 2-6 m arasında değişirken ovanın ortalarında 45 metreyi bulabilmektedir. 3 No'lu modelde sular altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları Şekil 4.111 ile verilmiştir.



Şekil 4.111 3 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları

Şekil 4.111'in üst görselinde su altında kalan alanların Google uydu görüntüsü üzerindeki yerleşimi verilmiştir. RAS Mapper özellik tablosundan alınan verilere göre 3 No'lu modelde maksimum taşkın seviyesinde su altında kalan alanlar 37471 ha'dır.

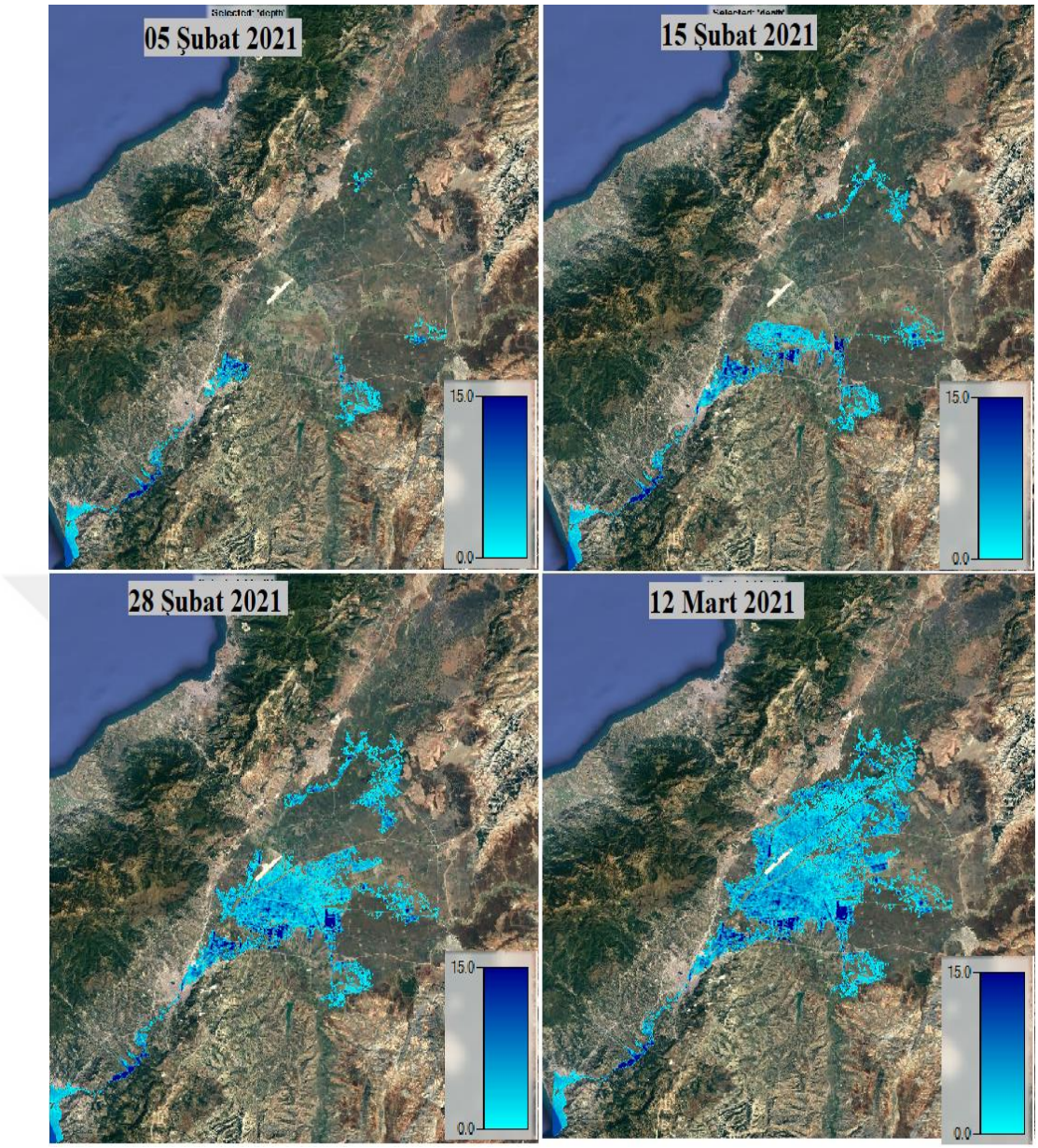
Amik ovasının çıkışından itibaren denize ulaşan kısımda su altında kalan alanlar ise Şekil 4.112 ile verilmiştir.



Şekil 4.112 Model 3'de Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar

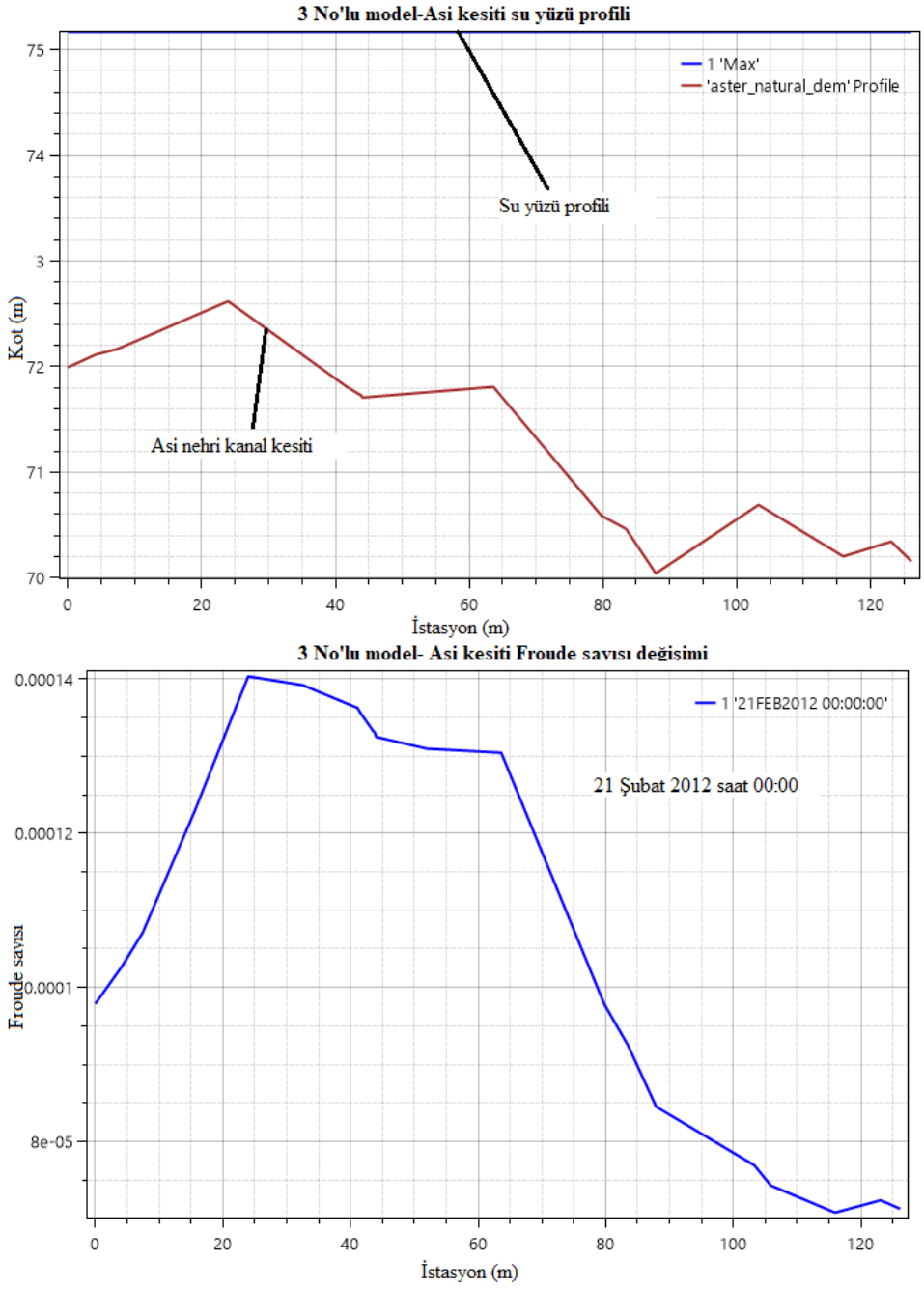
Şekil 4.112 ile yaklaşık sınırları çizilen su altında kalan alanlar 5608 ha olarak hesaplanmıştır. Bu durumda ovanın taşkın sularından etkilenen alanı 31863 ha'dır. Bu değerler DSİ'nin tespit ettiği 13000 ha'lık taşkın alanının çok üzerinde değerlerdir. Ancak 1 No'lu model ile karşılaştırıldığında sonuçların nispeten daha iyi olduğu görülmektedir.

Şekil 4.111'de yer alan alt görselde maksimum taşkın durumunda su yüzü kotlarının değişimi renklendirme yöntemi ile verilmiştir. Buna göre 3 No'lu modelde göl çevresindeki su yüzü kotu yaklaşık olarak 72 m olmuştur. Hatırlanacağı üzere DSİ verilerinde maksimum taşkın seviyesinde bu değer 81.11 m olarak kayıtlara geçmişti. Bu durum ASTER verisi ile oluşturulan SYM modelinde doğal yükseklik değerlerinin hatalı olduğunu göstermektedir. ASTER verisi ile oluşturulan sayısal yükseklik modeli incelendiğinde akım ağının geçtiği noktaların kot değerlerinin çevresine göre yüksekte kaldığı görülmüştür. Bu durum ASTER verisinin bu tarz bir modelleme için yeterli çözünürlükte olmadığının bir diğer kanıtıdır. Ayrıca Şekil 4.110 ile verilen derinlik grafiğinde açıklandığı üzere Amik ovasında taşkın sırasında bazı bölgelerde derinliğin yer yer 48 m'yi bulması olası görünmemektedir.



Şekil 4.113 3 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

Şekil 4.113 ile 3 No'lu modelde 2012 taşkın hidrograf verilerine göre zamanla oluşan değişimler gösterilmiştir. Taşkının başlarında 5 Şubat tarihinde topoğrafik veriden kaynaklı olarak akımın kanal içerisinde hareket etmediği görülmektedir. Kanalların topoğrafik veride mevcut olmaması aksine kanalların olması gereken yerlerde kot değerlerinin normalden yüksek olması akışın kanal içerisinde olmasını engellemiş ve yayılımın sınır şartlarının tanımlandığı bölgelerde gerçekleşmesine neden olmuştur. Taşkının ilerleyen zamanlarda tüm ovada etkili olduğu ve derinliğin bazı bölgelerde 15 metrenin üzerinde olduğu görülmektedir.

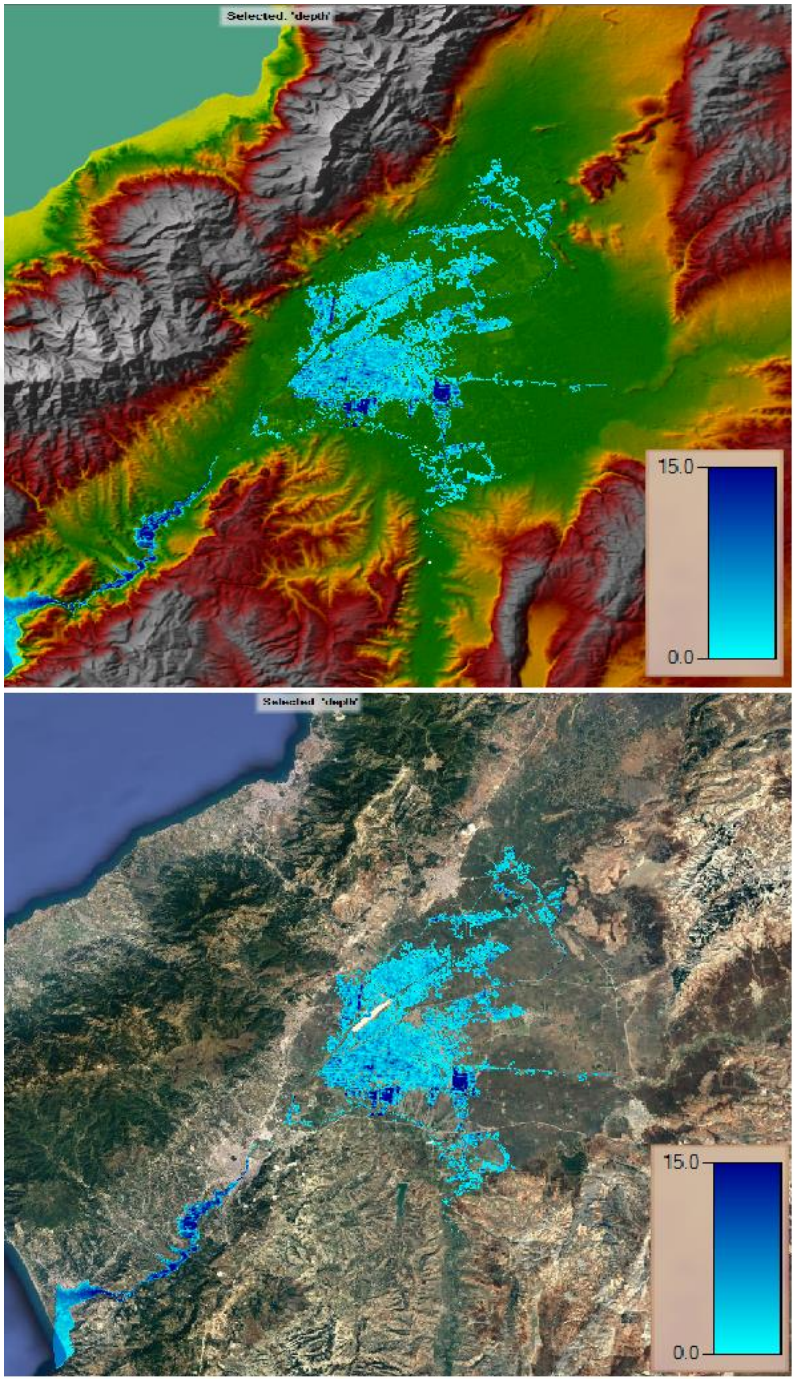


Şekil 4.114 Asi nehri kesit bilgileri-Model 3

Şekil 4.114 ile 3 No'lu modelde Asi nehrinden alınan bir kesite ait bilgiler verilmiştir. ASTER verisi ile oluşturulan doğal SYM'de kanal verisi mevcut olmadığından alınan kesitte de bu durum görülmüştür. Kanal geometrisi mevcut olmasa da kesitin alındığı yerde su yüzü kotu arazinin 3 ile 5 m üzerinde oluşmuştur. Kanal kesiti mevcutla uyumlu olmadığından Şekil 4.114 ile verilen Froude sayısı da anlamlı bulunmamıştır. ASTER verisi ile oluşturulan modelin taşkın modellemede doğal haliyle kullanılamayacağı anlaşılmaktadır.

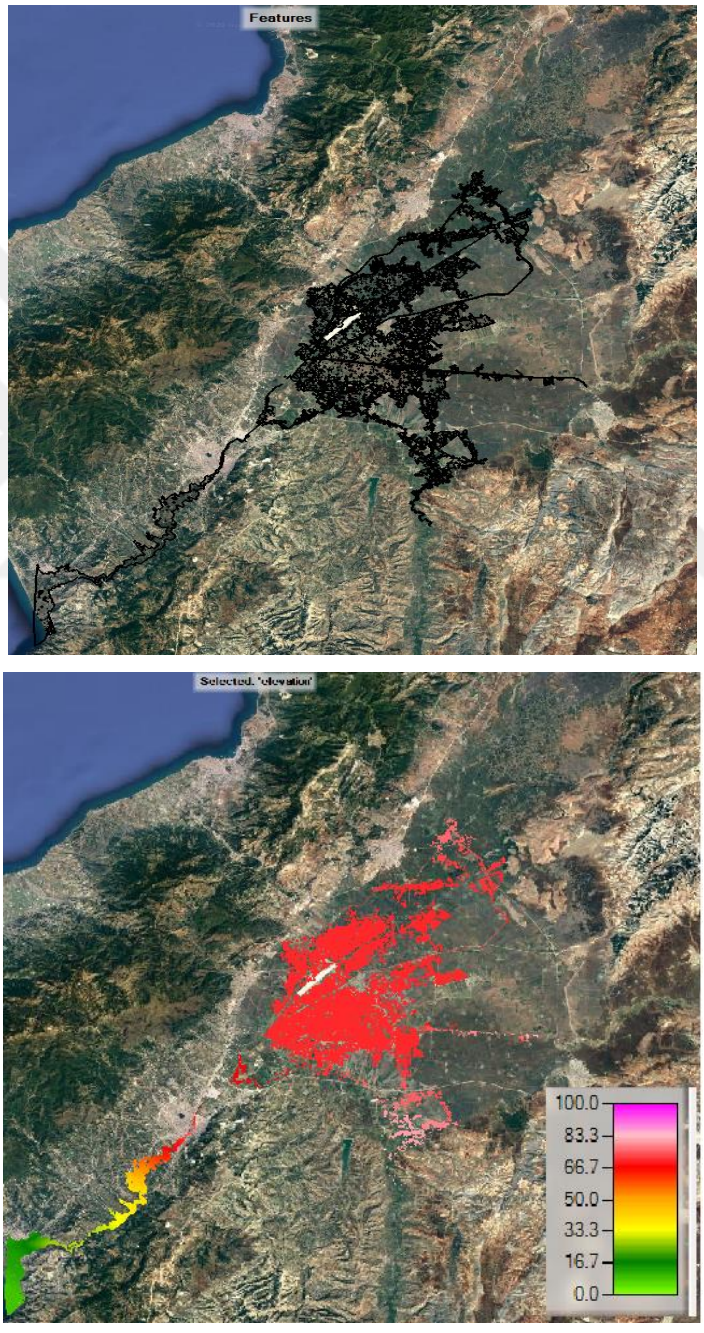
4.2.4.4 Oluşturulan 4 No'lu Modelin Sonuçları

Bu model ASTER verisi ile oluşturulan sayısal yükseklik modelinin modifiye edilmesiyle oluşturulmuştur. Modifikasyon için 2 No'lu modelin geliştirilmesinde kullanılan akım ağının aynısı kullanılmıştır. Akım ağı geometrisi ve atanan kesitler bütün iyileştirilmiş modellerde ortaktır. 2012 taşkın verileri girilerek oluşturulan taşkın haritası Şekil 4.115 ile verilmiştir.



Şekil 4.115 4 No'lu model maksimum derinlik değerleri

Şekil 4.115'nin üst görselinde 2012 taşkınının yayılımı ASTER verisi iyileştirilmiş SYM ile gösterilmiştir. Alt görselde ise modelin sonuçları Google uydu görüntüsü ile verilmiştir. Şekil 4.115 ile verilen derinlik değerlerine göre havaalanı çevresinde göl oluşum bölgesinde derinlik 0.9-7.1 m arasında değişmektedir. Bir önceki modelde olduğu gibi ovanın bazı kesimlerinde derinliğin 45 m'nin üzerine çıktığı görülmüştür. Modelde su altında kalan alanların gösterildiği harita ve su yüzü kotu değişimi Şekil 4.116 ile verilmiştir.



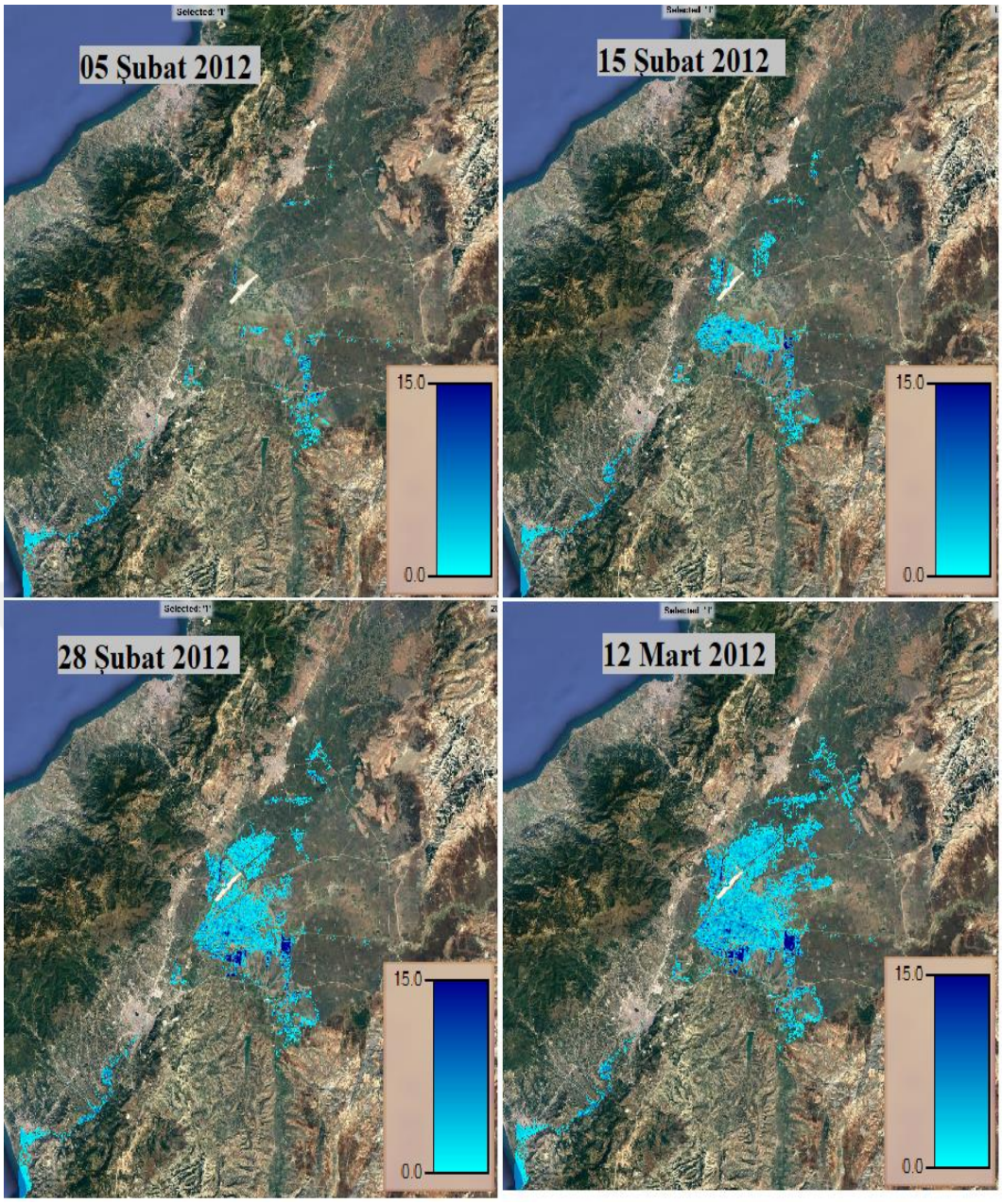
Şekil 4.116 4 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları

Şekil 4.116'nin üst görselinde 2012 taşkınında ASTER verisi ile oluşturulmuş iyileştirilmiş SYM modelinin taşkın yayılım sınırları gösterilmiştir. Bir önceki model olan iyileştirilmemiş SYM sonuçlarına göre taşkın yayılımının daha sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Modelde RAS Mapper özellik tablosundan okunan su altında kalan alanların büyüklüğü 23016 ha'dır. Bir önceki doğal SYM ile oluşturulan modelde bu değer 31863 ha idi. 4 No'lu modelde elde edilen su altında kalan alanların büyüklüğü verisi önceki modele göre daha iyi olsa da bu değer DSİ'nin belirlemiş olduğu 13000 ha'ın üzerindedir. Önceki modeller de olduğu gibi ovanın çıkışından itibaren Asi nehrinin denize döküldüğü yere kadar olan bölgede sular altında kalan alanlar Şekil 4.117 ile gösterilmiştir.



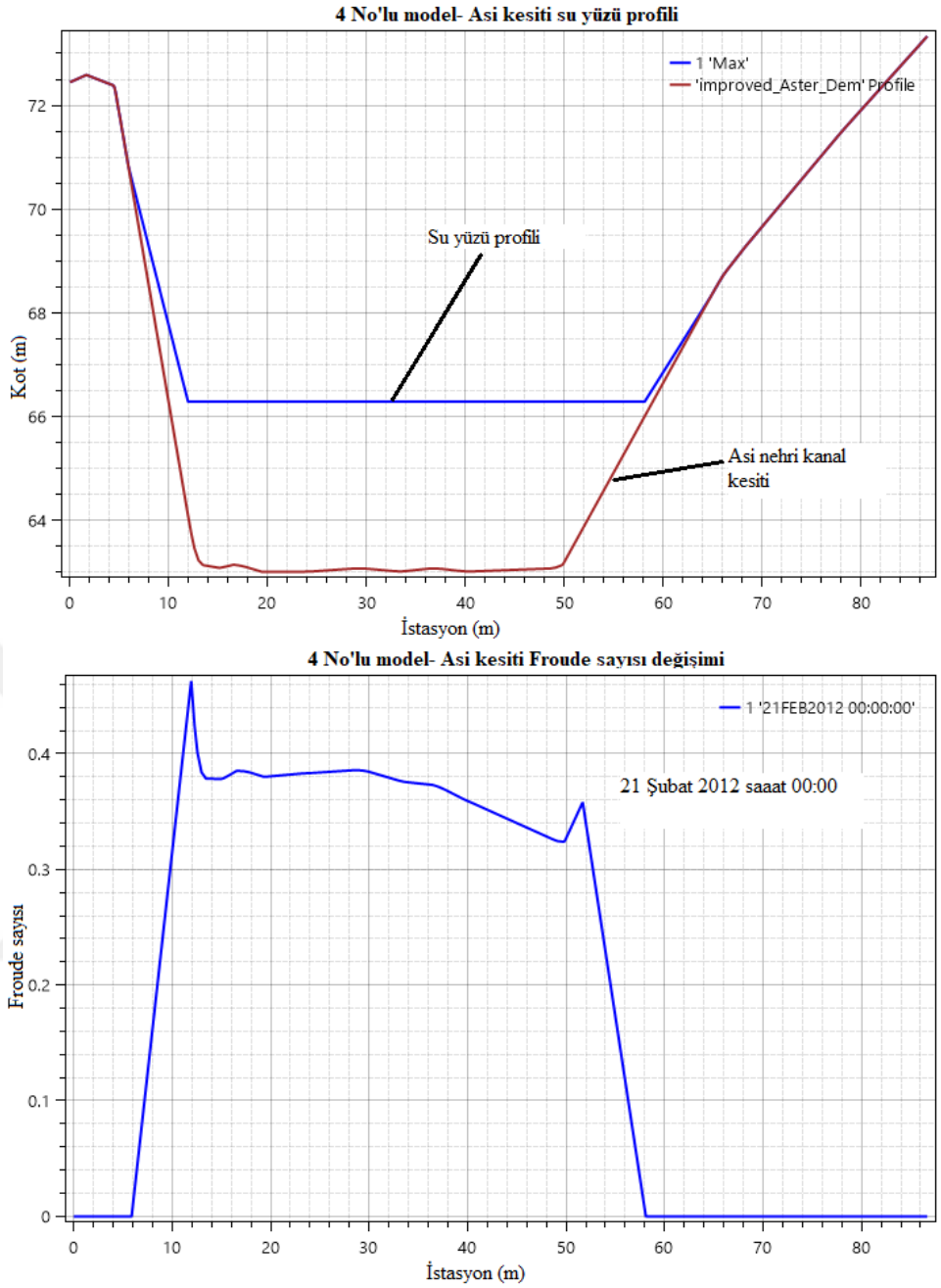
Şekil 4.117 Model 4'de Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar

Şekil 4.117'de ovanın çıkışından itibaren sular altında kalan alanların büyüklüğü gösterilmiştir. Verilen bu alanın büyüklüğü 3644 ha olarak hesaplanmıştır. Bu durumda sadece ovanın olduğu kesimde su altında kalan alanlar 19372 ha olarak belirlenmiştir. Şekil 4.116'in alt görselinde verilen su yüzü kotu değişimine göre havaalanı çevresinde su yüzü kotu 70.2 m civarında değişmektedir. Bu değer akım ağı eklenmemiş modele göre yaklaşık 2 m daha düşüktür. ASTER verisinde Amik ovasının kot değerlerinin düşük olması taşkın sırasında DSİ'nin belirlediği 81.11 metre değerinin altında su yüzü kotu elde edilmesine neden olmuştur.



Şekil 4.118 4 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

Şekil 4.118 ile 4 No'lu modelde elde edilen analiz sonuçlarının zamanla değişimi gösterilmiştir. 3 No'lu modelin modifikasyonu ile oluşturulan 4 No'lu modelde akımın taşkının ilk anlarından itibaren kanalları doldurmaya başladığı görülmektedir. Modifikasyon ile akım ağının eklenmesinin 3 No'lu modele göre taşkının daha sınırlı bir alanda etkili olmasını sağladığı anlaşılmaktadır. Zamanla taşkının Amik ovasının geneline yayıldığı görülmektedir. SYM üzerinde yapılan iyileştirmeler ile taşkın sularının bir kısmı kanallara yönlendirilmiş olsa dahi ASTER verisi ile elde edilen sonuçlar su yüzü kotu, derinlik ve yayılım açısından yeterince başarılı bulunmamıştır.

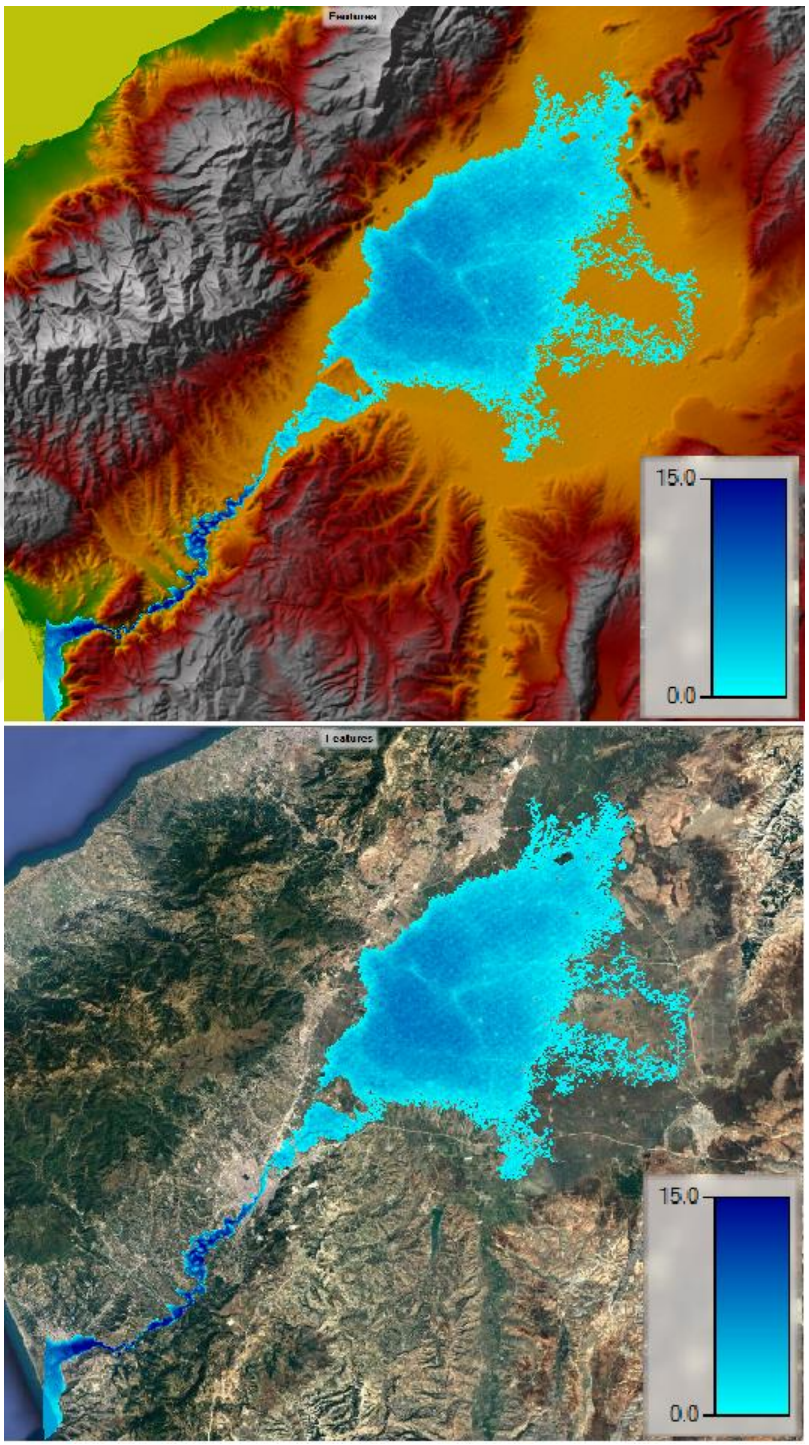


Şekil 4.119 Asi nehri kesit bilgileri-Model 4

4 No'lu modelde Amik ovasının çıkışında Asi nehrinden alınan kesitteki değişimler Şekil 4.119 ile verilmiştir. Modelde su yüzü kotu, maksimum taşkın durumunda kanal içerisinde yaklaşık 66.2 metrede oluşmuştur. Froude sayısı değişimi ise maksimum taşkın seviyesine yakın bir tarih olan 21 Şubat 2012 için verilmiştir.

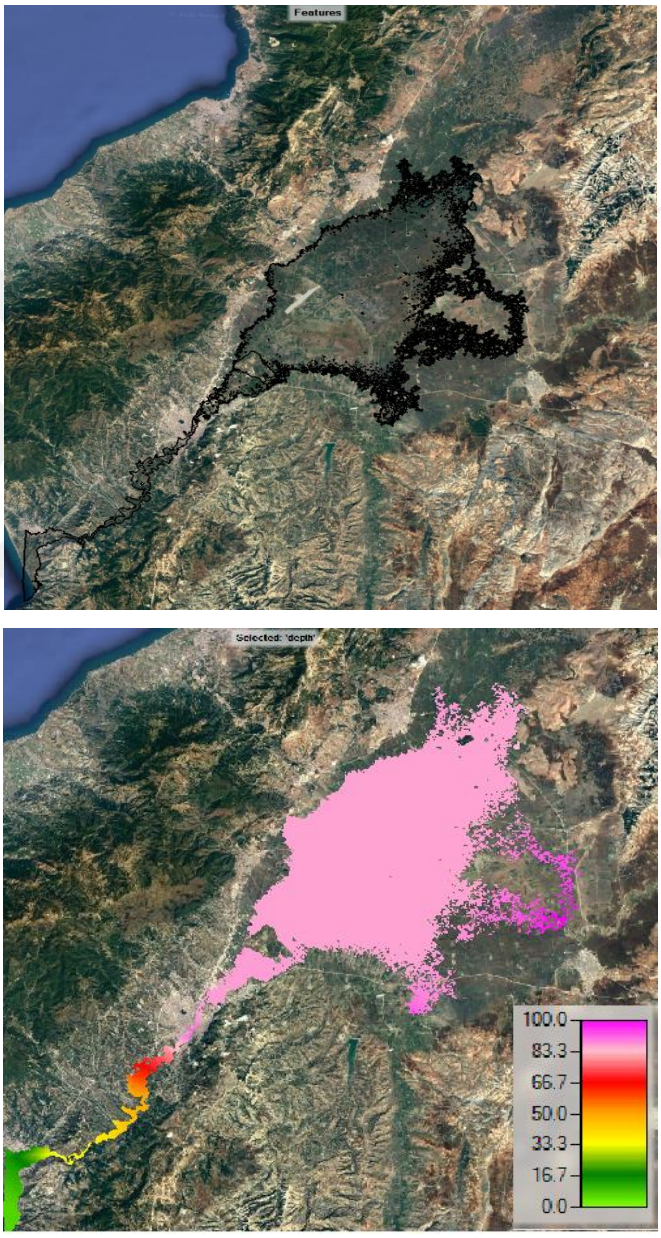
4.2.5.5 Oluşturulan 5 No'lu Modelin Sonuçları

Bu model 2012 taşkınını modellemek için SRTM verisi ile oluşturulan doğal sayısal yükseklik modelini kullanmaktadır. Bu modelde de önceki dört modelde olduğu gibi aynı geometriler ve sınır şartları kullanılmıştır.



Şekil 4.120 5 No'lu model maksimum derinlik değerleri

Model sonuçlarına göre maksimum taşkın seviyesinde ovada oluşan derinlikler Şekil 4.120 ile verilmiştir. Şekilde üst görselde SRTM verisi ile oluşturulan doğal SYM üzerindeki yayılım verilmiştir. Alt görselde ise maksimum taşkın seviyesinin Google uydu görüntüsü üzerinde görünümü verilmiştir. Derinlik değerleri incelendiğinde havaalanı çevresinde oluşan göllenme bölgesinde derinliğin 4-8 m arasında değiştiği görülmüştür. 5 No'lu modelde su altında kalan alanlar ve su yüzü profilleri Şekil 4.121 ile verilmiştir.



Şekil 4.121 5 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları

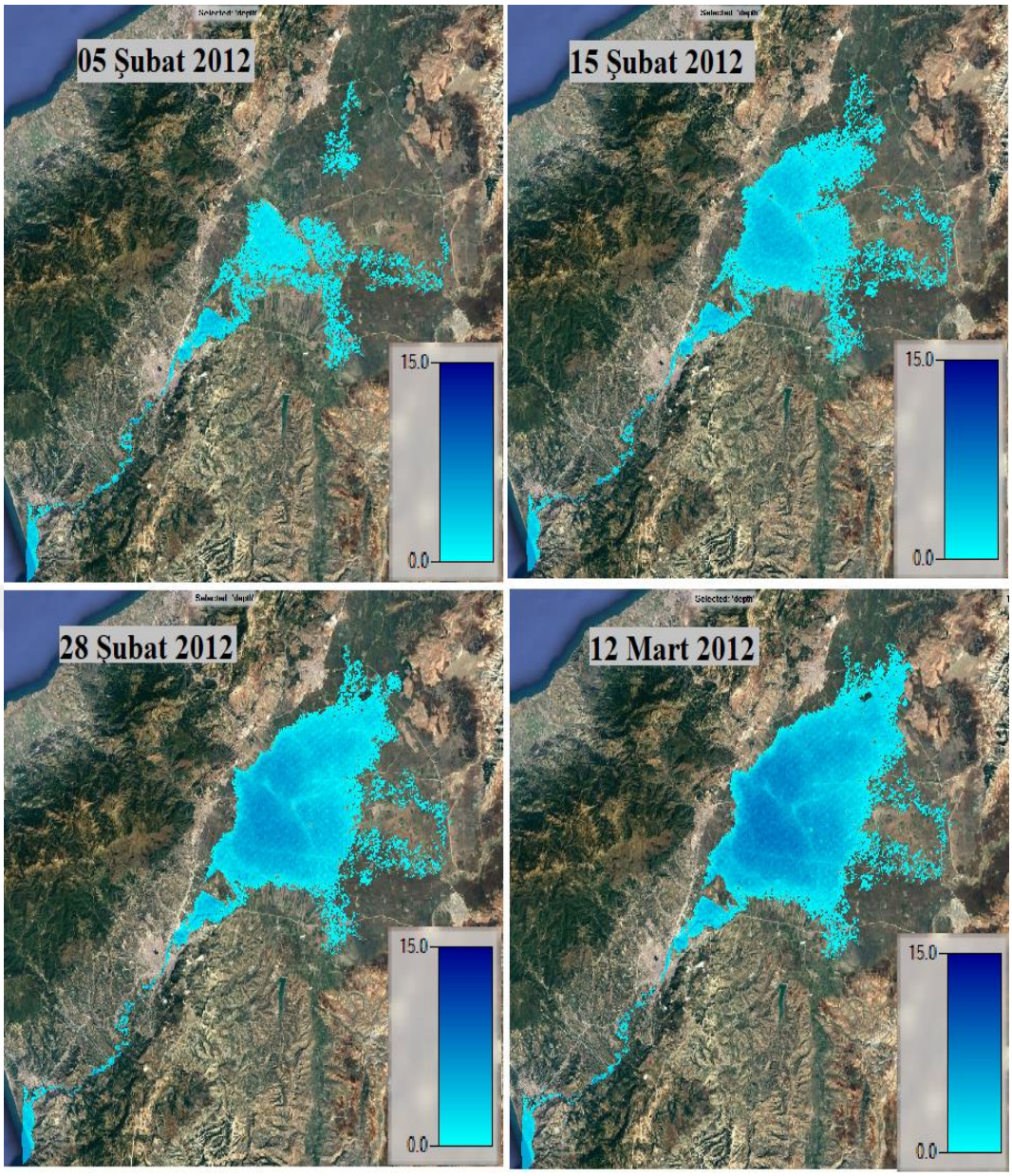
Şekil 4.121’in üst görselinde modelde su altında kalan alanların Google uydu görüntüsü üzerindeki gösterimi verilmiştir. Alt görselde ise 5 No’lu model sonuçlarına göre maksimum taşkın seviyesinde ovada oluşan su yüzü kotlarının gösterimi renklendirme yöntemi ile verilmiştir.

Şekil 4.121’de üst görselde verilen su altında kalan alanlar özellik tablosundan 47873 ha olarak okunmuştur. Amik ovasının çıkışından itibaren Asi nehrinin çıkışına kadar olan kesimde su altında kalan alanlar ise 5143 ha olarak belirlenmiştir. Amik ovası dışında tutulan bu bölgenin sınırları Şekil 4.122 ile verilmiştir.



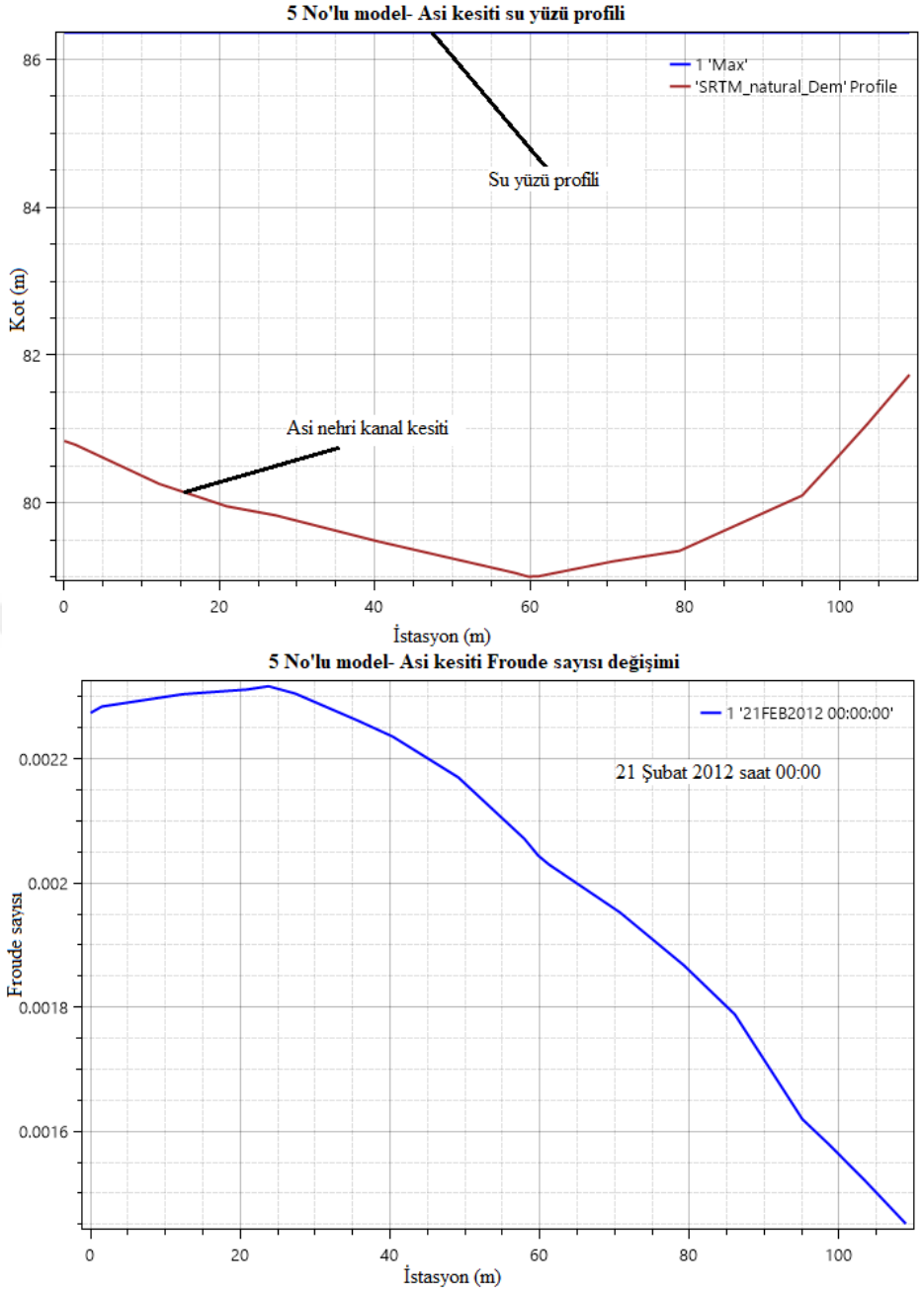
Şekil 4.122 Model 5’de Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar

Buna göre 5 No’lu modelde sular altında kalan alanların büyüklüğü 42730 ha olarak bulunmuştur. Bu değer 13000 ha değerinin epey üzerinde bir değerdir. Bu haliyle SRTM verisi ile oluşturulan doğal SYM’nin Amik ovasında yaşanan taşkınların modellenmesi için uygun olmadığı görülmektedir. Şekil 4.121’in alt görselinde yer alan su yüzü kotu grafiği incelendiğinde maksimum taşkın seviyesinde havaalanı çevresinde oluşan göllenme bölgesinin kotunun 85.8 m olduğu görülmüştür. Bu değer de DSİ’nin taşkın sırasında tespit ettiği 81.1 m maksimum kotunun 4.7 m üzerindedir. Kot değerlerinden de anlaşıldığı üzere modelde kullanılan SRTM verisi ile oluşturulan SYM hassas bir taşkın haritalaması yapmaya elverişli değildir.



Şekil 4.123 5 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

5 No'lu model için kullanılan hidrograf verileri 31 Ocak 2012 tarihinden başlayıp 12 Mart 2012 tarihinde son bulmaktadır. Verilen tarih aralığında 5 No'lu model sonuçlarına göre Amik ovasında meydana gelen değişimler Şekil 4.123 ile gösterilmiştir. Şekil 4.123 incelendiğinde taşkının ilk zamanlarından itibaren havaalanı çevresinde göllenme olduğu ve taşkının zamanla ovanın kuzeyine doğru yayıldığı anlaşılmaktadır. Verilen derinlik skalasına göre başlangıçta derinlik sınırlı iken taşkının son zamanlarına doğru derinliğin arttığı görülmüştür. 5 No'lu model doğal SYM kullanılarak kurulduğundan taşkın beklenenden daha geniş bir alana yayılmıştır.



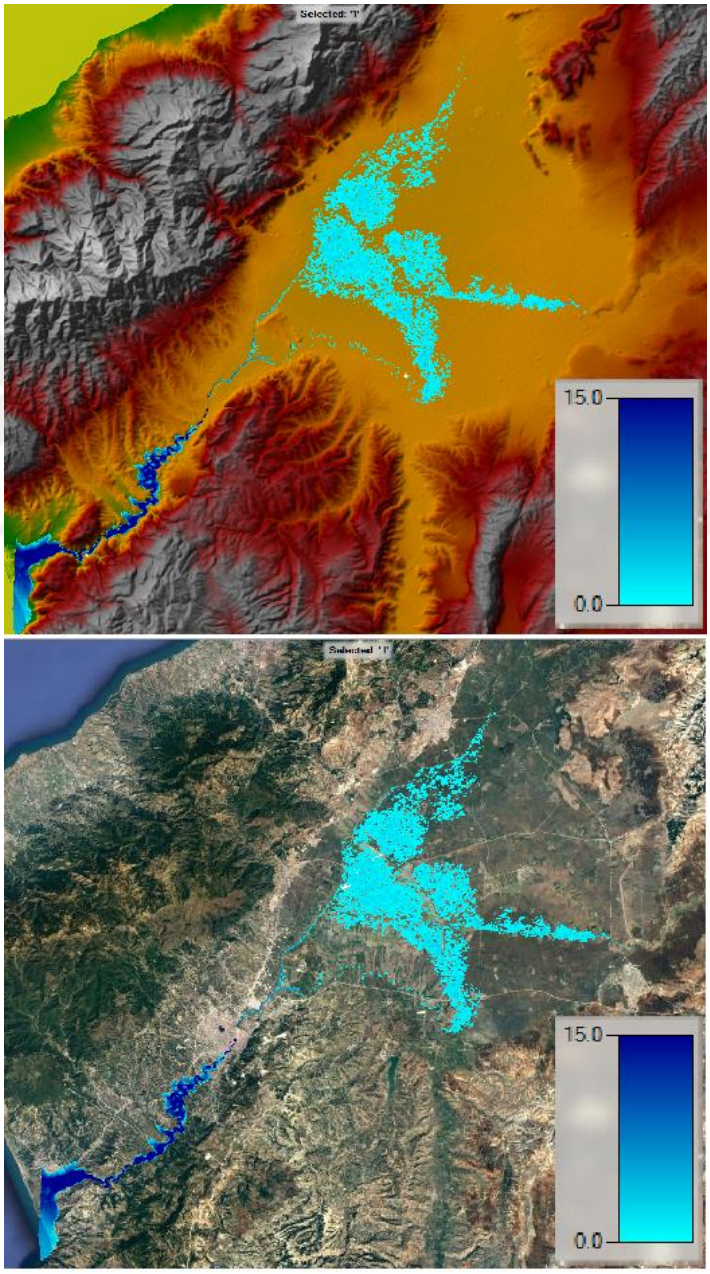
Şekil 4.124 Asi nehri kesit bilgileri-Model 5

Şekil 4.124 ile verilen grafikte 5 No'lu modelde Asi nehrinden alınan bir kesit üzerinde kanal geometrisi ve su yüzü kot değerleri ile kesit boyunca Froude sayısı değerleri verilmiştir. Verilen su yüzü profiline göre kesit boyunca akım derinliği 5 ile 7 m arasında değişmektedir. Akımın kanal kesitinden taşması ve yayılımın düşük hızlarda gerçekleşmesine bağlı olarak alınan kesit boyunca Froude sayısı çok küçük değerler almıştır. SRTM verisi ile oluşturulan 5 No'lu modelde Asi nehri için alınan kesitin

kanal görünümüne yakın olması SRTM verisinin kullanılan diğer verilerden daha hassas olduğunu göstermektedir.

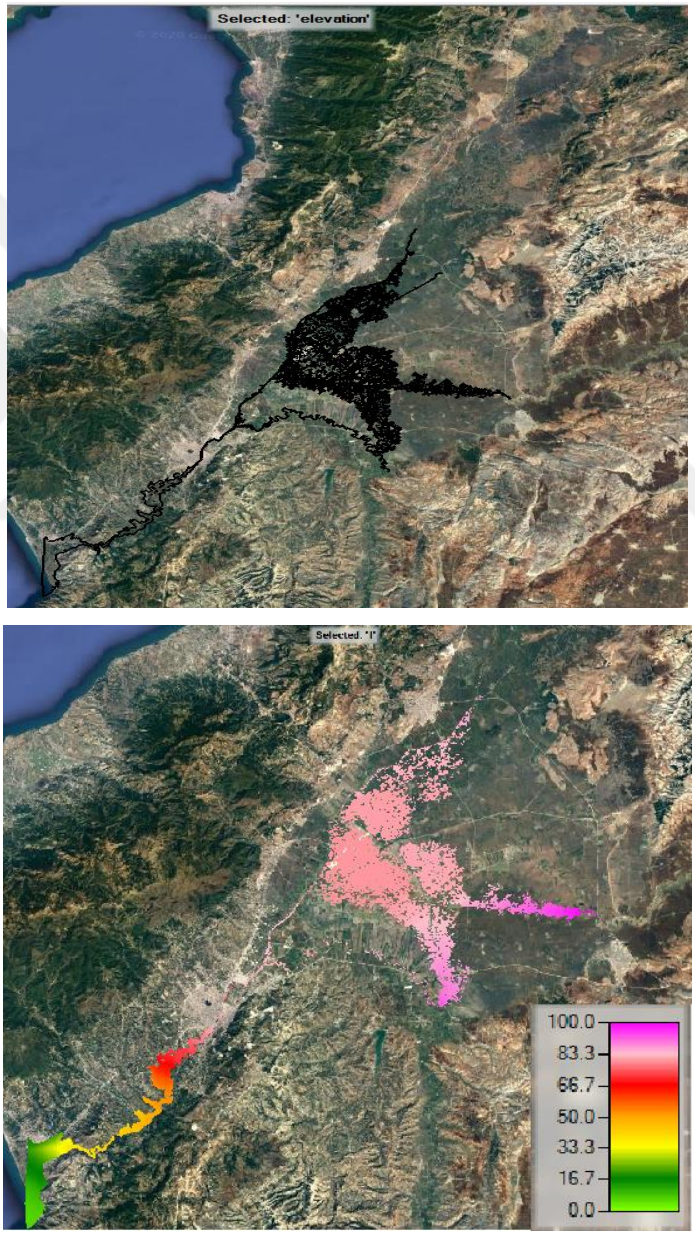
4.2.6.6 Oluşturulan 6 No'lu Modelin Sonuçları

2012 taşkınını modellemek için oluşturulan bu son model SRTM verisi kullanılarak oluşturulan sayısal yükseklik modelini kullanır. Modelde önceki modifikasyonlarda kullanılan akım ağının aynısı kullanılmıştır. Modelde iyileştirme yapmak üzere atanan kesitlerde aynı boyuttadır.



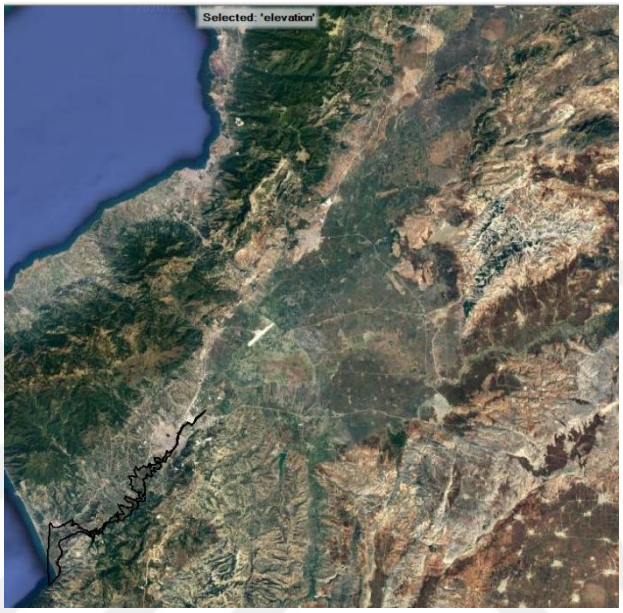
Şekil 4.125 6 No'lu model maksimum derinlik değerleri

Model sonuçlarına göre derinlik değerleri Şekil 4.125 ile verilmiştir. Şekil 4.125 üst görselde SRTM verisi ile oluşturulan doğal SYM üzerindeki maksimum taşkın yayılımı verilmiştir. Alt görselde ise aynı model sonuçlarının Google uydu görüntüsü üzerindeki yayılımı gösterilmiştir. Şekil 4.125'te verilen derinlik değerine göre 6 No'lu modelde havaalanı çevresindeki göllenme bölgesinde derinliğin 0.5-3.8 m arasında değiştiği görülmüştür. Akım ağı eklenmiş SYM modelinin (6 No'lu Model) taşkın yayılım alanının 5 No'lu modele göre çok daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 4.126 6 No'lu modelde su altında kalan alanların sınırları ve su yüzü kotları

6 No'lu modelde sular altında kalan alanlar ve su yüzü kotu değişimleri Şekil 4.126 ile verilmiştir. Şekil 4.126'nın üst görselinde verilen su altında kalan alanlar RAS Mapper özellik tablosundan 17164 ha olarak okunmuştur. Bu değer su altında kalan alanların tamamını kapsadığından Amik ovasının çıkışından Asi nehrinin çıkışına kadar olan kesim yeni bir özellik atanarak ayrıca hesaplanmıştır. Bu alanının denk geldiği yerler Google uydu görüntüsü üzerinde Şekil 4.127 ile verilmiştir.

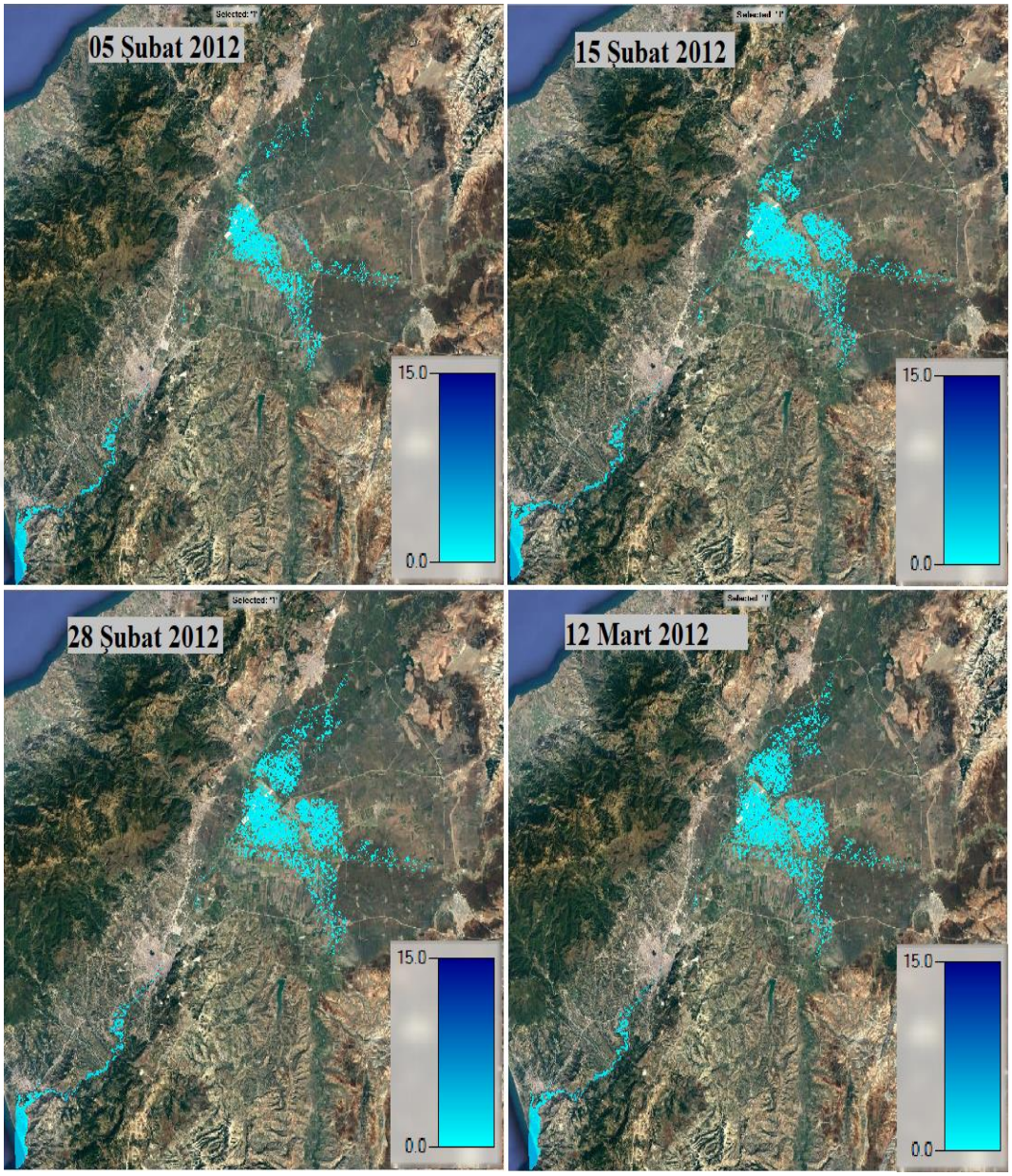


Şekil 4.127 Model 6'da Amik ovasının çıkışından itibaren sular altında kalan yaklaşık alanlar

Şekil 4.127 ile gösterilen su altında kalan alanlar 3898 ha olarak hesaplanmıştır. Toplam değer olan 17164 ha'dan 3898 ha değeri düşüldüğünde 13266 ha alanın model sonucuna göre sular altında kaldığı görülür. Bu değer DSİ' verilerinde belirtilen 13000 ha alana çok yakın bir değerdir. Bir diğer değerlendirme ölçütü olan su yüzü kotlarının değişimi Şekil 4.126'da alt görselde verilmiştir. Buna göre SRTM verisi ile oluşturulan SYM'ye akım ağı eklenerek yürütülen 6 No'lu modelde havaalanı çevresinde oluşan göllenme bölgesinde su yüzü kotu 79.85 m olarak bulunmuştur. Bu değer de maksimum taşkın durumunda DSİ'nin tespit ettiği 81.11 m kotuna oldukça yakın bir değerdir.

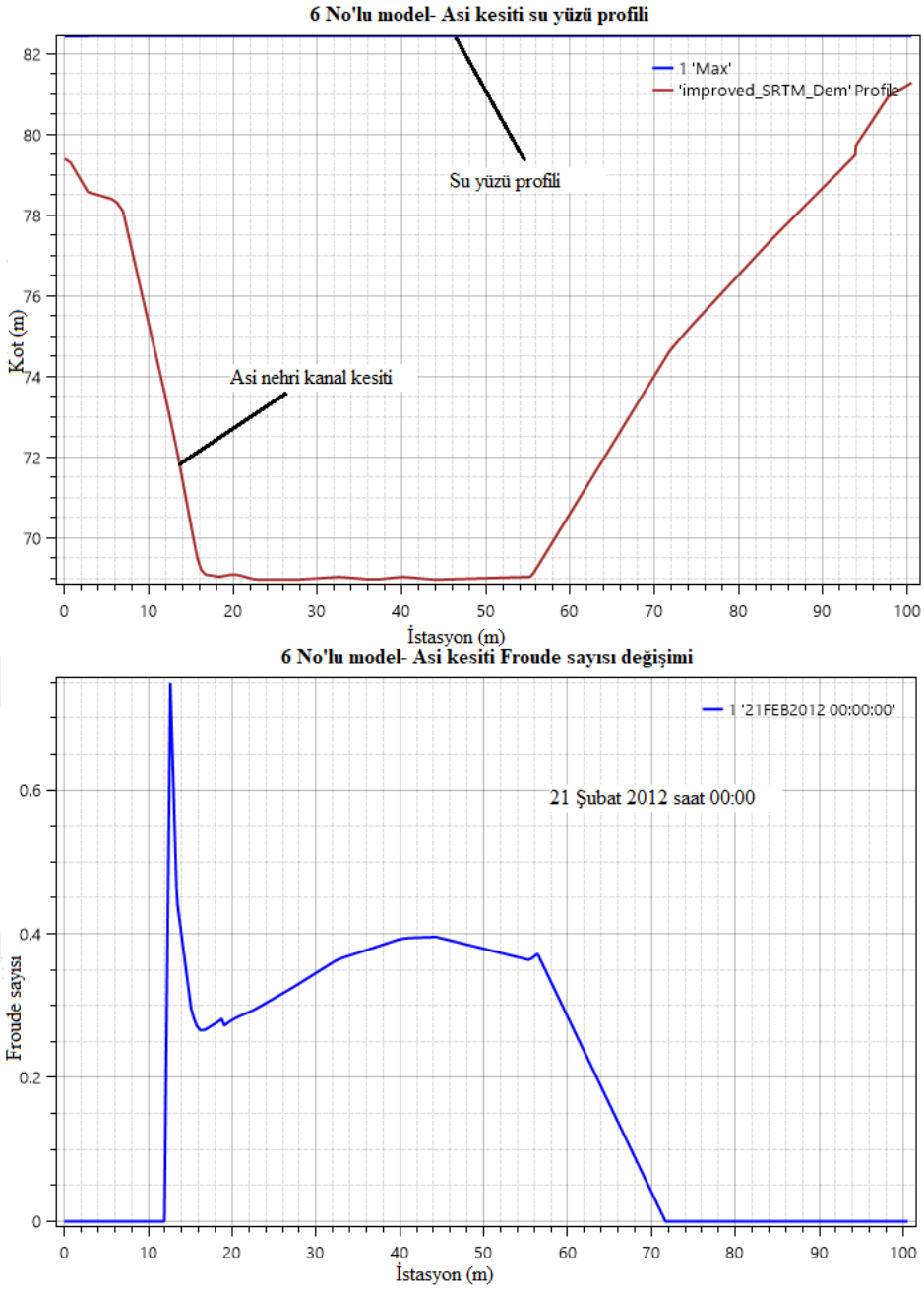
2012 yılında meydana gelen Amik ovası taşkın felaketini simüle etmek amacıyla oluşturulan ilk 6 model sonuçlarına göre SRTM verisi kullanılarak oluşturulan sayısal yükseklik modelinin akım ağı eklenerek iyileştirilmiş halini içeren 6 No'lu model en

uygun sonuçları veren model olmuştur. Bu nedenle bundan sonra oluşturulan modellerde 6 No'lu modelde kullanılan iyileştirilmiş SYM seçilmiştir.



Şekil 4.128 6 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

Şekil 4.128 ile 6 No'lu model sonuçlarının zamanla değişimi verilmiştir. 6 No'lu modelde yapılan iyileştirmeler ile SYM modeline entegre edilen akım ağının işlevini yerine getirdiği görülmüştür. Şekil 4.128 incelendiğinde taşkının belli bölgelerde etkili olduğu ancak yoğunluklu olarak havaalanı ve çevresinin etkilendiği anlaşılmaktadır. Havaalanı çevresinde meydana gelen göllenmenin derinliği maksimum durumda dahi 4 metrenin altındadır.

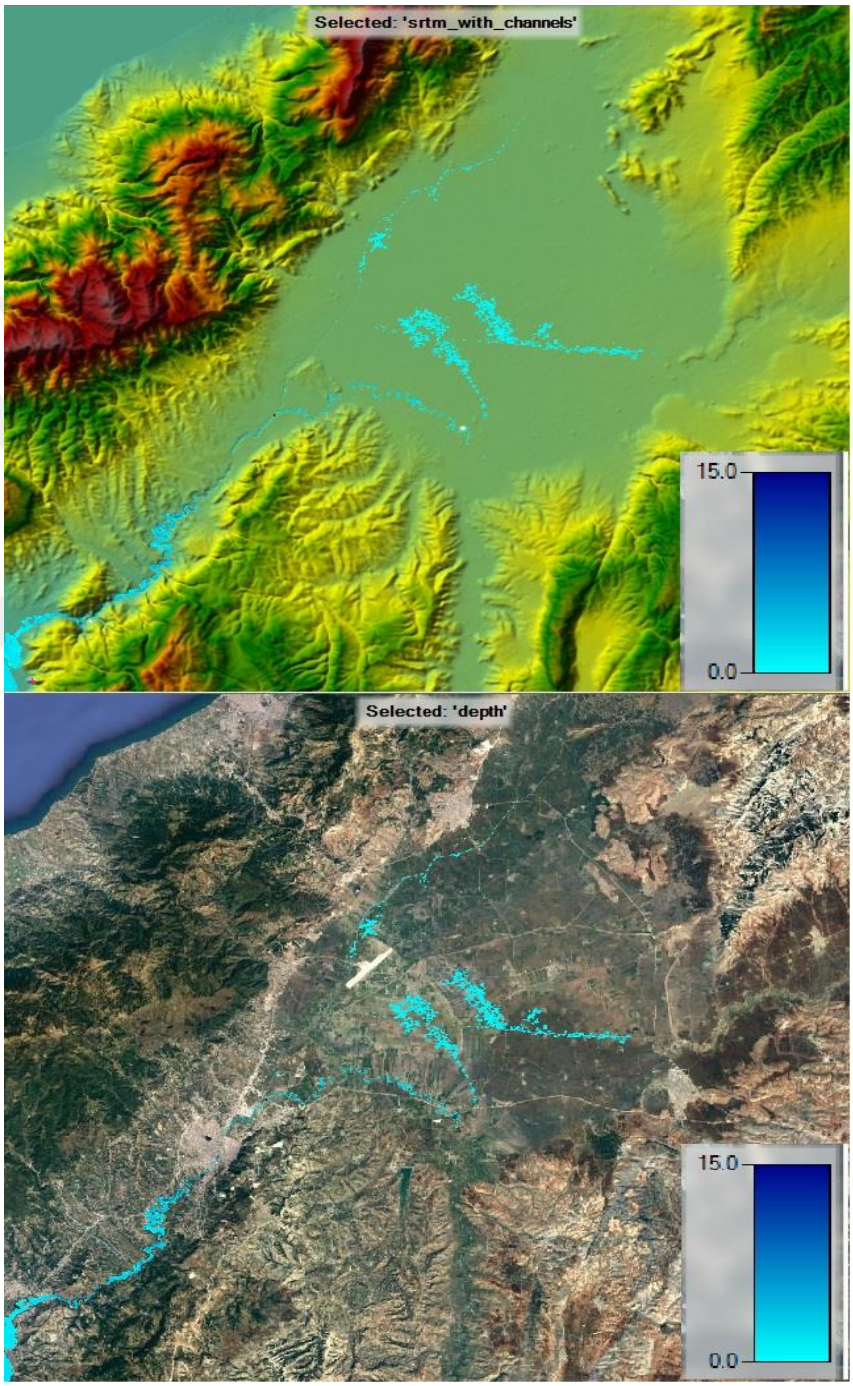


Şekil 4.129 Asi nehri kesit bilgileri-Model 6

Oluşturulan 6 No'lu modelde Asi nehrinden alınan bir kanal kesitinin görünümü ve su yüzü kotları ile kesit boyunca Froude sayısı değişimi Şekil 4.129 'da verilmiştir. Su yüzü profili yaklaşık olarak 82.5 metre kotunda oluşmuştur. Bu değer kanal üst kotunun bir miktar üzerindedir. Özellikle akım yönüne göre sağ sahilde taşmalar olacağı görülmektedir. Kesit boyunca Froude sayısı 0.6 ile 0.1 arasında değişmiştir. Kanal kenarlarında hızın 0'a yakın olması nedeniyle Froude sayısı da sıfıra yakın hesaplanmıştır.

4.2.7.7 Oluşturulan 7 No'lu Modelin Sonuçları

Bu model SRTM verisi kullanılarak oluşturulan sayısal yükseklik modeline 1905-Karasu Torun, 1906-Afrin Müşrüflü, 1907-Asi Demirköprü, 1908-Asi Antakya ve 19030-Eşrefiye akım gözlem istasyonlarının 2 yıl geri dönüş periyotlu pik debilerinin tanımlanması ile oluşturulmuştur.



Şekil 4.130 7 No'lu model maksimum derinlik değerleri

Çalışma alanını kapsayan geometri ve ağ yapısı önceki modeller ile aynıdır. Yine Manning pürüzlülük katsayısı bütün modellerde olduğu gibi bu modelde de MODIS arazi örtüsü verisi kullanılarak oluşturulan katmana atanan pürüzlülük katsayılarıdır. Özetle, modelde önceki modele göre yapılan tek değişiklik 2012 taşkın hidrograf verileri yerine yukarıda isimleri verilen istasyonların 2 yıl frekanslı debilerinin girilmesidir. Oluşturulan bu modelde su altında kalan alanların sınırları Şekil 4.131 ile verilmiştir. Şekil 4.130'un üst görselinde SRTM verisi ile oluşturulan iyileştirilmiş SYM üzerinde 2 yıl frekanslı debilerin girilmesi ile oluşan taşkın alanları gösterilmiştir. Alt görselde ise aynı modelin Google uydu görüntüsü üzerindeki yayılımı paylaşılmıştır.

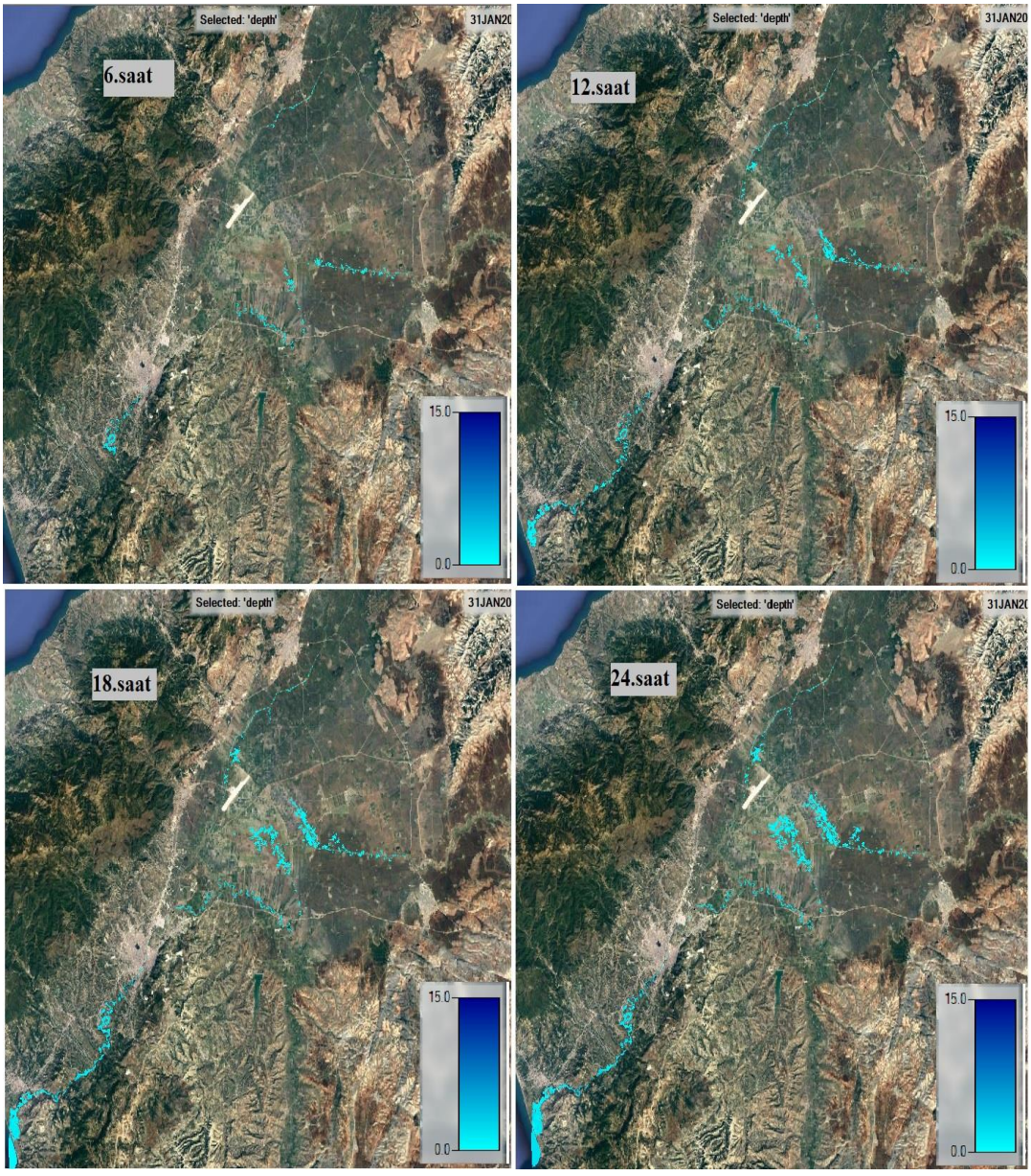
İki yıl geri dönüş periyotlu akım verileri (Q_2) girilerek yapılan analizlerde havaalanı ve çevresinde herhangi bir göllenme olmadığı, taşkın sularının geniş bir alanda etkili olmadığı görülmüştür. Bu debi değerinde kesit olarak en fazla Asi nehrini Afrin kanalına bağlayan Harim kanalının zorlandığı görülmektedir. Q_2 için zorlanma tespit edilen bir diğer kanalda Afrin kanalı olmuştur. Maksimum taşkın seviyesinde her iki kanalın bu debiyi güvenle geçiremedikleri Şekil 4.131 ile verilen su altında kalan alanlar görselinde görülmektedir.



Şekil 4.131 Q_2 durumunda su altında kalan alanların sınırları

Q_2 taşkın durumunda Amik ovasının ana akım kollarından olan Harim kanalı ve Afrin kanallarında kesit yetersizliğinden kaynaklanan taşmalar söz konusu olsa dahi bu debi

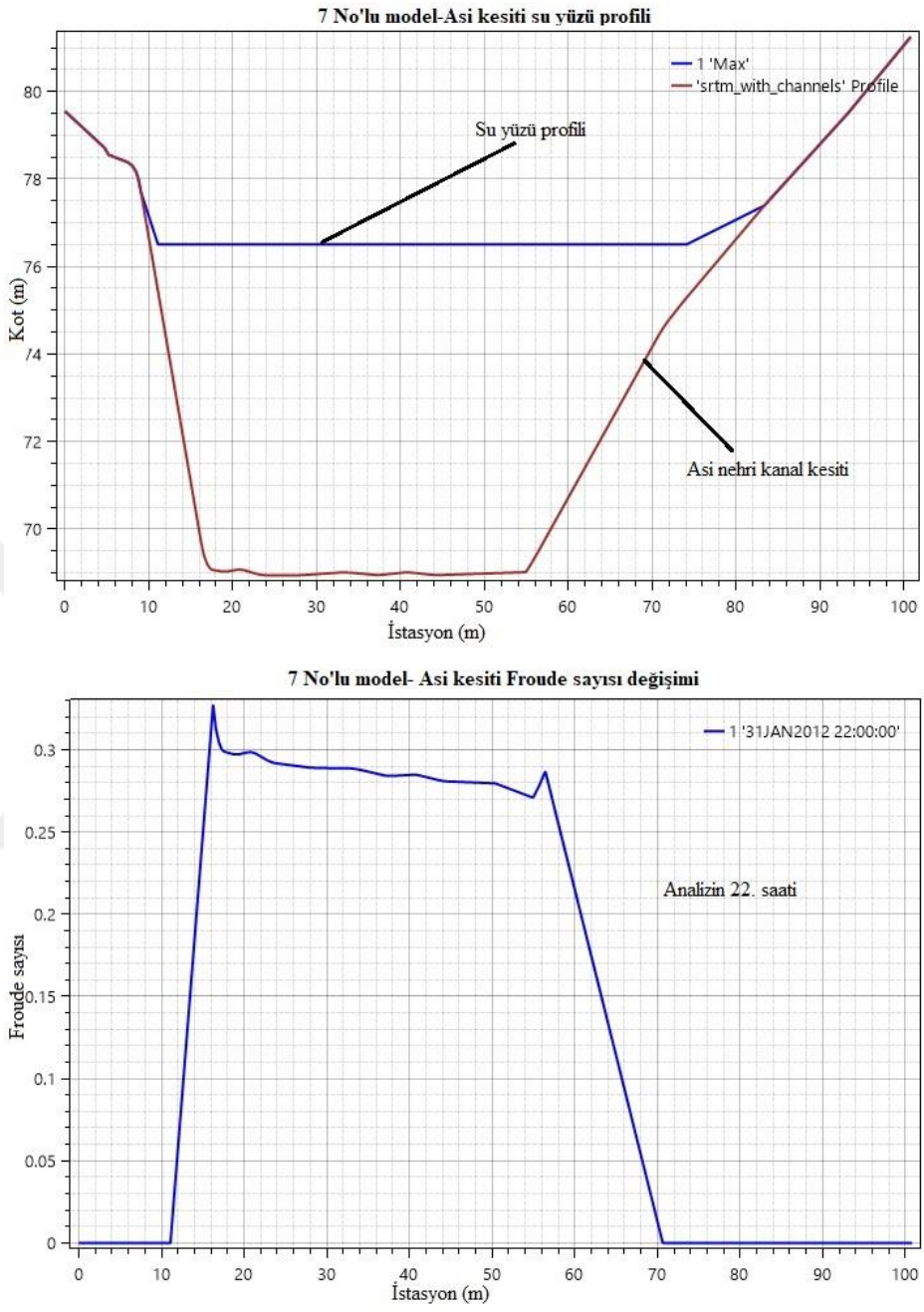
değeri için ova genelinde ciddi bir taşkın tehlikesi olmadığı görülmektedir. Her iki kanaldan gerçekleşen taşkınlarda maksimum seviyede lokal bölgelerde maksimum derinlik 1.5 m civarındadır. Benzer şekilde Karasu kanalından da küçük ölçekte yerel taşmalar olduğu görülmektedir. Bu taşmalarda da yayılım kısmidir ve derinlik 1 metrenin altında oluşmuştur.



Şekil 4.132 7 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

Şekil 4.132 ile 24 saatlik sabit Q_2 debisi girilerek elde edilen taşkın haritasının zamanla değişimi verilmiştir. İlk 6 saatlik süreçte neredeyse hiçbir kanalda taşmalar söz konusu değilken ilerleyen saatlerde Afrin ve Harim kanallarında taşmalar olduğu görülmüştür.

Analizin tamamını kapsayan 24 saatlik süreçte Q_2 debisi için Amik ovasında ciddi bir göllenme gözlenmemiştir.



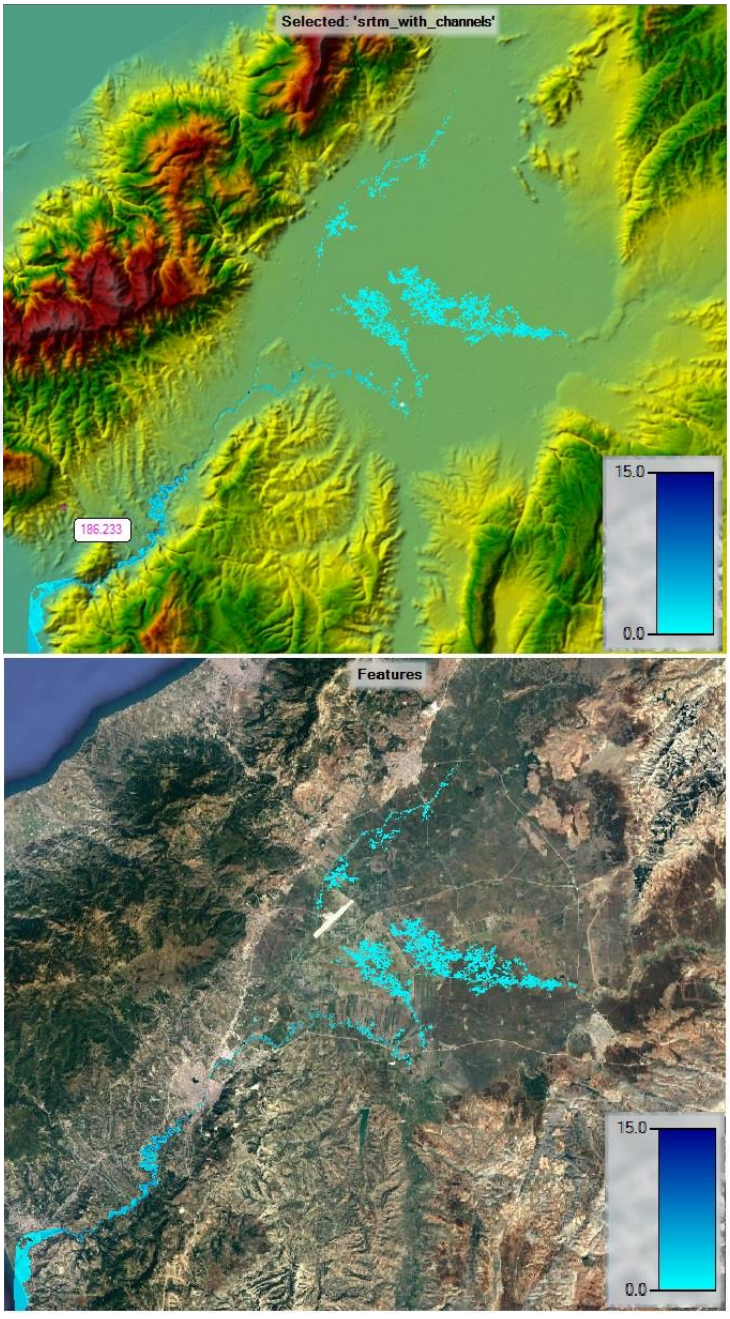
Şekil 4.133 Asi nehri kesit bilgileri-Model 7

İki yıl dönüş periyotlu (Q_2) debi için hazırlanan 7 No'lu model sonucuna göre maksimum seviyede Asi nehrinden alınan bir kesitin su yüzü kotu bilgileri ve Froude sayısı değerleri Şekil 4.133 ile verilmiştir. Yapılan 7 No'lu analizde girilen sabit debi değerinde akımın Amik ovasının çıkışında yer alan Asi nehrinin içerisinde

gerçekleştiği görülmüştür. Hız değerlerine bağlı olarak kesit boyunca Froude sayısı maksimum 0.35 değerini almıştır. Froude sayısı grafiği 24 saatlik analizin maksimum seviyesine yakın olan 22. Saati için oluşturulmuştur.

4.2.8.8 Oluşturulan 8 No'lu Modelin Sonuçları

Bu model 5 yıl frekanslı taşkın pik debilerinin (Q_5) akım verisi olarak girilmesi ile oluşturulmuştur. Şekil 4.134'ün üst görselinde derinlik değerlerinin SYM üzerindeki gösterimi, alt görselinde ise Google uydu görüntüsü üzerindeki gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.134 8 No'lu model maksimum derinlik değerleri

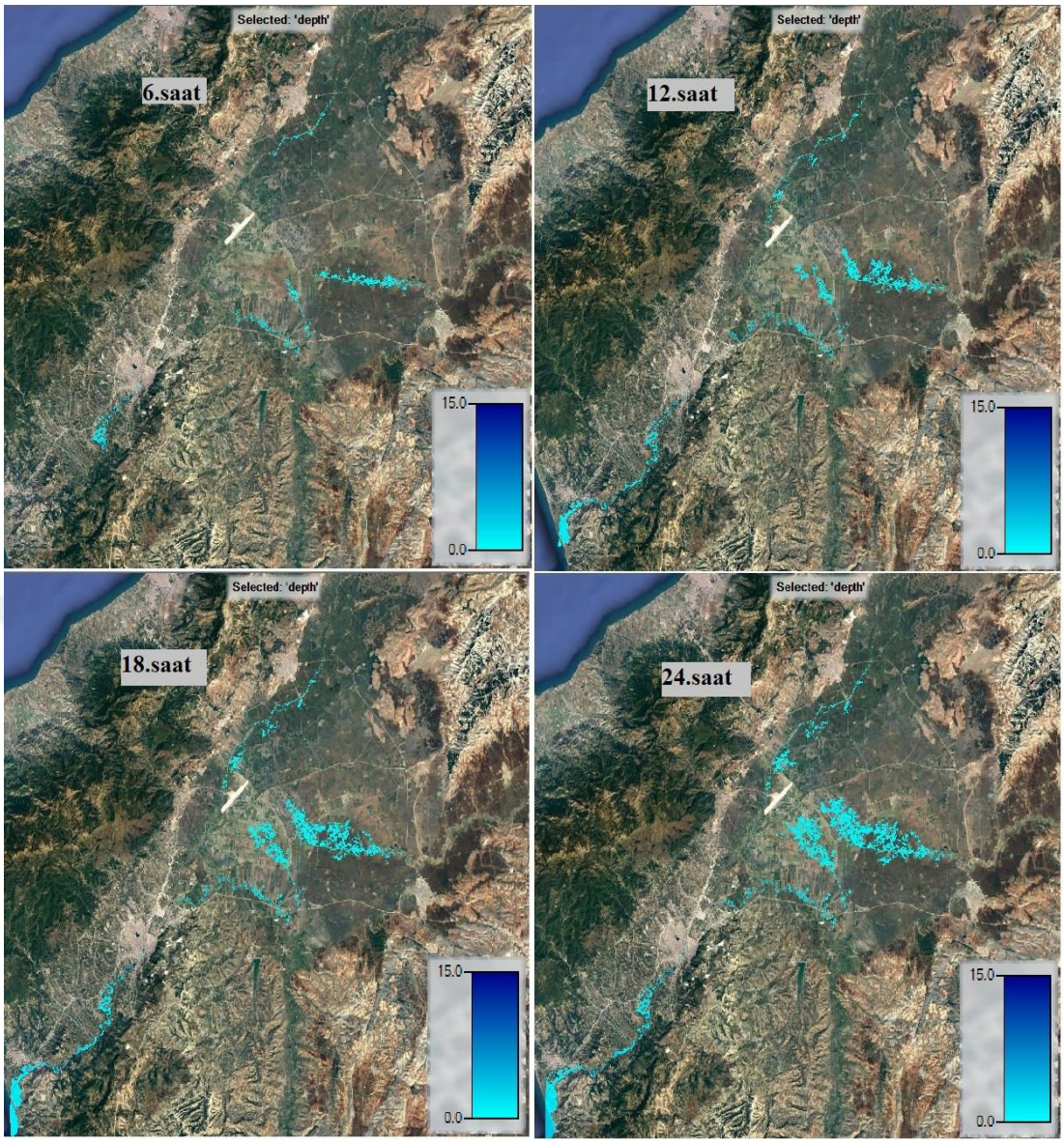
Şekil 4.134'te görüldüğü üzere Q_2 debi değerinde olduğu gibi Q_5 pik debilerinde de Harim kanalı ile Afrin kanalında kesit yetersizliği olduğu görülmüştür. Bu iki kanalın çevresinde meydana gelen göllenmenin derinlik değerlerinin 0.3 m ile 2.9 m arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca Asi nehrinde Harim kanalından sonraki kesimde az da olsa yerel taşmalar olduğu görülmüştür. Q_2 için yapılan analizlerde Karasu kanalında çok küçük taşmalar olduğu gözlenirken Q_5 debi değerlerinde taşma miktarının bir miktar arttığı görülmüştür. Karasu kanalı çevresindeki taşmalarda derinliğin 0.1 m ile 0.9 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Q_5 pik debileri için yapılan iki boyutlu analizlerde su altında kalan alanlar Şekil 4.135 ile gösterilmiştir.



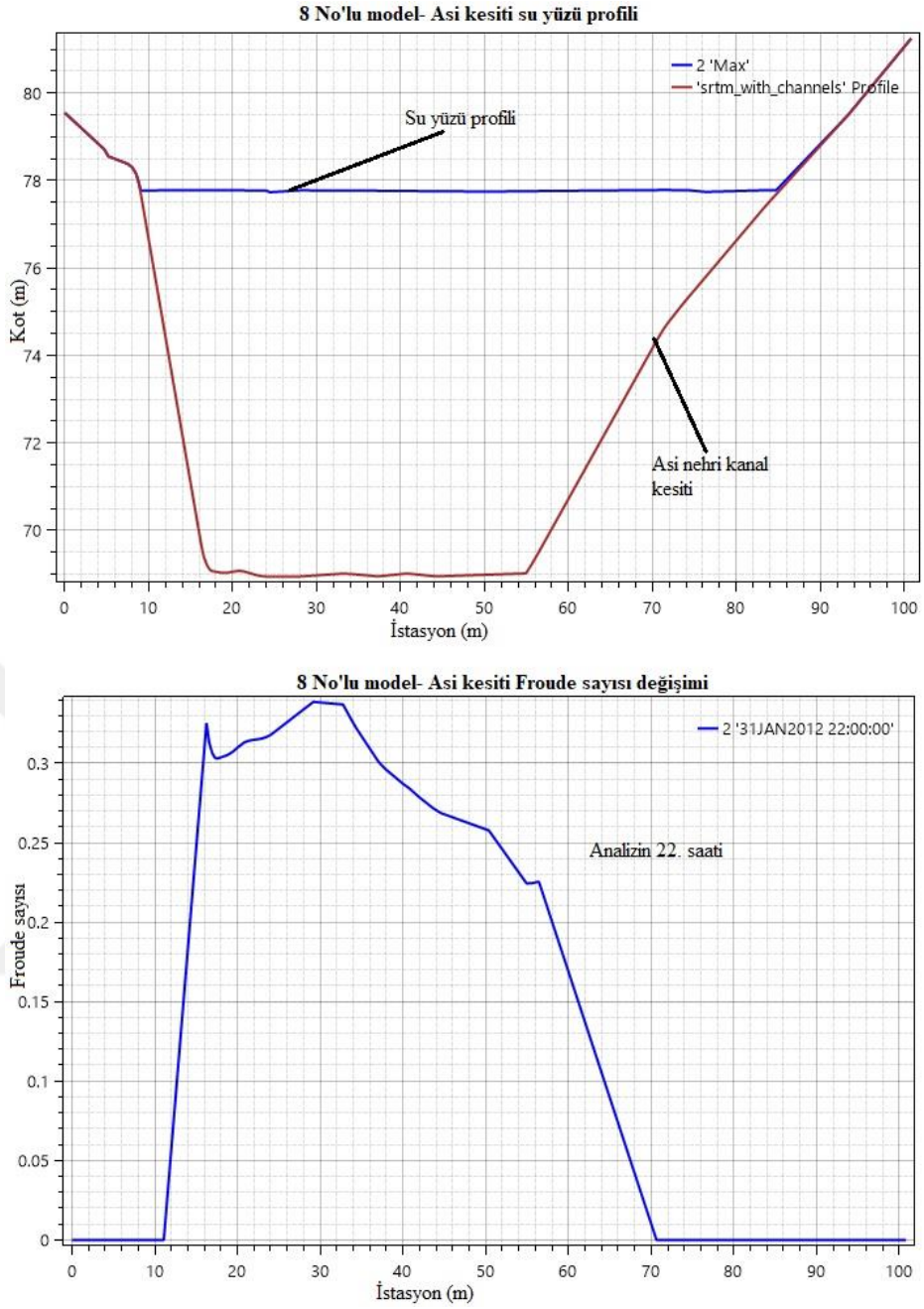
Şekil 4.135 Q_5 durumunda su altında kalan alanların sınırları

Şekil 4.135 ile verilen görselde beklenildiği üzere su altında kalan alanların sınırları Q_2 debisinde su altında kalan alanlara göre artmıştır. Ancak hem derinliğin az olması hem de yayılımın kanal çevresi ile sınırlı kalması nedeniyle Amik ovası için bu debi değerlerinde genele yayılmış ciddi bir taşkın riski olduğu söylenemez. Ayrıca ana kurutma kanallarından olan Muratpaşa ve Comba kanallarına kadar taşkın sınırlarının ulaşmadığı da tespit edilmiştir. Olası bir taşkın durumunda bu kurutma kanalları da hem taşkın öteleme hem de ovada biriken suyun tahliyesi işlevini yürüteceğinden Q_5 debisinin afet boyutunda bir soruna neden olmayacağı düşünülmektedir.



Şekil 4.136 8 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

Beş yıl frekanslı taşkın debisi ile oluşturulan 8 No'lu modelin 24 saat içerisindeki değişimi Şekil 4.136 ile verilmiştir. Başlangıç saatlerinde taşkın etkili değilken ilerleyen saatlerde özellikle Afrin ve Harim kanalı çevresinde etkisini arttırmıştır. Analizin 12. saatinden itibaren Karasu nehri etrafında da yerel taşmalar gözlenmiştir. Q_2 ile yapılan analize göre Q_5 ile yapılan analiz daha geniş bir alana yayılsa da derinlik değerlerinin sınırlı olması ve göllenmenin akım ağı çevresinde olması ova genelinde bir taşkından söz edilemeyeceğini göstermektedir.

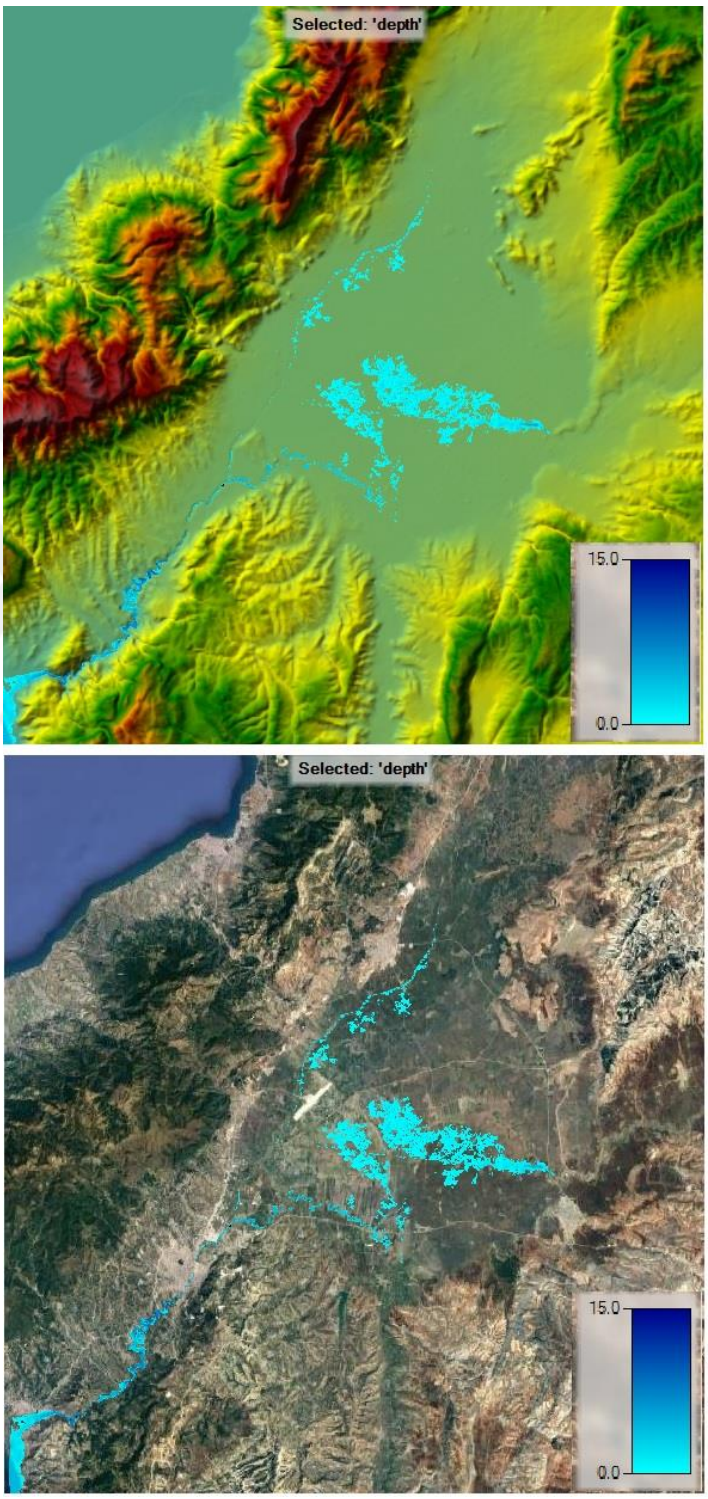


Şekil 4.137 Asi nehri kesit bilgileri-Model 8

Sabit 5 yıl frekanslı debiler ile oluşturulan 8 No'lu modelde Asi nehrinden alınan bir kesitteki su yüzü profilinin yüksekliği ve aynı kesitte 22. saatte Froude sayısı değişimi Şekil 4.137 ile verilmiştir. Q_5 ile yapılan analizlerde Asi nehrinde akımın kanal içerisinde olduğu görülmektedir. Kanal içerisindeki akım derinliği maksimum taşkın durumunda yaklaşık 9 metredir. Hız değerlerinin yüksek olmaması Froude sayısının küçük değerlerde kalmasını sağlamıştır.

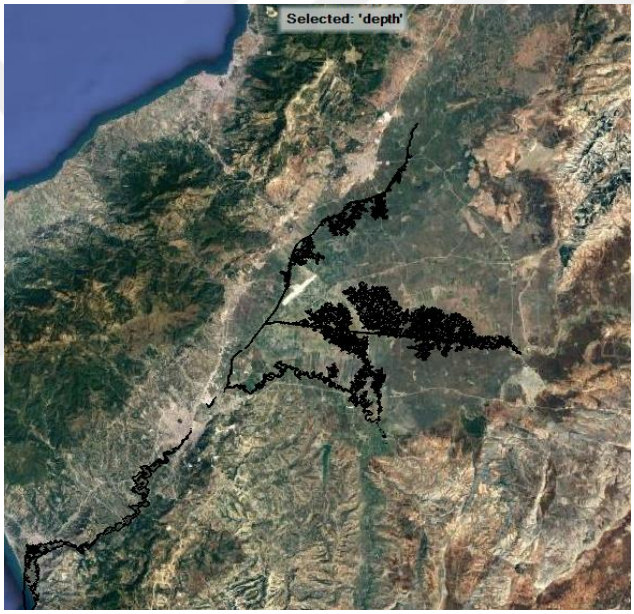
4.2.9.9 Oluşturulan 9 No'lu Modelin Sonuçları

On yıl geri dönüş periyotlu taşkın debilerinin (Q_{10}) 2 boyutlu analizde kullanılması ile oluşturulmuş modeldir. Modelde maksimum taşkın seviyesinde oluşacak derinlikler Şekil 4.138 ile verilmiştir.



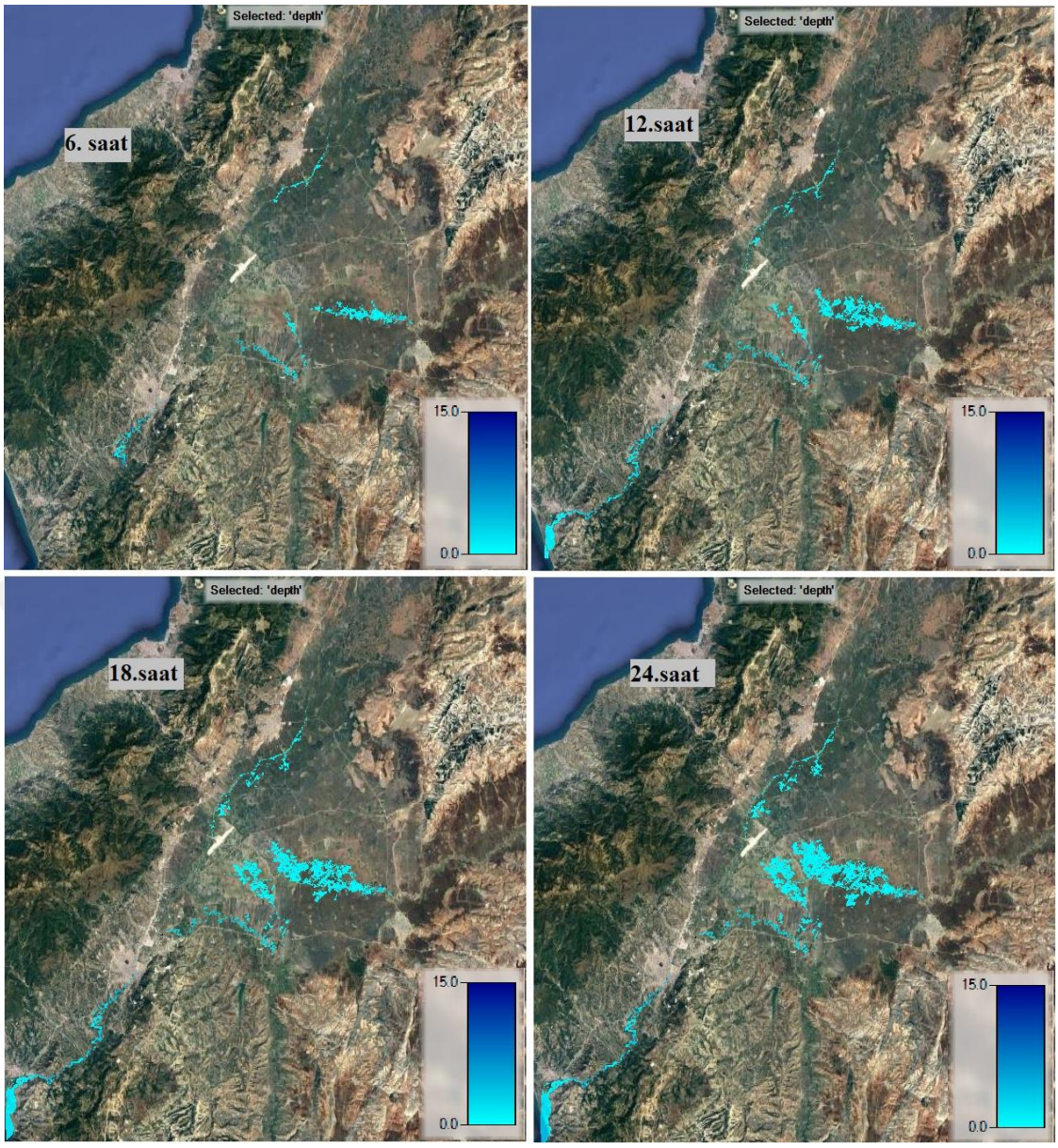
Şekil 4.138 9 No'lu model maksimum derinlik değerleri

Q_{10} verileri ile oluşturulan 9 No'lu model sonuçları ile Q_5 verisi ile oluşturulan 8 No'lu model sonuçları arasında ciddi farklılıklar bulunmamaktadır. Yöntem kısmında verilen farklı frekanslı debiler için oluşturulan Tablo 3.7 incelendiğinde Q_5 ve Q_{10} debileri arasında çok büyük farklar olmadığı görülecektir. Dolayısıyla 8 ve 9 No'lu modellerde su altında kalan alanların yaklaşık olarak aynı yerler olması beklenen bir durumdur. Bu modelde de en fazla göllenme Afrin ve Harim kanalları çevresinde gözlenmiştir. Asi nehrinin Harim kanalından hemen sonra olan kesiminde gerçekleşen taşmanın bir önceki modele göre arttığı gözlemlenmiştir. Karasu kanalında meydana gelen taşkınlar sınır şartının tanımladığı Karasu Torun istasyonuna doğru artış göstermiştir. Bu kanalın devamında herhangi bir taşma tespit edilememesi membaya doğru gerçekleşen taşmanın kabarmadan kaynaklanmış olabileceğini göstermektedir.



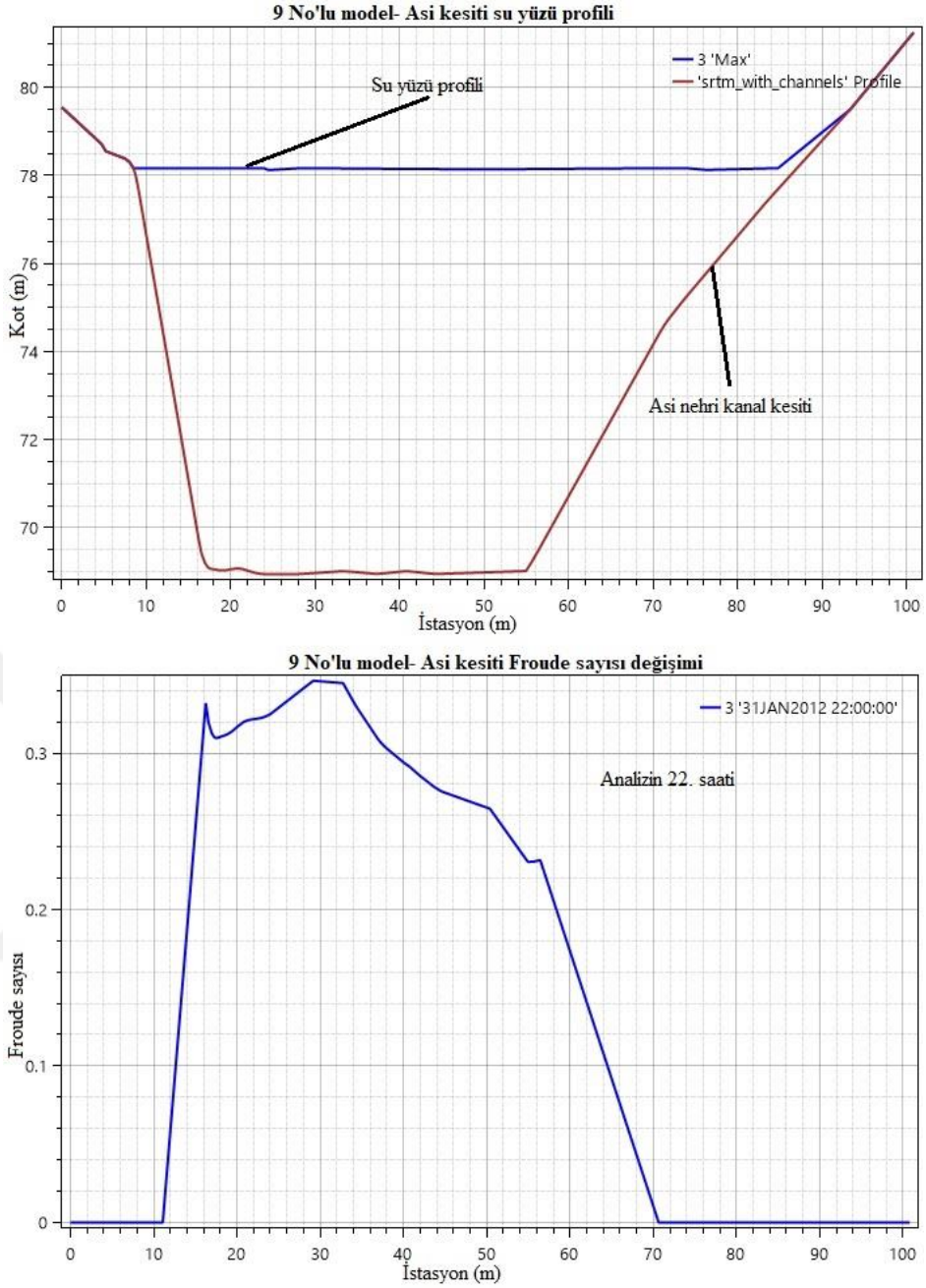
Şekil 4.139 Q_{10} durumunda su altında kalan alanların sınırları

Q_{10} debileri ile oluşturulan 9 No'lu modelde su altında kalan alanlar Şekil 4.139 ile verilmiştir. Şekil 4.139 ile verilen su altında kalan alanları işaretleyen harita Q_{10} debisinin özellikle ovanın güneyinde göllenmelere yol açmaya başladığını göstermektedir. Bu durum derinliğin yüksek olmaması nedeniyle ciddi bir sorun olarak görülmezken, 10 yıl frekanslı pik debilerinin Afrin kanalı ve Harim kanalı etrafındaki tarım arazilerini ve yerleşim yerlerini etkilemeye başladığını göstermektedir.



Şekil 4.140 9 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

Q_{10} sabit debileri girilerek yapılan analizlerde taşkının 6., 12., 18. ve 24. saatlerindeki yayılımı Şekil 4.140 ile verilmiştir. En düşük frekanslı geri dönüş frekanslarında dahi taşmalar gerçekleşen Afrin kanalı ve Harim kanalının etrafındaki göllenme Q_{10} debileri ile belirginleşmiştir. Q_5 debileri ile yapılan analizde olduğu gibi Q_{10} debisi ile yapılan analizde de 12. saatten itibaren Karasu kesitinde taşmalar olmuştur. Ancak Q_5 ve Q_{10} debilerinin birbirine yakın değerlerinin olması 8. ve 9. modeller arasındaki değişimleri tespit etmeyi zorlaştırmıştır.

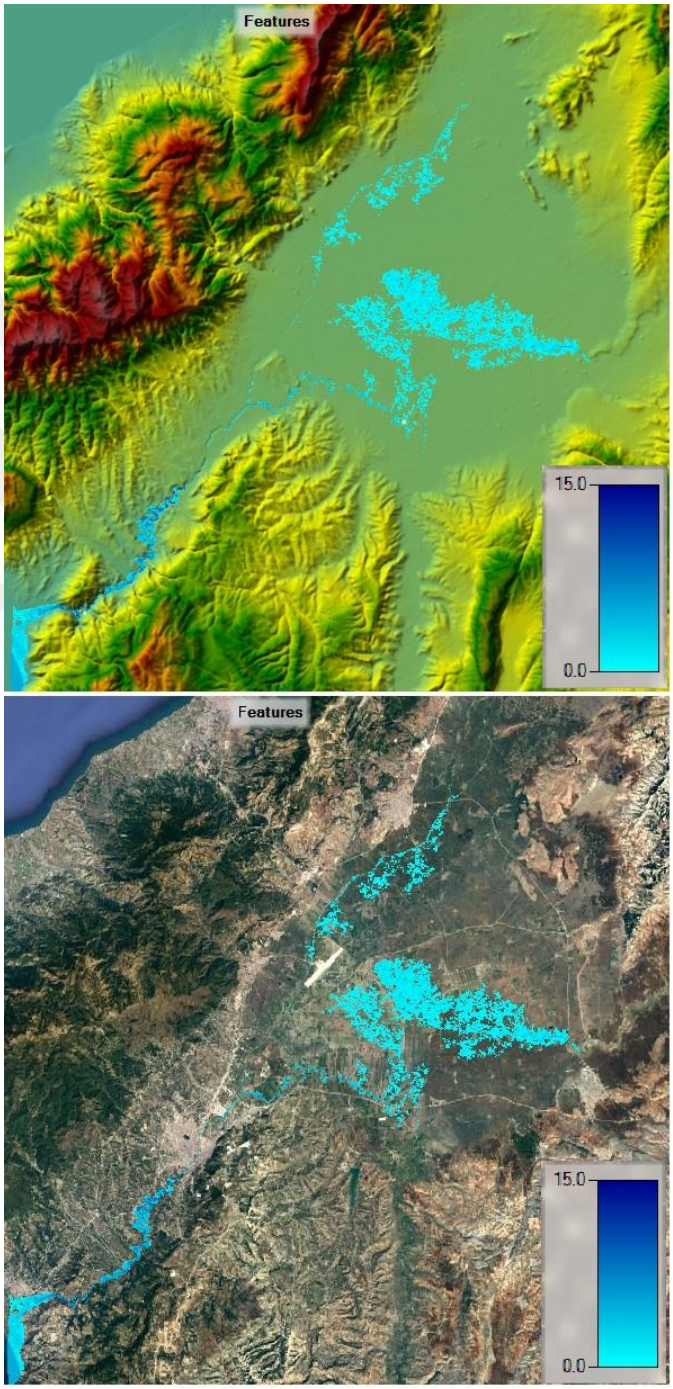


Şekil 4.141 Asi nehri kesit bilgileri-Model 9

Q_{10} debileri ile yapılan analiz sonucunda Amik ovasının çıkışında Asi nehrinden alınan kesitteki su yüzü kotu bilgileri ve kesit boyunca analizin 22. saatinde Froude sayısı değerleri Şekil 4.141 ile verilmiştir. 9 No'lu modelde 8 No'lu modele benzer şekilde Asi nehrinden alınan kesitte akım kanal içerisinde ve yaklaşık 9.1 m derinliğindedir. Ancak alınan kesitteki hız değerlerinin farklılığından Froude sayısında 0.6 değerine kadar olan bir sıçrama görülmektedir. Kesitte 9 No'lu model için okunan Froude değerleri kritik 1 değerinden küçüktür.

4.2.10.10 Oluşturulan 10 No'lu Modelin Sonuçları

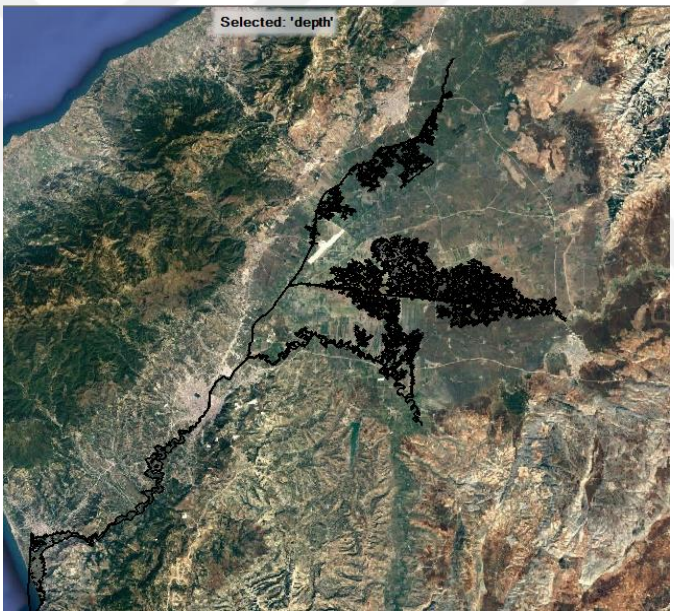
Bu modelde 25 yıl frekanslı taşkın debileri (Q_{25}) kullanılarak su altında kalan alanlar haritalanmıştır. Şekil 4.142'nin üst görselinde Q_{25}'in etkilemesi muhtemel taşkın alanları SYM üzerinde gösterilmiştir. Alt görselde ise aynı modelin Google uydu görüntüsü üzerindeki yayılımı verilmiştir. Her iki görsel de maksimum taşkın seviyesi için hazırlanmıştır.



Şekil 4.142 10 No'lu model maksimum derinlik değerleri

Şekil 4.142 ile verilen derinlik grafiklerinde 10 yıllık tekerrürlü debiler için hazırlanan 9 No'lu modele göre taşkın yayılımının bir miktar daha arttığı görülmektedir. Ancak derinlik verileri incelendiğinde Afrin ve Harim kanalları çevresindeki göllenme derinliğinin 0.3-ile 1.1 m arasında değiştiği görülmüştür. Bu derinlik değerleri daha önce aynı kanallar etrafında tespit edilen derinlik değerleri ile yakın değerlerdir. Bu durumda 9 No'lu modele göre derinlik yüksek oranda artmazken yayılımın arttığı sonucu çıkarılmıştır. Karasu kanalının çevresinde meydana gelen göllenmenin bariz şekilde arttığı tespit edilen bir diğer husustur. Karasu kanalının memba tarafında yaşanan taşkınlar Comba kanalına ulaşmıştır. Böylece Comba kanalının Q_{25} durumunda aktif olarak kullanıldığı anlaşılmıştır.

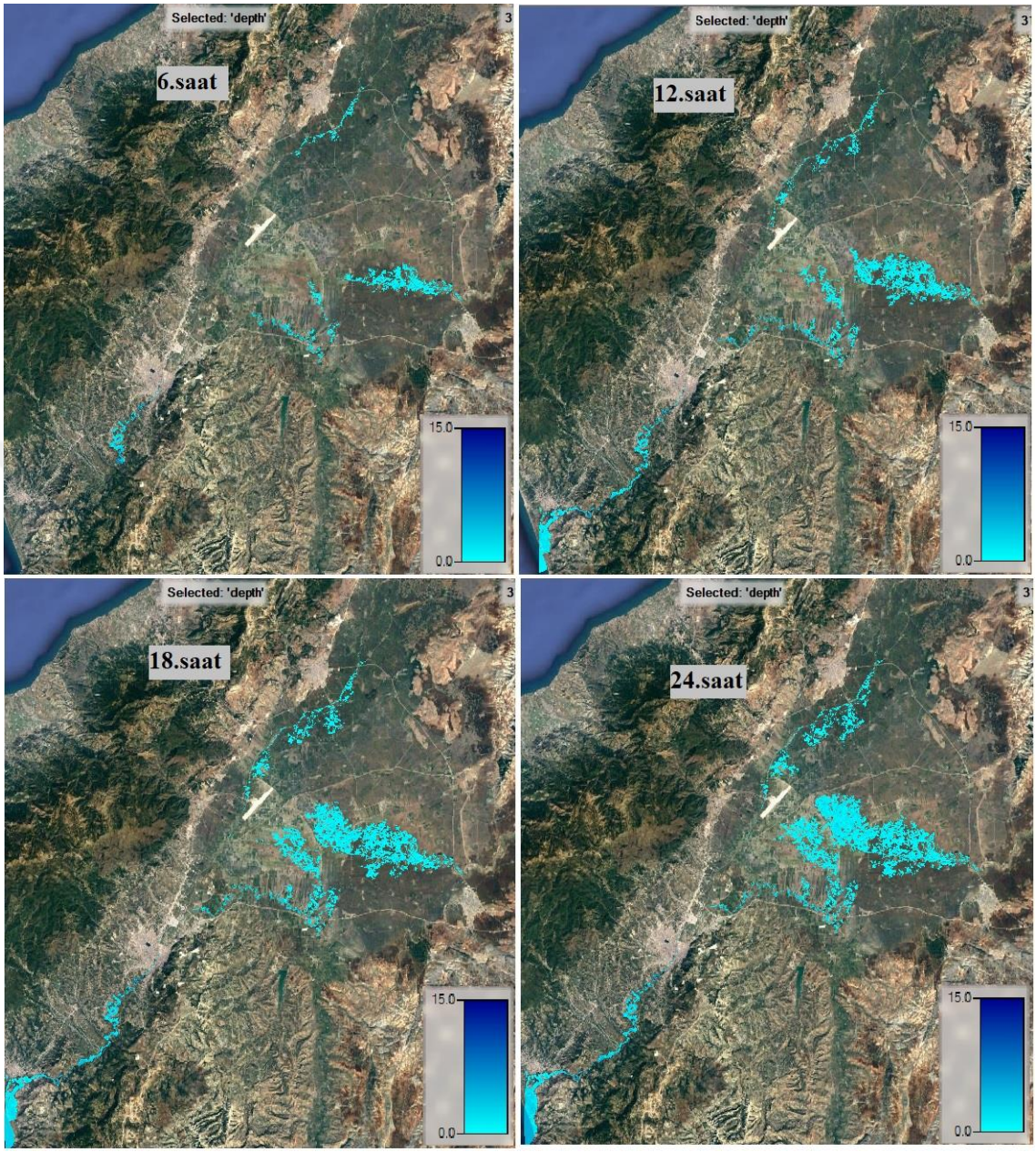
Q_{25} için maksimum taşkın seviyesinde su altında kalan alanların sınırları Şekil 4.143 ile verilmiştir.



Şekil 4.143 Q_{25} durumunda su altında kalan alanların sınırları

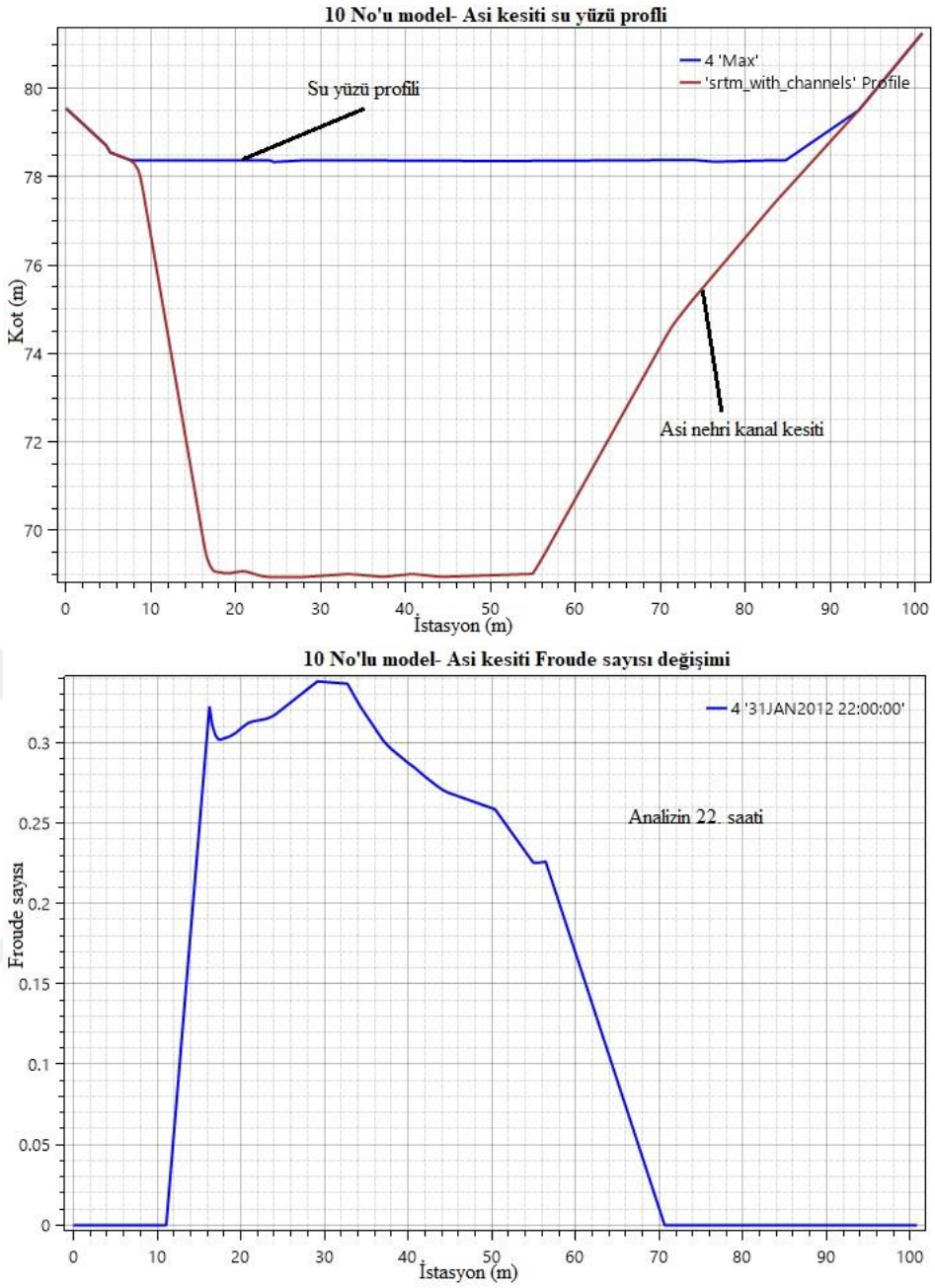
Şekil 4.143 ile sınırları verilen su altında kalan alanlar incelendiğinde özellikle Amik ovasının güney kesiminde göllenmenin ciddi boyutlara ulaştığı görülmüştür. Harim kanalının kesit yetersizliğinden kaynaklanan taşmalar Suriye'den gelen Asi nehrinin kısmi taşmaları ile birleşmiştir. Afrin kanalından gerçekleşen taşmalar ile güney kesiminde meydana gelen taşmalar birleşmek üzeredir. Ayrıca Karasu kanalının havaalanı kesiminde yaşanan taşmalar gözle görülür seviyelere çıkmıştır. Karasu kanalının devamı olan kesimde ise Asi nehri birleşim yerine kadar herhangi bir sorun

olmadığı anlaşılmaktadır. Ovanın çıkış bölgesinde taşkın sularının tahliyesi ile ilgili kesitsel bir sorun (Asi nehri ana kanalı) bu aşamada tespit edilememiştir.



Şekil 4.144 10 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

10 No'lu modelde elde edilen sonuçların zamanla değişimi Şekil 4.144 ile verilmiştir. Analizin 24. saatinde Afrin kanalı ile Harim kanalından gerçekleşen taşmalar birleşmeye yakındır. Afrin ve Harim kanallarının etrafındaki göllenme 18. saatten sonra dikkate alınması gereken bir seviyeye ulaşmıştır.

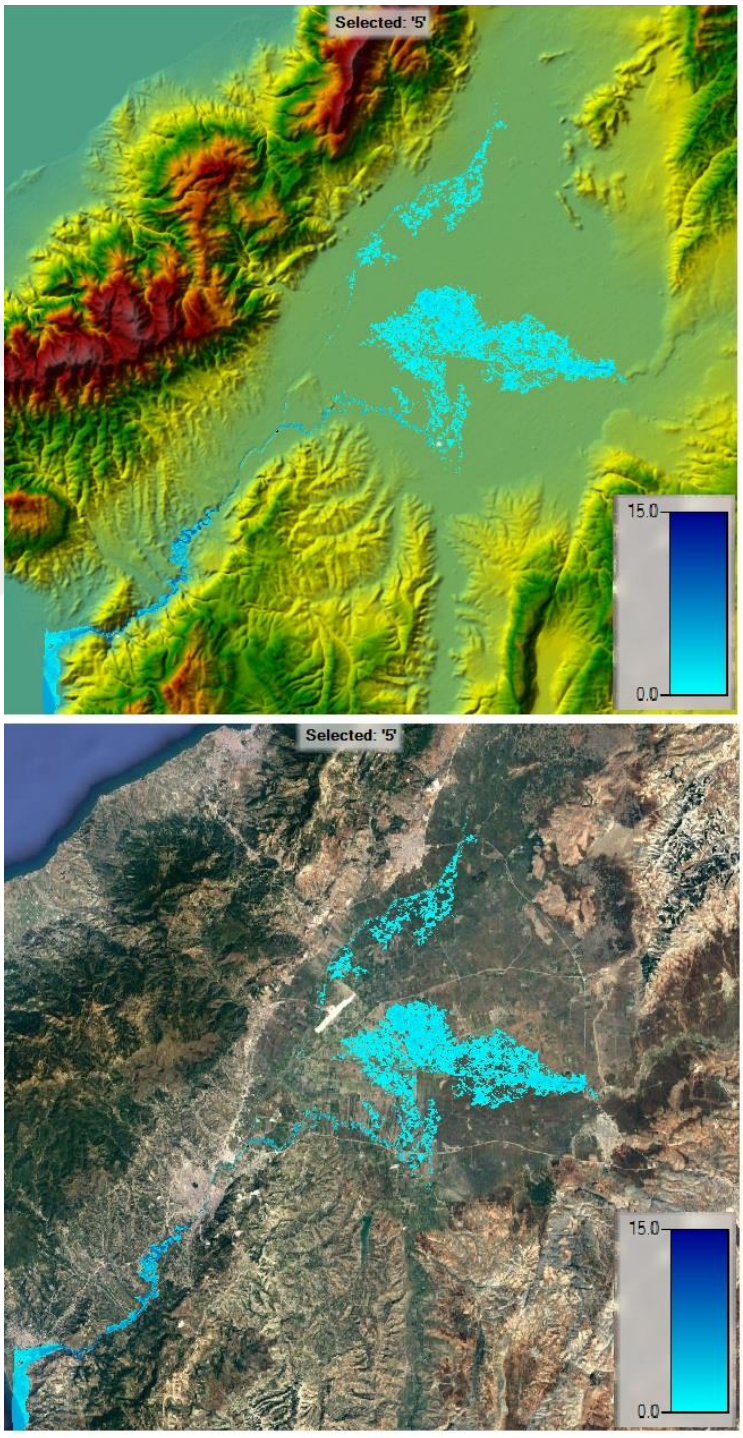


Şekil 4.145 Asi nehri kesit bilgileri-Model 10

25 yıl tekerrürlü taşkın debileri girilerek oluşturulan model 10 sonuçlarına göre maksimum taşkın durumunda Asi nehrinden alınan bir kesitteki su yüzü kotu bilgileri ve 22. saat itibariyle Froude sayısının kesit boyunca değerleri Şekil 4.145 ile verilmiştir. 10 No'lu modelde akım kanal içerisindedir ve derinlik 9.4 m civarındadır. Froude sayısı sağ sahile yakın bölgede bir sıçrama yaparak 0.3 değerinin üzerine çıkmıştır. Kanalın orta kesimlerinde Froude sayısı değeri 0.3 ile 0.25 dolaylarındadır.

4.2.11.11 Oluşturulan 11 No'lu Modelin Sonuçları

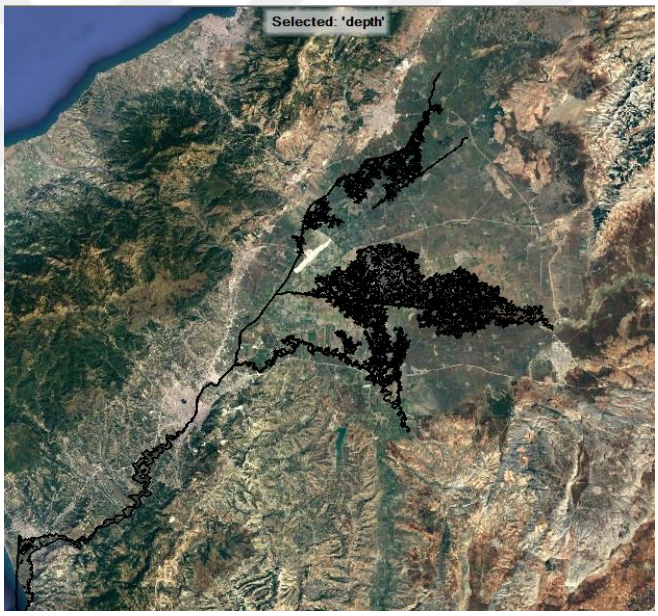
Elli yıl tekerrürlü taşkın pik debileri (Q_{50}) girilerek oluşturulan model 11'in derinlik grafikleri Şekil 4.146 ile verilmiştir. Şekil 4.146 ile paylaşılan üst görselde SYM modeli üzerindeki derinlik ve dağılım verilmiştir. Aynı şeklin alt görselinde modelin sonuçları Google uydu görüntüsüne yansıtılarak verilmiştir.



Şekil 4.146 11 No'lu model maksimum derinlik değerleri

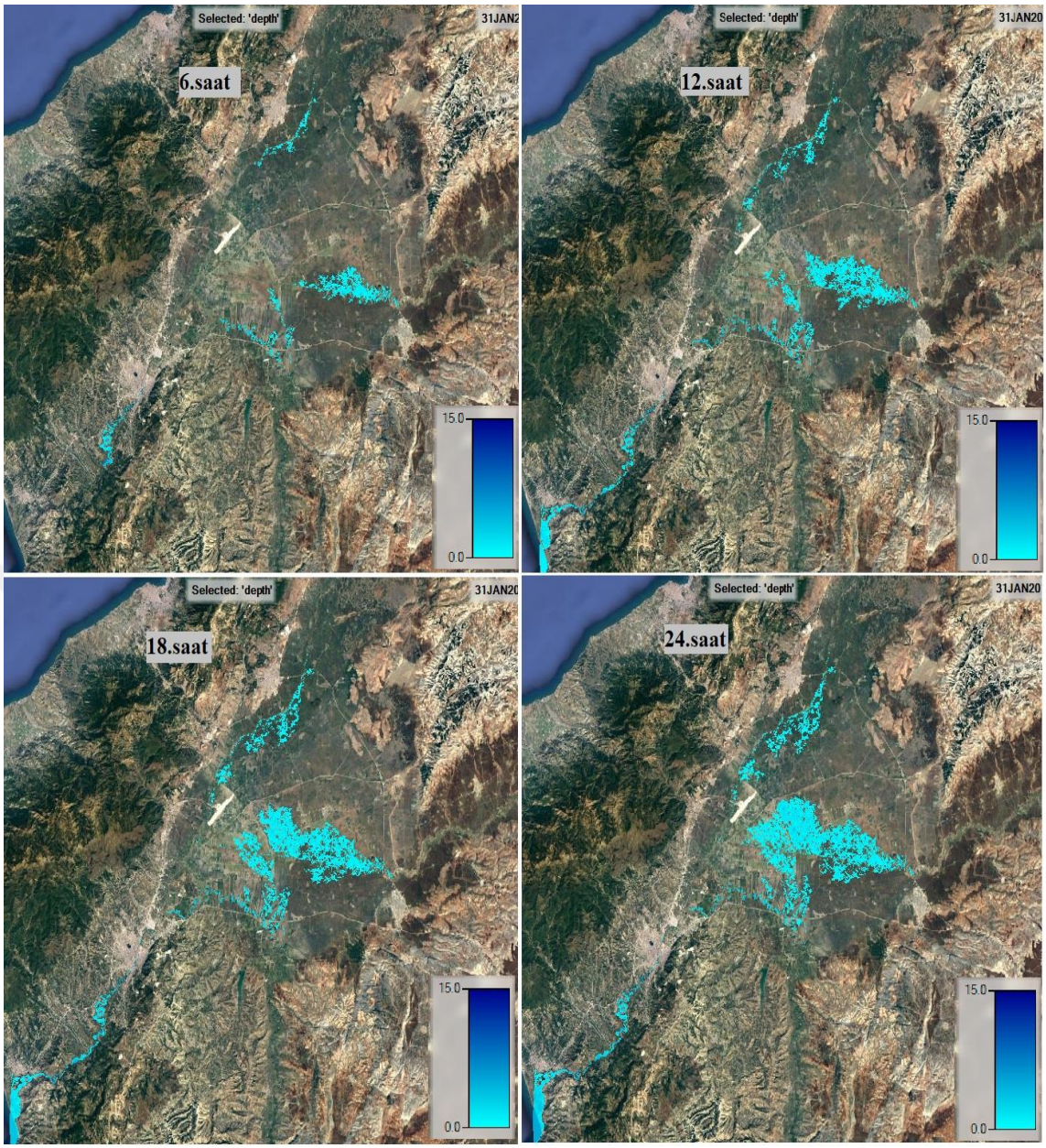
11 No'lu modelde Şekil 4.146 ile görüldüğü üzere 25 yıl frekanslı debi değerleri ile oluşturulan bir önceki modele göre yayılım açısından büyük farklılıklar tespit edilememiştir. Ancak Afrin kanalının memba kesimine doğru göllenmenin olduğu bölgede yer yer derinliğin 3 metreyi bulduğu gözlemlenmiştir. Q_{50} için yapılan bu modellemede Afrin kanalının kesit yetersizliği tam olarak ortaya çıkmıştır. Afrin kanalı sağ ve sol sahillerine doğru yayılan taşkın Amik ovasının sadece Güneyini değil orta kesimlerini de tehdit etmeye başlamıştır. Karasu kanalının etrafında ise yaşanan göllenme bir önceki modelden (10 No'lu model) çok farklı değildir. Comba kanalının, Karasu kanalının membasında meydana gelen taşmadan sonra devreye girmiş olması bu bölgedeki yayılımı ve derinliği sınırlı tutmuştur.

Q_{50} için maksimum taşkın seviyesinde su altında kalan alanları gösteren Google uydu görüntüsüne işlenen harita Şekil 4.147 ile verilmiştir.



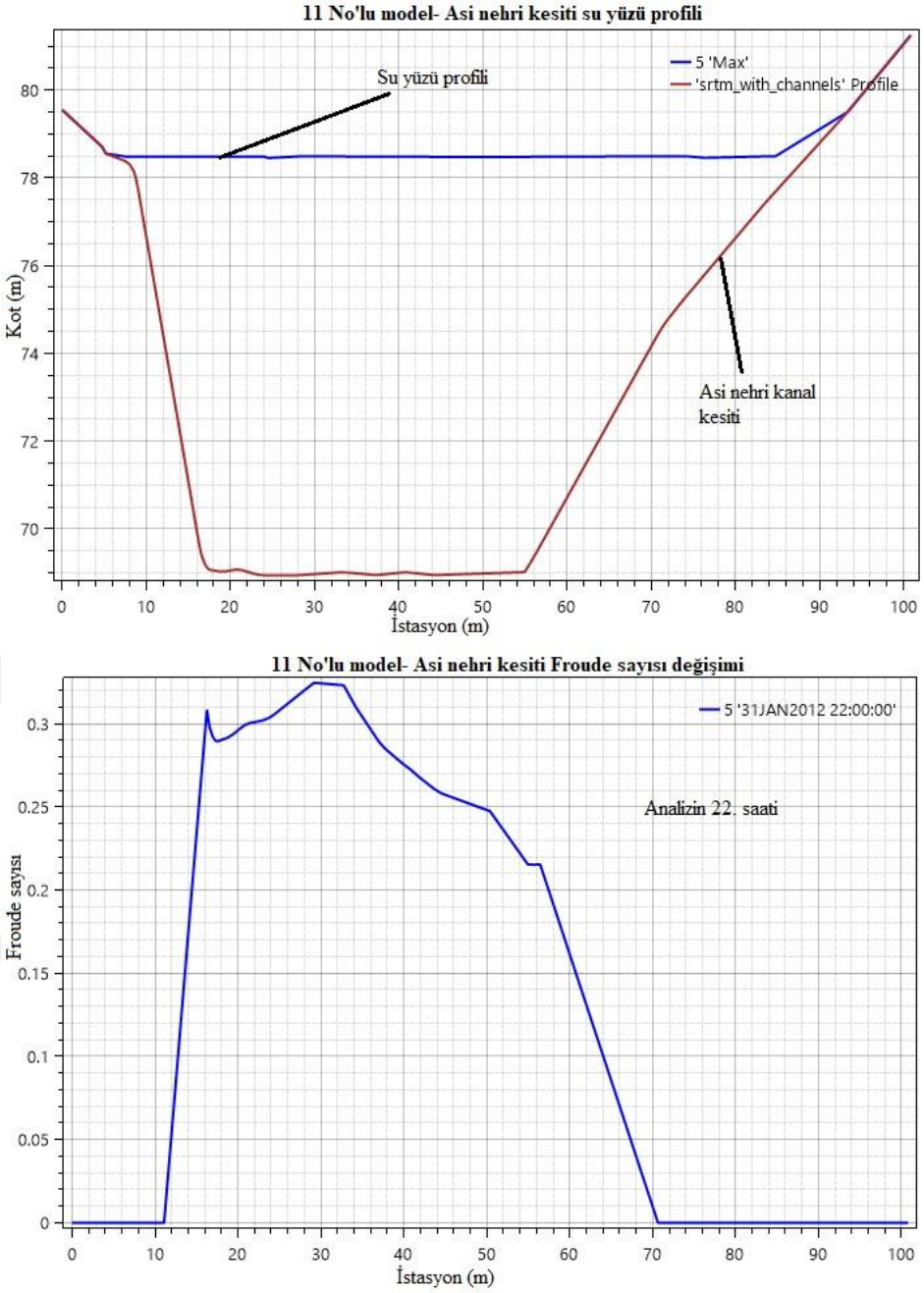
Şekil 4.147 Q_{50} durumunda su altında kalan alanların sınırları

Yapılan bu analizde Şekil 4.147 ile verildiği üzere yayılım Q_{25} analizine göre çok fazla değişmemiştir. Etki alanları da her iki modelde benzerdir. Havaalanının çıkışından itibaren Amik ovası çıkışına kadar olan kesimde Karasu ve Asi nehirleri için kesitlerde herhangi bir zorlanma tespit edilmemiştir. Harim kanalının Afrin kanalı ile birleştiği bölgede Afrin kanalından gerçekleşen taşmanın ovanın iç kesimlerine doğru ilerlemeye başladığı görülmüştür.



Şekil 4.148 11 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

11 No'lu modelde 50 yıl tekerrürlü taşkın debileri kullanılarak yapılan analizlerde 24 saatlik süreçte taşkının ovaya yayılımını simüle eden görseller Şekil 4.148 ile verilmiştir. Sabit debi değerleri için yapılan analizin 12. saatinde Afrin kanalı çevresinde taşmalar gözlenirken 18. saat sonrasında Afrin kanalına ek olarak Harim kanalı ve Karasu nehri çevresinde de taşmalar gözlenmiştir. Yapılan analizin 24. saatinde Asi nehrinin Harim kanalından sonraki kısmında da yerel çapta taşmalar olduğu görülmüştür. Amik ovasında kurutma kanalı olarak açılmış olan Comba kanalı taşkının 18. Saatinden itibaren devreye girmiştir.

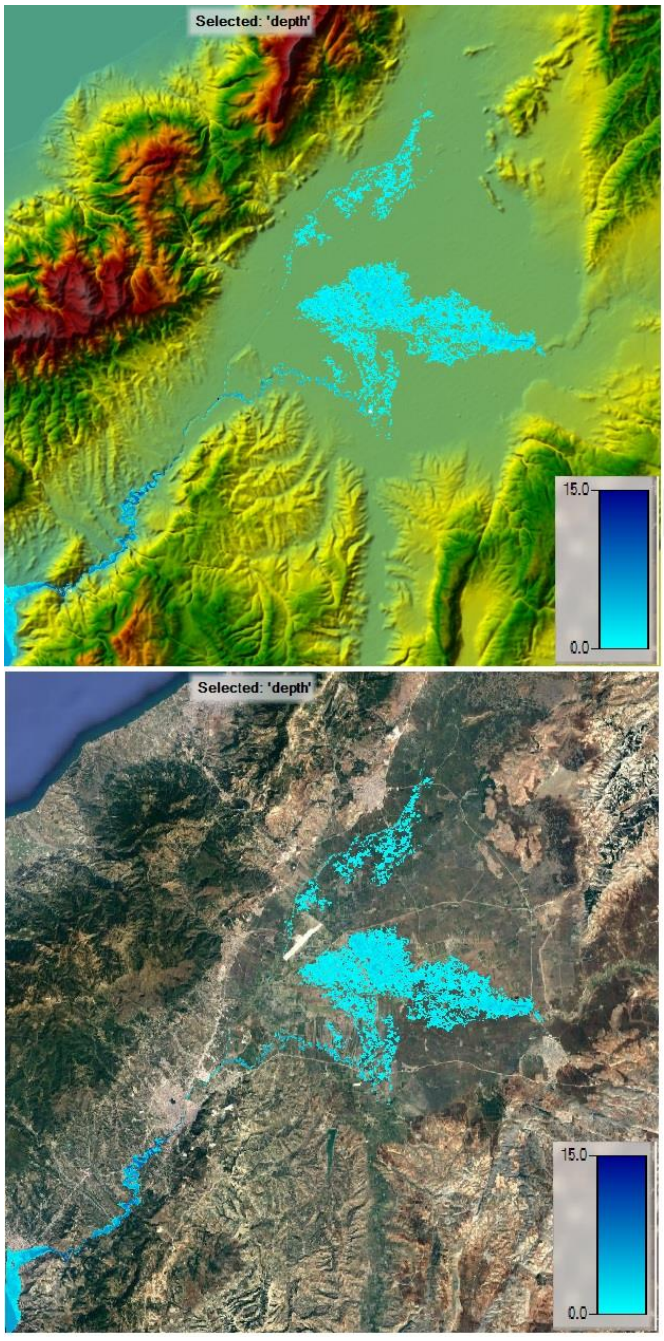


Şekil 4.149 Asi nehri kesit bilgileri-Model 11

Analizi yapılan 11 No'lu model sonuçlarına göre Amik ovasının çıkışında Asi nehrinden alınan bir kesitteki su yüzü kot değerleri ve kesit boyunca Froude sayısı değerleri Şekil 4.149 ile verilmiştir. Alınan kesitte su yüzü kotu 78.5 metrede kanal içerisindedir Amik ovasının çıkışında yer alan ve diğer akım kollarının birleşimi ile oluşan Asi nehrinde kesitsel olarak Q_{50} durumunda bir taşma gözlenmemektedir. Analizin 22. saatinde (maksimum taşkın seviyesine yakın bir zaman) hız değerlerine bağlı olarak Froude sayısı kanal içerisinde 0.21 ile 0,35 arasında değerler almıştır.

4.2.12.12 Oluşturulan 12 No'lu Modelin Sonuçları

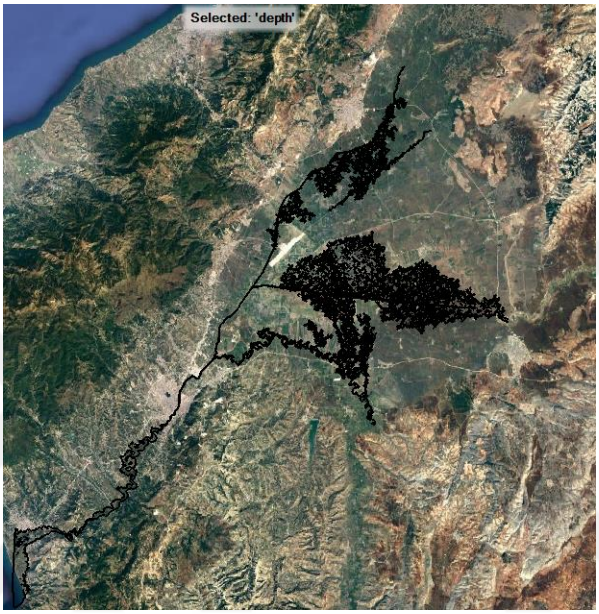
Bu model 100 yıl tekerrürlü taşkın debilerinin (Q_{100}) kullanılması ile oluşturulmuştur. Olası bir 100 yıl tekerrürlü taşkında model sonuçlarına göre sular altında kalacak alanlar haritalanmıştır. Şekil 4.150 ile oluşturulan 12 No'lu modelde maksimum taşkın seviyesinde derinlik değerleri verilmiştir. Şekil 4.150'nin üst görselinde model sonuçları, oluşturulan SYM üzerinde gösterilirken alt görselde ise sonuçlar Google uydu görüntüsü ile verilmiştir.



Şekil 4.150 12 No'lu model maksimum derinlik değerleri

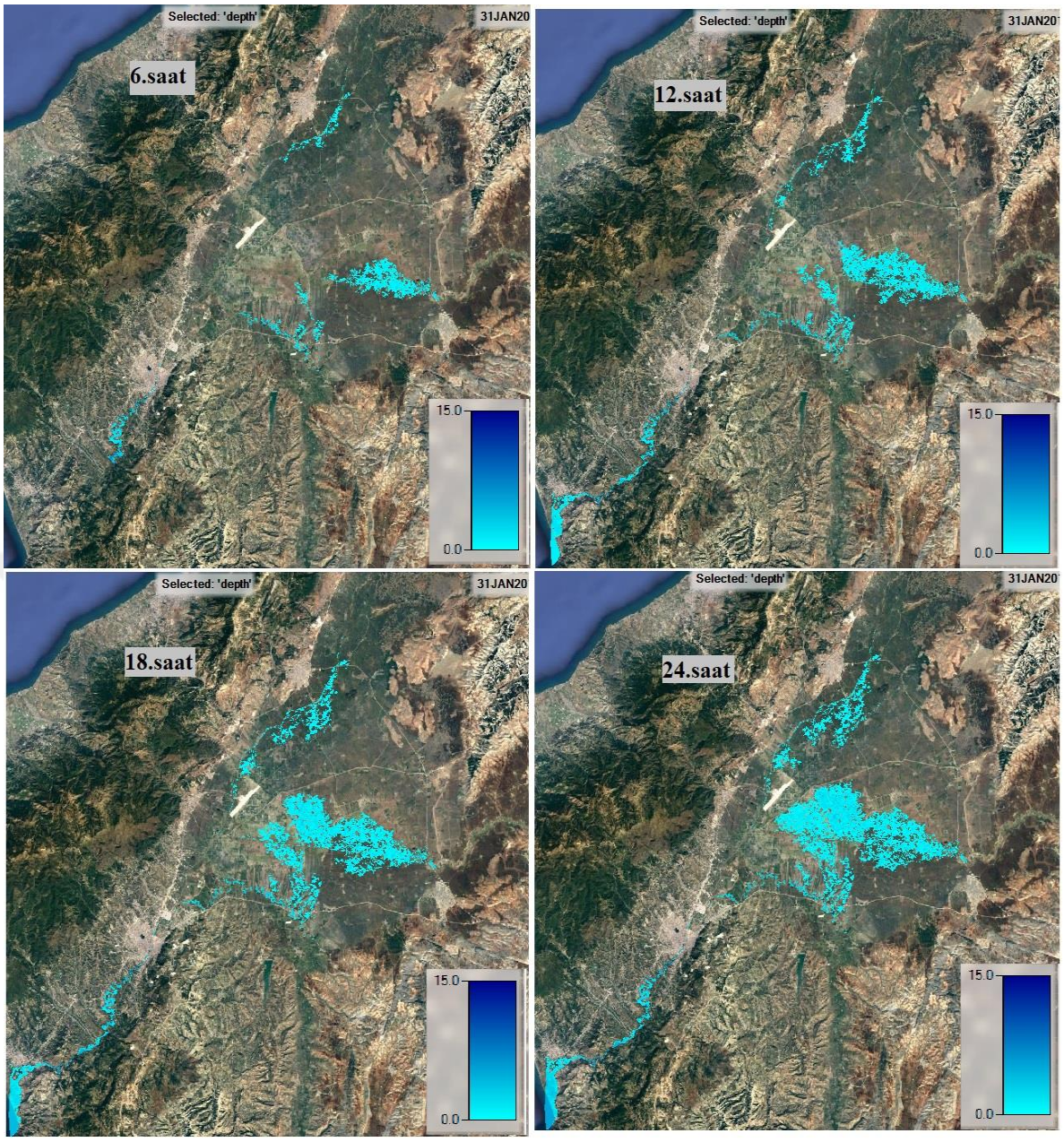
Modelde yayılım alanının önceki modele göre çok fazla değişmediği görülmüştür. Afrin kanalında memba kısmında kabarmaların yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Modelde derinliklerin de çok fazla değişmediği ancak göllenme bölgesinde daha önceki modellere göre daha geniş alanlarda 1m ve üzerinde derinlikler olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.151 ile Q_{100} için maksimum taşkın seviyesinde su altında kalan alanların sınırlarının bulunduğu harita Google uydu görüntüsü üzerinde paylaşılmıştır.



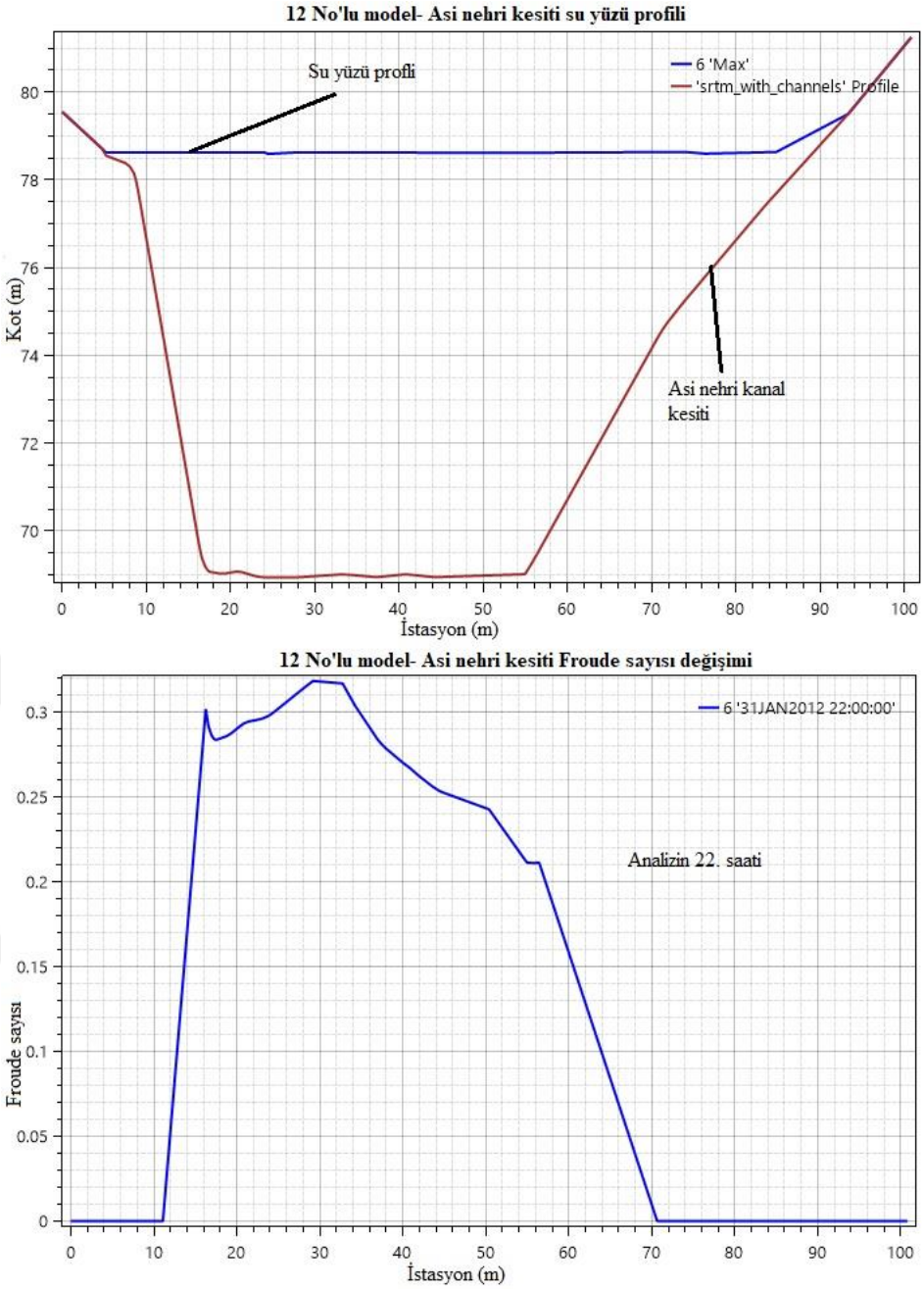
Şekil 4.151 Q_{100} durumunda su altında kalan alanların sınırları

Şekil 4.151 ile verilen su altında kalan alanların önceki modelde su altında kalan alanlardan ne kadar farklı olduğunu çıplak gözle gözlemlemek mümkün değildir. HEC-RAS yazılımının RAS Mapper aracı özellik tablosunda su altında kalan alanlar 11 No'lu modelde toplamda yaklaşık 13007 ha'dır. Q_{100} ile oluşturulan 12 No'lu modelde ise toplamda yaklaşık 14610 ha'dır Bu değerlere Amik ovasının çıkışından denize ulaşıncaya kadar ki akım yolu da dahildir. Dolayısıyla ovada meydana gelen taşkın yayılımının her iki modelde ne kadar farklı olduğunu yayılım haritalarından anlamak güçtür. Ancak genel olarak önceki modellerin su altında kalan alanlarına ait haritalar ile kıyaslandığında daha düşük tekerrürlü debilerle kurulan ilk modellere göre 12 No'lu modelde yayılımın ne kadar geniş bir alana ulaştığı net olarak anlaşılmaktadır.



Şekil 4.152 12 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

100 yıl tekerrürlü taşkın debileri kullanılarak oluşturulan 12 No'lu modelde analiz sonuçlarının zamana göre değişimi Şekil 4.152 ile verilmiştir. Analiz sonuçlarının zamanla değişimi 11 No'lu model ile büyük oranda benzerlik göstermektedir. Ancak özellikle analizin 24. saatine doğru Afrin ve Harim kanallarından gerçekleşen taşmaların birleşerek Hatay havaalanına doğru akışa geçtiği net olarak görülmektedir. Görsel üzerindeki ölçeklendirmeye bakıldığında yayılımın derinliğinin düşük olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.153 Asi nehri kesit bilgileri-Model 12

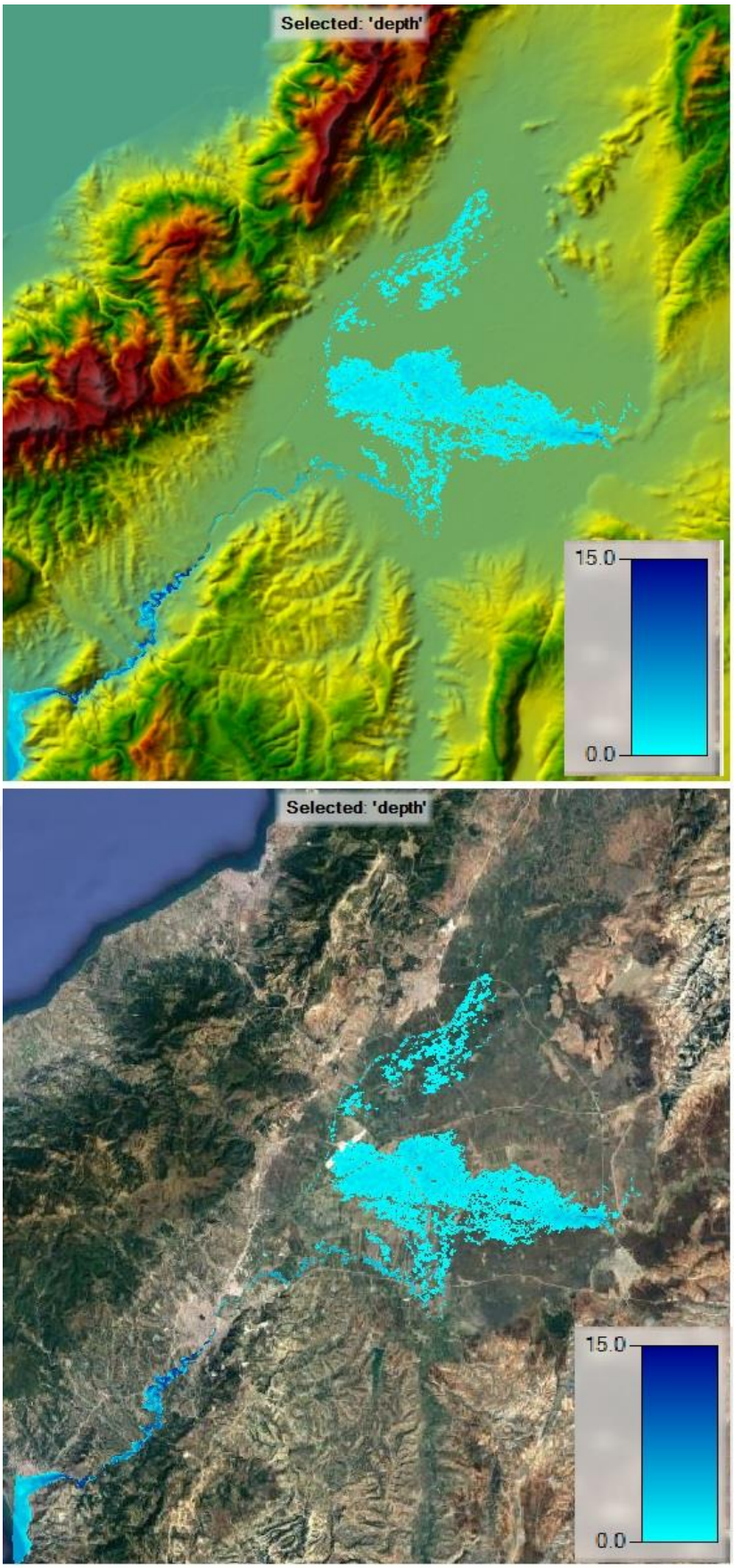
Model 12 sonuçlarına göre Amik ovasında bütün akım ağlarının birleşiminden sonra Asi nehrinden alınan bir kesitteki su yüksekliği ve kesit boyunca analizin 22. saatinde Froude sayısı değişimi Şekil 4.153 ile verilmiştir. Alınan kesitte akımının kanal içerisinde olduğu görülmektedir. Kesit boyunca Froude sayısı değerleri akımın nehir rejiminde olduğunu göstermektedir.

4.2.13.13 Oluşturulan 13 No'lu Modelin Sonuçları

Bu model, 1905-Karasu Torun, 1906-Afrin Müşrüflü, 1907-Asi Demirköprü, 1908-Asi Antakya ve 19030-Eşrefiye akım gözlem istasyonlarının farklı dönüş periyotlu debi değerleri için kurulan modellerin sonuncusudur. Bu modelde yukarıda isimleri verilen istasyonların 500 yıl frekanslı (Q_{500}) debileri kullanılmıştır.

Model 13 sonuçlarına göre maksimum taşkın seviyesinde oluşan derinlikler Şekil 4.154 ile verilmiştir. Q_{500}'de bütün pik debilerinin en yüksek seviyelerine ulaşması nedeniyle bu modelde oluşacak taşkın yayılımının ve derinlik değerlerinin diğer modellere göre en yüksek seviyede olması beklenen bir durumdur. Şekil 4.154 incelendiğinde yayılımın ovada geniş bir alanı kapsadığı görülmektedir. Ancak derinlik değerlerinin Afrin Kanalı çevresi ile Harim kanalı çevresinde 0.1 m ile 1.9 m arasında değiştiği görülmüştür ki bu değer önceki modellerde elde edilen değerlere yakın değerlerdir.

500 yıl tekerrürlü debiler kullanılarak 24 saat etkili olma durumu için yapılan analizde Karasu kanalının çevresinde memba kısmında oluşan göllenme ciddi boyutlara ulaşmıştır. Havaalanı çevresinde oluşan göllenmede de derinlik değeri 1.5 metreye yaklaşmıştır. Ayrıca model sonuçlarına göre Asi nehrinin Harim kanalındaki kesiminde meydana gelen taşmalarda ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bu bölgede kesitin yetersiz olduğu ve Asi nehrinden gelen suların ovaya ciddi boyutlarda deşarj olduğu görülmüştür.



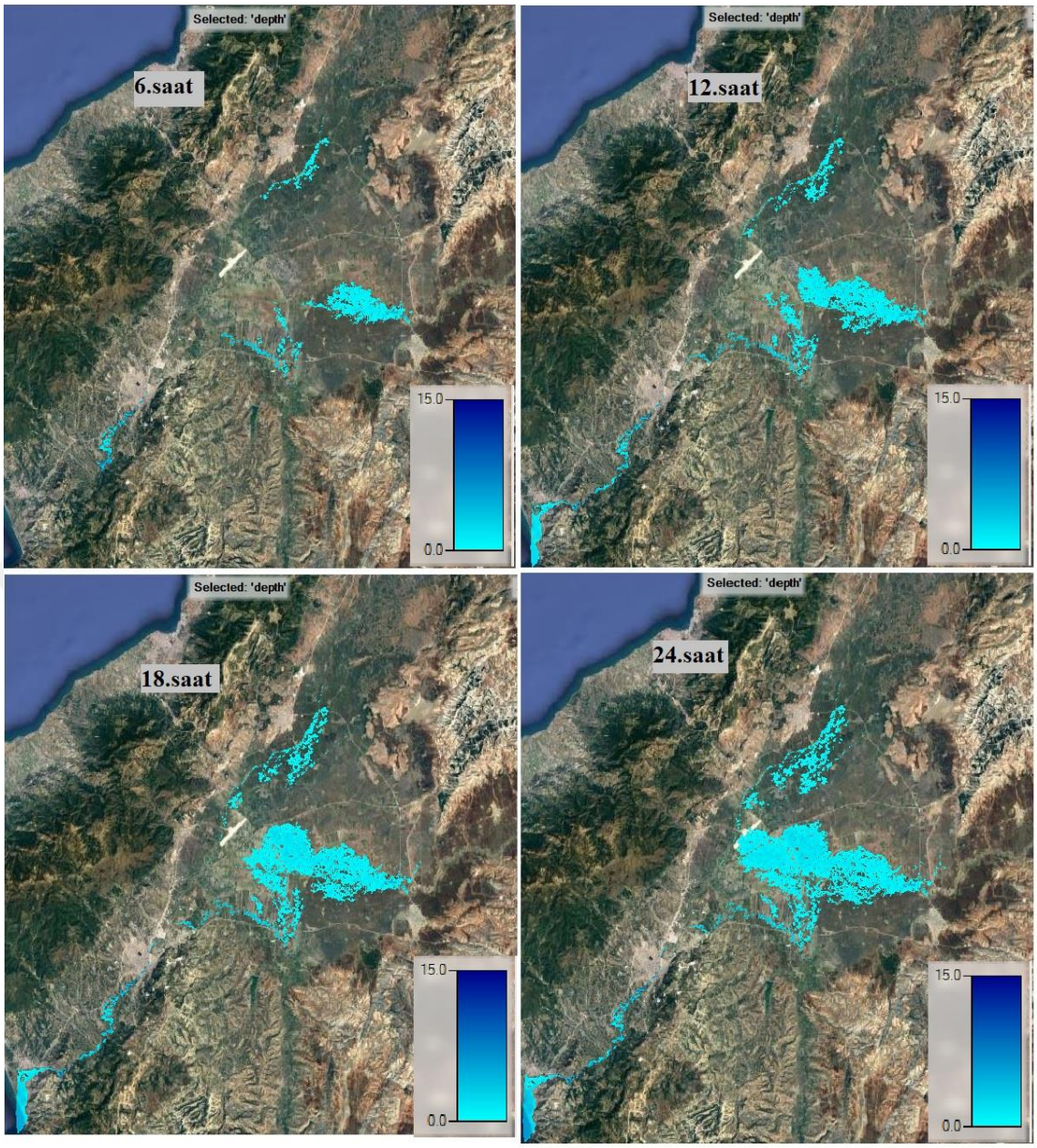
Şekil 4.154 13 No'lu model maksimum derinlik değerleri

Şekil 4.155 ile Q_{500} ile oluşturulan modelde su altında kalan alanların sınırlarının çizildiği harita Google uydu görüntüsü üzerinde verilmiştir. Şekil 4.155'de harita üzerinde gösterilen su altında kalan alanların sınırları maksimum taşkın seviyesi için çizilmiştir. Bu model sonuçlarına göre toplamda yaklaşık 18377 ha alanın sular altında kaldığı RAS Mapper özellik tablosundan okunmuştur. Bu değer farklı frekanslı sabit debi değerleri için yapılan analizlerde tespit edilen en büyük değerdir. Bu değere Amik ovasının çıkışından başlayıp denize döküldüğü yere kadar olan bölgede bulunan akım yolu ve su altında kalan alanlar dahildir.



Şekil 4.155 Q_{500} durumunda su altında kalan alanların sınırları

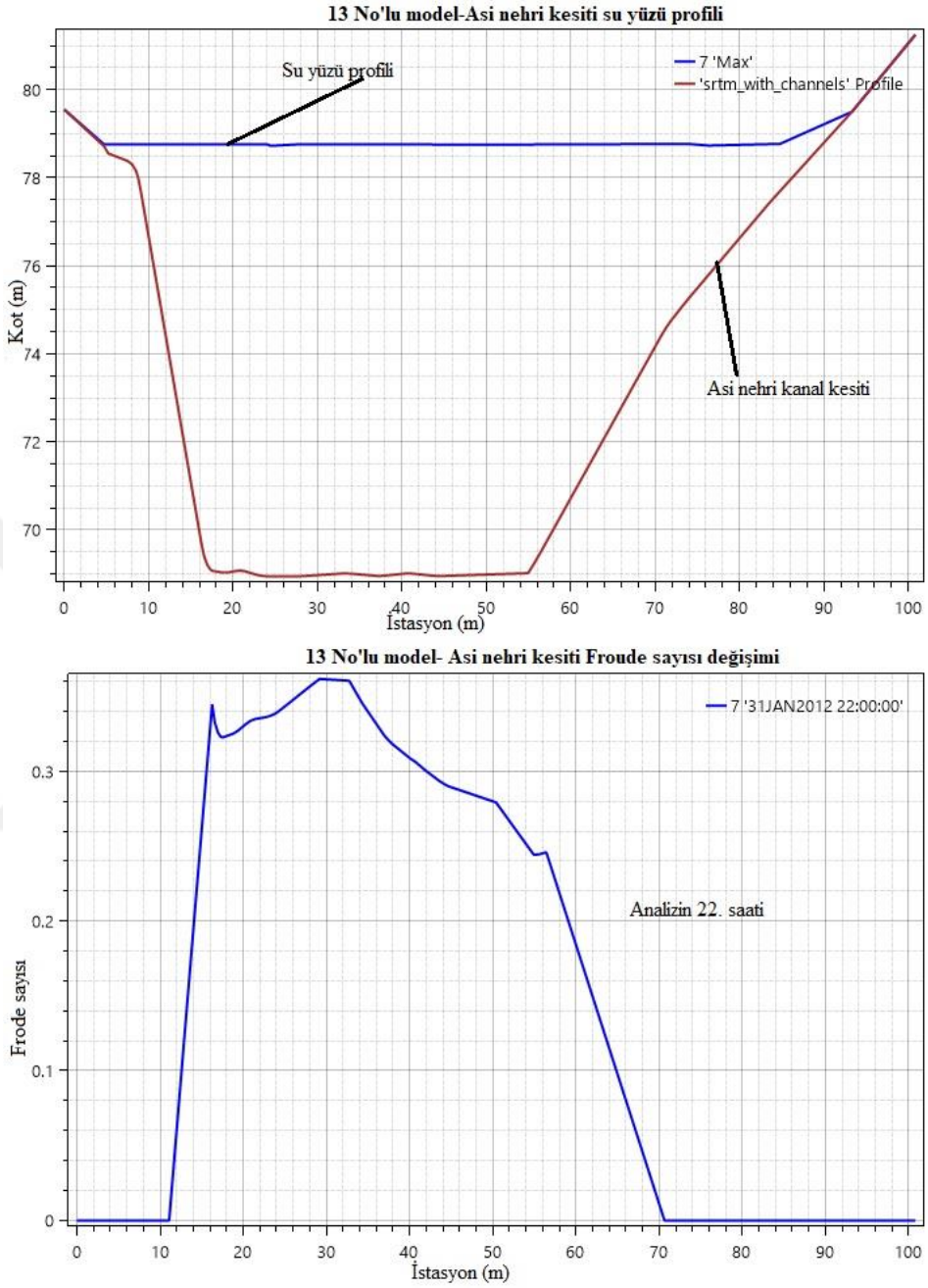
Daha önce yöntem kısmında açıklandığı üzere HEC-RAS yazılımı kullanılarak 2 boyutlu analiz sadece kararsız akım durumunda gerçekleştirilebilmektedir. Farklı frekanslı sabit debi değerleri ile 2 boyutlu taşkın modellemesi yapabilmek için pik debi değerlerinin 24 saat boyunca etkili olduğu ve her bir istasyondaki pik debilerin çakıştığı kabulü yapılmıştır. Bu şekilde saatlik hidrograf verilerini yazılıma girerek kararsız akım analiz seçeneğini kullanmak mümkün olmuştur. Bu kabuller ve yaklaşımla 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 numaralı modeller çalışılmıştır.



Şekil 4.156 13 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

Farklı tekerrürlü taşkın pik debileri girilerek oluşturulan son model olan 13 No'lu modelin analiz sonuçlarının zamanla değişimi Şekil 4.156 ile verilmiştir. Modelde 500 yıl tekerrürlü debiler kullanıldığından beklendiği gibi yayılım 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 numaralı modellerden fazladır. Verilen Şekil 4.156 incelendiğinde analizin 24. saatinde taşkın sularının ovanın güney kesimini tamamen etkisi altına aldığı anlaşılmaktadır. Analizin son safhalarında Afrin ve Harim kanallarından gerçekleşen taşmalar birleşerek kendi memba kesimlerine doğruda kabarmalar olmasına sebep

olmuşlardır. En büyük sabit debi değerleri girilerek çalışılan bu modelde derinlikte en yüksek seviyeye ulaşmıştır.

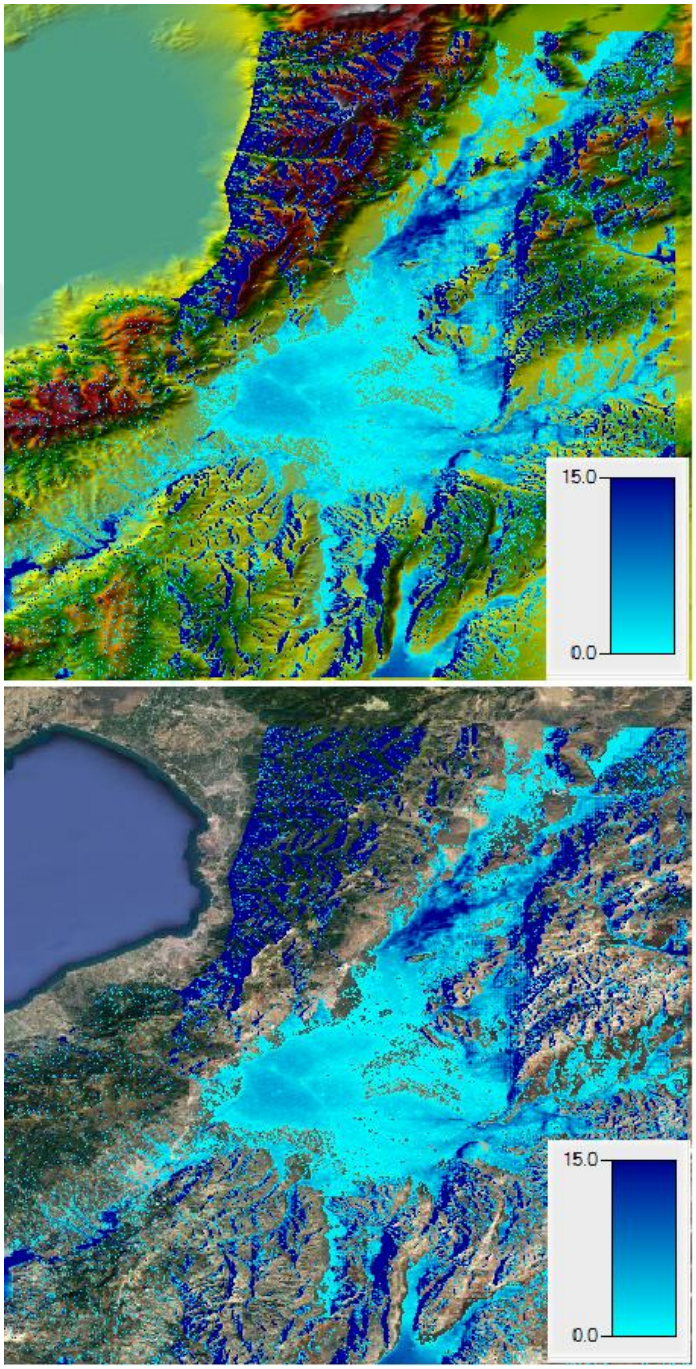


Şekil 4.157 Asi nehri kesit bilgileri-Model 13

13 No'lu model için Asi nehrinden alınan kesitteki su yüzü kotları ve 22. saatte Froude sayısı değerleri Şekil 4.157 ile verilmiştir. Sabit debi değerleri girilerek yapılan son analizde de Amik ovasının çıkışında Asi nehrinden alınan kesitte derinlik çok artmamış ve akımın kanal içerisinde olduğu gözlenmiştir.

4.2.14.14 Oluşturulan 14 No'lu Modelin Sonuçları

Oluşturulan taşkın modellerinin sonuncusu olan bu model önceki modellerden farklı olarak tamamen yağış verisi kullanılarak çalışılmıştır. Modelde önceki bütün modellerle aynı olan 2 boyutlu geometri alanına 1 Ocak 2012 tarihinden 29 Şubat 2012 tarihine kadar Antakya meteoroloji istasyonunda kaydedilen yağış (mm) verileri tanımlanmıştır. Model sonuçları Şekil 4.158 ile verilmiştir.



Şekil 4.158 14 No'lu model maksimum derinlik değerleri

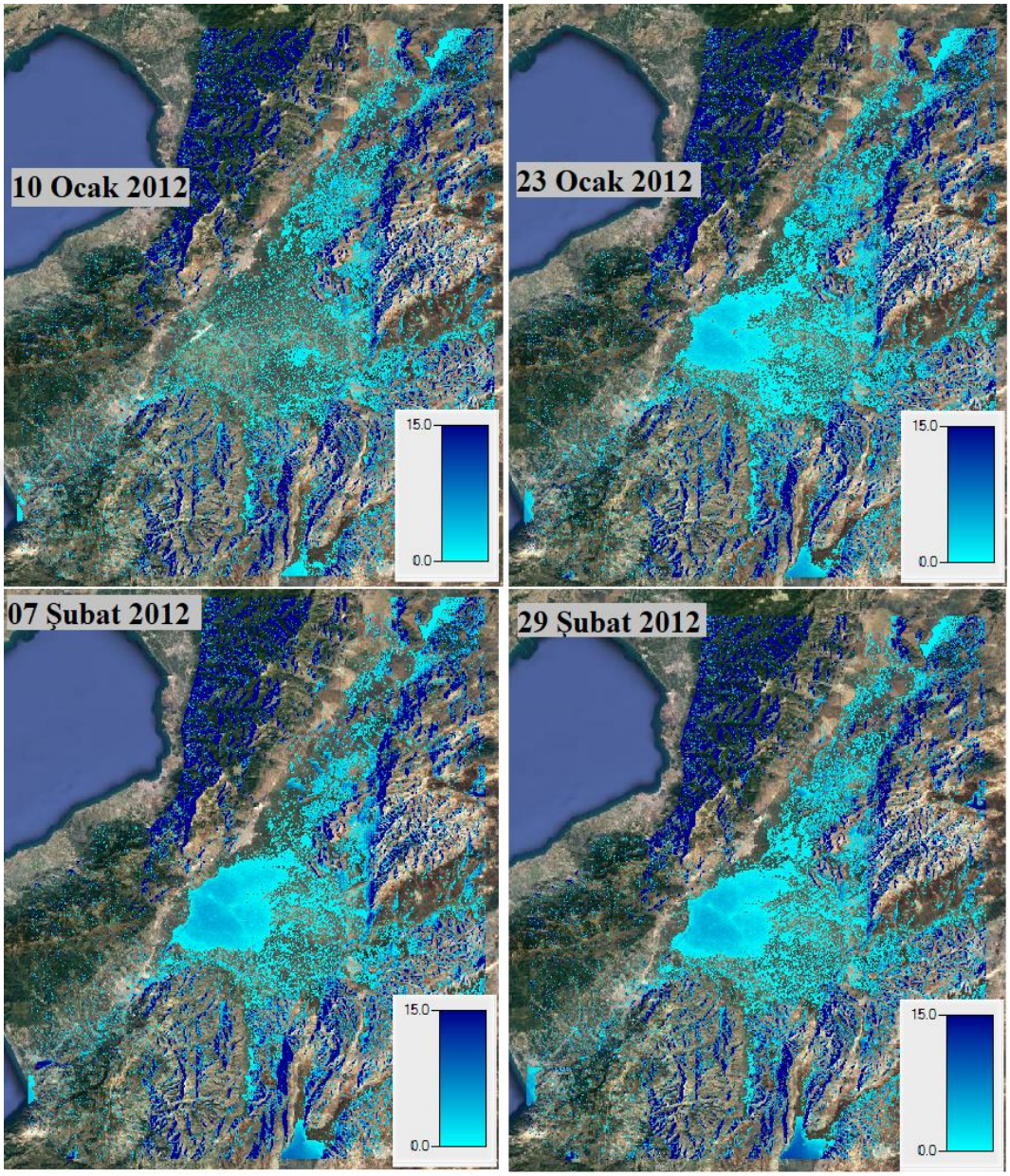
Şekil 4.158 ile verilen üst görselde ilk 6 model sonuçlarına göre en uygun SYM olduğuna karar verilen SRTM verisi ile oluşturulan iyileştirilmiş SYM üzerinde derinliklerin gösterilmesine aittir. Alt görselde ise model sonuçları Google uydu görüntüsü üzerinde gösterilmiştir. Her iki görselde derinlik değişimi mavi renginin tonlarına göre gösterilmiştir. Renk koyulaştıkça derinliğin arttığı anlamına gelen görsellerde 0 m en açık renk ile 15 m en koyu renk ile gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde havaalanı çevresinde derinliğin 5 m'yi bulduğu gözlenmiştir.

Modelde kullanılan yağış verisi iki aylık bir süreye yayılmaktadır ve günlük yağış verileridir. Yağış verilerinin günlük değişimleri bu çalışmanın yöntem bölümünde Şekil 3.21 ile verilmiştir. Önceki modellerde akım gözlem istasyonlarının konumlarına göre atanan sınır şartları bu modelde yer almamaktadır. Asi nehrinin denize döküldüğü yere tanımlanan "çıkış" sınır şartı bu modelde de mevcuttur. Ova ve çevresini geniş bir şekilde kapsayan 2 boyutlu geometri alanına sınır şartı olarak yağış verisi tanımlanmıştır.

2012 taşkınının simüle edildiği bu modelde doğrudan akış verisi kullanılarak yapılan analizlere göre çok daha geniş bir alanının sular altında kaldığı belirlenmiştir.

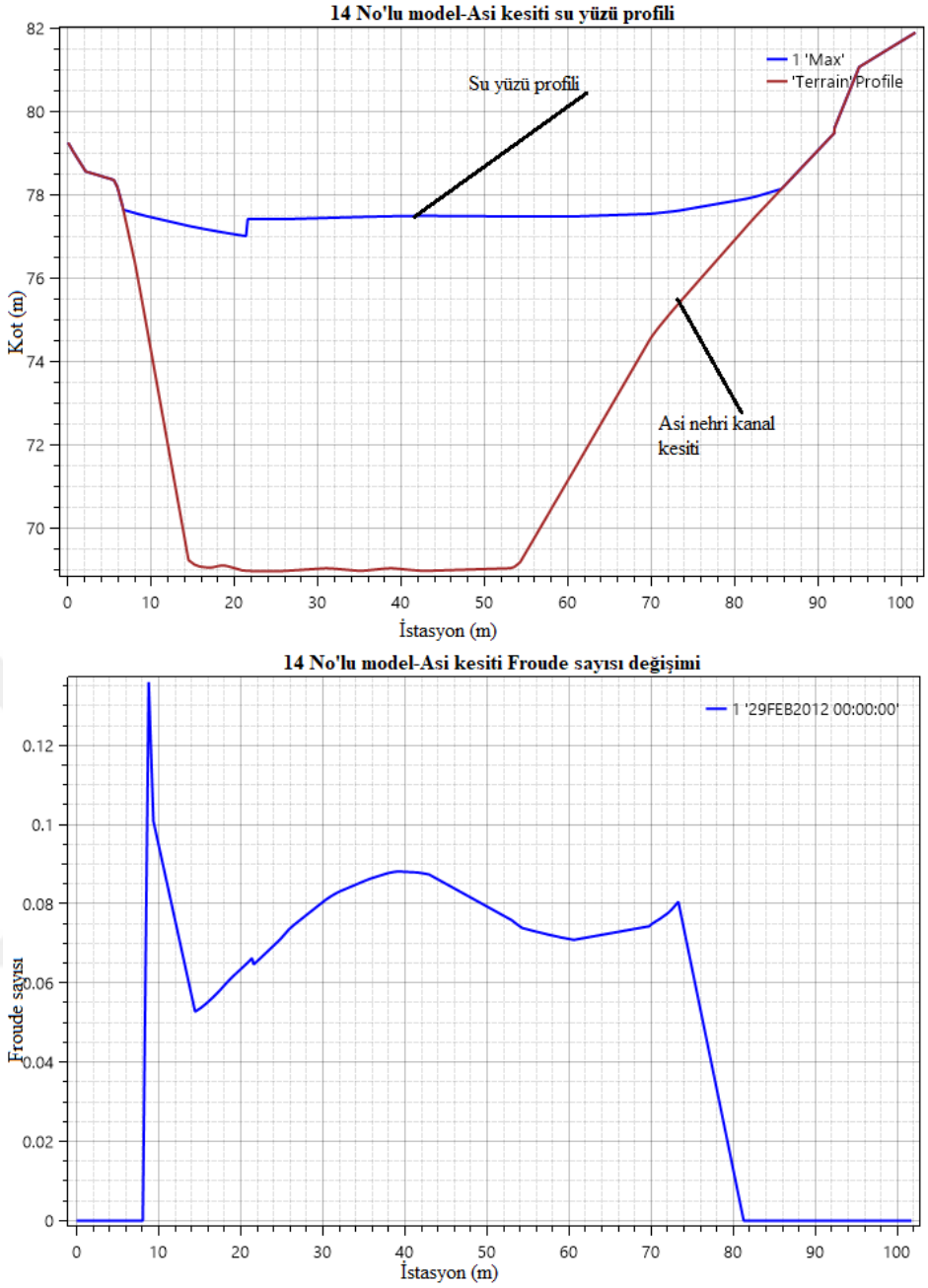
Doğal kotların en düşük olduğu bölge olan havaalanı ve çevresindeki alanın çanak yapısına sahip arazi modelinde bir yağış durumunda toplanma merkezi konumunda olduğu bu modelle gösterilmiştir. Yağışla beraber akışa geçen suların tabii bir şekilde yüksek kotlardan alçak kotlara aktığı arazi modelinde açıkça görülmektedir. Sayısal yükseklik modelinde ovanın dağlık bölgelerinde de yer yer derinliğin ciddi boyutlara ulaştığı görülmektedir. Bu durum bu bölgelerde de doğal depolama ceplerinin olduğunun göstergesidir. Ancak model simülasyonunda gözlendiği üzere depolama kapasitesinin üzerinde yağış alan bu ceplerin deşarj bölgesi Amik ovasıdır. Model sonuçlarının akış verisi kullanılarak yapılan analizlerden daha geniş bir alana yayılmasının olası birkaç sebebi olduğu düşünülmektedir. Antakya meteoroloji istasyonunda kaydedilen yağış verilerinin bütün çalışma alanında etkili olduğu varsayımı en önemli nedendir. Oysa herhangi bir yağış durumunda yağış yüksekliklerinin bölgesel farklılıklar göstermesi muhtemeldir. Hatta o esnada bazı bölgeler hiç yağış almıyor da olabilir. Ayrıca SYM oluşturulurken sadece ovadaki akım ağları üzerinde düzenlemeler yapılmıştır. Dağlık bölgedeki akım ağlarının yapısı

incelenmemiştir. Bu bölgelerde topoğrafik verinin çözünürlüğünden kaynaklanan hatalar olması da muhtemeldir.



Şekil 4.159 14 No'lu model sonuçlarının zamana göre değişiminin gösterimi

Yağış verisi kullanılarak oluşturulan 14 No'lu model sonuçlarının zamanla değişimi Şekil 4.159 ile verilmiştir. Yağışların başlangıç tarihine yakın dönemde Amik ovasının bulunduğu bölgede göllenme söz konusu değilken zaman ilerledikçe derinliği artan ve bütün ovaya yayılan bir göllenme olduğu görülmektedir.



Şekil 4.160 Asi nehri kesit bilgileri-Model 14

1 Ocak 2012-29 Şubat 2012 tarihlerinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü Antakya istasyonunda kaydedilen günlük yağış yükseklikleri (mm) kullanılarak hazırlanan 14 No'lu modelde Amik ovasının çıkışında bulunan ve ovadaki bütün akım kollarının birleşimi ile oluşan Asi nehrinden alınan kesitteki su yüzü kotları ve kesit boyunca 29 Şubat 2012 tarihindeki Froude sayısı değerleri Şekil 4.160 ile verilmiştir. Alınan kesitte su yüzü kotunun yaklaşık 77 metrede olduğu, akımın kanal içerisinde hareket ettiği ve kesit boyunca Froude sayısının küçük değerler aldığı belirlenmiştir.

İki boyutlu modellemenin ilk aşamasında bölgenin topoğrafik yapısına uygun sayısal yükseklik modelinin seçimi 2012 taşkınındaki su yüzü kot değerleri ve Amik ovasındaki toplam etkilenen alanların büyüklüğü bilgileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eldeki verilere göre yapılan değerlendirme de uydu verisi olarak kullanılan SRTM verisinin çalışma bölgesi için en uygun arazi modeli olduğuna karar verilmiştir. İki boyutlu modellemede, HEC-RAS yazılımının yeni versiyonlarında kapsamlı bir CBS yazılımı olarak sunulan RAS Mapper aracı kullanılarak üç farklı uydu verisine çalışma bölgesindeki ana akım ağları ve kesitleri atanmak suretiyle topoğrafik iyileştirmeler yapılmıştır. Yapılan iyileştirmelerin olumlu sonuçlar verdiği su yüzü kotu değerleri ve su altında kalan toplam alanlar bilgilerinden anlaşılmıştır.

Uygun sayısal yükseklik modelinin belirlenmeye çalışıldığı ilk 6 modele ait su yüzü kotu, taşkın etki alanı sonuçları Tablo 4.38 ile verilmiştir.

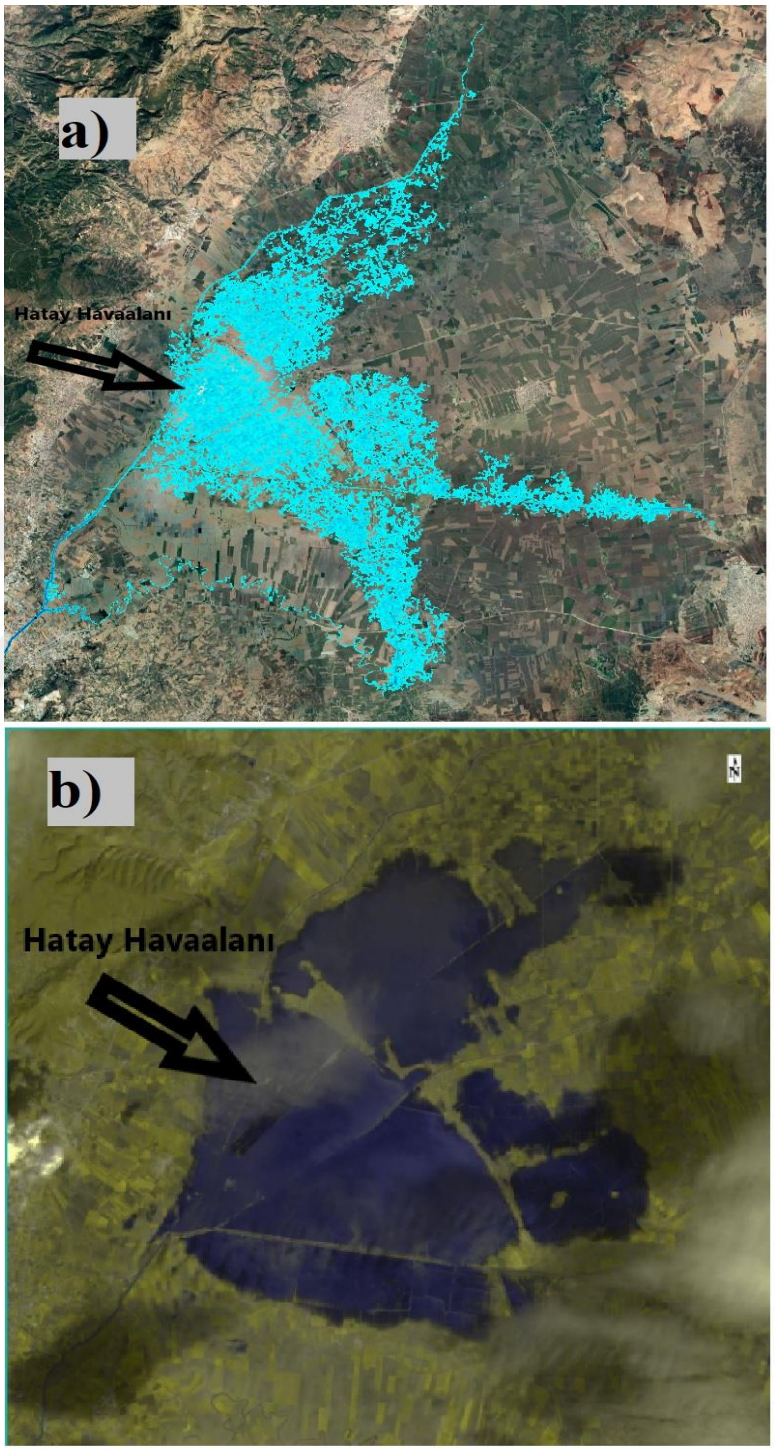
Tablo 4.38 Uygun sayısal yükseklik modelinin seçimine ilişkin analizlerin sonuçları

Model No	Kullanılan Uydu Verisi	Yapılan İyileştirmeler	Maksimum Taşkın Durumunda Havaalanı Çevresinde Oluşan Göllenmenin Ortalama Derinliği(m)	Maksimum Taşkın Durumunda Havaalanı Çevresinde Oluşan Göllenmenin Ortalama Su Yüzü Kotu (m)	Su Altında Kalan Toplam Alanlar (ha)	Amik Ovası Çıkışından İtibaren Su Altında Kalan Alanların Yaklaşık Değeri (ha)	Amik Ovasında Su Altında Kalan Toplam Alanlar (ha)
1	Alos Palsar	-	6-8	83.9*	43124	5429	37695
2	Alos Palsar	Akım Ağı Eklenmiş	0.2-2	78.4*	15318	3696	11622
3	Aster	-	2.7-6	72	37471	5608	31863
4	Aster	Akım Ağı Eklenmiş	0.4-8	70.2	23016	3644	19372
5	SRTM	-	6.8-7.7	85.8	47873	5145	42728
6	SRTM	Akım Ağı Eklenmiş	0.5-2.8	79.7	17163	3898	13265

Alos Palsar uydu verisinde deniz seviyesi +28 m de göründüğünden " * " ile tabloda gösterilen değerler model çıktısından 28 m değeri düşülerek yazılan değerlerdir.

Tablo 4.38 incelendiğinde 2012 taşkınına ait veriler ile en uyumlu sonuçları veren modelin “6” No’lu model olduğu görülmektedir. Yapılan 2 boyutlu analizlerde ikinci en uygun sayısal yükseklik modelinin üzerinde iyileştirmeler yapılan Alos Palsar

verisi olduğu anlaşılmaktadır. ASTER verisi ile hazırlanan her iki model sonuçları da 2012 taşkın sonuçlarından uzaktır. Buna rağmen iyileştirme yapılarak oluşturulan ve ASTER verisini kullanan "4" No'lu model iyileştirme yapılmayan "3" No'lu modele göre daha iyi sonuçlar vermiştir.



Şekil 4.161 a) Maksimum taşkın durumunda 6 No'lu model Google earth görüntüsü
b) Landsat 7 ETM+ uydusu 3 Mart 2012 Amik ovası taşkın görüntüsü (Hazır vd., 2016)

Oluşturulan “6” No’lu modelin maksimum taşkın durumunda yayılımını gösteren çıktı ve Landsat 7 ETM+ uydusuna ait 174/35 sütun/satır numaralı 3 Mart 2012 tarihli görüntüsü Şekil 4.161 ile verilmiştir. Verilen model çıktısı ile 3 Mart 2012 tarihinde Amik ovasındaki taşkının durumu birbiri ile büyük oranda örtüşmektedir. Hazır vd., (2016) yapmış oldukları çalışmada 3 Mart 2012 tarihinde taşkının 12321 ha alana yayıldığını ve aynı tarihte taşkın kotunun 81.01 m olarak ölçüldüğünü belirtmişlerdir. 2012 taşkını ile ilgili verilen bu bilgiler Tablo 4.38 ile verilen sayısal verilerde de 6 No’lu model sonuçları ile yakınsamaktadır. Hem sayısal veriler hem de ilgili tarihteki taşkın görüntüsü 6 No’lu model sonuçlarının birbirine yakın olduğunu gösterdiğinden sonraki modellerde kullanılacak en uygun SYM’nin 6 No’lu modelde kullanılan iyileştirilmiş SRTM verisi ile oluşturulan SYM olduğu sonucuna varılmıştır.

Bilindiği üzere iklim koşulları, arazi yapısı, bitki örtüsü gibi pek çok etken Manning pürüzlülük katsayısını etkilemektedir. Ayrıca çalışma alanı Amik ovasının tamamını kapsadığından çok geniş bir alanı içermektedir. Bu nedenle Manning katsayılarını ve küçük ölçekte değişimini belirlemek mümkün olmamıştır. İki boyutlu bütün modellerde MODIS uydu verisi kullanılarak araziye bir Manning katmanı atanmış ve oluşturulan katmandaki Manning katsayıları literatürde benzer alanlar için kullanılan katsayılardan seçilmiştir. Manning katsayısı yukarıda belirtilen sebeplerle tam olarak tayin edilemediğinden bütün modellerde seçilen Manning değerleri sabit tutularak analizler gerçekleştirilmiştir.

İki boyutlu analizlerin ikinci aşamasında (7-13 No’lu modellerde) Amik ovasındaki ana akım ağlarının farklı tekerrür debileri için analizleri gerçekleştirilmiştir. 7-13 No’lu modellerde 1 boyutlu analizlere benzer şekilde kesitlerin taşkın debisi durumunda yeterliliği test edilmiştir. Bu amaçla farklı frekanslı pik debilerinin 24 saat boyunca etkili olduğu ve pik debilerinin çakıştığı varsayımı yapılmıştır.7-13 No’lu analizlerde ilk 6 modelde en uygun sonucu verdiği tespit edilen iyileştirilmiş SRTM verisi ile oluşturulan SYM kullanılmıştır. Model sonuçlarına göre hangi debi değerinde hangi kesitlerde zorlanma olduğu ve 1 boyutlu modellemeden farklı olarak yayılımın ne yönde gerçekleştiği, hangi bölgelerde göllenmeler olduğu tespit edilmiştir. Farklı frekanslı debilerin neden olduğu taşkınların yayılımını gösteren arazi modelleri ve Google earth üzerindeki gösterimleri ayrı ayrı şekiller ile verilmiştir. Ayrıca, Amik ovasının hemen çıkışında Asi nehri üzerinde belirlenen bir kesitin su

yüzü kotu değerleri ve kesit boyunca Froude sayısı değişimi her model için ayrı ayrı verilmiştir.

Yapılan 2 boyutlu analizlerin sonuncusu olan 14 No'lu modelde ilk 13 modelden farklı olarak tamamen yağış verisi girilmiştir. 14 No'lu modelde akış verisi kullanılmamıştır. Bu yaklaşımla doğrudan yağış verisi girilerek yapılacak iki boyutlu taşkın yayılım analizinin uygunluğu test edilmiştir. Model, iyileştirilmiş SRTM verisi ile oluşturulan SYM kullanılarak oluşturulmuştur. Ancak yapılan değerlendirmede bölgesel yağış verisi mevcut olmadığından Antakya meteoroloji istasyonunda kaydedilen yağış verilerinin bütün çalışma bölgesinde etkili olduğu varsayımı yapılmıştır. Bu nedenle taşkının beklenenin üzerinde bir alanda etkili olacağını gösteren bir çıktı elde edilmiştir. Yeterli ve uygun bölgesel yağış verisinin bulunması durumunda doğrudan yağış verisi kullanılarak Amik ovasında taşkın yayılımının tespit edilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca yöntemin bir avantajı olarak akış verisi bulunmayan çalışma bölgelerinde yağış verilerinden akış verileri elde edilebileceği anlaşılmıştır.

5. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında iki ana başlık altında iklim değişikliği ve taşkın haritalama bölgesel ölçekte çalışılmıştır.

Küresel ölçekte iklim değişikliği sanayileşmenin hızla arttığı 1900'lü yıllardan sonra önemli bir sorun haline gelmiştir. İklim değişikliğinin bölgesel ölçekte sonuçları olacağı açıktır. İklim değişikliğinin yağış rejimlerinde, sıcaklıklarda, deniz seviyelerinin yükselmesinde vb. etkileri olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında farklı iklim parametrelerinin değişimi 1960 yılından başlanarak trend analiz yöntemleri ile Amik ovası özelinde araştırılmıştır. Araştırmada, çalışma bölgesi olan Amik ovasında (Hatay) iklim parametrelerinin trend değişiminin bölgede yaşanan taşkınlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Klasik yöntemlerin yanı sıra yenilikçi İnovatif Şen trend test yönteminin de kullanıldığı bu çalışmada aylık, mevsimsel ve yıllık değerlendirmeler yapılarak kullanılan yöntemlerin avantajları ve dezavantajları da incelenmiştir. Yapılan trend analizlerinde bazı durumlarda klasik yöntemler olan Mann Kendall test, Spearman's Rho test ve Lineer regresyon trend yaklaşımları ile İnovatif Şen trend test yönteminin aynı doğrultuda sonuçlar verdiği tespit edilse de klasik yöntemlerin trend belirleyemediği pek çok durumda İnovatifŞen trend test yönteminin istatistiksel olarak anlamlı trendler belirlediği görülmüştür. Çalışmada İnovatif Şen trend test yönteminin bir diğer avantajının da sınıflandırma yeteneği olduğu anlaşılmıştır. Özetle, İnovatif Şen trend test yönteminin trend belirlemede diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle bu aşamada bölgesel iklim parametreleri ile ilgili yapılacak değerlendirmelerde İnovatif Şen trend test sonuçları baz alınacaktır.

Çalışmada Amik ovası için yapılan iklim değişikliği trend analizlerinde hemen hemen bütün aylık, mevsimsel ve yıllık değerlendirme basamaklarında ortalama hava sıcaklığının artma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. İnovatif Şen trend test yönteminde yapılan analizlerde özellikle yaz mevsiminin "yüksek" sınıfında tespit edilen pozitif trend bölgede ekstrem sıcaklıklar görülme ihtimalinin arttığını göstermektedir. Ayrıca hemen her zaman diliminde tespit edilen ortalama hava sıcaklığındaki artış trendinin devam etmesi kurak sezonların yaşanmasına sebep olabilecek bir unsurdur.

Toplam yağış parametresi için yapılan analizlerde aylık sonuçlarda artan ve azalan trendlerin karışık olduğu görülmüştür. Bazı aylarda artan trendler görülürken bazı aylarda ise toplam yağış parametresinin azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bu durum uzun yıllar içerisinde yağış deseninde kaymalar olduğunun göstergesidir. Şubat ayının yüksek sınıfında gözlemlenen %9'luk pozitif trend bu çalışmada kalibrasyon amaçlı kullanılan 2012 taşkınının yaşandığı aydır. İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre şubat ayı yüksek sınıfında gözlemlenen artan toplam yağış trendi bu dönemde daha şiddetli yağışlar görülmesine yol açabilir. Mevsimsel değerlendirme de Sonbahar ve Kış mevsimlerinin yüksek sınıflarında pozitif trendler tespit edilse de yıllık bazda bütün sınıflamalarda azalan toplam yağış eğilimleri olduğu tespit edilmiştir. Bu durum bölgenin zaman içerisinde toplamda bir yıl içerisinde daha az yağış aldığını göstermektedir. Trendin devam etmesi ilerde bölgede su sıkıntısı yaşanabileceğinin habercisidir. Ancak toplam yağıştaki bu azalma eğilimi bölgede daha az taşkın yaşanacağına işaret etmemektedir. Çünkü esasen bölgede yaşanan taşkınların sebebinin yağış düzensizliği olduğu düşünülmektedir.

Bir diğer iklim parametresi olan ortalama bağıl nem parametresi için elde edilen sonuçlarda aylık değerlendirmelerde artan ve azalan trendlerin sayısının birbirine yakın olduğu görülmüştür. İnovatif Şen trend test sonucuna göre mevsimsel değerlendirme de %5'ten büyük herhangi bir trend tespit edilemese de en ciddi trendler yaz mevsiminin orta ve yüksek sınıfında pozitif olarak belirlenmiştir. Yıllık trendlerde de düşük ve orta sınıfta herhangi bir trend belirlenemezken, yüksek sınıfta tespit edilen artış trendi %2 ile sınırlı kalmıştır.

Ortalama rüzgar hızı parametresi için yapılan analizlerde birçok zaman diliminde ve sınıflamalarda %10'dan büyük azalan trendler olduğu görülmüştür. Özellikle mevsimsel ve yıllık bazda orta ve yüksek sınıflarda tespit edilen bu çarpıcı azalan trendlerin tek başına iklim değişikliği ile açıklanmasının mümkün olmadığı düşünülmektedir. Kullanılan veri kümesinin 1960 yılından başlayıp 2019'a kadar devam ettiği düşünüldüğünde zaman içerisinde istasyon çevresindeki yapılaşmaların ortalama rüzgar hızını etkilediği düşünülmektedir.

Taşkın modellemede de kullanılan bazı akım gözlem istasyonlarının uzun yıllar ortalama ve maksimum akım verilerine uygulanan trend analiz sonuçlarına göre ortalama debilerin bütün istasyonlarda yüksek oranlarda azalma eğiliminde olduğu

belirlenmiştir. Bu durum yıllık bazda ortalama hava sıcaklığı iklim parametresinde gözlenen artış trendi ve toplam yağış parametresinde gözlenen azalış trendi düşünüldüğünde beklenen bir durumdur. Ancak maksimum debilerde 1908-Asi Antakya ve 1905-Karasu Torun istasyonunda artan trendler tespit edilmiştir. Bu durum son dönemde yaşanan taşkın olaylarının açıklanması için çarpıcı bir sonuçtur. Çünkü 1908-Asi Antakya akım gözlem istasyonu çalışma alanı olan Amik ovasının çıkışında yer alan bir istasyondur ve ovada biriken suların tek deşarj güzergahı üzerindedir. Bu istasyonda ortalama debilerde görülen azalma trendi iklim parametreleri olan toplam yağış ve ortalama sıcaklık sonuçlarını desteklerken, düzensiz yağışa bağlı maksimum debilerde artış eğilimi olması son dönemde yaşanan taşkınların sıklığının artmasını açıklamaktadır.

Amik ovasında yaşanan taşkınların en önemli sebebinin bölgede yaşanan şiddetli yağışlar olduğu düşünüldüğünden çalışmanın yöntem kısmında açıklandığı üzere bir şiddetli yağışlı gün sayısı indisi tanımlanmıştır. Bu indisin trendleri incelendiğinde İnovatif Şen trend test sonuçlarına göre düşük ve orta sınıflarda artan trendler olduğu saptanmıştır. Bu trendin devam etmesi ilerde bölgede şiddetli yağışlardan kaynaklanan taşkınlar yaşanma olasılığını arttırmaktadır.

Taşkın haritalama aşamasında yapılan 1 boyutlu analiz sonucunda Amik ovasının önemli akım yolları kesitleri açısından değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Kararlı akım yaklaşımı ile yapılan analizlerde 2012 taşkınında kaydedilen maksimum debiler girilerek çalışılan akım yollarının kesitleri test edilmiştir. Bir boyutlu olarak yapılan değerlendirmede hemen hemen çalışılan bütün kesitler 2012 maksimum taşkın debilerine maruz kalınması durumunda yetersiz kalmıştır. Kurutma kanalları olan Comba, Muratpaşa ve Afrin kanallarının olası bir taşkın durumunda ovadaki suyun tahliyesi işlevini görmeleri beklenmektedir. Ancak her bir kurutma kanalının girilen debileri güvenle ana akım yolu olan Karasu ve Asi nehirlerine aktaramadığı görülmüştür. Ayrıca girilen debi değerleri için Karasu ve Küçük Asi nehirlerinde de kabarmalar olduğu ve memba bölgelerine doğru taşmalar olacağı saptanmıştır. Bir boyutlu analizin genel bir sonucu olarak ovada ana akım kollarının kesit yetersizliğinden kaynaklanın taşkınlar olabileceği tespiti yapılmıştır.

Çalışmada 2 boyutlu taşkın haritalama üç aşamada ve toplam 14 model kurularak çalışılmıştır. İlk aşamada oluşturulan ilk 6 model sonuçlarına göre en uygun SYM

belirlenmiştir. 2012 yılında yaşanan taşkının maksimum seviyesi için su yüzü kotları ve Amik ovasında su altında kalan toplam alanların büyüklüğü kriterlerine göre yapılan değerlendirmede, SRTM verisi kullanılarak yapılan iyileştirilmiş SYM modelinin en uygun sonuçları verdiği belirlenmiştir. Taşkın haritalamada sadece HEC-RAS yazılımının yeni versiyonunda kapsamlı özellikler sunan coğrafi bilgi sistemleri uygulaması olan RAS Mapper aracı kullanılmıştır. Bu araç sayesinde arazi modellerinde çok geniş kapsamlı iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Doğal SRTM verisi ile oluşturulan modelde ana akım kanalları yer almadığından ovadaki bütün akım ağları ve Asi nehrinin denize döküldüğü yere kadar olan kesimi kesit özellikleri atanarak SYM modeline işlenmiştir. Literatürde taşkın haritalama için RAS Mapper aracı ile yapılan bu kadar geniş kapsamlı bir SYM iyileştirme çalışmasına rastlanmamıştır. Bu çalışma ile düşük çözünürlüklü uydu verileri kullanılarak oluşturulan geniş kapsamlı iki boyutlu taşkın modellerinin ücretsiz erişim imkanı olan üç farklı uydu verisi ile oluşturulması hem uydu verilerinin kendi içerisinde karşılaştırılması hem de iyileştirme tekniklerinin sonuçlar üzerindeki etkisinin gösterilmesi açısından önemlidir. Ayrıca bu kadar geniş kapsamlı bir çalışma alanı için doğrudan araziden temin edilecek yüksek çözünürlüklü verinin temini hem çok maliyetli hem de çok zaman alıcıdır. Bu nedenle bu çalışmada uydu verisi kullanılarak bir çözüm üretmek tek seçenek olmuştur.

En uygun SYM belirlendikten sonra ovada farklı bölgelerde bulunan akım gözlem istasyonlarının 2,5,10,50,100 ve 500 yıl tekerrürlü pik debileri kullanılarak su altında kalan alanlar tespit edilmiştir. İki boyutlu HEC-RAS analizinde sadece kararsız akım koşullarında modelleme yapma imkanı olduğundan sabit debi değerlerinin 24 saat boyunca etkili olması durumunda haritalama yapılmıştır. Bu durumda kurulan her bir modelde yayılım sınırlı olsa da kesitlerdeki zorlanmalar net olarak tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde Q_2 ve Q_5 için Afrin Kanalı, Harim kanalı ve Karasu kanallarında zorlanmalar olsa da kesit yetersizliği ciddi boyutlarda değildir. Sonraki debi değerlerinde sözü edilen kesitlerin yetersizliği net olarak ortaya çıkmıştır ve bu kanallar etrafında göllenmeler yoğunlaşmıştır. Q_{10} ve üzerindeki debi değerlerinde Asi nehrinin Suriye'den gelen kolunda Harim kanalından sonraki kesimlerinde de taşmalar olduğu gözlenmiştir. Asi nehrinin bu kolunda meydana gelen taşmalar ovanın güney kesimindeki taşkınların ana nedeni gibi görünmektedir. Keza Harim kanalının kesitinin yetersiz kalması da Asi nehrinin bu kolunun taşıdığı suların Afrin kanalına

iletilmesi sırasında meydana gelmektedir. SYM ve Google uydu görüntüsü ile verilen haritalamalarda farklı frekanslı debiler arasındaki geçişlerde su altında kalan alanların değişimi net olarak gösterilemese de RAS Mapper su altında kalan alanlar özellik tablosundan okunan değerler maksimum taşkın seviyesinde her bir debi değişim basamağında fazladan yaklaşık 2000 ha alanın sular altında kaldığı tespit edilmiştir. Çalışma alanının büyüklüğü 2000 ha'lık değişimlerin bile net olarak gösterilmesini engellemektedir.

Taşkın haritalamanın son aşamasında önceki modellerin tamamından farklı bir yaklaşım benimsenerek akış verisi yerine doğrudan yağış verisi kullanılarak 2012 taşkını modellenmiştir. Bu modelde taşkının gerçekte olandan daha geniş bir alana yayıldığı görülmüştür. Tarihsel olarak Amik gölünün alanı olan ovadaki bölgenin kurutma çalışmalarına rağmen aşırı yağışlar olması durumunda tekrar göl alanına dönüşümü bu modelde tepelerden ovaya doğru olan akım yolları ile bir bütün olarak simüle edilmiştir.

Sonuç olarak özetle; Amik ovası için yapılan bu çalışmada ortalama sıcaklıkların artma eğiliminde olduğu, toplam yağışın azalma eğiliminde olduğu, ortalama debilerin azalma eğiliminde olduğu, maksimum debilerin artma eğiliminde olduğu, şiddetli yağışlı gün sayısının artma eğiliminde olduğu tespit edilmiş ve farklı pek çok durum için taşkın sırasında su altında kalan alanlar haritalanmıştır.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler ışığında Amik ovası ve ovaya ev sahipliği yapan Hatay ili için kapsamlı bir su yöntemi planı hazırlanması gerektiği düşünülmektedir. Trend analizlerinde elde edilen sonuçlara göre ortalama sıcaklıkların artma eğiliminde olduğu ve toplam yağışın azalma eğiliminde olduğu bilinerek yapılacak planlamaların su azlığı senaryolarına göre yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bunula beraber maksimum debilerin ve şiddetli yağışlı gün sayısının artma eğiliminde oluşu Amik ovasında taşkın riskinin artarak devam edeceğini göstermektedir. Bu nedenle yapılacak planlamalarda taşkın riskinin göz önüne alınması gerekmektedir. Taşkın riski değerlendirilirken 1 ve 2 boyutlu HEC-RAS analiz sonuçları dikkate alınmalı ve özellikle Afrin Kanalı, Harim Kanalı, Asi Nehrinin Suriye'den gelen kolu ve Karasu Kanalının memba kesimlerinde kesitler arttırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Abd-Elhamid, H.F., Fathy, I., Zeleňáková, M. Flood prediction and mitigation in coastal tourism areas, a case study: Hurghada, Egypt. Nat. Hazards 93, 559–576. https://doi.org/10.1007/s11069-018-3316-x, 2018.

Akkaya, U. Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne Şehir Merkezi Kisminda 2 Boyutlu Taşkın Modellemesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya,141, 2016.

Al-Zahrani, M., Al-Areeq, A., Sharif, H. Flood analysis using HEC-RAS model: A case study for Hafr Al-Batin, Saudi Arabia, in: E3S Web of Conferences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20160704024, 2016

Alho, P., Aaltonen, J. Comparing a 1D hydraulic model with a 2D hydraulic model for the simulation of extreme glacial outburst floods. Hydrol. Process. 22, 1537–1547. https://doi.org/10.1002/hyp.6692, 2008.

Alkan, E. Flood Hydrograph Modeling Studies By Using GIS and HEM-HMS for Dakar, Senegal. Hasan Kalyoncu Univ. Grad. Sch. Nat. Appl. Sci. ,Yüksek Lisans Tezi,56, 2015.

Altarejos-García, L., Martínez-Chenoll, M.L., Escuder-Bueno, I., Serrano-Lombillo, A. Assessing the impact of uncertainty on flood risk estimates with reliability analysis using 1-D and 2-D hydraulic models. Hydrol. Earth Syst. Sci. 16, 1895–1914. https://doi.org/10.5194/hess-16-1895-2012, 2012.

Araz Yılmaz, M. Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojileri Kullanılarak Gelevera Deresi Taşkın Tehlike Alanlarınınn Belirlenmesi. Karadeniz Tek. Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.,Yüksek Lisans, Trabzon,71, 2019.

Ardıçlıoğlu, M. Açık Kanal Akımları ve HEC-RAS Uygulamaları. Kayseri, 2017.

Arseni, M., Rosu, A., Calmuc, M., Calmuc, V.A., Iticescu, C., Georgescu, L.P. Development of Flood Risk and Hazard Maps for the Lower Course of the Siret River, Romania. Sustainability 12, 6588. https://doi.org/10.3390/su12166588, 2020.

Arunyanart, N., Limsiri, C., Uchaipichat, A. Flood hazards in the chi river basin, Thailand: Impact management of climate change. Appl. Ecol. Environ. Res. 15, 841–861. https://doi.org/10.15666/aeer/1504_841861, 2017.

Aryal, D., Wang, L., Adhikari, T.R., Zhou, J., Li, X., Shrestha, M., Wang, Y., Chen, D.. A model-based flood hazard mapping on the southern slope of Himalaya. Water (Switzerland) 12. https://doi.org/10.3390/w12020540, 2020

Asante, K.O., Artan, G.A., Pervez, S., Bandaragoda, C., Verdin, J.P. Technical Manual for the Geospatial Stream Flow Model (GeoSFM). Virginia, 2008.

ASF DAAC ALOS PALSAR_Radiometric_Terrain_Corrected_low_res; Includes Material © JAXA/METI 2007. https://doi.org/10.5067/JBYK3J6HFSVF, 2015.

Aytulun, U. İklim Değişikliğinin Susurluk ve Van Gölü Havzalarının Meteorolojik Verilerine Etkisinin Trend Analiz Yöntemleri ile Araştırılması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans,158, 2019.

Badjana, H.M., Renard, B., Helmschrot, J., Edjamé, K.S., Afouda, A., Wala, K. Bayesian trend analysis in annual rainfall total, duration and maximum in the Kara River basin (West Africa). J. Hydrol. Reg. Stud. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.08.009, 2017.

Bahçeci, A. Ayamama Deresi Havzası'nın Taşkın Analizi Modeli. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 100, 2014.

Balov, M.N. A Compherensive Assessment on Various Impacts of Climate Change in Western Black Sea and Euphrates-Tigris Basins, Turkey. İstanbul Technical Üniversity. Doktora Tezi, İstanbul,190, 2019.

Bayazıt M, O.B. Probability and Statistics for Engineers. Birsen Publishing House, Istanbul, Turkey, 1998.

Baykal, T. Küçük Aksu Çayı'nda Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Hidrolik Model ile Taşkın Analizi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 119,2019.

Beden, N. Cevizdere Havzasının Sayısal Modelleme Sistemlerine Dayalı Taşkın Analizi ve Taşkın Zararlarının Değerlendirilmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Doktora Tezi, Samsun,119,2019.

Bezak, N., Brilly, M., Šraj, M. Flood frequency analyses, statistical trends and seasonality analyses of discharge data: A case study of the Litija station on the Sava River. J. Flood Risk Manag. 9, 154–168. https://doi.org/10.1111/jfr3.12118, 2016.

Bhat, M.S., Ahmad, B., Alam, A., Farooq, H., Ahmad, S. Flood hazard assessment of the Kashmir Valley using historical hydrology. J. Flood Risk Manag. 12, 1–13. https://doi.org/10.1111/jfr3.12521, 2019.

Biberoğlu, E. Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye Yağış ve Sıcaklıkları Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi,215, 2011.

Bulan, M.N. Taşkın Risk Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak İncelenmesi: Murat Nehri (Ağrı) Örneği. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 148, 2019.

Bures, L., Roub, R., Sychova, P., Gdulova, K., Doubalova, J. Comparison of bathymetric data sources used in hydraulic modelling of floods. J. Flood Risk Manag. 12, 1–10. https://doi.org/10.1111/jfr3.12495, 2019.

Çakmak, Ö.F. Taşkın Risk Haritalaması; Fırat Havzası Uygulaması. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 126, 2018.

Çelik, H.E., Coskun, G., Cigizoglu, H.K., Ağiralioğlu, N., Aydin, A., Esin, A.I. The analysis of 2004 flood on Kozdere Stream in Istanbul. Nat. Hazards 63, 461–477. https://doi.org/10.1007/s11069-012-0165-x, 2012.

Ceribasi, G., Ceyhunlu, A.I. Generation of 1D and 2D flood maps of Sakarya river passing through Geyve district of Sakarya city in Turkey. Nat. Hazards. https://doi.org/10.1007/s11069-020-04327-8, 2020.

Çetin, N.İ., Tezer, A. ABD, Avrupa Birliği ve Türkiye'de sel risk yönetiminin karşılaştırılması, in: 3. Ulusal Taşkın Sempozyumu. İstanbul, 2013.

Choné, G., Biron, P.M., Buffin-Bélanger, T. Flood hazard mapping techniques with LiDAR in the absence of river bathymetry data, in: E3S Web of Conferences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184006005, 2018.

Chow, V. Te. Open-channel hydraulics, McGraw-Hill. ed. New York, 1959.

Çolak, B. Çankırı Tatlıçay Deresinin Taşkın Analizi. Gazi Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 227, 2019.

Collet, L., Beevers, L., Stewart, M.D. Decision-Making and Flood Risk Uncertainty: Statistical Data Set Analysis for Flood Risk Assessment. Water Resour. Res. 54, 7291–7308. https://doi.org/10.1029/2017WR022024, 2018.

Cook, A., Merwade, V. Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping. J. Hydrol. 377, 131–142. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.015, 2009.

Costabile, P., Costanzo, C., Ferraro, D., Macchione, F., Petaccia, G. Performances of the New HEC-RAS Version 5 for 2-D Hydrodynamic-Based Rainfall-Runoff Simulations at Basin Scale: Comparison with a State-of-the Art Model. Water 12, 2326. https://doi.org/10.3390/w12092326, 2020.

Criado, M., Martínez-Graña, A., San Román, J., Santos-Francés, F. Flood Risk Evaluation in Urban Spaces: The Study Case of Tormes River (Salamanca, Spain). Int. J. Environ. Res. Public Health 16, 5. https://doi.org/10.3390/ijerph16010005, 2018.

Croke, J., Reinfelds, I., Thompson, C., Roper, E. Macrochannels and their significance for flood-risk minimisation: Examples from southeast Queensland and New South Wales, Australia. Stoch. Environ. Res. Risk Assess. 28, 99–112. https://doi.org/10.1007/s00477-013-0722-1, 2014.

Curebal, I., Efe, R., Ozdemir, H., Soykan, A., Sönmez, S. GIS-based approach for flood analysis: case study of Keçidere flash flood event (Turkey). Geocarto Int. 31, 355–366. https://doi.org/10.1080/10106049.2015.1047411, 2016.

da Silva, R.M., Santos, C.A.G., Moreira, M., Corte-Real, J., Silva, V.C.L., Medeiros, I.C. Rainfall and river flow trends using Mann–Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in the Cobres River basin. Nat. Hazards 77, 1205–1221. https://doi.org/10.1007/s11069-015-1644-7, 2015.

Dabanlı, İ. Türkiye'de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği. İstanbul Tek. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 228, 2017.

Dabanlı, İ., Şen, Z., Yeleğen, M.Ö., Şişman, E., Selek, B., Güçlü, Y.S. Trend Assessment by the Innovative-Şen Method. Water Resour. Manag. https://doi.org/10.1007/s11269-016-1478-4, 2016.

Dağ, İ. Antakya Altınçay Deresinin HEC-RAS Yazılımı ile Taşkın Analizi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Estitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 60, 2019.

Dahmen, E.R., Hall, M.J. Screening of Hydrological Data: Tests for Stationarity and Relative Consistency. International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1990.

Damçayırı, D. Kınıklı Deresinin Taşkın Risk Haritasının Oluşturulması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitsü, Doktora Tezi, Isparta,124, 2018.

David, A., Schmalz, B. Flood hazard analysis in small catchments: Comparison of hydrological and hydrodynamic approaches by the use of direct rainfall. J. Flood Risk Manag. 13, 1–26. https://doi.org/10.1111/jfr3.12639, 2020.

Dayal, B.W. Shallow Groundwater Modelıng Of The Hıstorıcal Irwın Wet Praırıe In The Oak Openıngs Of Northwest Ohıo. Graduate College of Bowling Green State University. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1601.6409, 2015.

Demir, F. Aşaği Sakarya Nehri Adapazari kesimi Taşkin Risk Tayini. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Entitsü, Yüksek Lisans Tezi, 79, 2014.

Demirci, C., 2014. "Edirne'deki nehir taşkınları" Erişim adresi: https://www.hurriyet.com.tr/edirnedeki-nehir-taskinlari-37023386 ErişimTarihi:08.02.2021.

DERE, G. Kurtköy Deresi Taşkın Yayılım-Tehlike-Risk Haritalarının Belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya,107, 2019.

Devkota, R.P., Bhattarai, U. Assessment of climate change impact on floods from a techno-social perspective. J. Flood Risk Manag. 11, S186–S196. https://doi.org/10.1111/jfr3.12192, 2018.

DHI, 2019. "Best practices for successful coastal flooding adaptation" Erişim adresi: https://blog.dhigroup.com/2019/07/11/best-practices-for-successful-coastal-flooding-adaptation/ ErişimTarihi: 08.02.2021.

Dikici, M. Alibeyköy Havzası'nın Hidrodinamik Modeli ve Kentleşme Süreci Çerçevesinde Taşkın Risk Haritalarının Çıkarılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, İstanbul, 181, 2016.

Dimitriadis, P., Tegos, A., Oikonomou, A., Pagana, V., Koukouvinos, A., Mamassis, N., Koutsoyiannis, D., Efstratiadis, A. Comparative evaluation of 1D and quasi-2D hydraulic models based on benchmark and real-world applications for uncertainty assessment in flood mapping. J. Hydrol. 534, 478–492. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.020, 2016.

Doğu, A. Kırıkkale Çoruhözü Deresinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması ve Bir Boyutlu Modellenmesi. Kırıkkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi, 106, 2016.

Efe, H. Batman Çayı'nın Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96, 2014.

EM-DAT, The International Disaster Database, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, Emergency Events Database, 2021.

Engin, U. Coğrafi bilgi modelleme sistemine dayali taşkin risk analizi. Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 95, 2019.

Ersoy, S.B. Manisa Kızıldere Taşkın Akımlarının HEC-RAS ile Modellenmesi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa, 91, 2017.

Ertekin, U. Türkiye'deki Akarsu Havzalarında Taşkın Mevsimselliğinin Belirlenmesi. İstanbul Tek. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 417, 2018.

Farooq, M., Shafique, M., Khattak, M.S. Flood hazard assessment and mapping of River Swat using HEC-RAS 2D model and high-resolution 12-m TanDEM-X DEM (WorldDEM). Nat. Hazards 97, 477–492. https://doi.org/10.1007/s11069-019-03638-9, 2019.

Fathian, F., Morid, S., Kahya, E. Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran. Theor. Appl. Climatol. 119, 443–464. https://doi.org/10.1007/s00704-014-1120-4, 2015.

Feidas, H., Noulopoulou, C., Makrogiannis, T., Bora-Senta, E. Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001. Theor. Appl. Climatol. https://doi.org/10.1007/s00704-006-0200-5, 2007.

Friedl, M., Sulla-Menashe, D. MCD12Q1 MODIS/Terra+Aqua Land Cover Type Yearly L3 Global 500m SIN Grid V006 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. https://doi.org/10.5067/MODIS/MCD12Q1.006, 2019.

Gain, A.K., Mojtahed, V., Biscaro, C., Balbi, S., Giupponi, C. An integrated approach of flood risk assessment in the eastern part of Dhaka City. Nat. Hazards 79, 1499–1530. https://doi.org/10.1007/s11069-015-1911-7, 2015.

Gedefaw, M., Yan, D., Wang, H., Qin, T., Wang, K. Analysis of the recent trends of two climate parameters over two eco-regions of Ethiopia. Water (Switzerland). https://doi.org/10.3390/w11010161, 2019.

Geyikli, M.S. Taşkın Risk Haritalarının CBS Yazılımı Yardımıyla Belirlenmesi. İnönü Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Malatya, 75, 2015.

Ghanbarpour, M.R., Salimi, S., Hipel, K.W. A comparative evaluation of flood mitigation alternatives using GIS-based river hydraulics modelling and multicriteria

decision analysis. J. Flood Risk Manag. 6, 319–331. https://doi.org/10.1111/jfr3.12017, 2013.

Google, E., 2021. "https://earth.google.com/" Erişim Adresi: https://earth.google.com/web/search/Hatay/@36.42022148,36.23872396,291.35499871a,239444.95115714d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCTRlQDCA3DRAETRlQDCA3DTAGTJS6vTdMTxAIahPf3JOn1LA Erişim Tarihi: 02/01/2021

Haltas, I., Tayfur, G., Elci, S. Two-dimensional numerical modeling of flood wave propagation in an urban area due to Ürkmez dam-break, İzmir, Turkey. Nat. Hazards 81, 2103–2119. https://doi.org/10.1007/s11069-016-2175-6, 2016.

Hamidioğulları, H.Z. Hatay İli Genelinde Meydan Gelen Taşkınların Sebep ve Etkilerinin İncelenmesi. İskenderun Teknik Ünivesitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 127, 2019.

Hannah, R., Max, R., 2017. "CO_2 and Greenhouse Gas Emissions" Erişim Adresi: https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions Erişim Tarihi: 08/03/2021.

Hazır, İ., Akgül, M.A., Alkaya, M., Dağdeviren, M. 27 Ocak - 14 Mart 2012 Tarihleri Arasında Hatay İli Amik Ovasında Meydana Gelen Taşkınların Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi, 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu. Rize, Turkey, 2016.

HEC-RAS 2D User's Manual, 2021. "Development of the 2D Computational Mesh" Erişim Adresi: https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/r2dum/latest/development-of-a-2d-or-combined-1d-2d-model/development-of-the-2d-computational-mesh Erişim Tarihi: 11/04/2021.

HEC-RAS Manual, HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual, 2016.

HEC, 2018. HEC-RAS 5.0, Hydraulic Reference Manual.

Heimhuber, V., Hannemann, J.C., Rieger, W. Flood risk management in remote and impoverished areas-a case study of Onaville, Haiti. Water (Switzerland) 7, 3832–3860. https://doi.org/10.3390/w7073832, 2015.

Hırca, T. Akım ölçümü olmayan nehirlerde taşkın yayılım haritalarının oluşturulması ve hasar olasılık eğrilerinin incelenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 129, 2018.

Huţanu, E., Mihu-Pintilie, A., Urzica, A., Paveluc, L.E., Stoleriu, C.C., Grozavu, A. Using 1D HEC-RAS Modeling and LiDAR Data to Improve Flood Hazard Maps Accuracy: A Case Study from Jijia Floodplain (NE Romania). Water 12, 1624. https://doi.org/10.3390/w12061624, 2020.

independent.co.ug, 2020. “Expert predicts more flooding on Lake Victoria shores” Erişim Adresi: https://www.independent.co.ug/expert-predict-more-flooding-on-lake-victoria-shores/ Erişim Tarihi: 17/02/2021

IPCC Climate Change 2013 - The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324, 2014.

Jaiswal, R.K., Lohani, A.K., Tiwari, H.L. Statistical Analysis for Change Detection and Trend Assessment in Climatological Parameters. Environ. Process. 2, 729–749. https://doi.org/10.1007/s40710-015-0105-3, 2015.

Jha, M.K., Afreen, S. Flooding urban landscapes: Analysis using combined hydrodynamic and hydrologic modeling approaches. Water (Switzerland). https://doi.org/10.3390/w12071986, 2020.

Jhajharia, D., Dinpashoh, Y., Kahya, E., Choudhary, R.R., Singh, V.P. Trends in temperature over Godavari River basin in Southern Peninsular India. Int. J. Climatol. 34, 1369–1384. https://doi.org/10.1002/joc.3761, 2014.

Kadıoğlu, M. Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Samsun Şubesi Sel – Heyelan – Çığ Sempozyumu, Samsun, 2008.

Karakuş, U.C. 2-Dimesional Flood Control Sımulations for Wami and Düden Rivers. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 103, 2019.

Kaya, C.M., Tayfur, G., Gungor, O. Predicting flood plain inundation for natural channels having no upstream gauged stations. J. Water Clim. Chang. 10, 360–372. https://doi.org/10.2166/wcc.2017.307, 2019.

Keçik, H.E. HEC-RAS ile İmali Deresinde Taşkın Modellemesi ve Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 120, , 2019.

Kendall, M.G. Rank correlation methods . Griffin, London, 1975.

Kişi, Ö., Santos, C.A.G., da Silva, R.M., Zounemat-Kermani, M. Trend analysis of monthly streamflows using Şen’s innovative trend method. Geofizika 35, 53–68. https://doi.org/10.15233/gfz.2018.35.3, 2018.

Kliment, Z., Matoušková, M., Ledvinka, O., Královec, V. Trend analysis of rainfall-runoff regimes in selected headwater areas of the Czech Republic. J. Hydrol. Hydromechanics 59, 36–50. https://doi.org/10.2478/v10098-011-0003-y, 2011.

Kouhi, S., Hashemi, M.R., Kian, R., Spaulding, M., Lewis, M., Ginis, I.. Flood risk in past and future: A case study for the Pawtuxet River’s record-breaking March 2010 flood event. J. Flood Risk Manag. 13, 1–20. https://doi.org/10.1111/jfr3.12655, 2020

Kuntiyawichai, K., Sri-Amporn, W., Wongsasri, S., Chindaprasirt, P. Anticipating of potential climate and land use change impacts on floods: A case study of the lower Nam Phong river basin. Water (Switzerland) 12. https://doi.org/10.3390/W12041158, 2020.

Kuşoğlu, Y. Törbüzek Çayında Taşkın Analizi Yapılması ve Taşkın Yayılım Alanlarının HEC-RAS ile Elde Edilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 119, 2019.

Lamichhane, N., Sharma, S. Effect of input data in hydraulic modeling for flood warning systems. Hydrol. Sci. J. 63, 938–956. https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1464166, 2018.

Lamichhane, N., Sharma, S.. Development of flood warning system and flood inundation mapping using field survey and LiDAR data for the grand river near the city of esville, Ohio. Hydrology 4. https://doi.org/10.3390/hydrology4020024, 2017

Leone, G., Pagnozzi, M., Catani, V., Ventafridda, G., Esposito, L., Fiorillo, F. A hundred years of Caposele spring discharge measurements: trends and statistics for understanding water resource availability under climate change. Stoch. Environ. Res. Risk Assess. https://doi.org/10.1007/s00477-020-01908-8, 2020.

Lindsey, R., 2020. "Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide" Erişim Adresi: https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change Erişim Tarihi: 14/05/2021

Mai, D.T., De Smedt, F. A combined hydrological and hydraulic model for flood prediction in Vietnam applied to the Huong river basin as a test case study. Water (Switzerland). https://doi.org/10.3390/w9110879, 2017.

Malik, S., Pal, S.C. Application of 2D numerical simulation for rating curve development and inundation area mapping: a case study of monsoon dominated Dwarkeswar river. Int. J. River Basin Manag. https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1738447, 2020.

Mann, H.B. Nonparametric Tests Against Trend. Econometrica 13, 245. https://doi.org/10.2307/1907187, 1945.

Masood, M., Takeuchi, K. Assessment of flood hazard, vulnerability and risk of mid-eastern Dhaka using DEM and 1D hydrodynamic model. Nat. Hazards 61, 757–770. https://doi.org/10.1007/s11069-011-0060-x, 2012.

Md Ali, A., Solomatine, D.P., Di Baldassarre, G. Assessing the impact of different sources of topographic data on 1-D hydraulic modelling of floods. Hydrol. Earth Syst. Sci. 19, 631–643. https://doi.org/10.5194/hess-19-631-2015, 2015.

Mgm.gov.tr, 2021. "Maksimum Yağışlar Şiddet ve Tekerrür Analizleri" Erişim Adresi: https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/maksimum-yagislar.aspx Erişim Tarihi: 13/05/2021

MGM, 2021. "Türkiye İçin İklim Projeksiyonları" Erişim Adresi: https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=projeksiyonlar Erişim Tarihi: 24/02/2021

Milanovic, M., Gocic, M., Trajkovic, S. Analysis of Climatic Parameters in Serbia over the Period from 1981 to 2010. Agric. Agric. Sci. Procedia. https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.020, 2015a.

Milanovic, M., Gocic, M., Trajkovic, S. Analysis of Extreme Climatic Indices in the Area of Nis and Belgrade for the Period between 1974 and 2003. Agric. Agric. Sci. Procedia. https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.046, 2015b.

Mondal, I., Bandyopadhyay, J., Paul, A.K. Estimation of hydrodynamic pattern change of Ichamati River using HEC RAS model, West Bengal, India. Model. Earth Syst. Environ. 2. https://doi.org/10.1007/s40808-016-0138-2, 2016.

Monte, B., Costa, D., Chaves, M., Magalhães, L., Uvo, C. Hydrological and hydraulic modelling applied to the mapping of flood-prone areas. Rev. Bras. Recur. Hídricos 21, 152–167. https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p152-167, 2016.

Moradkhani, H., Baird, R.G., Wherry, S.A. Assessment of climate change impact on floodplain and hydrologic ecotones. J. Hydrol. 395, 264–278. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.10.038, 2010.

Morin, E. To know what we cannot know: Global mapping of minimal detectable absolute trends in annual precipitation. Water Resour. Res. 47. https://doi.org/10.1029/2010WR009798, 2011.

Mosquera-Machado, S., Ahmad, S. Flood hazard assessment of Atrato River in Colombia. Water Resour. Manag. 21, 591–609. https://doi.org/10.1007/s11269-006-9032-4, 2007.

Myronidis, D., Emmanouloudis, D., Stathis, D., Stefanidis, P. Integrated flood hazard mapping in the framework of the E.U. directive on the assessment and management of flood risks. Fresenius Environ. Bull. 18, 102–111, 2009.

Nacar, S. İklim Değişikliğinin Doğu Karadeniz Havzası Sıcaklık ve Yağış Parametreleri Üzerindeki Olası Etkilerinin İncelenmesi. Karadeniz Tek. Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon,339, 2020.

NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems and U.S./Japan ASTER Science Team. ASTER DEM Product [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. https://doi.org/10.5067/ASTER/AST14DEM.003, 2001

NASA JPLNASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. https://doi.org/10.5067/MEaSUREs/SRTM/SRTMGL1.003, 2013.

Nharo, T., Makurira, H., Gumindoga, W. Mapping floods in the middle Zambezi Basin using earth observation and hydrological modeling techniques. Phys. Chem. Earth 114. https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.06.002, 2019.

Niftelizade, O. Türkiyede Akarsuların Taşkın Frekans Dağılım Modelleri ve L-Moment Karakteristikleri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 103, 2015.

Nigussie, T.A. Modelling Flood Risk Under Urbanization and Climate Change in Istanbul, Turkey. İstanbul Tek. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 134, 2017.

Odabaşı, D. Trend Analysis of Hydrometeorological Data for Evidence of Climate Change in Istanbul. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 124, 2016.

Ogania, J.L., Puno, G.R., Alivio, M.B.T., Taylaran, J.M.G. Effect of digital elevation model's resolution in producing flood hazard maps. Glob. J. Environ. Sci. Manag. 5, 95–106. https://doi.org/10.22034/gjesm.2019.01.08, 2019.

Oğraş, S. Dicle Nehrinin Taşkın Analizinin HEC-RAS Programı Yardımıyla Yapılması. Dicle Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır, 130, 2018.

Okkan, U. İklim Değişikliğinin Akarsu Akışları Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir,364, 2013.

Onuşluel, G.. Floodplain Management Based on the Hec-Ras Modeling System. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir,262, 2005.

Owusu, P.A., Odai, S.N., Annor, F.O., Adjei, K.A. Reservoir storage for managing floods in urban areas: a case study of Dzorwulu basin in Accra. Hydrol. Process. 27, 1615–1625. https://doi.org/10.1002/hyp.9286, 2013.

Özalp, D. Dere Taşkın Risk Haritalarının CBS Kullanılarak Oluşrurulması ve CBS ile Taşkın Risk Analizi. İstanbul Tek. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 156, 2009.

Ozcan, O., Musaoglu, N., Seker, D.Z., Tanik, A. Determination of flood risk in Sakarya sub-basin using remotely sensed data and GIS. Fresenius Environ. Bull. 17, 1964–1970, 2008.

Özkaya, A. Assesment of Different Rainfall Products in Flood Simulations. Middle East Tech. Univ. Nat. Appl. Sci., Doktora Tezi, Ankara, 204, 2017.

Pala, M. Yeşilırmak Havzası Taşkınlarının Mevsimselliğinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 81, 2008.

Papaioannou, G., Varlas, G., Terti, G., Papadopoulos, A., Loukas, A., Panagopoulos, Y., Dimitriou, E. Flood Inundation Mapping at Ungauged Basins Using Coupled Hydrometeorological–Hydraulic Modelling: The Catastrophic Case of the 2006 Flash Flood in Volos City, Greece. Water 11, 2328. https://doi.org/10.3390/w11112328, 2019.

Pappenberger, F., Beven, K., Horritt, M., Blazkova, S. Uncertainty in the calibration of effective roughness parameters in HEC-RAS using inundation and downstream level observations. J. Hydrol. 302, 46–69. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.06.036, 2005.

Patel, D.P., Ramirez, J.A., Srivastava, P.K., Bray, M., Han, D. Assessment of flood inundation mapping of Surat city by coupled 1D/2D hydrodynamic modeling: a case application of the new HEC-RAS 5. Nat. Hazards 89, 93–130. https://doi.org/10.1007/s11069-017-2956-6, 2017.

Pathan, A.I., Agnihotri, P.G. Application of new HEC-RAS version 5 for 1D hydrodynamic flood modeling with special reference through geospatial techniques: a case of River Purna at Navsari, Gujarat, India. Model. Earth Syst. Environ. https://doi.org/10.1007/s40808-020-00961-0, 2020.

Petroselli, A., Vojtek, M., Vojteková, J. Flood mapping in small ungauged basins: A comparison of different approaches for two case studies in Slovakia. Hydrol. Res. https://doi.org/10.2166/nh.2018.040, 2019.

Pham, N.T.T., Nguyen, Q.H., Ngo, A.D., Le, H.T.T., Nguyen, C.T. Investigating the impacts of typhoon-induced floods on the agriculture in the central region of Vietnam by using hydrological models and satellite data. Nat. Hazards 92, 189–204. https://doi.org/10.1007/s11069-018-3202-6, 2018.

Pineda-Martínez, L.F., García, O.D., Hotchkiss, R.H. Implications of maximum daily precipitation on streamflow of a watershed: a case study in Zacatecas, Mexico. Int. J. River Basin Manag. 12, 411–418. https://doi.org/10.1080/15715124.2014.945459, 2014.

Pinos, J., Timbe, L. Performance assessment of two-dimensional hydraulic models for generation of flood inundation maps in mountain river basins. Water Sci. Eng. 12, 11–18. https://doi.org/10.1016/j.wse.2019.03.001, 2019.

Polemio, M., Lonigro, T. Trends in climate, short-duration rainfall, and damaging hydrogeological events (Apulia, Southern Italy). Nat. Hazards 75, 515–540. https://doi.org/10.1007/s11069-014-1333-y, 2015.

Prabnakorn, S., Suryadi, F.X., Chongwilaikasem, J., de Fraiture, C. Development of an integrated flood hazard assessment model for a complex river system: a case study of the Mun River Basin, Thailand. Model. Earth Syst. Environ. 5, 1265–1281. https://doi.org/10.1007/s40808-019-00634-7, 2019.

Ptak, M., Sojka, M., Kałuża, T., Choiński, A., Nowak, B. Long-term water temperature trends of the Warta River in the years 1960–2009. Ecohydrol. Hydrobiol. https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2019.03.007, 2019.

Rahimzadeh, O., Bahremand, A., Noura, N., Mukolwe, M. Evaluating flood extent mapping of two hydraulic models, 1D HEC-RAS and 2D LISFLOOD-FP in comparison with aerial imagery observations in Gorgan flood plain, Iran. Nat. Resour. Model. 32, 1–12. https://doi.org/10.1111/nrm.12214, 2019.

Rahmati, O., Zeinivand, H., Besharat, M. Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis. Geomatics, Nat. Hazards Risk 7, 1000–1017. https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1045043, 2016.

Rangari, V.A., Umamahesh, N. V., Bhatt, C.M. Assessment of inundation risk in urban floods using HEC RAS 2D. Model. Earth Syst. Environ. 5, 1839–1851. https://doi.org/10.1007/s40808-019-00641-8, 2019.

Saksena, S., Merwade, V. Incorporating the effect of DEM resolution and accuracy for improved flood inundation mapping. J. Hydrol. 530, 180–194. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.09.069, 2015.

Saleh, F., Ducharne, A., Flipo, N., Oudin, L., Ledoux, E. Impact of river bed morphology on discharge and water levels simulated by a 1D Saint-Venant hydraulic model at regional scale. J. Hydrol. 476, 169–177. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.10.027, 2013.

Saplioğlu, K. A new methodology for trend analysis: A case study in Burdur and Isparta, Turkey. Fresenius Environ. Bull. 24, 3344–3351, 2015.

Sarhadi, A., Soltani, S., Modarres, R. Probabilistic flood inundation mapping of ungauged rivers: Linking GIS techniques and frequency analysis. J. Hydrol. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.06.039, 2012.

Şeker, M. Antalya Havzası'nın taşkın frekans analizi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,121, 2015.

Şen, Z. Innovative trend significance test and applications. Theor. Appl. Climatol. https://doi.org/10.1007/s00704-015-1681-x, 2017.

Şen, Z. Trend Identification Simulation and Application. J. Hydrol. Eng. 19, 635–642. https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0000811, 2014.

Şen, Z. Innovative Trend Analysis Methodology. J. Hydrol. Eng. 17, 1042–1046. https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0000556, 2012.

Serencam, U. Taşkın Zararları ve Zarar Görebilirlik Analizi: Trabzon Değirmendere Sanayi Mahallesi Örneği. Karadeniz Tek. Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 118, 2013.

ShahiriParsa, A., Noori, M., Heydari, M., Rashidi, M. Floodplain zoning simulation by using HEC-RAS and CCHE2D models in the Sungai Maka river. Air, Soil Water Res. 9, 55–62. https://doi.org/10.4137/ASWR.S36089, 2016.

Sökmel, E. Taşkın Debilerinin Tahmini için Olasılık Modeli Yaklaşımı. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 103, 2016.

Sönmez, O. Nehirlerde 2 boyutlu taşkın modellemesi ve taşkın haritalarinin oluşturulması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 159, 2013.

Srinivas, R., Singh, A.P., Dhadse, K., Magner, J. Hydroclimatic river discharge and seasonal trends assessment model using an advanced spatio-temporal model. Stoch. Environ. Res. Risk Assess. https://doi.org/10.1007/s00477-020-01780-6, 2020.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, A. Taşkın Yönetimi, Ankara, 2017.

Taşkın Direktifi, A. Taşkın Risk Değerlendirme ve Yönetimi Hakkında 23 Ekim 2007 Tarih Ve 2007/60/EC Sayılı Konsey ve Avrupa Parlamentosu Direktifi, 2007.

Tayefi, V., Lane, S.N., Hardy, R.J., Yu, D. A comparison of one- and two-dimensional approaches to modelling flood inundation over complex upland floodplains. Hydrol. Process. 21, 3190–3202. https://doi.org/10.1002/hyp.6523, 2007.

Thapa, S., Shrestha, A., Lamichhane, S., Adhikari, R., Gautam, D. Catchment-scale flood hazard mapping and flood vulnerability analysis of residential buildings: The case of Khando River in eastern Nepal. J. Hydrol. Reg. Stud. 30. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100704, 2020.

Theintelligentplug.com, 2014. "We Can Make Electricity Cheaper, Keep it Reliable and Reduce Carbon Emissions." Erişim Adresi: http://theintelligentplug.blogspot.com/2014/05/floods-mountains-and-time-of-use.html Erişim Tarihi: 16/02/2021

Tomozeiu, R., Lazzeri, M., Cacciamani, C. Precipitation fluctuations during the winter season from 1960 to 1995 over Emilia-Romagna, Italy. Theor. Appl. Climatol. 72, 221–229. https://doi.org/10.1007/s00704-002-0675-7, 2002.

Turoğlu, H., 2016. 01 "Eylül 2016 Arhavi Sel, Taşkın, Kütle Hareketleri Afeti" Erişim Adresi: http://www.jd.org.tr/icerik/01-eylül-2016-arhavi-sel-taşkın-kütle-hareketleri-afeti Erişim Tarihi: 09/02/2021

Üçüncü, Z. Kırıkkale Karadere ve Hodar Derelerinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması ve HEC-RAS Programında Bir Boyutlu Modellenmesi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilim. Ens. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale, 167, 2018.

Üneş, F., Kaya, Y.Z. Evaluation of long-term air temperature, precipitation and flow rate parameters trend change using different approaches: a case study of Amik plain, Hatay. Theor. Appl. Climatol. https://doi.org/10.1007/s00704-021-03794-8, 2021.

Ünes, F., Kaya, Y.Z., Varçin, H., Demirci, M., Tasar, B., Zelenakova, M. Flood hydraulic analyses: A case study of Amik Plain, Turkey. Water (Switzerland) 12. https://doi.org/10.3390/w12072070, 2020.

Uslu, G. Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojileri ile Taşkın Tehlikesi Taşıyan Alanların Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniveristesi Fen Bilim. Enstitüsü, Doktora Tezi, 175, 2017.

Üyüklüoğlu, M. Hec-Ras ile Taşkın Bölgelerinin Modellenmesi. Bozok Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, Yüksek Lisans, Yozgat, 157, 2015.

Vikipedi, 2021a. "Hatay Vikipedi" Erişim Adresi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Hatay Erişim Tarihi: 24/03/2021

Vikipedi, 2021b. "Harita projeksiyonu" Erişim Adresi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Harita_projeksiyonu Erişim Tarihi: 16/03/2021

Vojtek, M., Petroselli, A., Vojteková, J., Asgharinia, S. Flood inundation mapping in small and ungauged basins: Sensitivity analysis using the EBA4SUB and HEC-RAS modeling approach. Hydrol. Res. https://doi.org/10.2166/nh.2019.163, 2019.

Wang, W., Wei, J., Shao, Q., Xing, W., Yong, B., Yu, Z., Jiao, X. Spatial and temporal variations in hydro-climatic variables and runoff in response to climate change in the Luanhe River basin, China. Stoch. Environ. Res. Risk Assess. https://doi.org/10.1007/s00477-014-1003-3, 2015.

WMO/GWP. Associated Program on Flood Management, Urban Flood Risk Management-A Tool for Integrated Flood Management APFM Technical Document, 2008

www.wwf.org.tr, 2021. "İklim Değişikliği" Erişim Adresi: https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/iklim_degisikligi/ Erişim Tarihi: 21/02/2021

Yalcin, E., 2020. Assessing the impact of topography and land cover data resolutions on two-dimensional HEC-RAS hydrodynamic model simulations for urban flood hazard analysis. Nat. Hazards 101, 995–1017. https://doi.org/10.1007/s11069-020-03906-z

Yalcin, E. Two-dimensional hydrodynamic modelling for urban flood risk assessment using unmanned aerial vehicle imagery: A case study of Kirsehir, Turkey. J. Flood Risk Manag. 12, 1–14. https://doi.org/10.1111/jfr3.12499, 2019.

Yamani, K., Hazzab, A., Sekkoum, M., Slimane, T. Mapping of vulnerability of flooded area in arid region. Case study: area of Ghardaïa-Algeria. Model. Earth Syst. Environ. 2. https://doi.org/10.1007/s40808-016-0183-x, 2016.

Yeğin, M. Flood Risk Mapping Using Economic, Environmental and Social Dimensions. Middle East Tech. Univ. Nat. Appl. Sci. Yüksek Lisans Tezi,Ankara, 171., 2015.

Yıldırım, A.M. Batı Karadeniz Havzası'ndaki Hidrolik Yapıların Tasarımı için Taşkın Frekans Analizi ile Taşkın Durumunun Araştırılması. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi ,Bartın. 99, 2019.

Yue, S., Pilon, P., Cavadias, G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. J. Hydrol. 259, 254–271, 2002.

Yurdakul, E.M. Güney sapanca havzasi taşkin yayilim haritalarinin modellenmesi: keçi deresi örneği. Sakarya Ünivesitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 80, 2019.

Zaifoğlu, H.. Implementation of a Flood Management System for Nicosia. Middle East Technical University Nat. Appl. Sci. Doktora Tezi, Ankara,254, 2018

Zeleňáková, M., Fijko, R., Labant, S., Weiss, E., Markovič, G., Weiss, R. Flood risk modelling of the Slatvinec stream in Kružlov village, Slovakia. J. Clean. Prod. 212, 109–118. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.008, 2019.

Zope, P.E., Eldho, T.I., Jothiprakash, V. Hydrological impacts of land use–land cover change and detention basins on urban flood hazard: a case study of Poisar River basin, Mumbai, India. Nat. Hazards. https://doi.org/10.1007/s11069-017-2816-4, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı: Yunus Ziya KAYA

2. Doğum Tarihi:

3. Ünvanı: İnşaat Yüksek Mühendisi

4. Öğrenim Durumu: Doktora

Derece	**Bölüm/Program**	**Üniversite**	**Bitirme Yılı**
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Mustafa Kemal Üniv.	2013
Yüksek Lisans	İnşaat Mühendisliği A.B.D	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2017
Doktora	İnşaat Mühendisliği A.B.D	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2022

5. **Akademik Ünvanlar:**

Görevi	**Bölümü**	**Kurumu**	**Yıl**
Araştırma Görevlisi	İnşaat Mühendisliği	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2014-2022

6. İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	**Görev Yeri**	**Yıl**
Araştırma Görevlisi		2014-2022

7. Uluslararası hakemli (SCI ve SCI Expanded kapsamında) dergilerde yayımlanan makaleler

7.1. Üneş, F.; Taşar, B.; Demirci, M.; Zelenakova, M.; **Kaya, Y.Z**.; Varçin, H. Daily Suspended Sediment Prediction Using Seasonal Time Series and Artificial Intelligence Techniques Rocznik Ochrona Środowiska 2021, 23, 117-137. https://doi.org/10.54740/ros.2021.008

7.2. Üneş, F., **Kaya, Y.Z.** (2021) Evaluation of long-term air temperature, precipitation and flow rate parameters trend change using different approaches: a case study of Amik plain, Hatay. Theor Appl Climatol . https://doi.org/10.1007/s00704-021-03794-8

7.3. Kaya, Y.Z., Zelenakova, M., Üneş, F., Demirci, M., Hlavata, H., Mesaros, P., (2021). Estimation of daily evapotranspiration in Košice City (Slovakia) using several soft computing techniques. Theor. Appl. Climatol. https://doi.org/10.1007/s00704-021-03525-z

7.4. Üneş Fatih, Demirci Mustafa, Zelenakova Martina, Çalışıcı Mustafa, Taşar Bestami, Vranay Frantiek, **Kaya Yunus Ziya** (2020). River Flow Estimation Using Artificial Intelligence and Fuzzy Techniques. Water, 12(2547), 1-22., Doi: 10.3390/W12092427

7.5. Üneş, F., **Kaya, Y.Z.,** Varçin, H., Demirci, M., Taşar, B., Zelenakova, M., (2020). Flood Hydraulic Analyses: A Case Study of Amik Plain, Turkey. Water 12, 2070. https://doi.org/10.3390/w12072070

7.6. Üneş Fatih, **Kaya Yunus Ziya,** Mamak Mustafa (2020). Daily Reference Evapotranspiration Prediction Based on Climatic Conditions Applying Different Data Mining Techniques and Empirical Equations. Theoretical and Applied Climatology, 141(1-2), 763-773., Doi: 10.1007/S00704-020-03225-0

7.7. Altay Gökhan, Kayadelen Cafer, Taşkıran Taha, **Kaya Yunus Ziya** (2019). A Laboratory Study on Pull-Out Resistance of Geogrid in Clay Soil. Measurement, 139, 301-307., Doi: 10.1016/J.Measurement.2019.02.065

7.8. Üneş Fatih, Demirci Mustafa, Taşar Bestami, **Kaya Yunus Ziya**, Varçin Hakan (2019). Modeling of Dam Reservoir Volume Using Generalized Regression Neural Network, Support Vector Machines And M5 Decision Tree Models. Applied Ecology and Environmental Research, 17(3), Doi: 10.15666/Aeer/1703_70437055

7.9. Üneş Fatih, Demirci Mustafa, Taşar Bestami, **Kaya Yunus Ziya**, Varçin Hakan (2019). Estimating Dam Reservoir Level Fluctuations using Data-Driven Techniques. Polish Journal of Environmental Studies, 28(5), 3451-3462., Doi: 10.15244/Pjoes/93923

8. Yazılan uluslararası kitaplar veya kitaplarda bölümler:

9. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

9.1. Özdülkar Kübra, Üneş Fatih, Demirci Mustafa, **Kaya Yunus Ziya** (2019). Günlük Buharlaşma Miktarının Bulanık Mantık Yöntemleri Kullanılarak Bölgesel OlarakModellenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(1), 23-29.

9.2. Taşar Bestami, Üneş Fatih, Demirci Mustafa, **Kaya Yunus Ziya** (2018). Yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak buharlaşma miktarı tahmini. DÜMF Mühendislik Dergisi, 9(1), 543-551

9.3. Mamak Mustafa, Umarusman Hatice Betül, **Kaya Yunus Ziya** (2017). Bileşik Kesitli Kanallarda Debi Hesabı. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlik Fakültesi Dergisi, 32(2), 45-51.

10. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler:

10.1. Taşar Bestami, Üneş Fatih, Demirci Mustafa,Yılmaz Ada, **Kaya Yunus Ziya** (2017). Yapay Sinir Ağları Yöntemi Kullanılarak Buharlaşma Miktarı Tahmini. 9. Ulusal Hidroloji Kongresi

10.2. Yılmaz Ada, Üneş Fatih, Demirci Mustafa, Taşar Bestami, **Kaya Yunus Ziya** (2017). Günlük Yeraltı Su Seviyesinin Bulanık Mantık Kullanılarak Tahmini. 9. Ulusal Hidroloji Kongresi

11. Diğer yayınlar:

11.1. Üneş Fatih, Demirci Mustafa, Bahadırlı Zeki Mertcan, Taşar Bestami, Varçin Hakan, **Kaya Yunus Ziya** (2018). Determination Of Groundwater Level Fluctuations by Artificial Neural Networks. Natural and Engineering Sciences, 3(3), 35-42.

11.2. Demirci Mustafa, Taşar Bestami, **Kaya Yunus Ziya**, Varçin Hakan (2018). Estimation Of Groundwater Level Fluctuations Using Neuro-Fuzzy and Support Vector Regression Models. International Journal Of Advanced Engineering Research and Science, 6(12), 206-211., Doi: 10.22161/İjaers.5.12.29

11.3. Üneş Fatih, Bölük Onur, **Kaya Yunus Ziya**, Taşar Bestami, Varçin Hakan (2018). Estimation Of Rainfall-Runoff Relationship Using Artificial Neural Network Models For Muskegon Basin. International Journal Of Advanced Engineering Research And Science, 6(12), 198-205., Doi: 10.22161/İjaers.5.12.28

11.4. Taşar Bestami, **Kaya Yunus Ziya**, Varçin Hakan, Üneş Fatih, Demirci Mustafa (2017). Forecasting Of Suspended Sediment in Rivers Using Artificial Neural Networks Approach. International Journal Of Advanced Engineering Research And Science, 4(12), 79-84., Doi: 10.22161/İjaers.4.12.14

11.5. Kaya Yunus Ziya, Mamak Mustafa, Üneş Fatih (2016). Evapotranspiration Prediction Using M5t Data Mining Method. International Journal Of Advanced Engineering Research And Science, 3(12), 225-229., Doi: 10.22161/İjaers/3.12.40

12. Projeler:

12.1. Bulanık mantık yöntemi ile mevsimsel verilere dayalı buharlaşma tahmini, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, **Araştırmacı**, , 01/02/2016 - 13/12/2016 (ULUSAL)

13. Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler:

14. Ödüller:

15. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler :

15.1. Demirci, M., Tasar, B., **Kaya, Y.Z**., Varcin, H., Gemici, E. (2022) Estimation of ReferenceEvapotranspiration Using Support Vector Machines: a Case Study of Adana, Turkey. 2022 "Air and Water –Components of the Environment" Conference Proceedings, Cluj-Napoca, Romania, p. 217-224, DOI:10.24193/AWC2022_20.

15.2. Ziya Kaya, Y., Üneş, F. Demirci, M. (2022) Flood Modeling Based on The Precipitation Data by Using Hec-Ras Software Version (5.0.7). 2022 "Air and Water – Components of the Environment" Conference Proceedings, Cluj-Napoca, Romania, p. 47-56, DOI: 10.24193/AWC2022_05.

15.3. Kaya, Y.Z., Üneş, F., Demırcı, M., Varçin, H., 2021. Investigation of Precipitation Trend in Regional Scale Based on the Statistical Approach. Air and Water Components Of The Environment Conference Proceedings, Pp. 189–200. Https://Doi.Org/10.24193/Awc2021_18

15.4. Demirci, M., Taşar, B., **Kaya, Y.Z.,** Gemici, E. 2021. Monthly Groundwater Level Modeling Using Data Mining Approaches. Air And Water Components of the Environment Conference Proceedings, Pp. 75–86. Https://Doi.Org/10.24193/Awc2021_07

15.5. Demirci Mustafa, **Kaya Yunus Ziya** (2019). Estimation Of Keban Dam Reservoir Level in Turkey Using Artificial Neural Network And Support Vector Machines. Air And Water – Components of the Environment Conference, Doi: 10.24193/Awc2019_20

15.6. Kaya Yunus Ziya, Taşar Bestami (2019). Evapotranspiration Calculation For South Carolina, Usa And Creation Different Anfıs Models For Et Estimation.. Air And Water – Components Of The Environment Conference, Doi: 10.24193/Awc2019_22

15.7. Batçık B, Üneş F, Demirci M, **Kaya YZ** (2019) Nehirlerdeki Akış Miktarının Bulanık Mantık Yöntemi ile Modellenmesi. In: International The 1st Innovation, Sustainability, Technology, and Education in Civil Engineering Conference. İskenderun, pp 560–570

15.8. Özdülkar K, Üneş F, Demirci M, **Kaya YZ** (2019) Günlük Buharlaşma Miktarının Bulanık Mantık Yöntemleri Kullanılarak Bölgesel Olarak Modellenmesi. In: International The 1st Innovation, Sustainability, Technology, and Education in Civil Engineering Conference. İskenderun, pp 552–559

15.9. Üneş Fatih, Bahadırlı Zeki Mertcan, Demirci Mustafa, Taşar Bestami, Varçin Hakan, **Kaya Yunus Ziya** (2018). Determination Of Groundwater Level Fluctuations By Artificial Neural Networks. International Conference On Artificial Intelligence Towards Industry 4.0 (Icaıı4.0)

15.10. Üneş Fatih, Doğan Süreyya, Taşar Bestami, **Kaya Yunus Ziya**, Demirci Mustafa (2018). The Evaluation And Comparison Of Daily Reference Evapotranspiration With Ann And Empirical Methods. International Conference On Artificial Intelligence Towards Industry 4.0 (Icaıı4.0)

15.11. Kaya Yunus Ziya, Üneş Fatih, Demirci Mustafa, Taşar Bestami, Varçin Hakan (2018). Groundwater Level Prediction Usıng Artificial Neural Network And M5 Tree Models. Air and water components of the Environment Conference DOI: 10.24193/AWC2018_23

15.12. Demirci Mustafa, Üneş Fatih, **Kaya Yunus Ziya**, Taşar Bestami, Varçin Hakan (2018). Modeling of Dam Reservoir Volume Using Adaptive Neuro Fuzzy Method. Air and Water components of The Environment Conference, Doi: 10.24193/Awc2018_18

15.13. Yılmaz Ada, Üneş Fatih, Demirci Mustafa, Taşar Bestami, **Kaya Yunus Ziya** (2017). Prediction Of Daily Groundwater Level in Arcadia, Florida Using Support Vector Machines. 3. Internatıonal Conference on Engineering and Natural Science.

15.14. Taşar Bestami, Üneş Fatih, Demirci Mustafa, Yılmaz Ada, **Kaya Yunus Ziya** (2017). Prediction of Daily Suspended Sediment Load Using Support Vector Machine. 3. International Conference on Engıneering And Natural Science

15.15. Taşar Bestami, Üneş Fatih, Demirci Mustafa, Yılmaz Ada, **Kaya Yunus Ziya** (2017). Forecasting of Daily Evapotranspiration Using Artificial Neural Networks Technique. 3. International Conference on Engineering and Natural Science

15.16. Yılmaz Ada, Üneş Fatih, Demirci Mustafa, Taşar Bestami, **Kaya Yunus Ziya** (2017). Groundwater Level Forecasting Using Artificial Neural Network And Autoregressive Moving Average Models A Case Study. 3. International Conference on Engineering and Natural Science

15.17. Üneş Fatih, Demirci Mustafa, **Kaya Yunus Ziya**, İspir Eyüp, Mamak Mustafa (2017). Groundwater Level Prediction Using Support Vektor Machines And Autoregressive (AR) Modelss. Proccedings Of 10th International Conference ”Environmental Engineering”, Doi: 10.3846/Enviro.2017.093

15.18. Kaya Yunus Ziya, Mamak Mustafa, Üneş Fatih, Demirci Mustafa (2017). Evapotranspiration Prediction Using M5T Method And Ritchie Equation For St. Johns, Fl, Usa. Proccedings Of 10th International Conference ”Environmental Engineering”, Doi: 10.3846/Enviro.2017.024

15.19. Üneş Fatih, **Kaya Yunus Ziya**, Mamak Mustafa, Demirci Mustafa (2017). Evapotranspiration Estimation Using Support Vector Machinesand Hargreaves-Samani Equation For St. Johns, Fl, Usa. Proccedings of 10th International Conference ”Environmental Engineering”, Doi: 10.3846/Enviro.2017.094

15.20. Üneş Fatih, Demirci Mustafa, İspir Eyup, **Kaya Yunus Ziya**, Mamak Mustafa, Taşar Bestami (2017). Estimation Of Groundwater Level Using Artificial Neural Networks: A Case Study Of Hatay-Turkey. Proccedings Of 10th International Conference ”Environmental Engineering”, Doi: 10.3846/Enviro.2017.092

15.21. Mamak Mustafa, Üneş Fatih, **Kaya Yunus Ziya**, Demirci Mustafa (2017). Evapotranspiration Prediction Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System and Penman Fao 56 Equation For St. Johns, Fl, Usa. Proccedings of 10th International Conference ”Environmental Engineering”, Doi: 10.3846/Enviro.2017.085

15.22. Kaya Yunus Ziya, Üneş Fatih, Mamak Mustafa (2016). Estimating Evapotranspiration Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System And Hargreaves Samani Method. International Conference On Engineering And Natural Sciences, 1969-1974.

15.23. Kaya Yunus Ziya, Üneş Fatih, Mamak Mustafa (2016). Prediction Of Evapotranspiration With Daily Meteorological Data Using M5 Model Tree. International Conference On Engineering And Natural Sciences, 1963-1968.

OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORİJİNALLİK RAPORU

FORM DR19

OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 06/10/2022

Tez Başlığı / Konusu: İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN TAŞKIN OLAYLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BÖLGESEL OLARAK İNCELENMESİ VE TAŞKIN ETKİ ALANININ HARİTALANMASI

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Özet ve Abstract, c) Giriş, d) Ana bölümler ve e) Sonuç, f) Kaynakça kısımlarından oluşan toplam **338** sayfalık kısmına ilişkin, 06/10/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme tiplerinden biri uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %**3**'tür.

Filtreleme Tip 1 (maksimum %30) ☐	**Filtreleme Tip 2 (maksimum %10)** ☒
1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, 2- Kaynakça hariç, 3- Alıntılar dahil, 4- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.	1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, 2- Kaynakça hariç, 3- Alıntılar hariç, 4- 5 Kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Yunus Ziya KAYA
Öğrenci No:
Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Programı:
Statüsü: ☐ Y.Lisans ☒ Doktora

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ

RAPORU DÜZENLEYEN

(Unvan, Ad Soyad, İmza)