İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DERE TAŞKIN RİSK HARİTALARININ CBS KULLANILARAK OLUŞTURULMASI VE CBS İLE TAŞKIN RİSK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Didem ÖZALP

Anabilim Dalı : Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Programı : Geomatik Mühendisliği

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DERE TAŞKIN RİSK HARİTALARININ CBS KULLANILARAK OLUŞTURULMASI VE CBS İLE TAŞKIN RİSK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Didem ÖZALP
501051608

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 1 Haziran 2009

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Cengizhan İPBÜKER (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ)
Prof. Dr. Sedat KAPDAŞLI (İTÜ)

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın oluşturulmasında başından sonuna kadar beni destekleyen ve yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Cengizhan İpbüker' e teşekkürü bir borç bililrim. Ayrıca yine bilimsel olarak destek sağlayan hocam Prof. Dr. Necla Uluğtekin'e desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışmada araştırmalarıma destek çıkan ve yardımlarını esirgemeyen Sn. Hakan Mintaş'a sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs 2009

Didem ÖZALP
Harita Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ... **iii**
KISALTMALAR ... **vii**
ÇİZELGE LİSTESİ ... **ix**
ŞEKİL LİSTESİ ... **xi**
ÖZET ... **xiii**
SUMMARY ... **xv**
1. GİRİŞ ... **1**
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı ... 2
1.2 Çalışmanın Önemi ... 3
1.3 Çalışmada Kullanılan Veriler ve Yazılımlar ... 3
2. İSTANBUL DERELERİNİN DURUMU VE TAVUKÇU DERESİ ... **7**
2.1 İstanbul'da Sel ve Taşkın Alanları ... 7
2.1.1 İstanbul'da problemli dereler ve dere ıslah projeleri ... 8
2.1.1.1 Avrupa yakası dereleri ve Tavukçu deresi 17
3. TAVUKÇU DERESİ HAVZASININ GENEL ÖZELLİKLERİ ... **23**
3.1 Genel Tanımlar ... 23
3.1.1 Su havzaları ... 23
3.1.2 Yüzeysel akış ve havza karakteristiği ... 23
3.2 Jeolojik ve Hidrojeolojik Özellikleri ... 25
3.2.1 Stratigrafik ve litolojik özellikleri ... 26
3.2.1.1 Güngören Formasyonu (Gnf) 31
3.2.1.2 Bakırköy Formasyonu (Baf) 31
3.2.1.3 Çukurçeşme Formasyonu (Çf) 31
3.2.1.4 Trakya Formasyonu cebeci kireçtaşı üyesi (Trf) 32
3.2.1.5 Alüvyon (Qal) 33
3.2.2 Jeolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri ... 33
3.3 Morfometrik Özellikleri: ... 35
3.3.1 Sayısal yükseklik modelinin hidrolojide kullanılması ... 35
3.3.2 Tavukçu deresi havzasının morfometrik özelliklerinin belirlenmesi ... 38
3.3.2.1 Eğim özellikleri 39
3.3.2.2 Bakı özellikleri 41
3.3.2.3 Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral 43
3.3.2.4 Akarsu Uzunluk-Gradyan İndeksi (SL İndeks) 44
3.3.2.5 Akarsu Ağı ve Relief Özellikleri 47
3.3.2.6 Havzanın şekil analizi 55
3.4 İklim Özellikleri ... 57
3.4.1 Yağış ... 59
3.4.2 Rüzgar ... 61
3.4.3 Sıcaklık ... 62
3.4.4 Nem ... 64
3.5 Toprak Özellikleri ... 65

3.5.1 Hidrolik toprak grupları 66
3.6 Arazi Kullanım Planı 68
3.6.1 Arazi kullanım planının önemi ve çalışma alanı arazi kullanım planı..... 68
4. TAVUKÇU DERESİ TAŞKIN DEBİSİNİN BELİRLENMESİ..... 71
4.1 Taşkın Debileri Hesap Yöntemleri 73
4.1.1 Akılcı (rasyonel) yöntem..... 73
4.1.2 Snyder yöntemi..... 76
4.1.3 Kirpich yöntemi 77
4.1.4 Mockus yöntemi 78
4.1.5 S.C.S (Soil Convension Service) eğri numarası yöntemi..... 80
4.2 İstanbul'da Tercih Edilen Hesap Yöntemi ve Nedenleri 83
5. TAVUKÇU DERESİ HİDROLİK MODEL ÇALIŞMASI VE TAŞKIN HARİTALAMASI..... 87
5.1 Hec-Georas Kullanılarak Geometrik Verilerin Oluşturulması..... 87
5.1.1 Hec-Georas hakkında genel bilgiler..... 87
5.1.2 HEC-GeoRAS ile dere bilgilerinin oluşturulması 89
5.2 Hidrolik Model Çalışmaları..... 95
5.2.1 Hec-Ras hakkında genel ve teknik bilgiler..... 95
5.3 HEC-RAS'ta Geometrik Verilerin Düzenlenmesi ve Taşkın Modellemesi... 101
5.3.1 Hec-Ras ile dere bilgilerinin düzenlenmesi..... 101
5.3.2 Taşkın modellemesi 112
5.4 HEC-RAS'ta Taşkın Alanlarının Haritalanması 118
5.4.1 HEC-RAS datalarının Hec-Georas'a uygun hale getirilmesi..... 118
5.4.1.1 Taşkın alanlarına ait debi profillerinin TIN ve TINGRID dosyalarının oluşturulması 118
6. SONUÇ VE ÖNERİLER..... 121
6.1 CBS Tabanlı Risk Planlaması..... 122
6.2 Veri Kalitesinin İrdelenmesi..... 123
KAYNAKLAR..... 133
ÖZGEÇMİŞ..... 139

KISALTMALAR

CBS	**:** Coğrafi Bilgi Sistemleri
CN	**:** Curve Number
DEM	**:** Digital Elevation Model
DSİ	**:** Devlet Su İşleri
ESRI	**:** Environmental System Research Institute
GIS	**:** Geographic Information System
HEC-RAS	**:** Hydrologic Engineering Center's River Analysis System
HD	**:** Hidro Dinamik
İBB	**:** İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İMC	**:** İstanbul Master Plan Konsorsiyumu
İSKİ	**:** İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
SCS	**:** Soil Convension Service
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TIN	**:** Triangulated Irregular Network
UTM	: Üniversal Transversal Merkator
ÜDA	**:** Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Taşkın tehlikesi arz eden ve temizlenmesi gereken dereler 11
Çizelge 2.1 : (Devam) Taşkın tehlikesi arz eden ve temizlenmesi gereken dereler ..12
Çizelge 2.1 : (Devam) Taşkın tehlikesi arz eden ve temizlenmesi gereken dereler ..13
Çizelge 2.2 : İSKİ 1999 master plan çalışma alanındaki dereler 14
Çizelge 2.2 : (Devam) İSKİ 1999 master plan çalışma alanındaki dereler 15
Çizelge 2.2 : (Devam) İSKİ 1999 master plan çalışma alanındaki dereler 16
Çizelge 2.3 : Genel metraj tablosu 17
Çizelge 2.4 : Avrupa Bölgesi genel metraj tablosu.....17
Çizelge 2.5 : Avrupa Bölgesi'ndeki dereler ve Ekim 2005 tarihi itibariyle altyapıda erişilen son durum 19
Çizelge 2.5 : (Devam) Avrupa Bölgesi'ndeki dereler ve Ekim 2005 tarihi itibariyle altyapıda erişilen son durum 20
Çizelge 2.5 : (Devam) Avrupa Bölgesi'ndeki dereler ve Ekim 2005 tarihi itibariyle altyapıda erişilen son durum 21
Çizelge 3.1 : İstanbul ve civarında genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti.....28
Çizelge 3.2 : İstanbul'da yer alan formasyonların litolojik ve hidrojeolojik özellikleri 34
Çizelge 3.3 : Tavukçu deresi havzasının eğim özellikleri 41
Çizelge 3.4 : Hipsometrik eğri değerleri 43
Çizelge 3.5 : Çakışma noktalarının SL indeks değerleri 45
Çizelge 3.6 : SYM'den üretilen akarsu ağı ve relief özellikleri (parametreler) 54
Çizelge 3.7 : SYM'den üretilen akarsu ağı ve relief özellikleri (hesaplamalar).....54
Çizelge 4.1 : 10 yıldan daha küçük tekerrür süreleri için akış katsayıları.....75
Çizelge 4.2 : Arazi kullanımına ve zemin gruplarına göre eğri numaraları 81

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Taşkın tehlikesi arz eden ve temizlenmesi gereken dere yataklarının tespiti (DSİ XIV. Bölge Md., İSKİ Genel Md., ve İBB., 1998) ve 2005 sonu itibariyle İSKİ çalışmalarında erişilen seviye (Avrupa ve Asya yakası dereleri İSKİ ekim 2005 bilgi notları) 10
Şekil 3.1 : Tavukçu Deresi Havza'sının İstanbul ilçelerine göre yerleşimi 25
Şekil 3.2 : Havzanın stratigrafi ve yapısal jeoloji haritası 29
Şekil 3.3 : Stratigrafi ve yapısal jeoloji haritası lejantı 30
Şekil 3.4 : Sekiz yönlü durumda akım yoğunluğunun çıkarılması 37
Şekil 3.5 : SYM'den elde edilen su toplama havzası ve akarsu ağı 39
Şekil 3.6 : Tavukçu deresi havzası eğim haritası 40
Şekil 3.7 : Tavukçu deresi havzası bakı haritası 42
Şekil 3.8 : Tavukçu deresi havzası hipsometrik eğrisi 43
Şekil 3.9 : Tavukçu deresi SL indeks noktaları 46
Şekil 3.10 : Bir hücre konumu, X için akış yönü ve ArcGIS'te kullanılan kodları 48
Şekil 3.11 : SYM'deki yüksekliklerinden akış yönlerinin elde edilmesi 49
Şekil 3.12 : Her bir grid hücresinden akan akış birikintisi 49
Şekil 3.13 : Akarsu kanallarının kritik akış seviyesi 49
Şekil 3.14 : SYM'den akarsu üretim aşamaları 51
Şekil 3.15 : Strahler metoduna göre üretilmiş akarsu mertebeleri 52
Şekil 3.16 : İstasyonların dağılımı ve arazi kullanım haritası 58
Şekil 3.17 : İstanbul yükseklik haritası ve topoğrafik kesitler 58
Şekil 3.18 : İstanbul için yıllık yağışın dağılımı 59
Şekil 3.19 : Bölgelere ait aylık ortalama yağış miktarlarının bir yıl boyunca değişimi 60
Şekil 3.20 : İstanbul'daki istasyonlarda kaydedilen rüzgar gülü diyagramları 61
Şekil 3.21 : İstanbul ili için yıllık ortalama sıcaklık dağılımı haritası ve bazı istasyonların aylık ortalama sıcaklık değişimi 63
Şekil 3.22 : İstanbul'da yıllık ortalama bağıl nemin dağılımı (%) 64
Şekil 3.23 : Tavukçu deresi havzası toprak özellikleri 65
Şekil 3.24 : Tavukçu deresi havzası arazi kullanım planı 69
Şekil 3.25 : Tavukçu deresi havzası arazi kullanım planı lejantı 70
Şekil 5.1 : HEC_GeoRAS menüsü 88
Şekil 5.2 : Geometri menüsü ve elemanları 88
Şekil 5.3 : RAS haritalama menüsü ve elemanları 89
Şekil 5.4 : ApUtilities menüsü elemanları 89
Şekil 5.5 : HEC-GeoRAS dere bilgileri 90
Şekil 5.6 : Tavukçu deresi talveg hattı (stream centerline) 91
Şekil 5.7 : Tavukçu deresi kıyı çizgileri (banks) 92
Şekil 5.8 : Tavukçu deresi enkesitleri (XS cutlines) 93
Şekil 5.9 : Tavukçu deresi arazi kullanım planı ve manning katsayıları 94
Şekil 5.10 : Enerji denklemindeki öğelerin şematik gösterimi 96

Şekil 5.11 : HEC-RAS alt bölüm taşıma yöntemi 98
Şekil 5.12 : Kompozit nc hesaplaması için yan yüz eğimlerinin tanımlanması 99
Şekil 5.13 : Ortalama enerjinin belirlenmesi 99
Şekil 5.14 : Tavukçu deresi geometrik datası 102
Şekil 5.15 : Bir enkesitte fazla noktaların elenmesi 103
Şekil 5.16 : Sapma örneği gösteren enkesit ve düzeltilmiş hali 104
Şekil 5.17 : Düzeltilmiş en kesit örnekleri 105
Şekil 5.18 : Düzeltilmiş en kesit örnekleri 106
Şekil 5.19 : HEC-RAS örnek köprü ve ayakları 107
Şekil 5.20 : HEC-RAS örnek tek ve çoklu menfez geçişi 108
Şekil 5.21 : Tavukçu deresi köprü geçişleri ve kapalı kesitleri geometrik datası ... 109
Şekil 5.22 : Tavukçu deresi dere kıyı çizgilerinin üste olma örneği 110
Şekil 5.23 : Kullanılan manning tablosu (HEC-RAS) 111
Şekil 5.24 : Steady Flow bilgileri (debi giriş noktaları ve değerleri-Hec-Ras) 113
Şekil 5.25 : Tavukçu deresi boy profili (HEC-RAS) 114
Şekil 5.26 : Tavukçu deresi perspektif görünüm (HEC-RAS) 115
Şekil 5.27 : Enkesit çıkış bilgileri (HEC-RAS) 116
Şekil 5.28 : Taşkın ve risk alanlarına ait HEC-RAS enkesit görünümleri 117
Şekil 5.29 : Taşkın debisine ait yüzey dosyaları (TIN ve TINGRID) 119
Şekil 5.30 : Taşkın risk alanları 124
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları 125
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları 126
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları 127
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları 128
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları 129
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları 130
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları 131

DERE TAŞKIN RİSK HARİTALARININ CBS KULLANILARAK OLUŞTURULMASI VE CBS İLE TAŞKIN RİSK ANALİZİ

ÖZET

Bu çalışmada İstanbul İli Bağcılar; Bahçelievler ve Bakırköy ilçeleri sınırları içerisinde bulunan Tavukçu Deresi'nin taşkın risk analizi yapılmıştır.

Tavukçu Deresi havzasının 2854.39 hektar drenaj alanı bulunmaktadır. Bu havza İstanbul ili Ataköy havzasının bir alt havzasıdır. Havza karakteristiğini ortaya çıkarabilmek için havzanın fiziki özellikleri ArcGIS programı yardımıyla incelenmiştir. ArcGIS programı Spatial Analyst modülü ile derenin tüm havzasının 3D arazi modellemesi yapılarak Sayısal Yükseklik Modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan SYM verisi raster format dönüştürülerek; ArcGIS programı Hidrolik modülü ve ArcHydro modülünde kullanılır hale getirilmiştir. ArcGIS Hidrolik modülü ve ArcHydro modülü kullanılarak ana dere ve kolları için su toplama havzasının alanı belirlenmiştir ve doğal su mecrası şebekesi teşkil edilmiştir. Bu veriler kullanılarak; havzanın yağış-akış ilişkilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynayan havza morfometrik özellikleri incelenmiştir. Klasik yöntemlerle de elde edilebilen bu sayısal değerlere Coğrafi Bilgi Sistemleri sayesinde daha kısa sürede ulaşılabilmektedir. Uygulama proje hesaplarına esas olan havza sınırlarının ve alt havza sınırlarının belirlenmesi; ana su yolu aksının belirlenmesi, yan şebeke bağlantılarının belirlenmesi, akarsu yatak eğiminin belirlenmesi gibi hesapların kısa sürelerde yapılması sağlanmaktadır.

Tavukçu Deresinin taşkın debisinin belirlenmesi çeşitli yöntemlerle incelenmiştir. Bu yöntemlerden İstanbul için kullanılması uygun görülen rasyonel yöntem kullanılarak Tavukçu deresi taşkın debisi hesaplanmıştır. Dere ıslah yapılarını projelendirilmesi için rasyonel metodun kullanılma nedenleri araştırılmıştır.

Derenin hidrodinamik modelinin oluşturulması için; HECRAS programı kullanılmıştır. HECRAS programı ArcGIS'le uyumlu olarak çalışabilmektedir. HECGeoRAS'ta tavukçu deresine ait RAS geometri oluşturulmuş ve HECRAS'a aktarılmıştır. HECRAS'ta tavukçu deresinin alt havzalarının drenaj noktalarında 500 yıllık yağış tekerrür ve şiddetinde havzaya gelecek debiler kullanılarak; bu debilerin dere kesitindeki su hızları ve yükseklikleri hesaplanmıştır. Kritik noktalarda dere kesiti oluşacak yükselmelerine göre taşkın sınırları ve taşkın su kotu belirlenmiştir. Oluşturulan taşkın sınırları ArcGIS'e aktarılarak sayısal halihazır paftalarla ve uydu görüntüleriyle çakıştırılmıştır. Risk altında olan bölgeler tespit edilmiştir.

Taşkın risk analizinin yapıldığı ve risk alanlarının belirlendiği bu çalışma; ileride kentsel planlamaya yardımcı olabilecek deneysel bulgulara sahiptir. Ayrıca coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla risk analizi ve planlamasında daha gerçekçi ve doğru sonuçların elde edilebilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

COMPOSITION OF THE FLOOD RISK MAPS AND FLOOD RISK ANALYSIS BY USING GIS

SUMMARY

In this study analysis was made in order to determine the flood risk of the Tavukçu creek which is situated inside the Bağcılar, Bahçelievler and Bakirköy town boundries .

The Tavukçu creek basin includes 2854.39 hectares of drainage area, which is a sub-basin of the Ataköy basin. In order to quantify the characteristics of the area, the physical features was analysed by ArcGIS program. The 3D land analysis was made for the entire basin area whereby the ArcGIS program Spatial Module was used thus Digital Elevation Model was formed.DEM data was then converted to raster format to run with AcGIS Hydrolic Module and ArcHydro Module. These modules was used to determine the drainage area of the main creek and the branches and to compose the watercourse network. By using those datas, morphometric properties were examined in order to set the-rainfall –runoff relation accurately. It is arguably true that those numerical values are acquired easier by using GIS than classical methods are used. This application ensures that the estimations of the watersheds, sub watersheds, main watercourse, connection to the mains, creek basin slope are determined quicker.

Several methods was evaluated to determine the flow discharge of the Tavukçu Creek. Among these, the rational method was thought to be the most applicable for İstanbul was used to estimate the flow discharge rate of the Tavukçu creek and the reasons for the use of this method in creek improvement projects was also researched.

HECRAS program was used in order to form the hydrodinamic model of the creek. The program runs compatible with ArcGIS. RAS geometry was created on HECGeoRAS and transferred to HECRAS. The velocity and the height of the flow on the creek cross section was estimated over the model formed by using HECRAS in which 500 year rain fall frequency and intensity data calculated on drainage point at the sub basin of the Tavukçu Creek. On several critical points, flood limits and the elevation was determined in case of the increase of the water level on the creek cross section. Flood limits determined then was transferred to ArcGIS and overlayed with maps and the satellite images. The zones under risk were determined.

This study,in which flood risk analysis and determination of the risky areas was made, includes empirical findings that will support urban planning in the future. Additionally by the help of the GIS, suggestions were made in order to obtain more realistic and accurate results in flood risk analysis and planning.

1. GİRİŞ

Taşkınlar birçok bölge ve ülkede insanların ekonomik ve sosyal hayatını etkileyen önemli doğal afetlerden birisidir [1]. Su miktarının, doğal ve yapay olarak geçmesi istenen yatakların kapasitesini aşması su basmalarına, sellere ve taşkınlara sebep olur [2]. Şiddetli yağış ve/veya kar erimesinden oluşan ve akarsu yatağında taşma gösteren akışa taşkın denir [3].

Türkiye'de büyük taşkınlar bölgesel iklim, topoğrafya ve yağış alanı büyüklüğü faktörlerinin birleşiminden oluşur. Kuzey, batı ve güney sahillerimizdeki denizlerden iç kısımlara doğru uzaklaştıkça atmosferdeki nem azalır. Karadeniz ve Akdeniz sahillerinde olduğu gibi nemli hava akışına dik yüksek kotlu alanlarda şiddetli yağışlar ve büyük taşkınlar oluşur. Büyük havzaların önemli taşkınları mevsimlik kar birikiminin yağmur ile birleşiminden oluşur. Küçük havzaların büyük taşkınları ise konvektif fırtınaların oluşturduğu şiddetli yağışlardan oluşur [4].

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

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de büyük önem taşıyan taşkınların meydana getirdiği zararları azaltabilmek için bölge taşkın planları, hidrometrik ve meteorolojik gözlem çalışmaları, taşkın envanteri (taşkın yıllıkları); imar planları ile ilgili taşkın etütleri gibi taşkın zararlarını azaltma çalışmaları yapılmalıdır. Edinilecek bu bilgiler ışığında gelmekte olan taşkını tahmin etmek mümkün olur. Bu nedenle Türkiye'de yapılacak olan kapsamlı bir taşkın risk çalışması ülkeye hem ekonomik hem de sosyal açıdan büyük fayda sağlayacaktır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri ve hidrolojik modelleme yazılımları kullanılarak Tavukçu deresinin taşkın risk analizinin yapılması ve taşkın risk haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. İstanbul ili Gaziosmanpaşa, Esenler, Bağcılar, Bahçelievler. Bakırköy ilçelerini içeren Tavukçu deresi havzası 2854.39 ha alana sahiptir ve Ataköy Havzasının bir alt havzasıdır. Havza alanı olarak Tavukçu Deresinin seçilmesinde yerleşimin fazla olması önemli bir rol oynamıştır. Havza alanı içerisinde bulunan Bahçelievler İlçesi Şirinevler Mahalles'inde yerleşim oldukça yoğundur. Yoğun yapılaşma içerisinde bulunan bölgelerde taşkın riski artmaktadır. Çünkü şehirleşme dolayısıyla toprak yüzeyi kaplandığı için su toprağa sızamaz ve yüzeyden akmaya başlar. Buna bir de kullanım suyu ilave edilince akarsulara gelen su miktarı çok artar [5].

Meydana gelen taşkınları anlamak ve etkilerini ortaya koymak için değişik bilgisayar modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerin ana bileşenlerini genel olarak dört kısımda toplamak mümkündür. Bunlar; hidrolojik modeller, hidrolik modeller, taşkın haritalamaları ve modelde kullanılmak üzere taşkın haritalarının üretilmesidir [6].

Bu çalışmada CBS ve hidrolik yazılımlar yardımıyla Tavukçu deresine ait taşkın haritalarının üretilmesi amaçlanmıştır. Öncelikli çalışma alanına ait havza karakteristiklerini analiz edebilmek için havzanın genel fiziki özellikleri incelenmiştir. Daha sonra taşkınlar hidrolojisinin önemi ve hesap yöntemleri üzerinde durulmuştur. Edinilen bilgiler ışığında yapılacak olan hidrolojik ve hidrolik modellemeye geçilmiştir.

CBS risk yönetiminde çok etkili bir araçtır. CBS doğal felaketler ya da insan eliyle olması muhtemel olaylara karşı nasıl önlem alınması gerektiği konusunda hızlı ve doğru karar vermeye yardımcı olur. Yerleşim sahalarının veya bir kentin risk haritası çıkarılabilir [7]. CBS ile taşkın risk analizi çalışması kapsamında; elde dilen taşkın risk alanlarına göre nasıl bir risk planlaması yapılması gerektiği incelenmiştir.

1.2 Çalışmanın Önemi

Ülkemizdeki hızlı ve çarpık şehirleşme ile birlikte dere yatakları koruma bölgelerinin işgal edilmiş olması taşkın risk alanları ile birlikte doğabilecek zararları da aynı oranda artırmaktadır. Yerleşik bölgelerdeki taşkınlara müdahale çeşitli nedenlerden dolayı daha zor olmaktadır. Bunların başında dere yatağının gerekli olan ebatlarından daha küçük olup genişletilememesi gelmektedir. Kamulaştırma sorunları, aşırı betonlaşma, altyapı sistemlerinin yetersizliği de diğer engeller olarak sıralanabilir.

Taşkın analizlerinin belirlenmesinde CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) kullanılmaktadır. Klasik yöntemlerle yapılan taşkın analizleri, devlet kuruluşları ve özel sektördeki elemanlarca zaten yıllardan beri yapıla gelmektedir. Ancak bu yöntemlere coğrafi bilgi sistemleri tekniklerinin ilavesi ve hidrolojik ve hidrolik modellerle entegrasyonu, çalışmaları hem daha kapsamlı (su basma alanlarının ve su derinliklerinin daha ayrıntılı bilgileri ile) yapmakta, hem daha fazla deneme sınama yapma imkânı vermekte, hem de sonuçların daha anlaşılır ve görsel olarak ifade edilebilir hale getirilmesini sağlamaktadır [5].

1.3 Çalışmada Kullanılan Veriler ve Yazılımlar

Arazi kullanım planlarını oluşturabilmek amacıyla Bağcılar; Bakırköy; Bahçelievler ilçelerine ait 1/1000 ve 1/5000'lik imar planları; arazinin üç boyutlu modellemesinin yapılabilmesi için 1/1000 ve 1/5000 ölçekli sayısal halihazır haritaları; proje alanına giren tüm ortofotolar UTM koordinatında temin edilmiştir. Ayrıca modelleme için çok önemli olan dere alımları ticari bir firma tarafından yapılmıştır. Bu bilgilere ulaşılarak daha sağlıklı bir modelleme yapılmıştır. Bu haritalamada dere kıyıları köprü ve menfez giriş çıkışları, düşü noktaları, kesitin değişime uğradığı noktalar ile dere yatağına dik olan sokaklardan yaklaşık 100'er m sağ ve sol alım yapılmıştır. Böylelikle mevcut durumun birebir aktarılması amaçlanmıştır.

Bölge alanında daha önceden uygulama projesi yapılmış olup İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından ihale edilerek imalatı yapılmış olan güzergahlar mevcuttur. Söz konusu olan dere rölevelerinin bir kısmı kapalı kesit olduğundan bu noktalarda onaylı iş sonu projelerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu bilgiler de kullanılarak daha gerçekçi bir modellemeye gidilmiştir.

Yazılım olarak CBS yazılımlarından ArcGIS 9.x kullanılmıştır. ArcGIS Desktop, (ArcInfo, ArcView ve ArcEditor) içerisinde bütünleşik olarak gelen ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcGlobe ve Model Builder arayüzleri ile, haritalama, coğrafi analizler, veri editleme, veri yönetimi ve görüntüleme işlemlerini gerçekleştirebileceğiniz entegre bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır [8].

Arazinin modellenmesi ve üç boyutlu analizlerinin yapılabilmesi için ArcGIS Spatial Analyst, ArcGIS 3D Analyst; Hydrology Modeling modüllerinden yararlanılmıştır.

ArcGIS Spatial Analyst büyük ölçüde güçlü mekânsal modelleme ve hücre bazlı raster verilerini yaratmanıza, haritalamanıza, sorgulamanıza izin veren özellik analizi sağlar. ArcGIS Spatial Analyst ayrıca entegre bir vector-raster analizi yapmanıza da olanak verir. ArcGIS Spatial Analyst kullanarak, verileriniz hakkında bilgi türetebilir, mekânsal ilişkileri tanımlayabilir, uygun alanlar bulabilir, bir noktadan diğer bir noktaya geçişlerde birikmiş tutarları hesaplayabilirsiniz.

3D Analyst™ kullanıcılara etkin bir yüzey veri görüntüleme ve analiz imkânı tanır. 3D Analyst kullanarak, birçok bakı noktasından yüzey görüntüleyebilir, yüzey sorgulayabilir, seçili konumdan yüzeyde ne görülebildiğini saptayabilir, raster ve vector veri üzerinde yüzeyi kapsayan gerçekçi bir perspektif imajı yaratabilirsiniz [8].

ArcGIS' te yüzey hidrolojik analizi Hydrology Modeling modülü ile yapılır. Bir yüzeyin şekli suyun bu yüzeyde nasıl hareket edeceğini belirler.ArcGIS Hydrology Modeling uzantısı; yüzeyin fiziksel karakteristiğini tanımlama imkanı verir. Bu modül sayısal arazi modelini veri olarak kullanarak bir drenaj sisteminin şeklini belirler ve bu sistemi sayılarla ifade etme olanağı sağlar. Sayısal Arazi Modelindeki her bir grid için bu gride gelen üst kotların ve bu gridin katıldığı alt kotların tanımlanması ile akışa geçen su yolu tanımlanır. Böylelikle hidrolik modellemeye esas teşkil eden su bölümü çizgileri ve su mecraları tanımlanmış olur. Suyun hareketini modelleyebilmek için öncelikle suyun nereden gelip nereye gideceğinin bilinmesi gerekir [9].

Modelleme için HEC-RAS program kullanılmıştır. Amerikan Hidrolojik Mühendislik Merkezi, nehir ağlarında su yüzeyi profillerinin çıkarılması için HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) isimli bir hidrolik model geliştirmiştir [10]. Modelin sahip olduğu özellikler arasında veri depolanması

ve yönetimi, görsel ve yazılı rapor verebilme ve analiz sonuçlarının farklı amaçlar için taşınabilmesi yer almaktadır. Ayrıca model oldukça iyi tasarlanmış bir görsel kullanıcı arayüzüne sahiptir. HEC-RAS suyolu ağı veya tek bir nehir kolu için hem düzgün değişen hem de düzensiz değişen akım analizlerini gerçekleştirmektedir. Model ayrıca kritikaltı, kritiküstü ve karışık akım rejimlerine göre su yüzeyi profillerini çıkarmaktadır. Bu analizleri gerçekleştirirken tek boyutlu enerji denklemleri veya momentum denklemleri kullanılabilmektedir.

Enerji denklemlerinde aşınma katsayıları kullanılarak enerji kayıpları hesaplanmaktadır.

HEC-RAS modeli için gerekli coğrafi veriler CBS teknolojileri kullanarak hazırlanabilmektedir. Bu şekilde veri girişi daha hızlı ve daha hatasız olarak gerçekleştirilmektedir. Environmental System Research Institute (ESRI) ile HEC tarafından ortaklaşa geliştirilen HEC-GeoRAS alt programı ArcView programı altında çalışmakta ve HEC-RAS için geometrik veri üretebilmektedir. Aynı zamanda program, HEC-RAS su yüzeyi profillerini de CBS ortamına taşımaktadır [11].

2. İSTANBUL DERELERİNİN DURUMU VE TAVUKÇU DERESİ

2.1 İstanbul'da Sel ve Taşkın Alanları

İstanbul ili'ndeki drenaj problemlerini alansal ve noktasal olmak üzere iki kategoride sınıflayabiliriz. Alansal olanlar, kuru ve sulu dereler boyunca aşırı yağışlar neticesinde akışa geçen suların dere yatağı dışına taşması sonucunda oluşmaktadır. Noktasal problemler ise derelerdeki altyapılarda olan yetersizlikler (örneğin, köprü veya menfezlerdeki kesitlerdeki yetersizlikler) veya dere yataklarına yapılan müdahaleler (örneğin, çöp atılması ve sedimantasyon, kaçak yapılaşma) sonucunda ortaya çıkan problemlerdir. Noktasal problemler giderilmedikçe drene edilemeyen sular geniş alanlara yayılan taşkın problemlerine dönüşmektedirler.

Alansal problemler için günümüze kadar iki yaklaşım söz konusu olmuştur. İlk yaklaşım, derelerde oluşabilecek maksimum debilerin hesaplanması ve bu debinin drene edilebilmesi için gerekli olan dere ıslah yapılarının inşa edilmesidir. Fakat bu çalışmalar kapsam itibariyle taşkın alanı sınırlarını tanımlamaktan ziyade, daha çok problemleri giderecek mühendislik (dere ıslah) projeleri üretmek ve uygulamak biçimindedir. Bu amaçla içme suları havzaları dışında kalan derelerde, derelerin her iki tarafında 25 m'lik, toplamda 50 m'lik bant, dere ıslah yapıları, servis yolları ve yeşil alanlar için kamu kullanımına tahsis edilmekteyken, İSKİ görüşüyle 1/25000 ölçekli Nazım Plan çalışmalarında yeni bir yaklaşım getirilmiştir. Bu yaklaşımda esas olan standart sağlı sollu 25 m'lik bantlar değil, su toplama alanlarına bağlı değişebilen bantlar esas alınmıştır. İçmesuyu havzası dışında kalan derelerde uygulanacak koruma bantları, derelerin bakım ve temizliği, servis yolu, atıksu kollektör güzergahları, İSKİ ve diğer altyapı kurumlarının ihtiyacı için ayrılacak minimum mesafeler yağmur suyu toplama havzalarına göre aşağıda listelendiği şekliyle kademelendirilmiştir. Bu kademelendirme taşkın sınırlarıyla ilgili çalışmalar tamamlanıncaya kadar geçerlidir [12].

- 0-80 hektarlık yağmursuyu toplama havzası için derenin minumum sağında ve solunda 7,5 metre olmak üzere toplam 15 metre genişliğindedir.

- 80-130 hektarlık yağmursuyu toplama havzası için derenin minumum sağında ve solunda 10 metre olmak üzere toplam 20 metre genişliğindedir.
- 130-240 hektarlık yağmursuyu toplama havzası için derenin minumum sağında ve solunda 15 metre olmak üzere toplam 30 metre genişliğindedir.
- 240 hektar üzeri yağmursuyu toplama havzası için derenin minumum sağında ve solunda 25 metre olmak üzere toplam 50 metre genişliğindedir.

Bu yaklaşıma göre hazırlanan, projelerde belirtilen dere islah kesiti esas alınarak, bu kesitin sağında ve solunda minimum 25 metre olmak üzere 50 metre genişliğinde bir bant ayrılmalıdır [13].

İçme Suları Havzalarında Dere Mutlak Koruma Bantları taşkından korunmak maksadıyla kullanılmaktadır. Bu yaklaşım İstanbul ili dahilindeki derelerin önemli bir kısmını kapsamaktadır. İkinci yaklaşım ise, problemli derelere yönelik detaylı bir ön etüt yapılıp, taşkın sınırlarının tespit edilerek bu alanlara yönelik yapılaşma kısıtlamalarının getirilmesidir.

2.1.1 İstanbul'da problemli dereler ve dere ıslah projeleri

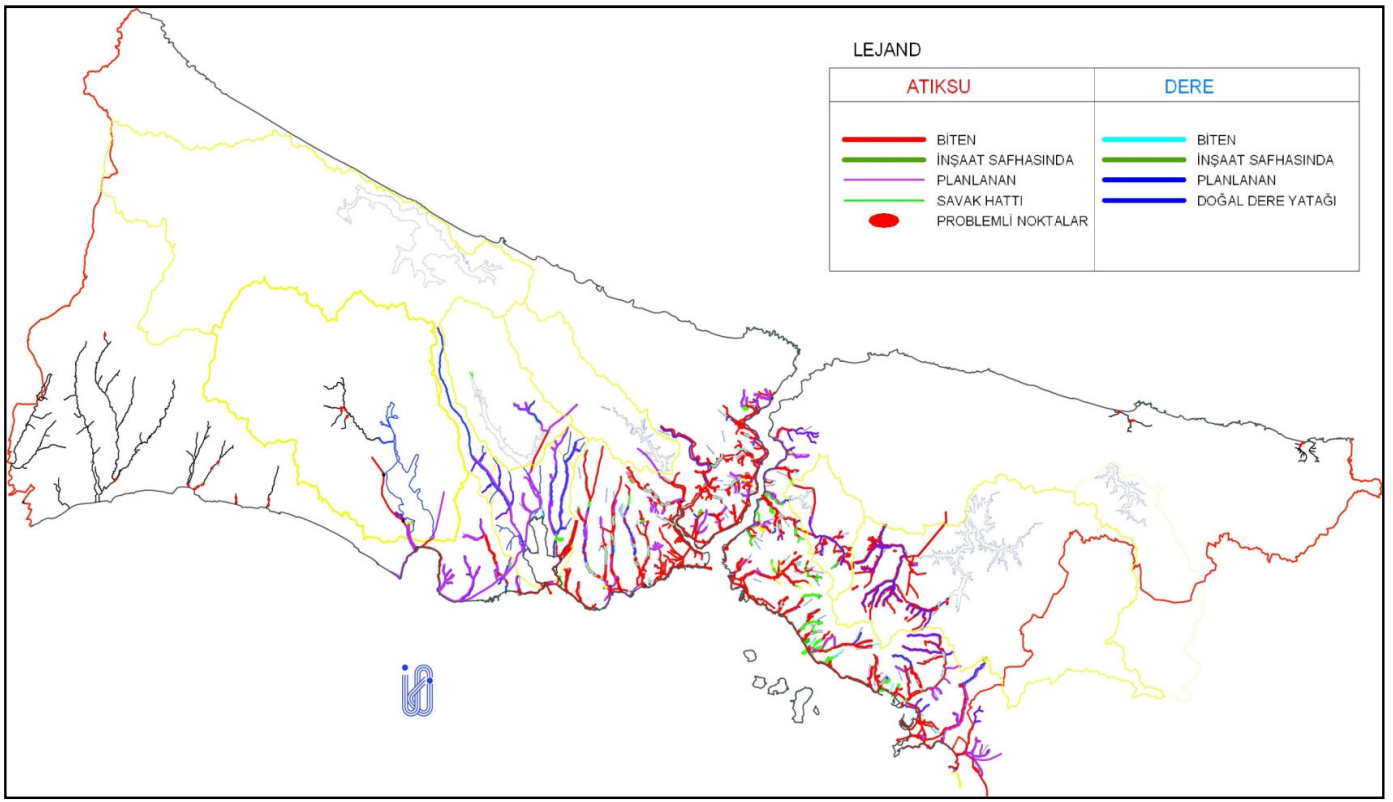
1998 yılında DSİ, İSKİ, İBB'nin yanı sıra, yerel yönetimlerin ve ilgili kaymakamlıkların katılımıyla İstanbul İli dahilinde meskûn sahalardaki problemli derelere yönelik bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada kaymakamlık ve belediye başkanlıklarına su baskınları ve zararları hakkında gelen şikayetler ele alınarak aşağıdaki listelenen hususlara yönelik noktasal ve dere yatağındaki konumuna göre değerlendirmeler yapılmıştır:

- Derelerin denize deşarj şartlarına uymaması sonucu oluşan problemler, su baskını yaratan yerler.
- Kapalı kesitlerin bulunduğu yerlerde yaşanan sıkıntılar ve kesitlerin yetersizliği sonucu oluşan problemler.
- Dere yatakları üzerinde imara uygun olmayan projesiz sanat yapıları ile ilgili problemler.
- Yapılaşmaların dere yataklarına ve vadilerindeki yerleşimlere gereken özeni göstermemesi sonucu oluşan problemler.

- Akışı etkileyen bitki örtüsü, çöp, moloz ve hafriyat dökümü veya sürüklenmeyle yığılan materyal sonucu oluşan problemler.
- Yıpranma veya altyapıların (örneğin, köprüler ve menfezlerin) yetersizliğinden kaynaklanan problemler.
- Akış katsayılarındaki değişmeler sonucu oluşan problemler.
- İlave veya doğrudan altyapıya ihtiyaç duyuran problemler.
- Yüzey ve atıksuları altyapılarının ayrıştırılmamış olması sonucu oluşan problemler.

Adı geçen çalışmada sorunlu olarak tespit edilen dereler belli başlı belirlenmiş problem kategorileriyle Çizelge 1'de listelenmiş, problem nokta ve hatları Şekil 1'de gösterilmiştir [14].

1999 yılında İstanbul Master Plan Konsorsiyumu (İMC) tarafından İSKİ Master Planı hazırlanmıştır. İSKİ Master Planında planlama sahası dahilinde bulunan toplam 106 dere için genel bir değerlendirme yapılarak projeler geliştirilmiştir. Çizelge 2'de bu derelerin nerede bulundukları, havza alanları, ıslah yapısı uzunlukları, projelendirme için kritik debileri (Q100 - m3/sn), proje inşa tarihleri ve iyileştirme programına alınanlar için yapılan iyileştirmenin durumu belirtilmektedir. İlgili dereler Şekil 1'de gösterilmektedir. Adı geçen derelerin uzunlukları 5 – 15 km arasında farklılıklar gösterirken, her dere için su toplama havza alanları 10 ha ile 40000 ha arasında değişmektedir. Birleşik dere sistemlerinde artan çatallaşmalarla bu değerler artabilmektedir [15].



Şekil 2.1 : Taşkın tehlikesi arz eden ve temizlenmesi gereken dere yataklarının tespiti (DSİ XIV. Bölge Md., İSKİ Genel Md., ve İBB., 1998) ve 2005 sonu itibariyle İSKİ çalışmalarında erişilen seviye (Avrupa ve Asya yakası dereleri İSKİ ekim 2005 bilgi notları)

Çizelge 2.1 : Taşkın tehlikesi arz eden ve temizlenmesi gereken dereler

Dere Adı	Bulunduğu İlçe ve Yetkili İdari Birim	Belirlenen Problemeli Nokta sayısı veya Problemli Hattın Konumu	Problem Katagorisi							
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Sarıyer Deresi	Sarıyer	3	*	*		*	*			
Çayırbaşı Deresi	Sarıyer	2				*	*			
Tarabya Deresi	Sarıyer	2	*	*						
İstinye Deresi	Sarıyer	1					*			
Baltalimanı Deresi	Sarıyer, Beşiktaş						*			
Ortaköy Deresi	Beşiktaş	4		*	*	*	*			
Ihlamur Dere	Beşiktaş	5		*				*	*	
Baruthane Deresi	Beyoğlu, Şişli	4	*	*			*			*
Kağıthane Deresi	Eyüb, Beyoğlu, Kağıthane, Şişli	0+000 – 12+270	*	*	*	*	*	*	*	*
Sular Caddesi	Kâğıthane	3				*	*	*		
Ferman Sokak Deresi	Kâğıthane	3		*		*	*			
Galata Deresi	Kağıthane, Şişli	1								*
Keçi Deresi	Kağıthane, Şişli	1					*			
Ayazağa Dere	Şişli, Sarıyer	4				*				*
Alibeyköy Deresi	Eyüp	4							*	*
Küçükköy Deresi	Eyüp, Gaziosmanpaşa	4		*						*
Baltalimanı Deresi	Beşiktaş, Sarıyer									
İslambey-Bülbül	Eyüp	4		*			*			
10. Yıl Deresi	Zeytinburnu	4		*			*			
Ayvalı Dere	Zeytinburnu, Bayrampaşa, Esenler	4	*			*	*			*
Çırpıcı Dere	Z.burnu,Güngören,Esenler,Bağcılar	4		*						*
Tavukçu Dere	Bakırköy, B.evler,Esenler,Bağcılar	8	*	*	*		*			
Ayamama Deresi	Bakırköy,B.evler,Küçükcekmece	9	*	*		*	*	*	*	*
Kanlıkuyu Deresi	Bakırköy,Küçükçekmece	3					*	*		
Hadımköy Deresi	Avcılar, Büyükçekmece,Çatalca	1	*			*	*			

Çizelge 2.1 : (Devam) Taşkın tehlikesi arz eden ve temizlenmesi gereken dereler

Dere Adı	Bulunduğu İlçe ve Yetkili İdari Birim	Belirlenen Problemeli Nokta sayısı veya Problemli Hattın Konumu	Problem Katagorisi							
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Harami Dere	Avcılar,Büyükçekmece	5				*	*		*	*
Çatalca İçi Derecikleri	Çatalca	4					*	*		
Aşağı Dere (Koca Dere)	Silivri	2				*	*			
Kırlangıç Deresi	Silivri	2				*	*			
Karılar Deresi	Silivri	5	*		*	*	*			*
Tuzla Deresi (Fener Dere)	Silivri	1	*				*			
Kula Deresi	Silivri	1					*			
Bağlık Deresi	Silivri	1			*		*			
Çayırdere (Köydere)	Silivri	1					*			*
Akbaba Deresi	Beykoz	4					*	*		*
Çubuklu Dere	Beykoz	1	*							*
Küçüksu Deresi	Beykoz,Üsküdar,Ümraniye	14	*			*	*	*		
İstavroz Deresi	Üsküdar	1	*	*			*		*	
Seyit Ahmet Deresi	Kadıköy	3								*
Kurbağalı Dere	Kadıköy,Üsküdar,Ümraniye	10	*				*			*
Turşucu Dere	Kadıköy	1		*						
Çamaşırcı Dere	Kadıköy,Maltepe	1		*		*	*			*
Büyükyalı Deresi	Maltepe	3					*	*		*
Esenyurt Deresi	Maltepe	2		*			*			
Tugay Deresi	Maltepe,Kartal	4					*			*
Pendik Deresi	Pendik	3	*				*			*
Kaynarca Deresi	Pendik	2					*			
Kemikli Deresi	Pendik	4	*			*	*	*		*
Tuzla Deresi	Tuzla	3		*					*	*
Tuzla İlçesi(Yağmur Suyu Havzaları)	Tuzla					*	*	*		

Çizelge 2.1 : (Devam) Taşkın tehlikesi arz eden ve temizlenmesi gereken dereler

Dere Adı	Bulunduğu İlçe ve Yetkili İdari Birim	Belirlenen Problemeli Nokta sayısı veya Problemli Hattın Konumu	Problem Katagorisi							
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Saz Dere	Tuzla, Gebze	2					*	*		
Uzun Dere	Sultanbeyli	6				*	*	*		
Paşaköy Deresi	Kartal,Sultanbeyli,Ümraniye	5		*	*	*	*	*		*
Darlık Dere	Şile	3	*			*	*			
Göksu Deresi	Şile	2	*					*		

Problemler veya Potansiyel Problemler

I. Derelerin denize mansap şartlarına uymaması sonucu oluşan problemler, su baskını yaratan yerler.
II. Kapalı kesitlerin bulunduğu yerlerde yaşanan sıkıntılar ve kesintilerin yetersizliği sonucu oluşan problemler.
III. Dere yatakları üzerinde imara uygun olmayan projesiz sanat yapıları ile ilgili problemler.
IV. Yapılaşmaların dere yataklarına ve vadilerindeki yerleşimlere gereken özeni göstermemesi sonucu oluşan problemler.
V. Akışı etkileyen bitki örtüsü, çöp, moloz ve hafriyat dökümü veya sürüklenmeyle yığılan materyal sonucu oluşan problemler.
VI. Yıpranma veya altyapıların (örneğin köprüler ve menfezlerin) yetersizliğinden kaynaklanan problemler.
VII. Akış katsayılarındaki değişmeler sonucu oluşan problemler.
VIII. İlave veya doğrudan altyapıya ihtiyaç duyuran problemler.

Kaynak: DSİ, İSKİ ve İBB (1998) çalışması raporlarından derlenerek hazırlanmıştır.

Çizelge 2.2 : İSKİ 1999 master plan çalışma alanındaki dereler

İnşaat Yılı	Dere No	Dere İsmi	Ana Toplama Havzası	Q_{100} Debi (m^3/sn)	Havza Alanı (ha)	Islah Yapısı Uzunluğu (m)	Yapılan İyileştirmenin Durumu
-	60,02	Metris	Güney Haliç	-	4 380	516	PTP
1995		Çırpıcı	Güney Haliç	148	1 728	12 975	KİP
	61,01	Soğuksu	Güney Haliç		1 560	243	PTP
	61,02	Çin Çin	Güney Haliç		1 650	175	PTP
2004	62,00	Kocasinan	Küçükçekmece	189	2 525	18 730	
	62,01	Kuru	Küçükçekmece		2 350	333	
	62,02	Tavukçu	Küçükçekmece		10 030	1 390	KİP
2005	63,00	Ayamama	Küçükçekmece	438	6 252	52 140	KİP
	63,01	Yenibosna	Küçükçekmece		4 350	462	
	63,02	Sefaköy	Küçükçekmece		37 170	5 638	KİP
	63,03	Kaynarca	Küçükçekmece		8 720	856	KİP
2002	64,00	Florya	Küçükçekmece	28	176	2 100	
2002	65,00	Kanlıkuyu	Küçükçekmece	52	352	3 770	KİP
2002	66,00	Kanarya	Küçükçekmece	52	295	2 200	
2006	67,00	Nakkaş	Küçükçekmece	317	4 195	31 630	PTP
	67,01	Menekşe	Küçükçekmece		17 220	2 350	PTP
	67,02	Hasanoğlu	Küçükçekmece		12 060	1 584	PTP
2007	68,00	Sazlıdere	Küçükçekmece	172	1 733	10 017	
2007	69,00	Tahtakale	Küçükçekmece	248	315	2 310	
2009	70,00	Eşkinoz	Küçükçekmece	32	7 669	64 780	
	70,01	Turan	Küçükçekmece		4 490	620	
2001	71,00	Ambarlı	Küçükçekmece	41	272	1 475	
2007	72,00	Haramidere	Küçükçekmece	314	5 054	27 000	
	72,01	Saadet	Küçükçekmece		1 830	274	
2007	73,00	Kavaklı	Küçükçekmece	120	1 755	11 930	
2006	74,00	Gürpınar	Küçükçekmece	58	497	2 450	
2008	75,00	Çukurbağları	Büyükçekmece	27	250	900	
2008	76,00	Sülüklügöl	Büyükçekmece	18	188	900	
2008	77,00	Kemer	Büyükçekmece	39	445	1 600	
2008	78,00	Fatih mah.1	Büyükçekmece	43	178	650	
2007	79,00	Fatih mah. 2	Büyükçekmece	31	108	1 075	
2008	80,00	Yoğurthane	Büyükçekmece	20	116	500	
2007	81,00	Rauf Ayanlı	Büyükçekmece	21	129	450	
2007	82,00	Güzelce	Büyükçekmece	43	255	2 050	
2007	83,00	Mandıra	Büyükçekmece	56	327	1 800	
2006	84,00	Güzelce Mevki i	Büyükçekmece	27	157	2 300	
2008	85,00	Kabaklar	Büyükçekmece	35	200	900	
2007	86,00	Kumburgaz	Büyükçekmece	51	327	1 450	
2009	87,00	Ayazma Mevkii	Büyükçekmece	17	108	1 900	
2008	88,00	Ayazma	Büyükçekmece	30	170	500	
2008	89,00	Kamiloba	Büyükçekmece	22	137	550	
2008	90,00	Soğukçeşme	Büyükçekmece	43	270	1 250	
2009	91,00	Yel değirmeni	Büyükçekmece	29	193	1 150	
2007	92,00	Celaliye	Büyükçekmece	13	70	850	
2008	93,00	Güvercin	Büyükçekmece	81	780	4 430	
2007	94,00	Selimpaşa	Silivri	23	161	850	
2008	95,00	Kocadere	Silivri	505	12 066	3 000	
2009	96,00	Kavaklar	Silivri	81	1 552	9 890	
2007	97,00	Kırlangıç	Silivri	38	529	2 400	
2009	98,00	Kırkkavaklar	Silivri	188	4 098	17 290	
2009	99,00	Fener	Silivri	192	6 140	4 550	
2008	100,0	Çamur	Silivri	64	1 574	1 790	
2008	101,0	Çamlı	Silivri	17	114	700	
2009	102,0	Kula	Silivri	170	19 198	3 890	
2007	103,0	Çanta	Silivri	115	7 639	3 670	
2009	104,0	Rumpınarı	Silivri	22	355	1 310	
2009	105,0	Damlıca	Silivri	15	229	750	
2009	106,0	Bostan	Silivri	58	2 079	820	

Çizelge 2.2 : (Devam) İSKİ 1999 master plan çalışma alanındaki dereler

İnşaat Yılı	Dere No	Dere İsmi	Ana Toplama Havzası	Q_{100} Debi (m^3/sn)	Havza Alanı (ha)	Islah Yapısı Uzunluğu (m)	Yapılan İyileştirmenin Durumu
2002	28,00	İstavroz	Küçüksu	72	448	4 020	PTP
	28,01	Küplüce	Küçüksu		900	113	PTP
	28,02	Karaağaç	Küçüksu		1 140	148	PTP
	28,03	Burhaniye	Küçüksu		950	124	PTP
2002	29,00	Bekar	Küçüksu	93	473	2 760	KİP
	29,01	Talimhane	Küçüksu		1 000	125	KİP
	29,02	Güzeltepe	Küçüksu		380	146	KİP
	29,03	Kirazlıtepe	Küçüksu		800	251	KİP
2004	30,00	Küçüksu	Küçüksu	226	2 119	18 230	
	30,01	Yavuztürk	Küçüksu		7 450	658	
	30,02	Ayazma	Küçüksu		7 710	1 007	
	30,03	Hamamlı	Küçüksu		480	90	
2004	31,00	Göksu	Küçüksu	89	639	5 130	PTP
2004	32,00	Dolaybağı	Küçüksu	11	54	400	
2004	33,00	Kavacık	Küçüksu	25	136	960	
2004	34,00	Çubuklu	Paşabahçe	142	1 192	10 300	PTP
	34,01	Kireçocağı	Paşabahçe		450	135	PTP
	34,02	Engürübağ	Paşabahçe		1 060	160	PTP
2005	35,00	Çiftehavuzlar	Paşabahçe	47	276	2 670	
2005	36,00	Cendere	Paşabahçe	21	131	650	
2005	37,00	Hürriyet Kor.	Paşabahçe	29	131	950	
2009	38,00	Beykoz	Paşabahçe	227	2 396	19 970	PTP
	38,01	Tokat	Paşabahçe		2 730	322	PTP
	38,02	Dereseki	Paşabahçe		15 720	1 920	PTP
2014	39,00	Harmancık	Sarıyer	198	2 815	10 230	
2014	40,00	Değirmendere	Sarıyer	111	1 614	7 650	
2000	41,00	Rumelikavağı	Tarabya	44	331	1 070	
1998	42,00	Sarıyer	Tarabya	60	640	4 500	
1998	43,00	Çayırbaşı	Tarabya	68	1 158	8 890	KİP
1998	44,00	Tarabya	Tarabya	40	233	540	KİP
2000	45,00	Kalender	Tarabya	16	69	400	PTP
1998	46,00	İstinye	Tarabya	65	564	3 360	KİP
1998	47,00	Baltalimanı	Baltalimanı	91	832	6 300	KİP
	47,01	Alman	Baltalimanı		2 150	306	
2009	48,00	Küçükbebek	Baltalimanı	6	37	520	
1998	49,00	Büyükbebek	Kuzey Haliç	9	67	780	
1999	50,00	Arnavutköy Mevkii	Kuzey Haliç	14	96	1 490	
1998	51,00	Ortaköy	Kuzey Haliç	58	404	2 290	KİP
	51,01	Sakaoğlu	Kuzey Haliç		970	87	
	52,02	Kurudere	Kuzey Haliç		600	67	
1997	52,00	Ihlamur	Kuzey Haliç	54	362	2 330	PTP
1998	53,00	Dolmabahçe Mevkii	Kuzey Haliç	10	60	1 010	
1996	54,00	Kasımpaşa	Kuzey Haliç	149	955	5 270	KİP
	54,01	Dolapdere	Kuzey Haliç		1 450	246	PTP
	54,02	Cindere	Kuzey Haliç		1 670	101	
	54,03	Feriköy	Kuzey Haliç		440	34	KİP
	54,04	Baruthane	Kuzey Haliç		2 990	314	KİP
1997	55,00	Kağıthane	Kuzey Haliç	236	15 697	35 390	KİP
	55,01	Galata	Kuzey Haliç		2 390	414	KİP
	55,02	Keçi	Kuzey Haliç		2 510	362	KİP
	55,03	Çömlekçi	Kuzey Haliç		4 320	2 132	
	55,04	Kurtkemeri	Kuzey Haliç		2 150	2 256	
1996	56,00	Alibeyköy	Güney Haliç	261	3 317	19 550	KİP
	56,01	Küçükköy	Güney Haliç		9 940	1 726	KİP
1995	57,00	Yenikapı	Güney Haliç	47	635	11 240	
1996	58,00	Surdışı	Güney Haliç	41	444	3 480	
1995	59,00	Seyit Nizam	Güney Haliç	18	93	1 950	
1996	60,00	Ayvalı	Güney Haliç	292	3 617	13 900	KİP

Çizelge 2.2 : (Devam) İSKİ 1999 master plan çalışma alanındaki dereler

İnşaat Yılı	Dere No	Dere İsmi	Ana Toplama Havzası	Q_{100} Debi (m^3/sn)	Havza Alanı (ha)	Islah Yapısı Uzunluğu (m)	Yapılan İyileştirmenin Durumu
			Toplam		772,292	165 112	
1999	1,00	Pancaroğlu	Tuzla	27	131	1 400	
2000	2,00	Sarpdere	Tuzla	56	529	3 300	
2000	3,00	Sazdere	Tuzla	385	5 349	37 800	
	3,01	Çayırova	Tuzla		2 850	494	
	3,02	Beyikdağ	Tuzla		4 500	642	
	3,03	Aşıroğlu	Tuzla		7 000	2 830	
	3,04	Suçıkan	Tuzla		3 850	578	
1999	4,00	Tuzla	Tuzla	280	3 747	33 200	KİP
1998	5,00	Yeşildere	Tuzla	27	130	1 350	
1998	6,00	Kurudere	Tuzla	35	111	1 250	
2001	7,00	Kemiklidere	Tuzla	440	6 187	50 200	İHP
1997	8,00	Kaynarca	Tuzla	67	405	3 400	
1997	9,00	Pendik Deresi	Tuzla	132	900	8 250	KİP
	9,01	Pendik	Tuzla		5 100	570	PTP
	9,02	Taşlıbayır	Tuzla		2 800	312	PTP
1996	10,00	Yalı Mah.	Tuzla	48	364	2 400	
1997	11,00	Topservi mah.	Tuzla	47	383	2 400	
1996	12,00	Çavuşoğlu mah.	Tuzla	49	136	800	
1996	13,00	Karlıktepe mah.	Tuzla	35	127	1 000	
1996	14,00	Savak	Tuzla	74	449	3 850	KİP
1996	15,00	Tugay	Tuzla	218	2 030	17 480	KİP
	15,01	Bülbül	Tuzla		2 600	253	KİP
	15,02	Panayır	Tuzla		3 350	180	PTP
	15,03	Tavşantepe	Tuzla		2 500	518	PTP
2002	16,00	Kör (Mezbaha)	Kadıköy	38	217	2 950	
2002	17,00	Esenyurt	Kadıköy	58	336	3 390	KİP
2002	18,00	Küçükyalı	Kadıköy	10	66	870	KİP
2004	19,00	İdealtepe	Kadıköy	150	1 025	8 180	PTP
	19,01	Ağıttepe	Kadıköy		480	95	PTP
	19,02	Narlıdere	Kadıköy		2 400	295	PTP
	19,03	Çobanlar	Kadıköy		2 880	369	PTP
2002	20,00	Çınar mah. 1	Kadıköy	31	125	860	PTP
2002	21,00	Çınar mah. 2	Kadıköy	84	335	840	PTP
2002	22,00	Çamaşırcı	Kadıköy	49	1 199	10 100	KİP
	22,01	Baruthane	Kadıköy		1 880	210	PTP
2001	23,00	Turşucu	Kadıköy	24	337	2 680	KİP
2001	24,00	Caddebostan	Kadıköy	31	157	1 890	
2001	25,00	Fenerbahçe	Kadıköy	31	155	550	
2003	26,00	Kurbağalıdere	Kadıköy	388	4 496	39 580	KİP
	26,01	Kasrıali	Kadıköy		2 010	215	PTP
	26,02	Ünalan	Kadıköy		920	4 068	PTP
	26,03	Ünalan 2	Kadıköy		2 050	295	PTP
	26,04	Karga	Kadıköy		600	50	KİP
	26,05	Uzunçayır	Kadıköy		8 300	3 700	PTP
	26,06	Esatpaşa	Kadıköy		1 960	420	KİP
	26,07	Kavaklık	Kadıköy		1 460	153	KİP
	26,08	Ayvacık	Kadıköy		1 520	98	KİP
	26,09	Küçükbakkalköy	Kadıköy		5 160	612	PTP
	26,10	Taşlıdere	Kadıköy		1 370	1 728	PTP
	26,11	Şeftali ve kolları	Kadıköy		3 090	1 335	PTP
	26,11	Akdeniz cad.	Kadıköy		800	114	
	26,11	1.Dere(Çakmak 1)	Kadıköy		1 370	153	
	26,11	2.Dere(Çakmak 2)	Kadıköy		800	157	
	26,11	Sazlıdere	Kadıköy		420	81	
	26,12	Acısu	Kadıköy		1 030	203	
	26,12	Çobançeşme	Kadıköy		5 550	676	
2002	27,00	Seyitahmet	Kadıköy	93	691	4 610	PTP
	27,01	Dilençkolu	Kadıköy		2 010	279	KİP

Planlanan duruma ait kısaltmalar PTP= Planlanmış ve tasdik edilmiş projeler İHP= İnşaat halindeki projeler KİP= Kısmen inşa edilmiş projeler İSKİ (1999), Cilt 4, Kısım 2

İSKİ Master Plan (1999) sonrası çalışmalara bakıldığında ise; 2005 Yılı Ekim Bilgi Notları'na göre belli başlı derelerin ıslahında gelinen son nokta tamamlanan ve planlanan olmak üzere Tablo 3'de ve Şekil 1'de özetlenmektedir. İstanbul'un meskun sahaları ve yakın çevrelerinde belirlenen derelerde toplam dere uzunluğu yaklaşık 614,8 km olup bunların ancak % 48'i kadarı ıslah edilmiş durumdadır (Çizelge 3). Geride kalan %52'lik kısım için de planlama ve uygulama çalışmaları devam etmektedir [16,17].

Çizelge 2.3 : Genel metraj tablosu

Toplam Dere Uzunluğu:	614.757 m
Toplam Planlanan Dere Islahı Uzunluğu:	320.151 m
Toplam Islah Edilen Dere Uzunluğu:	297.869 m

2.1.1.1 Avrupa yakası dereleri ve Tavukçu deresi

Avrupa Yakası'nda belirlenen derelerde toplam dere uzunluğu yaklaşık 332,8 km olup bunların % 55'i ıslah edilmiş durumdadır (Çizelge 4). Geriye kalan % 45'lik kısım için de planlama ve uygulama çalışmaları devam etmektedir.

Çizelge 2.4 : Avrupa Bölgesi genel metraj tablosu

Toplam Dere Uzunluğu:	332.770 m
Toplam Planlanan Dere Islahı Uzunluğu:	149.676 m
Toplam Islah Edilen Dere Uzunluğu:	183.094 m

Avrupa Yakası'nda Sarıyer İlçesi'nden başlayarak kıyı şeridi boyunca Büyükçekmece ve Çatalca ilçelerinde yer alan dereler de dahil olmak üzere tüm derelerde dere ıslah ve atıksu altyapı çalışmalarında varılan son durum oluşturmuş kapalı kesit miktarlarıyla beraber Çizelge 5'de özetlenmiştir.

Bizim çalışma alanımız olan Tavukçu deresi ise Gaziosmanpaşa Sultan Çiftliği bölgesinden doğup Bağcılar, Bahçelievler ve Bakırköy ilçelerinden geçerek Marmara denizine dökülmektedir. Tavukçu (Kocasinan) Deresinde yapılan ıslah çalışmalarının bazıları şunlardır:

- Dere ıslahı ve kollektörlerinin uygulama projeleri ve E5 üstü yağmursuyu uygulama projeleri hazırlanmıştır.

- Tavukçu Deresi'nin deşarj noktasını teşkil edecek Ataköy Arıtma Tesisi inşa edilemediğinden havzaya ait atıksular dere vasıtasıyla karışık sistem doğrudan denize akmaktadır.

- E-6 TEM üstü askeri sınıra kadar dere ıslahı ve atıksu kollektörleri ve bunlara ait bağlantılarının yapımı devam etmektedir. İşin kapsamında 305 m dere ıslahı yapılmıştır.

- E5 ile Bağcılar sınırı arasında yaklaşık 2280 m uzunluğundaki derenin ıslahı 2 aşamada planlanmıştır.

- E-5 ile deniz arası kesit olarak yetersiz olup dere ıslahı planlanmıştır.

- Su alma yapısı TEM otoyolu altında vardır.

Çizelge 2.5 : Avrupa Bölgesi'ndeki dereler ve Ekim 2005 tarihi itibariyle altyapıda erişilen son durum

Dere Adı	Havza Adı	Dere Kollarının Adı	İlçesi	Dere uzunluğu (m)			Atıksu Hatları (m)			Atıksu Mansabı	Kapalı Kesit Uzunluğu (m)
				Toplam	Yapılan	Kalan	Toplam	Yapılan	Kalan		
Rumelikavağı	Baltalimanı	Kilyos, Cami	Sarıyer	3702	-	3702	16928	9354	7574	Deniz (Baltalimanı Artıma Tesisi)	720
Sarıyer	Baltalimanı	Maden, Taşkıran, G3, Çırpıcı	Sarıyer	6650	1886	4764	20601	12356	8245	Baltalimanı Arıtma Tesisi	1351
Çayırbaşı	Baltalimanı		Sarıyer	3207	1921	1286	5601	3981	1260	Baltalimanı Arıtma Tesisi	27
Tarabya	Baltalimanı	Ferahevler Şalcıkır	Sarıyer	2553	1601	952	11856	7774	4082	Baltalimanı Arıtma Tesisi(Şalcıkır),Deniz	220
Kalander	Baltalimanı	-	Sarıyer	400	400	-	0	0	0	Baltalimanı Arıtma Tesisi	Tamamı
İstinye	Baltalimanı	Balaban,Derbent, Abc	Sarıyer	4175	4000	175	13960	13843	477	Baltalimanı Arıtma Tesisi	2330
Baltalimanı	Kuzey Haliç	Akatlar,Alman,Çilekli Kanlıkavak (İtü) Deresi	Sarıyer	10527	9566	961	22506	20103	2403	Baltalimanı Arıtma Tesisi	-
Büyükbebek	Kuzey Haliç	-	Beşiktaş	1013	-	-	-	-	-	Baltalimanı Ön Arıtma Tesisi	640
Küçükbebek	Kuzey Haliç	-	-	736	-	736	1549	1281	268		
Ortaköy	Kuzey Haliç	Ambarlı,Sakaoğu,Kuru	Beşiktaş	4843	4843	-	-	4443	-	Baltalimanı Ön Arıtma Tesisi	2750
Ihlamurdere	Kuzey Haliç	19 Mayıs,Fulya	Beşiktaş,Şişli	4044	2926	1118	8449	8449	-	Baltalimanı Arıtma Tesisi	2500
Kasımpaşa	Kuzey Haliç	Cindere,Dolapdere, Baruthane	Şişli,Beyoğlu	4650	4650	-	22817	15787	7030	Baltalimanı Arıtma Tesisi	2000

Çizelge 2.5 : (Devam) Avrupa Bölgesi'ndeki dereler ve Ekim 2005 tarihi itibariyle altyapıda erişilen son durum

Dere Adı	Havza Adı	Dere Kollarının Adı	İlçesi	Dere uzunluğu (m)			Atıksu Hatları (m)			Atıksu Mansabı	Kapalı Kesit Uzunluğu (m)
				Toplam	Yapılan	Kalan	Toplam	Yapılan	Kalan		
Kağıthane, Cendere, Kemerdere	Kuzey Haliç	Galata; Ayazağa, Keçi, Barbaros, Akarsu, Kemerburgaz Deresi	Eyüp, Şişli, Kağıthane	23000	13801	9199	43700	43700	-	Yenikapı Arıtma Tesisi- Baltalimanı Arıtma Tesisi	1900
Alibeyköy	Güney Haliç	Velidesu, Balıklıhavuz	Eyüp, Gaziosmanpaşa	8268	8268	-	22442	22442	-	Yenikapı Arıtma Tesisi	1268-8402
Küçükköy	Güney Haliç			9902	8050	1852	38961	35361	3600		
İslambey	Güney Haliç	-	GOP, Eyüp	1443	1443	-	3488	3488	-	Yenikapı Arıtma Tesisi	1433
Onuncuyıl	Güney Haliç	-	Zeytinburnu	3931	3931	-	6702	6702	-	Yenikapı Arıtma Tesisi	3931
Ayvalı	Güney Haliç	Soğuksu, Çinçin, Metris, Cicoz	Bayrampaşa, Esenler, Güngören, Zeytinburnu	10800	10600	200	19700	17500	2200	Yenikapı Arıtma Tesisi	5700-8300
Çırpıcı	Güney Haliç			10713	5672	5041	26072	20078	5994		
Kocasinan (Tavukçu)	Ataköy	Tavukcu; Kuru	Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy	16871	7276	9595	21184	10592	10592	Deniz	4490
Ayamama	Ataköy	Yenikapı, Kadıyakuplu, Kaynarca	Bağcılar, Küçükçekmece, Bakırköy	58800	32800	26000		108422		Deniz	8400
Yeşilova	K.çekmece	-	Küçükçekmece	2484	2484	-	7057	7057	-	Küçükçekmece Arıtma Tesisi	2484
Kanlıkuyu (Florya)	K.çekmece	-	Küçükçekmece, Bakırköy	3541	3541	-	9532	9532	-	Küçükçekmece Arıtma Tesisi	3541
Halkalı	K.çekmece	-	Küçükçekmece	4912	4912	-	9956	9956	-	Küçükçekmece Arıtma Tesisi	4712

Çizelge 2.5 : (Devam) Avrupa Bölgesi'ndeki dereler ve Ekim 2005 tarihi itibariyle altyapıda erişilen son durum

Dere Adı	Havza Adı	Dere Kollarının Adı	İlçesi	Dere uzunluğu (m)			Atıksu Hatları (m)			Atıksu Mansabı	Kapalı Kesit Uzunluğu (m)
				Toplam	Yapılan	Kalan	Toplam	Yapılan	Kalan		
Nakkaşdere	K.çekmece	Hasanoğlu, Menekşe, Çırıçır	Küçükçekmece	32180	-	32180	79903	41082	38821	Küçükçekmece Arıtma Tesisi	400
Sazlıdere	K.çekmece	-	Küçükçekmece	5385	5385	-	16594	8297	8297	Amabarlı Arıtma Tesisi	-
Tahtakale	K.çekmece	-	Küçükçekmece	3510	555	2955	10736	5368	5368	Amabarlı Arıtma Tesisi	
Eşkinoz	K.çekmece	Turan, Değirmendere, Karanlıkdere, Kanlıçeşme	Büyükçekmece	26129	-	26129	152956	76478	76478	Amabarlı Arıtma Tesisi	1500
Ambarlı	K.çekmece	-	Avcılar	1996	1216	780	-	1188	-	Küçükçekmece Arıtma Tesisi	1500
Haramidere	Ambarlı	Kıraç, Saadetdere	Büyükçekmece, Avcılar	27478	4685	22793	46352	26734	19618	Deniz	750
Kavaklı	Ambarlı	-	Kavaklı Belediyesi	9926	-	9926	30668	15334	15334	Deniz	-
Gürpınar	B.çekmece	-	Büyükçekmece İlçesi Gürpınar Beldesi	5000	-	5000	18402	9201	9201	Deniz	1700
Çatalca (Tahtakale)	B.çekmece	Çakıl, Tahtaköprü, Cevizli, Uzunçayır, Damlı, Çiftlik	Çatalca, Büyükçekmece	20000	-	20000	-	-	-	Büyükçekmece Ön Arrıtma Tesisi	1700

3. TAVUKÇU DERESİ HAVZASININ GENEL ÖZELLİKLERİ

3.1 Genel Tanımlar

3.1.1 Su havzaları

Su havzası dünya yüzeyinin üzerine düşen yağış sularını toplayarak düşük kotlu aşağıdaki bir noktaya ileten alanlara denir. Buralarda toplanan sular ya kendisinden daha büyük olan su toplama havzalarına veya doğrudan denizlere ulaşır.

Üzerine düşen her yağışın akışa geçen kısmını yüzey suyu olarak bu çıkış noktasına getiren noktaların tümünü çevreleyen alana, o çıkış noktasının su toplama havzası denir. Mühendislik hesaplamalarında bu havzanın yüzey alanını bilinmesi gerekir.

Topoğrafya haritasında çıkış noktası tespit edildikten sonra; orası merkez olmak üzere her yönde çizilen değişik doğrular üzerindeki ilk tepe noktaları bulunur; bu noktalara su ayırım noktaları denir. Su ayırım noktaları birleştirilerek su ayırım çizgisi oluşturulur. Bu gelişigüzel eğri çıkış noktasında her iki tarafta kendi üzerine kapanır.

Bir su toplama havzasının yüzeyi engebelidir. Su toplama havzası içinde çıkış noktasında biten ve buradan uzaklaştıkça yükseltisi artan; ama sağ ve solunda yükseltisi daha fazla olan, su taşıyan yollar vardır. Bunlara su toplama çizgisi denir. Bunlar aslında yağış sonrası yüzey akışını belirli doğal oluklardan toplayan yüzey şekilleridir [2].

3.1.2 Yüzeysel akış ve havza karakteristiği

Yüzeysel akış; bir su toplama havzasının; göller ve akarsu yüzey alanları dışındaki zemin alanlarına düşen yağışların ortaya çıkardığı akıştır [2].

Yüzeysel akışı etkileyen bir kavram da havza karakteristiğidir. Çünkü havza karakteristikleri havzanın üzerine düşen yağışı zaman içinde bir değişime uğratarak çıkış noktasında gözlenen akış haline getirir [18].

Bir su toplama havzasının üzerine düşen yağışlar (yağmur ve kar) tutma; sızma ve buharlaşma kayıplarından sonra su toplama havzasının yüzey şekillerine göre, önce ince tabakalar halinde genel mecralar dışındaki yüzeylerden yer çekimi etkisi ile yerel eğimleri kılavuzluğunda en yakın mecralara, buralardan da daha hızlı olarak topluca su toplama havzasının çıkış noktasına akar. İşte bu kayıpların çıkarılması ile akış (artık yağış) yüksekliği elde edilir [2].

Tutma kaybı denen yağışın bitkiler tarafında tutulan miktarı, bitki örtüsünün yaşı ve sıklığı ile yağışın özellikleri ve yılın mevsimine göre değişir. Büyüme mevsiminde düşen yağmurun %10-20'si bitki ve ağaçlar tarafından tutulabilmektedir. Bu tutma kayıpları yağışın başlangıcında belli bir değerde başlar, sonra hızla sıfıra yaklaşır.

Toprak yüzeyinden, göl ve barajlar gibi su yüzeyinden ortaya çıkan buharlaşmalar çoğunlukla bitkilerdeki terleme kayıpları ile bir arada değerlendirilir ve bu kayıplar evapotranspirasyon adını alır. Buharlaşma kayıpları, su dengesi, ısı dengesi ve kütle iletimi gibi metotlar ile bulunabilir. Ancak taşkınlar sırasında tutma, buharlaşma ve terleme kayıpları genelde az olduğu için proje akımı hesaplarında, bunlar ihmal edilir. Bu kayıplar yüzeysel akış başlamadan meydana geldikleri için genellikle 'başlangıç kayıpları' olarak sınıflandırılırlar [3].

Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı yerçekimi, kapiler ve moleküler gerilmeler etkisiyle zeminin içine süzülür, bu olaya sızma denir. Sızan su önce zemin nemini artırır ve yüzeyaltı akışını meydana getirir, geriye kalanı da derinlere sızarak yeraltı suyuna karışır. Sızma hem yüzeysel akış miktarını bir kayıp şeklinde etkilemesi, hem de zemin nemini meydana getirmesi ve yeraltısuyunun en önemli kaynağı olması bakımından önem taşır. Bu bakımdan bir yağış sırasında zemine sızacak su miktarının belirlenmesi gerekir [18].

Sızma kapasitesi, havza karakteristiğine bağlı çeşitli etkenlere bağlıdır. Bunlardan en önemlileri:

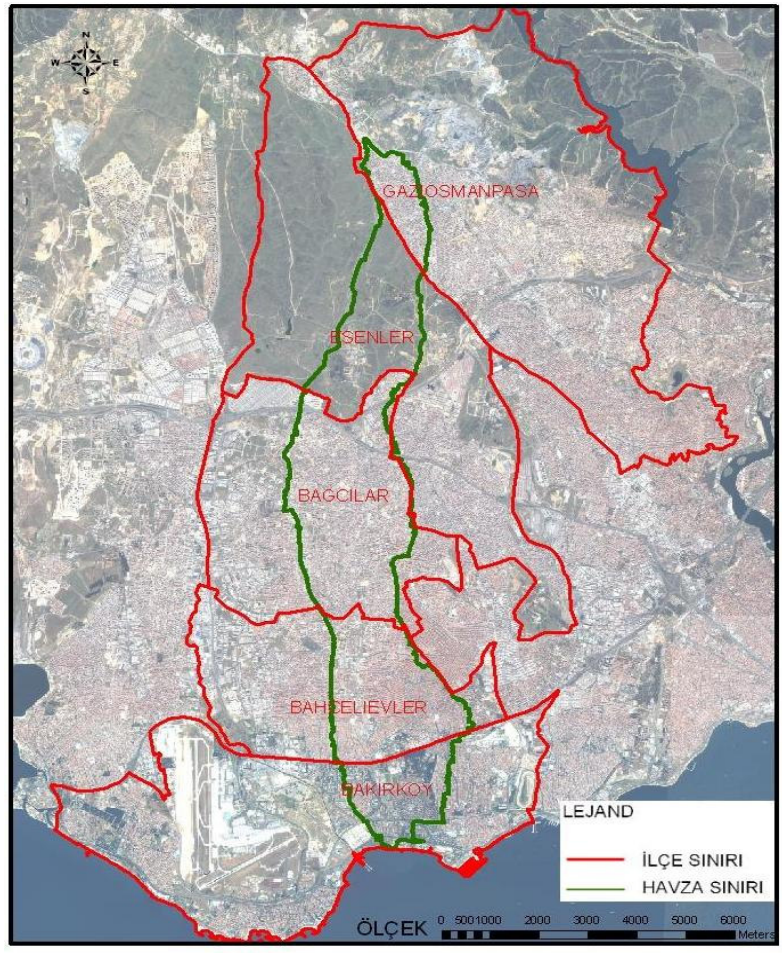
- Zeminin tane büyüklüğü ve geçirimliliği: Gevşek zeminlerde sızma hareketine karşı koyan direnç daha küçük olduğu için sızma kapasitesi daha yüksektir, genellikle porozitesi büyük olan zeminlerde sızma kapasitesi büyük olur.
- Başlangıç nemliliği: Islak bir zeminde kapiler boşluklar kısmen suyla dolmuş olduğundan sızma kapasitesi kuru zemine göre daha azdır.

- Bitki örtüsü ve organik maddeler: Bunların varlığı yüzeysel akışı engelleyeceği, suyun zemine girmesini kolaylaştıracağı, yağmur darbelerinin zemini sıkıştırmasına engel olacağı ve zeminin geçirimliliği artıracağı için sızma kapasitesini yükseltir [18].

Bir havzanın jeomorfolojik özellikleriyle hidrolojik özellikleri arasında yakın bir ilişki olması beklenir [18]. Bu ilişkiyi ortaya çıkarabilmek için çalışma alanımız olan Tavukçu deresi havzasının jeolojik, morfometrik, iklim ve hidrografik özellikleri incelenmiştir.

3.2 Jeolojik ve Hidrojeolojik Özellikleri

Havzanın jeolojisi ve zeminin cinsi morfolojik özelliklerini belirlediği gibi akışın zemine sızmasını yeraltı akışını da etkiler [18].



Şekil 3.1 : Tavukçu Deresi Havza'sının İstanbul ilçelerine göre yerleşimi

Tavukçu deresinin ilçelere göre konumu Şekil 2'de gösterildiği gibidir. Jeolojik açıdan İstanbul genelinde yapılmış çalışmalarda yapısal özellikler çok çeşitli olsa da ilçe bazında derlenmeye ve anlatılmaya çalışılmıştır. Bu nedenle Tavukçu deresi havzasının hangi ilçe sınırları içinde kaldığı önem kazanmıştır.

Bu çalışmada jeolojik özellikler; stratigrafi ve litolojik özellikler başlığı altında incelenmiştir.

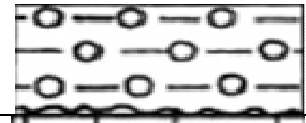
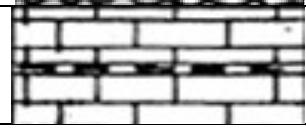
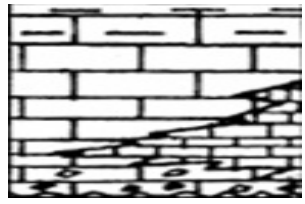
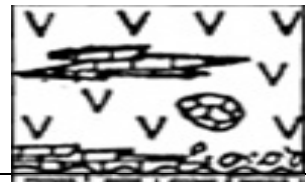
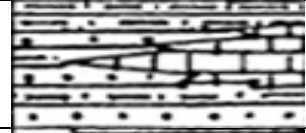
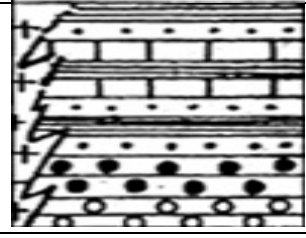
3.2.1 Stratigrafik ve litolojik özellikleri

İstanbul bölgesi ve çevresinde görünür temelde yer alan Paleozoyik yaşlı formasyonlar yakından incelendiklerinde, bunların kumtaşı (grovak), silttaşı ve kiltaşlarından oluştukları gözlenmektedir. 2000m kalınlığa ulaşabilen bu litolojiler çoğunlukla İstanbul Boğazı'nın doğusunu oluşturan Kocaeli Yarımadası'nın büyük bir kısmında mostra vermektedir. İstanbul Kocaeli Yarımadası'ndaki Paleozoyik, Ordoviziyen dönemiyle başlamakta ve 'Arkoz Serisi' olarak adlandırılan kırıntılı kayaçlardan oluşmaktadır. İstif üste doğru Silüryen yaşlı alacalı şeyl ve grovaklardan; Devoniyen, Kireçtaşı ve şeyllerden, Karbonifer dönemi ise çörtlerden, grovaklaradan ve silttaşlarından (Trakya Formasyonu) meydana gelmişlerdir [19].

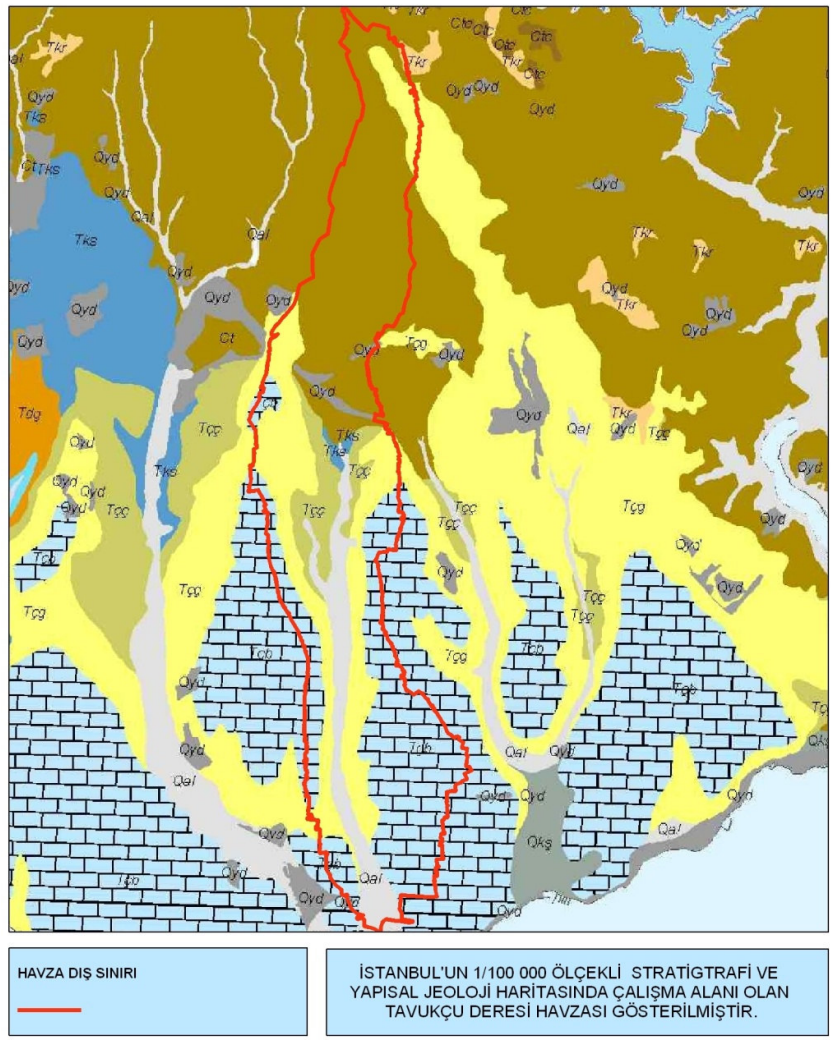
Paleozoyik istifini, kırmızı renkli bir konglomera –kumtaşı serisiyle başlayan Triyas yaşlı formasyonlar diskordan örtmektedir. Triyas üzerine ise Üst Kretase yaşlı açılı uyumsuzlukla transgresif olarak konglomera(Hereke Pudingleri) ve kireçtaşları ya da volkanitler gelmektedir. Bu oluşuklarım üst seviyeleri fliş, mam ve kireçtaşlarıyla devam etmektedir [20].

Yaygınca gözlenen Paleozoyik istifini oluşturan grovaklar üzerinde yer yer Eosen yaşlı ve Kırklareli Formasyonu olarak adlandırılan beyaz renkli, sert, kırıklı, yer yer marn, karbonatlı kumtaşı ara katkılı kireçtaşları örtmekte ve dirençli kaya niteliğindeki bu istif, kırıklı-karstik yapısıyla, yeraltısuyu açısından önemli bir akifer niteliği taşımaktadır. Daha üstte Neojen yaşlı genç çökeller, Eosen yaşlı formasyonlar üzerinde uyumsuz olarak gelişen karasal-gölsel oluşukları meydana getirmişlerdir. Bunlar alttan üste doğru aşırı konsolide kil (Gürpınar Formasyonu) çakıllı siltli kum (Çukurçeşme Formasyonu), bataklık ortam ürünü organik kil (Güngören Formasyonu) marn-kireçtaşları (Bakırköy Formasyonu) ve çakıllı kumlu killerdir (Samandra Formasyonu). İstanbul Bölgesinde özellikle Gürpınar ve Güngören Formasyonları'nın yaygın olarak yüzeylendiği kesimlerdeki yamaçlar, ve açılan şevler potansiyel heyelan alanlarını oluşturmaktadır [21].

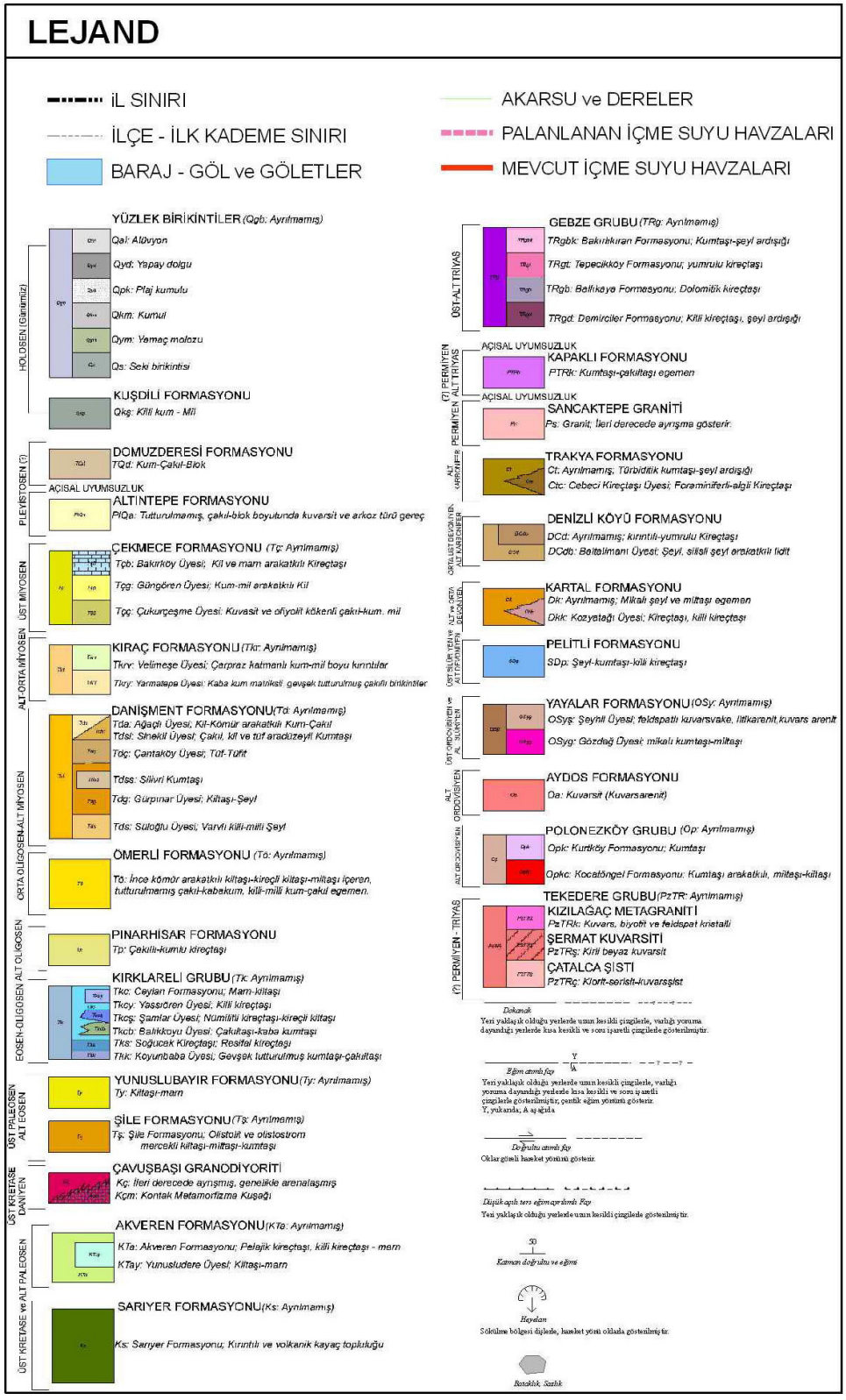
Çizelge 3.1 : İstanbul ve civarında genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon	Kalınlık (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuv	Hol	Bakırköy Samandra	5-20		KUM , SİLT, KİL (alüvyon) : Seyrek çakıllı
	TERSİYER	Pliyosen		10-40		SİLTLİ KİL : Kızıl renkli, kumlu, yuvarlak-az yuvarlak kuvarsit çakıllı, çok katı-sert, sıkı tutturulmuş
		Miyosen		20-30		KİREÇTAŞI-MARN : Beyaz, tebeşirimsi, maktralı, kil ara katkılı
			Güngören	10-30		KİL : Koyu gri, boz renkli, az karbonatlı ve siltli, bitki kırıntılı
			Çukurçeşme	20-30		KUM : Sarımsı gri, açık kahverenkli, Çakıl ve siltli, kil ara katmanlı, tutturulmuş veya çok gevşek tutturulmuş seyrek kireçtaşı bloklu
		Oligosen	Gürpınar	200		KİL : Grimsi yeşil renkli, aşırı konsolide, ince-orta-kalın katmanlı,yaygın kum mercekli, ince kömür bantlı
		Eosen	Kırklareli	>250		KİLTAŞI-MARN-KİREÇTAŞI : Beyaz, sarımsı bej, gri renkli, ince-orta katmanlı, bol fosilli RESİFAL KİREÇTAŞI : Beyaz, bej renkli, sert, karstik, orta-kalın katmanlı, bol fosilli ÇAKIL TAŞI- MARN : Grimsi bej renkli, bol grovak çakıllı, kum-slit-kil ardalanmalı
MESOZOYİK	KRETASE	Üst Kretase		>250		KİREÇTAŞI-LAV-TÜF : Grimsi, mor, kahve renkli, sert, yer yer çok ayrışmış, bloklu, çörtlü KİREÇTAŞI-KONGLOMERA-FLİŞ : Kahverenkli, ince-orta katmanlı, yanal geçişli
PALEOZOYİK	ORDOVİSİYEN → KARBON		Trakya	>1000		KUMTAŞI (Grovak) , SİLTTAŞI-KİLTAŞI : Mavimsi gri, kahverenkli, kireçtaşı mercekli SİLİSLİ ŞEYL-RADYOLARYALI ÇÖRT.
				>2500		YUMRULU KİREÇTAŞI : Mavimsi boz renkli KİREÇTAŞI-ŞEYL : Kumlu, siltli KİREÇTAŞI : İri, yumrulu KİREÇTAŞI-ŞEYL-SİLTTAŞI. KUMTAŞI-SİLTTAŞI-KUVARSİT. KUVARSİT: Beyazımsı gri, çok sert ARKOZ-ŞEYL: Alacalı, pembe, çapraz tabakalı KONGLOMERA-KUMTAŞI: Mor renkli, iri çakıllı, arkoz görünümlü (ölçeksiz)

İstanbul ve çevresinin Şekil 3'te verilen genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesitinden de görüldüğü üzere, İstanbul'un görünür temelinde Paleozoyik yaşlı çökeller yer almakta, bunlar arkozlardan başlayıp, değişik türde kumtaşı, silttaşı ve kiltaşı ardalanmaları şeklinde devam etmektedir. İstanbul'un çoğu yerinde yaygınca mostra veren birimler ise Gürpınar Formasyonu olarak isimlendirilen aşırı konsolide sert kil tabakası, onun üzerinde Çukurçeşme Formasyonu olarak nitelendirilen kum ağırlıklı bir çökel ve daha üstte tekrar Güngören Formasyonu olarak adlandırılan başka bir kil tabakası yer almakta, bu litolojilerin, yer yer birbiriyle girik oldukları gözlenmekte, daha üst seviyelere doğru gidildikçe marn-kireçtaşı ardalanmalı Bakırköy Formasyonu, bunun üzerinde de daha genç çökellerden Belgrad Formasyonu (Samandra Formasyonu) ve en üstte de genç alüvyal çökeller ile son bulmaktadır [22].



Şekil 3.2 : Havzanın stratigrafi ve yapısal jeoloji haritası



Şekil 3.3 : Stratigrafi ve yapısal jeoloji haritası lejantı

Tavukçu Deresi Havzası'nın Stratigrafi ve Yapısal Jeoloji Haritasından da anlaşılacağı üzere çalışma alanımız Çekmece Formasyonu; Bakırköy üyesi, Güngören üyesi ve Çukurçeşme üyesi ve Trakya Formasyonunun Cebeci Kireçtaşı üyesine ait özellikler göstermektedir. Bu formasyonların Litolojik özellikleri aşağıda açıklanmıştır [23].

3.2.1.1 Güngören Formasyonu (Gnf)

Sarımsı esmer-yeşil renkli kil, beyaz renkli marnlar ile bunlar arasında ince düzensiz tabakalı maktralı kalker, beyaz tebeşirimsi kalker seviyelerinden oluşur. Killer içinde marnlı kalker topakları vardır. Killer içinde ayrıca bitki sap ve yaprak izleri, silt ve kum mercekleri gözlenir. Killi kireçtaşı–kil ardalanımı Bakırköy kireçtaşına geçişte çoğalır. Killer ince tabakalı olup laminalıdır. Ayrıca içlerinde kum mercekleri bulunur. Yüzeye yakın yerlerde organik madde zenginleşmesiyle kahverengiye dönüşmektedir.

3.2.1.2 Bakırköy Formasyonu (Baf)

Bakırköy formasyonu, tabaka araları yeşil killi, genelde değişik kalınlıkta beyaz ve kirli beyaz renkli mactralı kireçtaşlarından oluşur. İnce tabakalı mactralı kalkerler arasında Melanopsisli ve Helix'li kalker seviyeleri görülür. Bakırköy formasyonu İstanbul'un tarihsel gelişim çağlarından beri taş gereksinimini karşılamıştır.

Formasyon tabanda kil ve seyrek kirli beyaz killi kireçtaşı ardalanımı ,ile başlıyan tatlı su fasiyesli; düzensiz tabakalanmalı, beyaz mikritik bir kireçtaşıdır. Aralarda yer yer yeşil ve mavi renkli killi ve marnlı düzeyler bulunur. Kireçtaşı yer yer oolitik ve teberişimsidir. İnceden kalına doğru değişen tabakalı boşluklu ve bol kırıklıdır. Bol bol fosil iç kalıplıdır.

3.2.1.3 Çukurçeşme Formasyonu (Çf)

Birim blok, çakıl ve kumdan oluşur. Bu litolojiler birbiriyle aşınmalı yüzeylerle ilişkili mercekler şeklinde ve büyük ölçekli düzlemsel yada tekne tipi çapraz tabakalıdır. Bazı merceklerin en üst kesimlerinde ince kil tabakaları bulunmaktadır. Karasal örgülü akarsu ortamında çökelmiş, bu kesimde maksimum tane boyu 35 santimetreyi bulan çakıltaşları yer alır. Bu örgülü akarsu fasiyesinin kalınlığı ortalama 35-40 m. civarındadır. Fakat yersel olarak büyük faklılıklar gözlenir.

Bu fasiyesin üstünde devresel gelişmiş bir diğer akarsu fasiyesi daha mevcuttur. Devreler menderesli akarsularda izlendiği gibi alt yüzleri aşınmalı ve kanallı yaygın olarak büyük ölçekli düzlemsel çapraz tabakalı kum matriksli çakıl ve bloklarla başlar. Çapraz tabakalanmanın yukarı doğru ölçeği küçülür. Litolojide çakıllı kum halini alır. En üst kesimde mikro çapraz laminalı ince kumlar izlenir. Tane boyunun giderek incelmesi ile kızılımsı kahverenkli çamurlara geçilir. Bu şekilde bir çok devre birbiri üzerinde görülür. Formasyonun en üst kesiminde mikro çapraz ve paralel laminalı silt ve killer egemendir. Kumlar genellikle mercekseldir. Daha yukarı doğru killerin egemen olmasıyla Güngören formasyonuna geçilir.

Genelde sarı, yer yer ince taneli olup gri, beyaz, kirli beyaz renkli, alt seviyelere doğru tane irileşmesi gösteren ve çakıllı seviyelere değişen çoğunlukla kuvars, kuvarsit, jasp, grovak, kili şist ayrışmış andezit çakılları ile sürüklenmiş ve kısmen cilalanmış kemik parçalı, çakıllı seviyelerde çapraz tabaklanması daha belirgin genelde çapraz tabakalı kumlardan oluşur. Çukurçeşmede üst seviyesi 30 santimetreye varan kuvars, grovakve killi şist çakıllı sarı, kırmızımsı bazı yerleri morumsu renkli kumlardan oluşur. Kumlar ince kil ve marn bantlı veya mercekli olup tebeşir ve kil topaklıdır.. Küçükköy de Çukurçeşme de bol omurga fosillidir.

Sarı, beyaz renkli, tutturulmamış veya az tutturulmuş, genelde tabakasız, yer yer çapraz tabakalı, diş ve kemikli, ince–orta taneli orta ve iyi boylanmalı kumlar, yer yer silt vekil bantlıdır. Pelcypod, gastropod, bitki fosilleriyle yer yer silisleşmiş ağaçlıdır. Bazı yerler bol mikalıdır. Sıkı ve çok sıkı zemin özelliğindedir. Büyükçekmece'den Küçükçekmece'ye doğru çapı küçülür. Çakıllı seviyeleri kırmızımsı, kahverenkli olup tane çapları 1-10 cm arasındadır. Kum içerisinde çakıl çepleri de olağandır. Az köşeli az yuvarlak olan taneler süt beyaz, kırmızı, yeşilimsi ve kahverenklidir. Çakıllar kuvars kuvarsit, opal, kalsedon, mikalı kumtaşı andezit, trakit, arkoz mikaşisttir. Birimin kalınlığı kuzeyden güneye doğru artmaktadır. Birimde tane boyu da kuzeye doğru büyür.

3.2.1.4 Trakya Formasyonu cebeci kireçtaşı üyesi (Trf)

Başlıca kireçtaşı, ile az miktarda killi kireçtaşı, kalkerli şeyl ve ikincil dolomit ile çörtlerden yapılıdır.

Cebeciköy kireçtaşı üyesi, tipik olarak Cebeciköy yakınlarında izlenir. Birime ait yüzlekler Gümüşdere köyü güneyindeki Karanlık derede yer alır. İlk defa Baykal ve Kaya (1963) yılında ilk defa formasyon bazında ve Trakya formasyonu üzerinde ayıtlamışlardır. Bazı çalışanlar ise Trakya formasyonu ile girik ve merceksel kireçtaşına eş tutarak, Trakya formasyonunun bir üyesi olarak kabul etmişlerdir.

Çamurluhan şeyl üyesiyle alt dokanağı uyumlu ve geçişlidir. Üstten Gümüşdere silisli şeyl geçişli dokanaklıdır.

Cebeciköy kireçtaşı üyesi başlıca mavimsi, koyu gri siyah sert masif, kalın ve çok kalın tabakalı kireçtaşı ise az miktarda killi kireçtaşı kalkerli şeyl ve birimin üst 15 m.lik kısmında yersel dolomitleşme ve silisle ornatımlı mangan bileşimli krinoidli psödosparitten yapılıdır. Çörtler taze kırılma yüzeylerinde koyu renkli, homojen ve dolomitik bir kuşakla sınırlanmış ince eklemli çıkıntılar meydana getirir. Masif kireçtaşlarında çört genellikle tabakalanmaya paralel yumru dizileri ince ve sık tabakalanmalı kesitlerde şeritler halinde bulunur.

Cebeciköy kireçtaşı üyesi özellikle foraminifer, mercan ve brakiyopod bakımından zengindir.

3.2.1.5 Alüvyon (Qal)

Alüvyonla, geç Kuvaterner de İstanbul yarımadasında mevcut olan çeşitli akarsu ortamlarında depolanmış, gevşek blok–çakıl-kum-kil den yapılmış çökellerdir. Genelde çapraz tabakalı ve devresel çökeller şeklinde olup kalınlıkları ve kendilerini oluşturan malzeme çevrelerine ve akarsuların fiziksel ve geometrik özelliklerine bağlıdır. Bu birim de Holosen yaşlıdır.

3.2.2 Jeolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri

İstanbul İli için jeolojik olarak ayırtlanmış jeolojik birimler için geçirgenlik değeri (K) 5 m/gün ve daha yüksek birimler Yüksek Geçirimli (YG), $1<K<5$ m/gün için Orta Geçirimli (OG) ve $K<1$ m/gün için Düşük Geçirimli (DG) olarak sınıflandırılmış ve Çizelge 6'da gösterilmiştir [24].

Çizelge 3.2 : İstanbul'da yer alan formasyonların litolojik ve hidrojeolojik özellikleri

Yaş	Ad	Kalınlık (m)	Litoloji	Geçirgenlik*, Verim ($m^3/gün$)
Holosen		3-50	Alüvyon, Kumul, Çamur	YG; 40-800
Miyosen	Belgrad	5-75	Çamurlu Kum, Çakıl	DG
Miyosen	Ergene	20-40	Kumtaşı, killi kumtaşı, kiltaşı	YG
Miyosen	Bakırköy	10-40	Kiltaşı ardalanmalı kireçtaşı	OG; 40-80
Miyosen	Güngören	30-45	Kum mercekli kil, marn	DG; 0,2
Miyosen	Çukurçeşme	2-50	Kil mercekli kum, çakıl	YG; 80-2500
Oligomiyosen	Meşetepe	100	Kumtaşı, kiltaşı, çakıltaşı, kömür	OG
Oligomiyosen	Kayalıtepe	100	Çakıltaşı, kumtaşı	DG
Oligosen	Gürpınar	300-670	Kumtaşı, kiltaşı	DG; 5-40
Oligosen	Danişmen	300-670	Kömür araseviyeli kiltaşı, kumtaşı	DG; 5-40
Oligosen		sokulum	Mikrodiyorit	DG
Oligosen	Süloğlu	100-400	Kömür bantlı kum, silt, kil	DG
Oligosen	Pınarhisar	5-80	Tüfit, kum, kil, marn araseviyeli kireçtaşı	OG; 80-250
Eosen- Oligosen	İhsaniye	100-200	Killi kumlu kireçtaşı, marn, kiltaşı, kumtaşı	OG
Eosen	Kırklareli-Kireçtaşı	50-125	Kumlu, killi kireçtaşı	YG; 1250-3500
Eosen	İslambeyli	30-110	Kumlu killi kireçtaşı, kumtaşı, marn	OG-AG
Kretase	Sarıyer (Riva, İshaklı)	1000	Lav, tüf ve aglomera araseviyeli marn, çakıltaşı, kumtaşı	DG
Kretase	Akveren	50-70	Killi kireçtaşı, şeyl	DG
Kretase	Çavuşbaşı	sokulum	Granodiyorit, kuvarsdiyorit	OG-AG
Jura-Kretase		sokulum	Granodiyorit	OG-AG; 25-250
Jura	Serves metagrovağı		Türbiditik kumtaşı, şeyl ve tüf	AG
Triyas	Mahya şistleri		Karbonat bantlı şist, fillat	AG
Triyas	Ballıkaya kireçtaşı	235	Kireçtaşı, karbontalı şeyl, dolomitik kireçtaşı	OG
Triyas	Kocatarla	85-125	Bazaltik lavlar	OG
Triyas	Bakırlıkıran	35-100	Kumtaşı, şeyl, marn	DG
Triyas	Erikli	80	Kumtaşı, silttaşı, şeyl	DG
Karbonifer	Trakya	500-1000	Türbiditik kumtaşı, şeyl, kireçtaşı	DG; 20-50
Karbonifer	Baltalimanı	75	Fosfatik yumrulu radyolarit, çört, silisifiye şeyl, kireçtaşı	AG
Devoniyen	Büyükada	200	Kireçtaşı, şeyl	OG
Devoniyen	Kartal	750	Şeyl, kumtaşı, kireçtaşı	DG
Silüriyen-Devoniyen	İstinye	300	Kireçtaşı, şeyl	DG
Silüriyen	Dolayoba	100	Resifal kireçtaşı	OG
Ordovisiyen-Silüriyen	Gözdağ	500	Feldispatlı kuvars kumtaşı, şeyl, kumtaşı, kireçtaşı	DG
Ordovisiyen	Aydos	10-100	Kuvarsit, Konglomera	DG
Ordovisiyen	Kurtköy	1000	Feldispatlı kumtaşı, şeyl, arkozik konglomera	DG; 20-50
Ordovisiyen	Bakacak	750	Yeşil kumtaşı, mor şeyl	DG

*-DG-Düşük Geçirimli (K< 1 m/gün); OG-Orta Geçirimli (1≤K<5 m/gün); YG-Yüksek Geçirimli (K≥5 m/gün),** Bu formasyon içerisinde açılmış 50-150 m arası derinlikte açılmış kuyularda elde edilen su ($m^3/gün$) cinsinden verimleri

3.3 Morfometrik Özellikleri:

Morfometri, arazinin sayısal olarak ifade edilmesidir. En basit olarak yüzey şekillerinin büyüklük, yükselti (maksimum-minimum ve ortalama) ve eğim özellikleriyle tanımlanmasıdır. Sayısal ölçümler, farklı arazi şekillerinin karşılaştırılması ve parametrelerin hesaplanmasında jeomorfologların daha objektif olmasını sağlarlar [25]. Jeomorfometri olarak adlandırılan morfometrik özelliklerin ölçüm ve analizi, CBS yardımıyla günümüzde, eskiye göre daha kolay ve otomatik olarak yapılabilmektedir [26].

Morfometrik özelliklerin analizi sonucu elde edilecek kantitatif verilerle, havzanın oluşum ve gelişmesinde rol oynayan etmenlerin daha iyi yorumlanabilmesi, taşkınların oluşmasındaki etki derecelerinin anlaşılabilmesi hedeflenmiştir.

Klasik yöntemler incelendiğinde, eldeki verilerle tüm havza alanında detaylı bir hesaplama yapılamayacağı için alanın özelliklerini yansıtacak formülasyonlar içermektedir. CBS teknolojisi, bazı ölçümlerin doğrudan SYM üzerinden yapılmasına olanak sağlamaktadır [27].

3.3.1 Sayısal yükseklik modelinin hidrolojide kullanılması

Morfometrik analizlerin yapılabilmesi için; Sayısal Yükseklik Modelleri kullanılmıştır. Sayısal Yükseklik Modeli ile konuma bağlı topoğrafik özelliklerin değişim bilgilerine kolaylıkla ulaşılabilmekte; sorgulanabilmekte ve analiz edilebilmektedir [27].

CBS yazılımları kullanılarak, grid formatındaki yükseklik verilerinden drenaj havzaları, drenaj ağları belirlenebilmekte ve drenaj havzası verileri hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamalar arasında hidrolojik analizde etkili olan alan, eğim, yön, akış uzunluğu, yüzey akış uzunlukları v.b. gibi birçok önemli değer bulunmaktadır [28].

Çalışma Alanına ait, Sayısal Yükseklik Modeli 2005 tarihli İstanbul İline ait fotogrametrik yöntemle üretilen 1/5000 ölçekli sayısal halihazır haritalar kullanılarak oluşturulmuştur.

Oluşturulan SYM'nin gerçek topoğrafik özellikleri yansıtabilmesi için halihazır haritalardan yükseltisi olan nesneler çıkarılmıştır. Yollar; toprak yollar; yol kotları; şevler; eş yükselti eğrilerine ait tabakalar kullanılmıştır.

ArcGIS; programına eklenen bu katmanlar ile ilk önce topoğrafik durumu gösterebilmek için Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ (ÜDA, ingilizcesi TIN) oluşturulmuş. Daha sonra bu verinin grid ifadesi olan Sayısal Yükseklik Modeli elde edilmiştir. (SYM, ingilizcesi DEM). ÜDA modelinde, yüzey birbirine bir kenarlarından değen farklı büyüklüklerdeki üçgenlerle ifade edilir [5].

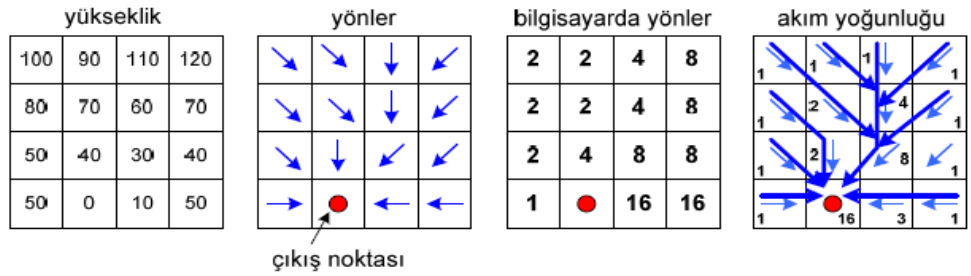
Konuma bağlı bilginin (yükseklik, jeoid ondülasyonu, gravite değeri vb.) üretiminin ve tüketiminin artması, konumsal bilginin modellenmesini ve gerektiğinde enterpolasyonla ara değer üretilmesini gerekli kılmıştır. Gelişen bilgisayar olanakları bu ihtiyacı daha kolay karşılanır hale getirmiştir. Fiziksel yeryüzü gibi düzgün olmayan yüzeylerin matematiksel olarak ifadesinde zorluklar vardır. Tam olarak ifade edilebilmesi için yüzeydeki tüm noktaların tanımlı olması gerekir ki bu da pratik olarak mümkün değildir. Uygulamada, yüzeyler örnekleme noktaları yardımıyla modellenir. Üçgenlemenin amacı söz konusu yüzeyi, birbirleri üzerine binmeyen üçgen elemanların toplamı şeklinde ifade etmektir [29].

SYM'de yüzey birbirine bitişik karelerle ifade edilir. Her karenin sadece tek bir yükselti değeri vardır. Yüzeyi gösteren kareler ne kadar küçük alınırlarsa yüzey o kadar aslına yakın gösterilmiş olur, ancak bu seferde bilgisayarda o kadar büyük hafızaya gerek duyulur ve işlemler fazla zaman alır [5].

Hidrolojide dijital yükseklik modellerini kullanan yöntemleri vardır. Bu yöntemler; Visual Basic ve ESRI nesne kütüphanesini kullanan bir ArcGIS araç çubuğu yardımıyla gerçekleştirilirler. Bu işlemler; drenaj yoğunluğunu nesnel olarak tahmin eden genelleştirilmiş kanal ağ çizmeni olarak tanımlanabilir. Bu işlem sırasında; Arazi eğriliği uzamsal değişken drenaj yoğunluğu olarak tanımlanır. Sayısal Yükseklik modellerinden tanımlanan çoklu akış yön alanı; suyun karada nasıl bir yol izleyeceğini anlamaya hizmet eder; ayrıca bu tanımlama topolojik olarak zemin altında devam eden taban akışıyla su kalitesi; erozyon ve arazi stabilite modellemesi açısından da yararlıdır. Oluşturulan yeni sayısal yükseklik modelinde; aşağı eğimin etkisi; yukarı eğimin bağımlılığı; azalan birikim; aşağı eğim birikimi ve iletilen birikimin sınırları gibi nicelikler tanımlanmıştır [30].

CBS'ye altlık oluşturmak için, topoğrafik haritalardaki su yolları ve harita paftaları üzerinde elle geçirilen havza sınırı çeşitli yöntemlerle sayısallaştırılabilir. Ancak havza sınırı bulunması ve su yolları çıkarılması CBS yazılımları tarafından eşyükselti eğrileri bilgisi veya SYM'den yararlanılarak otomatik olarak da yapılabilmektedir. Zaten CBS'nin önemli yararlarından biri de budur. Bu işlemin mantığı, küçük karelere bölünen alanda, suyun herhangi bir kareden etrafındaki en düşük seviyeli kareye doğru akacağı gerçeğine dayanır [31].

Bu işlem ilgili karenin çevresinde dört veya köseleri de ele alarak sekiz kare için yapılabilir. Bu şekilde ilerleyerek akarsu ağı da yavaş yavaş ortaya çıkarılmış olur. Daha sonra, havza çıkış noktası veya herhangi bir kesit düşünüldüğünde adım adım geriye doğru gidilerek akım yoğunluğu bulunur. (Sekil 6) ve sonunda suyunu o kareye akıtan bütün kareler yani havza ve dolayısıyla sınırı elde edilmiş olur [32].

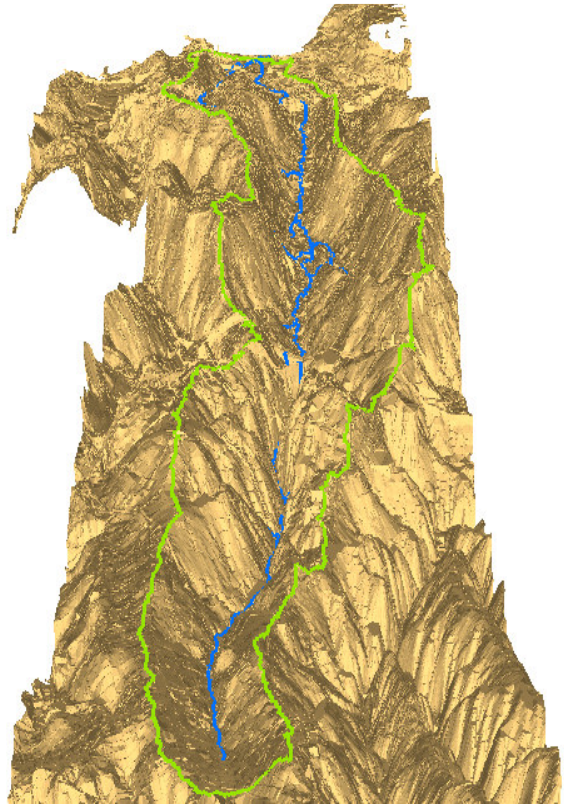


Şekil 3.4 : Sekiz yönlü durumda akım yoğunluğunun çıkarılması

3.3.2 Tavukçu deresi havzasının morfometrik özelliklerinin belirlenmesi

Coğrafi bilgi sisteminde bir havza sınırının belirlenmesi için, öncelikle su akış yönleri modeli oluşturulmalıdır. Su akış yönleri modeli, SYM'deki hücrelerin sahip olduğu yükseklik değerlerine göre suyun olası akış yönlerinin bulunması olarak tanımlanabilir. Bu model oluşturulurken havza modellemesinde geçerli yaklaşımlardan biri olan D8 yaklaşımı (sekiz akış yönü) kullanılmıştır [33,34]. Bu model üzerinde, hücrelerin değerlerine bağlı olarak, her bir hücreye gelen akış miktarı, birikimli olarak toplanmakta ve akış toplanma modeli elde edilmektedir [33]. Akış toplanma modeli üzerindeki en büyük değere sahip grid noktası, çalışma alanındaki en büyük havza sınırının çıkış noktasını ifade eder. Bu çıkış noktasına doğru olan tüm grid hücreleri söz konusu havzaya ait olup, bu hücrelerin dış sınırları havzanın sınırını belirlemektedir [33]. Bulunan havza sınırını çizgisel olarak göstermek için Grid-poligon dönüşümü ile havza sınırı poligon özellikli bir kapsama (Coverage) aktarılmış ve bu kapsamın öznitelik tablosunda havza alanı ve çevresine ilişkin bilgiler otomatik olarak hesaplanmıştır.

Şekil 7'de verilen örnekte, bu yolla SYM'nden elde edilen Tavukçu Deresi Havzası üç boyutlu olarak akarsu ağı ve su toplama havzası sınırlarıyla birlikte görülmektedir



Şekil 3.5 : SYM'den elde edilen su toplama havzası ve akarsu ağı

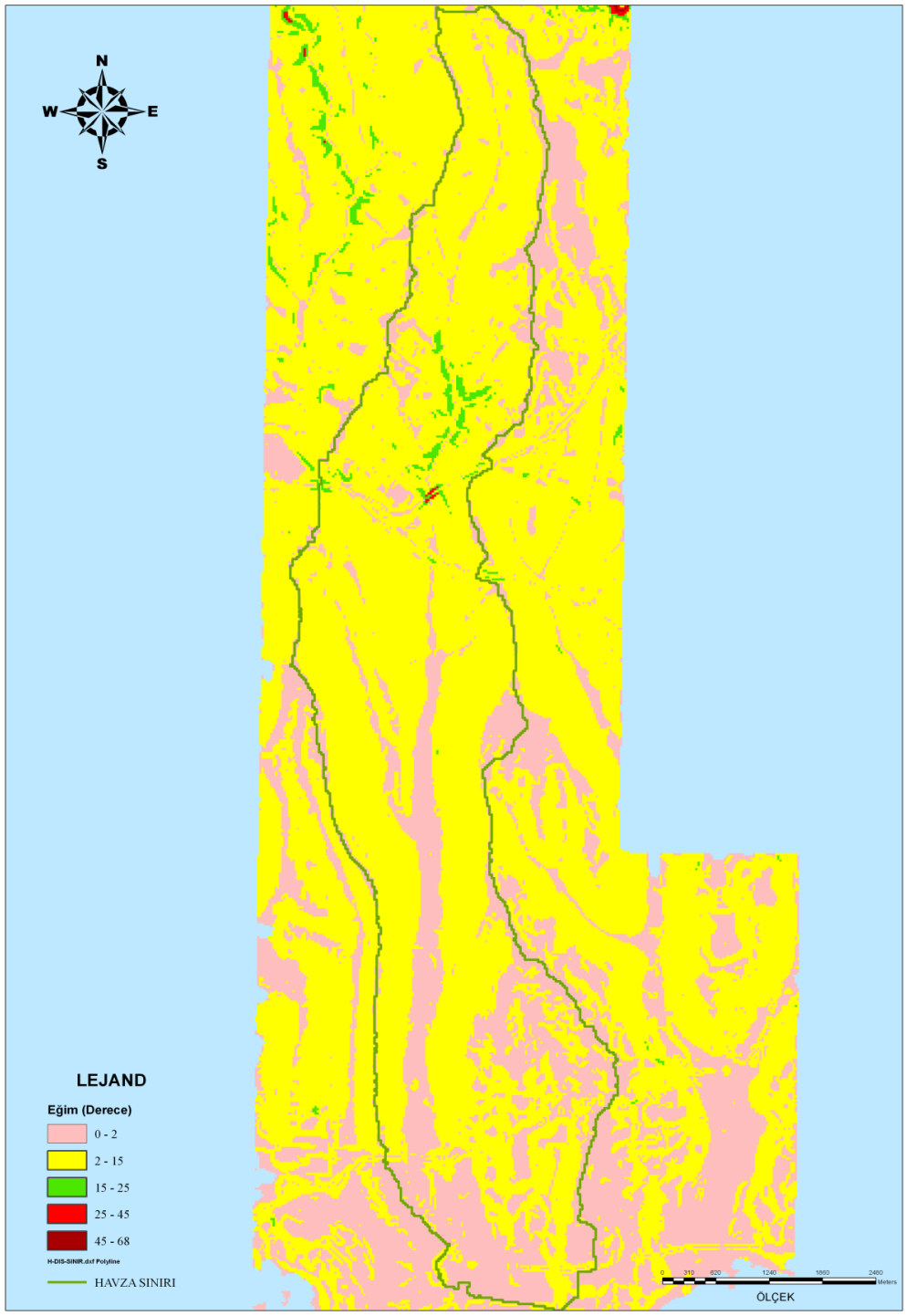
3.3.2.1 Eğim özellikleri

Havzanın eğimi; klasik yöntemlerle bir topoğrafik haritadan belirlenir. Havzanın en yüksek ve en alçak noktalarının kotları Z_{max} ve Z_{min} olduğuna göre eğim yaklaşık olarak $(Z_{max}- Z_{min})\sqrt{A}$ şeklinde de hesaplanabilir. Havzanın eğimi arttıkça, akışın yıl içindeki dağılımının düzensizleştiği, geçiş süresinin küçüldüğü, birim alandan gelen maksimum debinin arttığı gözlenir [18].

Bütün koşulların aynı olması şartıyla, eğimin fazla olduğu alanlarda yağışla gelen suların toprağa sızması eğimin az olduğu alanlara nispeten daha azdır. Bunun sonucunda da yağmur suları direkt akışa katılırlar. Bu da akım değerini fazlalaştırır. Özellikle bitki örtüsünden yoksun olan alanlarda erozyonel faaliyetleri başlatır ve akarsuyun taşıdığı sediment miktarını arttırır [1].

Havza için eğim haritası 1/5000 ölçekli topoğrafik haritalar baz alınarak üretilen SYM verisinden elde edilmiştir. Şekil 8'de tavukçu deresi havzasına ait eğim haritası gösterilmiştir.

Eğim değeri derece cinsinden olup; eğim sınıflaması Verstappen, 1983 ve Bogomolov, 1963 baz alınarak yapılmıştır [35,36]. Baz alınan aralık değerleri Çizelge 7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.6 : Tavukçu deresi havzası eğim haritası

Çizelge 3.3 : Tavukçu deresi havzasının eğim özellikleri

Eğim(˚)	Morfolojik Tanımı
0-2	Çok az eğimli (Düz)
2-15	Az eğimli
15-25	Hafif Eğimli (Orta)
25-45	Dik
45-<(68)	Çok Dik

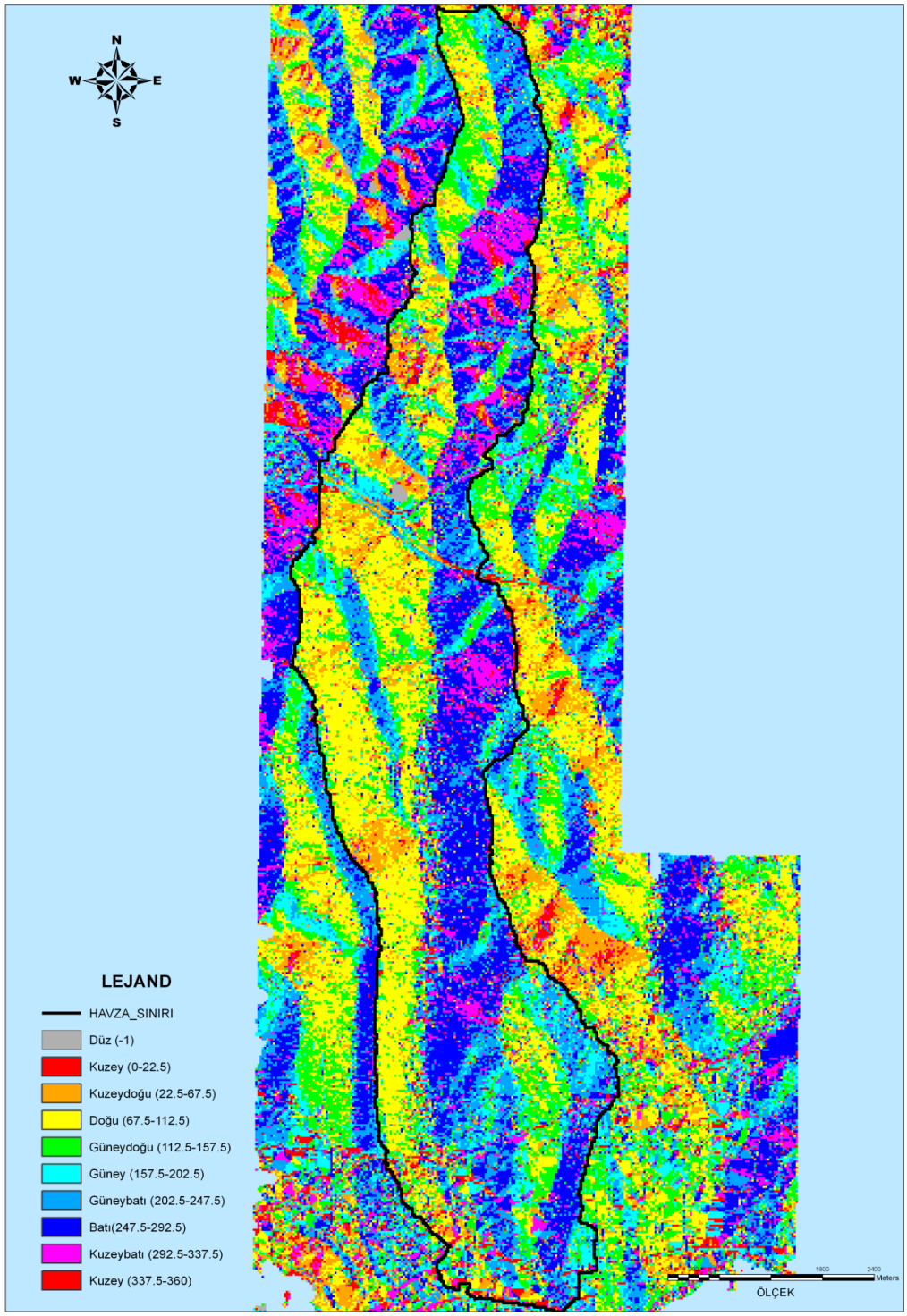
Tavukçu Deresi havzasının eğim değerleri incelendiğinde ortalama eğim değeri, 4˚ olarak bulunmuştur. Eğimin artış gösterdiği bölge; TEM yolunun havzayı kestiği bölgedir. Ayrıca yollardaki geçirimsiz kaplamalı yüzey ile toplanan ve yüzeysel akışa geçen sularda bu noktada tavukçu deresi havzasına katılmaktadır.

3.3.2.2 Bakı özellikleri

Ülkemizin kuzey yarımkürede yer almasından dolayı genel olarak güneye bakan yamaçlar, kuzeye bakan yamaçlara oranla daha fazla kısa dalgalı güneş radyasyonunu alırlar. Buna karşın doğu ve batıya bakan yamaçlar daha orta derece bir etkiye sahip olurlarken, doğuya bakanlar sabahları fazla, batıya bakan yamaçlar ise akşamları daha fazla güneş ışığı alırlar [37].

Bakının etkisiyle kuzey ve güney yamaçlardaki jeomorfik proses üzerinde bazı farklılıklar ortaya çıkar. Bunlar, kuzeye bakanlara göre daha fazla radyasyon alan güneye bakan yamaçlarda, evapotranspirasyon oranı fazlalaşır ve yağmurdan sonra bitki örtüsünde ani bir su ihtiyacı doğar. Bunun sonucu olarak bitki örtüsü daha seyrek olup ve kuraklığa dayanıklı türlerden oluşur. Seyrek bitki örtüsünün olduğu yerlerde yüzeysel akış daha fazla olmakla birlikte erozif faaliyetlerde artış gösterir. Kuzeye bakan yamaçlar ise toprak nemliliğini yağıştan sonrada uzun bir sure muhafaza eder, böylelikle nemliliği seven bitki örtüsü gelişir. Bu da toprak oluşumu için uygun şartlar sunar. Bu özellik infiltrasyonu arttırıcı ve yüzeysel akışı azaltıcı bir etki oluşturmasına karşın derin toprak oluşumu ve yüksek nemlilik içeriğinden dolayı kütle hareketleri için uygun şartlar sağlar [38,39].

Tavukçu deresi havzasının bakı özellikleri; Şekil 3.9’ da gösterilmiştir. Bu özellikler değerlendirilmesi için; yönler 4 ana yön olarak düşünülürse; batıya dönük yamaçlar havza içinde fazlalık göstermekte ve bunu sırayla doğu, güney ve kuzey izlemektedir.



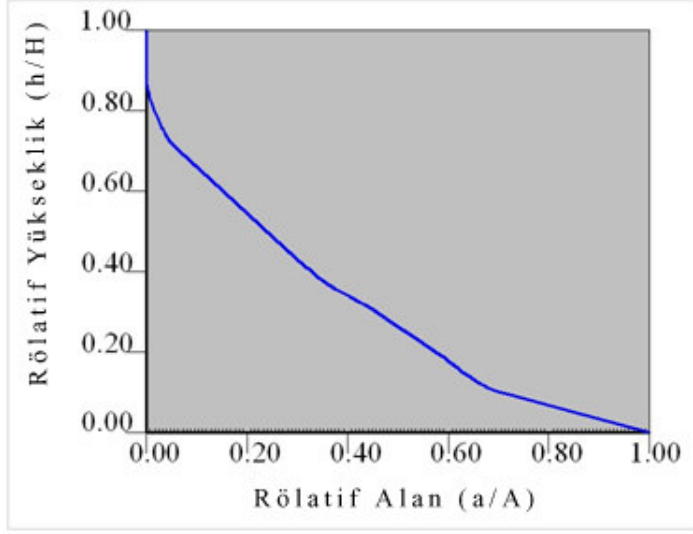
Şekil 3.7 : Tavukçu deresi havzası bakı haritası

3.3.2.3 Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral

Hipsometrik eğriler, üzerinde çalışılan bölgenin yükseklik dağılımını gösterirler. Hipsometrik eğri, toplam yükseklik oranının (h/H= Rölatif Yükseklik), toplam alana (a/A= Rölatif Alan) karşı izdüşürülmesiyle belirlenir [40]. Rölatif alan (a/A) değeri her zaman için rölatif yüksekliğin (h/H) 0.0 olduğu havzanın en alçak noktasından, rölatif yüksekliğin (h/H) 1.0 olduğu havzanın en yüksek noktasına, 1.0 ile 0.0 arasında değişiklik gösterir [25].

Çizelge 3.4 : Hipsometrik eğri değerleri

Yükseklik (h)	Max. Yükseklik (H)	Alan (a) (m²)	Havza Alanı (m²)	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	200	28549482	28549482	0.00	1.00
20	200	25168075	28549482	0.10	0.88
40	200	20690427	28549482	0.20	0.72
60	200	16180828	28549482	0.30	0.57
80	200	11672350	28549482	0.40	0.41
100	200	8680820	28549482	0.50	0.30
120	200	5424254	28549482	0.60	0.19
140	200	2294146	28549482	0.70	0.08
160	200	526667	28549482	0.80	0.02
180	200	42662	28549482	0.90	0.00
200	200	0	28549482	1.00	0.00



Şekil 3.8 : Tavukçu deresi havzası hipsometrik eğrisi

Tavukçu Deresi Havzasında; yükseklik aralığı 20 metre alınarak hipsometrik eğri oluşturulmuştur. (Çizelge 3.2, Şekil 3.10) Yükseklik değerlerin hesaplanması için; ArcGIS programında; daha önce elde edilen TIN dosyasından Spatial Analyst modülü yardımıyla 20 metre de bir eşyükselti eğrileri oluşturulmuştur.

Hipsometrik integral, hipsometrik eğri altında kalan toplam alandır ve çalışılan drenaj havzası için hipsometrik eğriyi karakterize etmenin en basit yoludur [25]. İntegrali hesaplamanın formülü aşağıdaki gibidir [41,42].

$$\mathrm{HI} = \frac{\text{Ortalama Yükseklik} - \text{Minimum Yükseklik}}{\text{Maksimum Yükseklik} - \text{Minimum Yükseklik}} \quad \textbf{(3.1)}$$

Havza için oluşturulan SYM'nin histogram değerlerinden yararlanılarak Havza için hipsometrik integral hesaplandığında;

$$\mathrm{HI} = \frac{75 - 0}{198 - 0} = 0.38$$

değeri elde edilir. Hipsometrik integral (HI) değeri, havza yükseklik değişiminin ortalama değere göre konumunu belirler. Böylelikle HI değeri (eşitlik 1) 1-0.5-0 aralığında genç-denge-olgun aşamalarını ifade eder. Benzer bir sınıflandırma ile hipsometrik eğrinin dışbükey- içbükey formunun değişimi de benzer bir yorum üretmeyi olanaklı kılar [43]. Tavukçu deresi havzası için hesaplanan hipsometrik integral değeri havzanın dengeye ulaşmış ve olgunluk safhasına yaklaşmış olduğunu göstermektedir.

3.3.2.4 Akarsu Uzunluk-Gradyan İndeksi (SL İndeks)

SL indeksi bir akarsu profili boyunca sabit bir yükseklik değişimi için gereken uzaklığa bağlı olarak hesaplanılır. SL indeksi öncelikli olarak bir akarsu profili boyunca akarsuyun gücünü yansıtan bir değerdir ve bu değer de akarsuyun yatağını kazması ve sediment taşıması anlamında önemlidir. SL indeksi aynı zamanda da profil boyunca ani değişimlere karşı da hassastır ve bu hassasiyet de bölge morfolojisinin gelişiminde yapısal ve litolojik kontrolün etkisinin belirlenmesine yardımcı olur [43].

SL indeksinin ortaya konabilmesi için kullanılan formül aşağıdaki gibidir [25].

$$\mathrm{SL} = (\Delta H / \Delta L) * L \quad \textbf{(3.2)}$$

Bu formülde,

ΔH = Hesaplanan kolun yükseklik değişimi (m)

ΔL = Kolun uzunluğu (m)

$\Delta H/\Delta L$ = Akarsu yatak eğimi (gradyan)

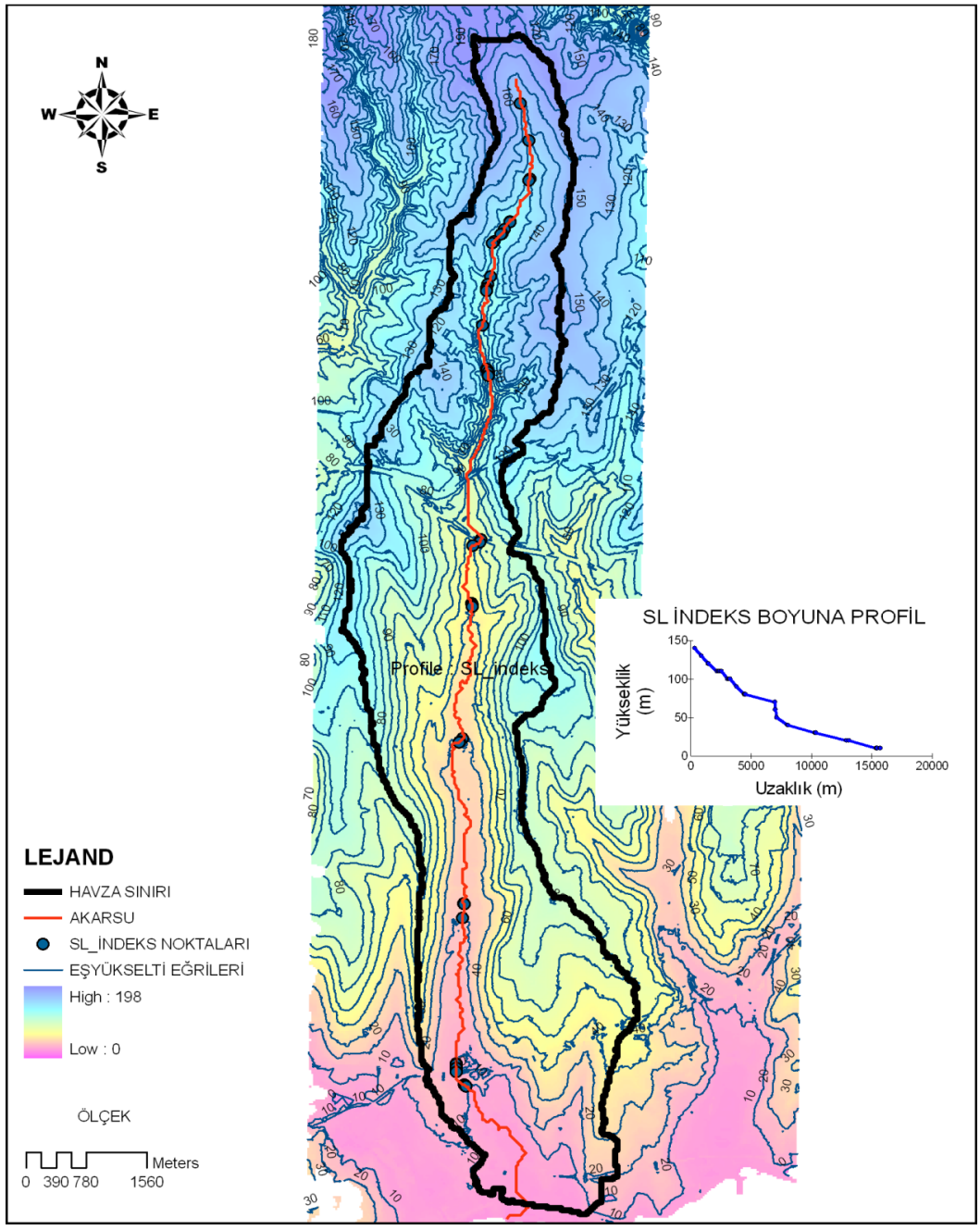
L = İndeksin hesaplandığı yerden vadinin en yüksek noktasına kadar olan mesafedir.

Bu hidrolik değişken, akarsuyun eğimi ve su yüzeyinin eğimi ile denetlenir. Su yüzeyinin gradyanı kanalın eğimi ile doğru orantılıdır. Dere yukarı toplam kanal uzunluğu ile kanalı doldurmak için gerekli boşaltım miktarı arasında da doğrudan bir ilişki vardır. SL indeksi kanal eğimine son derece duyarlıdır. Bu nedenle SL indeksi kullanılarak tektonik aktivite, kaya dayanımı ve topoğrafya hakkında veriler elde edilebilir [44].

Tavukçu Deresi havzasının SL indeksini elde edebilmek için 10 metre aralıklarla alınan eş yükselti eğrileri kullanılmıştır. ArcGIS Easy Profiler modülü kullanılarak eşyükselti eğrileriyle; akarsu ana kolu çakıştırılmış ve çakışma noktalarında elde edilen noktalar bize; öznitelik tablosunda iki nokta arasındaki mesafeyi vermiştir. Bu uzunluk ve yükseklik verileri kullanılarak, ana kolun eşyükselti eğrisiyle çakıştığı her noktada SL indeksi bulunmuştur. (Çizelge 3.3, Şekil 3.11)

Çizelge 3.5 : Çakışma noktalarının SL indeks değerleri

Nokta No	Yükseklik Değişimi (ΔH)	Kolun Uzunluğu (ΔL)	Toplam Mesafe (L)	SL
0-1	7.34	345	345	7
1-2	10	558	903	16
2-3	10	583	1487	25
3-4	10	1079	2566	24
4-5	10	712	3278	46
5-6	10	537	3815	71
6-7	10	745	4560	61
7-8	10	2427	6988	29
8-9	10	37	7025	1875
9-10	10	110	7135	648
10-11	10	940	8075	86
11-12	10	2310	10385	45
12-13	10	2734	13119	48
13-14	10	2615	15734	60
14-15	10	2628	18361	70



Şekil 3.9 : Tavukçu deresi SL indeks noktaları

SL İndeks boyuna profili incelendiğinde TEM'in tavukçu deresi havzasını kestiği noktada SL indeks değerinin arttığı görülmektedir. Bunun nedeni, yola ait şevlerin oluşturduğu ani yükseklik farkları olarak yorumlanabilir. Tavukçu deresine ait SL indeks değerleri ortalaması 222'dir.

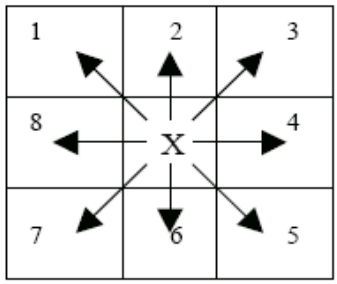
3.3.2.5 Akarsu Ağı ve Relief Özellikleri

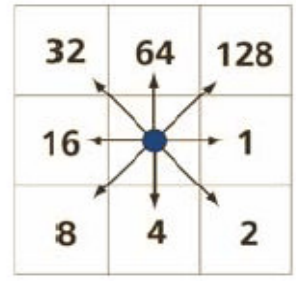
Taşkınların oluşmasında akarsu ağı ve havzanın relief özellikleri önemli rol oynamaktadır. Bu başlık altında, tavukçu deresinin drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, çatallanma oranı ve tekstür oranı gibi akarsu ağını ilgilendiren parametreler incelenirken, relief özellikleri olarak da havza reliefi, engebelilik değeri ve bu değerin kontroldeki akım toplanma zamanı (time of concentration) ele alınacaktır.

Tavukçu deresine ait akarsu ağı; daha önce oluşturulan SYM verisinden yararlanılarak oluşturulmuştur. Bu verinin oluşturulmasında ArcGIS Arc Hydro modülü kullanılmıştır. SYM'den akasu ağının elde edilmesindeki aşamalar Şekil 3.16'da verilmiştir. Bu işlemler aşağıda açıklanmıştır.

SYM'den akarsu ağının doğru elde edilebilmesi için ilk önce SYM'de bazı düzeltmeler yapılır. SYM'ler genellikle sürekli bir yüzeyin matris ya da raster (kesikli – discrete) gösterimini kullanır. Bu yüzden, SYM'nin doğruluğu noktalardan oluşan gridin ayrım gücüne (çözünürlüğüne) bağlıdır. Başka bir deyişle, sürekli bir yüzeyin örneklem noktaları arasındaki mesafeye bağlıdır. Ayrıca, kullanılan veri tipleri de, örneğin, tam sayı ya da kesirli sayı SYM'nin doğruluğunu etkiler. Bunlara ilaveten, örneklem hataları ve ölçü kalitesi de SYM kalitesini etkiler. SYM'deki hatalar, çukurlar ve sivri tepeler olarak görülür. Bu hatalar, grid (piksel, hücre) vasıtasıyla yüzeyin kesikli gösteriminden de gelebilir. SYM'leri üretmek için kullanılan referans noktalarının hatalarından ya da nokta sıklaştırma için kullanılan enterpolasyon hatalarından da kaynaklanabilir. Bu hatalar grid boyutuyla doğru orantılıdır [45,46,47]. Bu hataların eliminasyonu için, SYM' deki çukurluk ve normalden fazla olan yükseklikler giderilmiştir.

Bu düzeltme yapıldıktan sonra, SYM'den doğal akış yönleri belirlenmiştir. Bir yüzeydeki akış, her zaman en yüksekten en alçak yöne doğru akar. Eğer her bir hücrenin akış yönü bilinirse, herhangi bir hücre içine ne kadar hücre aktığı belirlenebilir (bkz. Şekil 3.13).





Şekil 3.10 : Bir hücre konumu, X için akış yönü ve ArcGIS'te kullanılan kodları

Bu bilgi, akarsu ağları ve su akaçlama havza sınırlarını belirlemek için kullanılır. Bir yüzeyin bir baştan öbür başa akış yönü her bir konum için bakı formülü ile belirlenir. İçine akan 8 komşu hücre ile ilgili 8 yön vardır (bkz. Şekil 3.12). Akış yönü, her bir hücreden maksimum düşüş ya da en yüksek alçalma yönü olarak hesaplanır. Maksimum düşüş, yükseklikteki farkın, hücre merkezlerinden olan uzaklığa oranı olarak belirlenir. Yani, maksimum düşüş = hücrelerdeki z yükseklik değerlerindeki değişim / hücreler arasındaki uzaklık [45]. ArcGIS programında 8 doğal akış yönü 1,2,4,8,16,32,64,128 olarak ifade edilir.(bkz. Şekil 3.12)

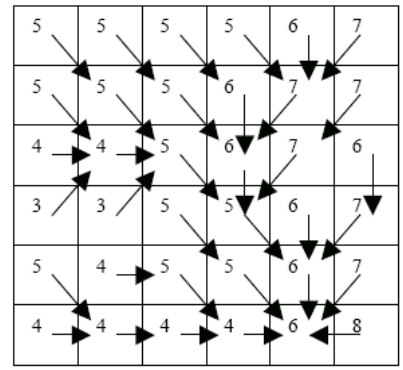
Doğal akış yönleri belirlendikten sonra diğer önemli bir aşama olan akış birikintileri hesaplanır. Akış birikintisinin belirlenmesi Yağmur düşüş hacminin birikintisi şu aşamalarla bulunur (bkz. Şekil 3.14).

- Başlangıçta, SYM'deki her bir hücrenin değeri sıfırlanır.

- Her bir hücreden başlayarak biri diğerine ilave edilir ve yağmur düşüşünün bir kısmı ya da tamamının akış yönünü takiben akarsu aşağısındaki hücrelere transfer edilir (geçiş yapılır).

- Akarsu kanallarının simülasyonu için, sadece bir hücre boyunca geçen birikmiş su, kritik değere ulaştığında bir akarsu kanalının başladığını varsayalım. Böylece, küçük alt kanallar ihmal edilir ve diğer kanallar sadece akış belirli bir yüksek hacme ulaştığı zaman görünür. Şekil 3.14 ve 3.15'daki kanalların eşik değeri 6 birim hacim olarak başlar ve daha büyük değerlerin oluşturduğu pikseller birleştirilerek kanalların çizimi yapılır [45].

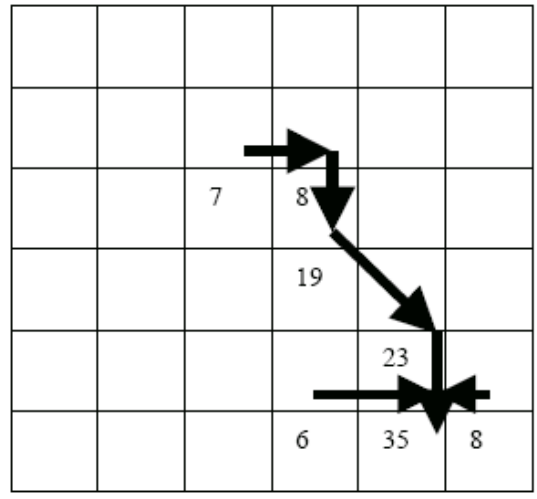
26	24	23	24	19	16
25	22	19	16	15	17
23	18	15	12	13	16
21	19	18	8	11	9
23	20	16	7	5	6
25	18	11	5	4	5



Şekil 3.11 : SYM'deki yüksekliklerinden akış yönlerinin elde edilmesi

0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	3	0
0	3	7	8	1	0
0	0	0	19	0	1
0	0	1	1	23	0
0	2	3	6	35	8

Şekil 3.12 : Her bir grid hücresinden akan akış birikintisi



Şekil 3.13 : Akarsu kanallarının kritik akış seviyesi

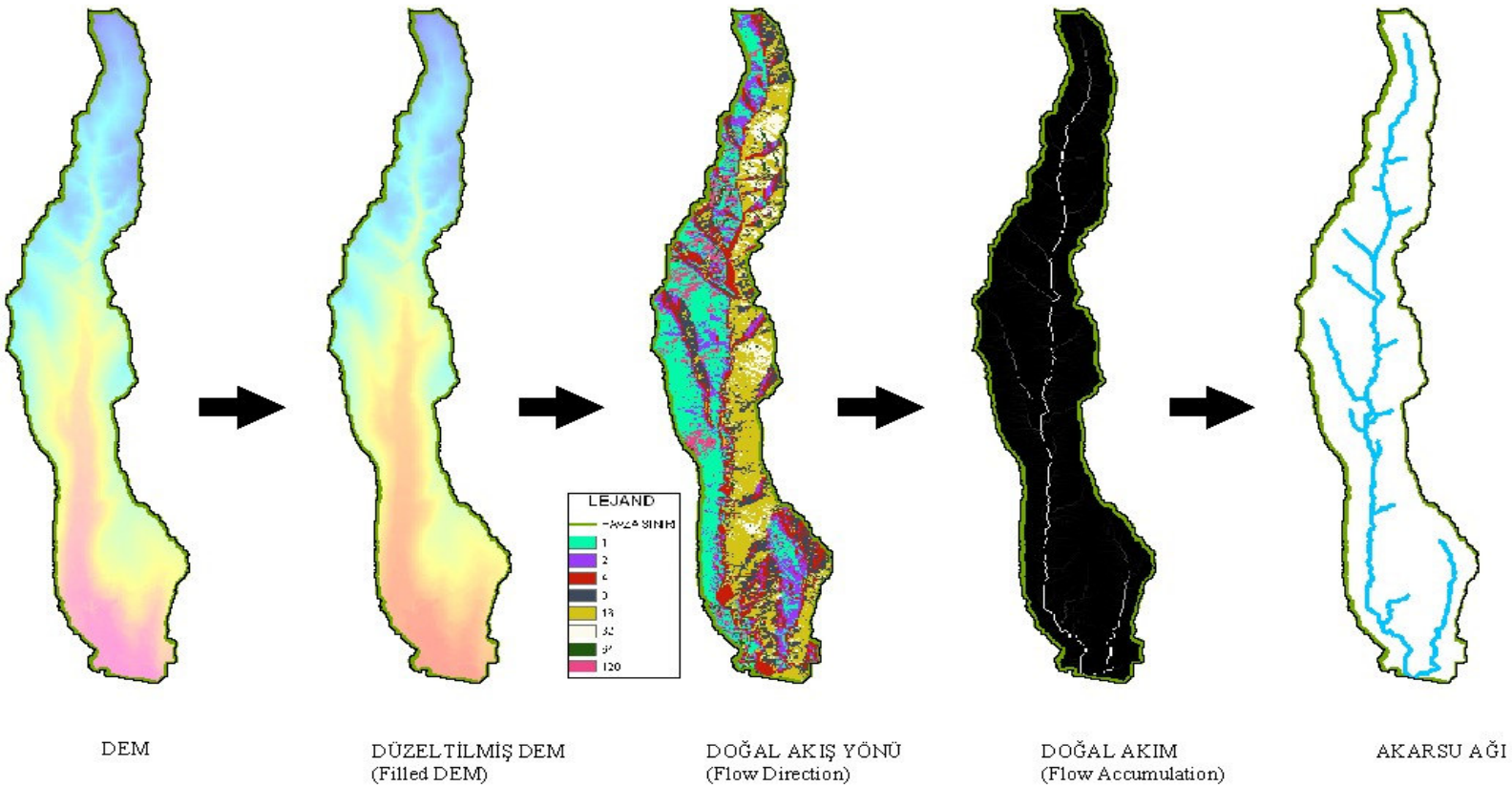
Akarsu drenaj ağını çizmek için, eşik değer ve üzerindeki değerlere sahip piksellerin akış hareketleri oklarla birleştirilir (bkz. Şekil 3.13, 3.14). Dizinin kenarındaki sıfırlar, alan dışına akan kanallar olarak yorumlanır. Çünkü, doğal sistemlerde küçük miktardaki su genellikle kanal içinde değil arazi üzerinde akar. Hücreler boyunca akarsu ağına akan suyun toplanması (birikmesi) beklenir. Böylece kanallar sadece bir eşik değer hacmine ulaştığı zaman çizilmeye başlanır (bkz. Şekil 3.14'da eşik değer 6). Bir grafik çizim fonksiyonu kullanılarak SYM'den akarsu ağlarının sınırları çizilir. Örneğin, akış birikintisi her bir hücrenin içine akan aşağı eğimli hücrelerin sayısıdır. Bir fonksiyonla akış birikintisinin sonuçlarına eşik değer uygulanarak bir grid cebiri kullanılır ve akarsu ağının hatları belirlenir (bkz. Şekil 3.15) [45].

Akarsu kanallarının derecelendirilmesi, akarsu ağındaki linklere (bağlantılara, segmentlere) bir sayısal değerin atanması ile yapılır. Bu atama, alt kanallara dayanan akarsuların hiyerarşik sınıflandırılması ve belirlenmesi için, bir metot kullanılarak yapılır. Akarsuların kollarını sıralamak akarsuların karakteristiklerini gösterir. [45].

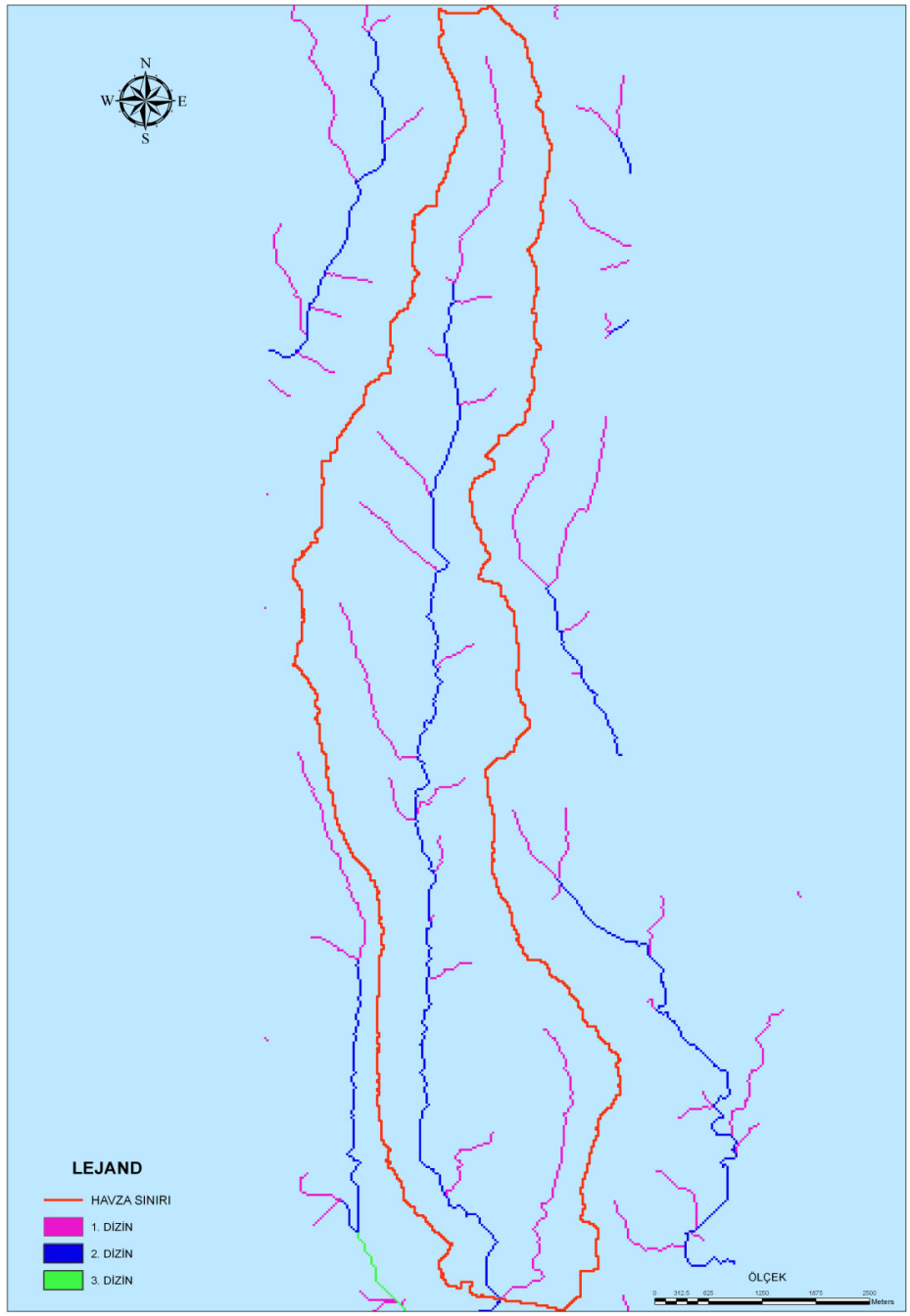
Akarsu mertebesi; en küçük koldan başlayıp kolların birleştiği noktalarda 1 artırarak yapılan hesaba göre havzada hesaplanan en yüksek değer akarsuyun mertebesi olur.

En yukarıda akarsu birikimi yoğunlaşmasına hiç sahip olamayan suyun direk yüzey akışı, birinci derece akarsularına karışır. Birinci derece akış, en yüksek atama sayısı ile en yüksek hiyerarşik seviye akarsuyudur. Akarsu drenaj ağının en dış bağlantıları daima en düşük derece 1'e atanır [45].

Akarsu ağının derecelendirilmesi; ArcGIS programı Hydrology modülü Stream Order komutu kullanılarak yapılmıştır. Bu işlem sırasında Strahler metodu kullanılmıştır. Şekil 3.17'de Strahler metodu kullanılarak Tavukçu deresinin akarsu mertebeleri gösterilmiştir.



Şekil 3.14 : SYM'den akarsu üretim aşamaları



Şekil 3.15 : Strahler metoduna göre üretilmiş akarsu mertebeleri

Akarsu mertebeleri belirlendikten sonra bizim için önemli olan dizin çatallanma oranı hesabına geçebiliriz. Bu hesap için gerekli olan dizin sayısı ve dizin uzunluğu değerlerinin hesabı ArcGIS programı ile yapılmıştır. Dizinlere ait öznitelik tablosunda grid- code değeri bize akarsu mertebesini göstermektedir.

Akarsu dizinlerine ait uzunluk değerlerinin hesabı yine öznitelik tablosunda; calculate geometry komutu ile otomatik olarak yapılabilmektedir. Ayrıca bu hesaplar kolaylıkla excel'e aktarılıp burada düzenlemeler yapılabilmektedir.

Havza geneli ve alt havzaların dizin çatallanma oranı (Rb), Verstappen'in havzaların 3.0 – 5.0 arasında değişen değerler gösterdiği görüşünü destekler niteliktedir [48]. Yapısal kontrol altında olan ve paralel ve sub-paralel drenaj özelliği gösteren havzalarda çatallanma oranı 4 ve üzeri değerler gösterir [48].

Drenaj yoğunluğu (Dd), havzanın akarsular tarafından parçalanma derecesini gösteren bir ölçüdür ve toplam akarsu uzunluğunun ($\sum L$) havza alanına (A) bölünmesiyle elde edilir [48,49,50,51,52]. Diğer yandan da drenaj yoğunluğu, yüzeysel akışı kontrol eden faktörlerin bir sonucudur ve havzadaki sediment ve su çıkışını etkiler [50]. Yoğunluğu etkileyen faktörler olarak zeminin geçirgenlik özelliği, bitki örtüsünün seyreklik veya sıklığı, relief özellikleri ve klimatik faktörler olarak sıralanmaktadır [49,51,48].

Akarsu sıklığı (Fu), havzadaki toplam dizin sayısının ($\sum Nu$) havza alanına bölünmesiyle elde edilir. Bu bakımından yüksek sıklık değerleri, geçirgen olmayan zemin özellikleri, seyrek bitki örtüsü ve yüksek relief özelliklerini gösterirken, düşük sıklık değerleri ise geçirgen olan jeolojik özellikleri ve alçak relief özelliklerini ortaya koyar [49].

Havza relief özelliklerinin (Bh) ve havza eğiminin hidrolojik parametre olarak önemi bilinmektedir [53,54,55,51]. Relief değerinin artmasıyla daha dik yamaçların ortaya çıkmasına ve daha fazla eğimli yatağa sahip akarsulara, yüzeysel akışın toplanma zamanındaki azalmaya ve bunların beraberinde taşkın değerlerinin artmasına neden olur [51].

Relief özellikleri ve drenaj yoğunluğunun bir sonucu olarak ortaya çıkan havzanın Engebelilik değeri (Rn) havza hakkında, su akım gravitesi, sızma ve yüzeysel akış şartları, havzadaki erozif faaliyetler hakkında bilgi verir [51]. Yüksek değerin olduğu alanlar, su kaybının az olduğu ve yüzeysel akış için şartların uygun olduğu alanları gösterir. Ayrıca yüksek engebelilik değerine sahip havzalar yüksek sel potansiyeline sahip alanlardır [51,56].

Havza geneli ve alt havzalardaki akım toplanma zamanı olarak isimlendirdiğimiz Time of Concentration (Tc), suyun havzanın en uzak mesafesinden ana kola veya denize döküldüğü yere kadarki geçen zamanı ortaya koyar [48].

Havza hakkında önemli veriler elde etmemize olanak veren bu değerler. ArcGIS programıyla kolaylıkla hesaplanmış ve Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 : SYM'den üretilen akarsu ağı ve relief özellikleri (parametreler)

Parametre	Parametre Değeri
Çevre Uzunluğu (km) (P)	47.4
Alan (km²) (A)	28.5
Havza Uzunluğu (km) (L)	18.3
Minimum Yükseklik (m) (H min)	0
Maksimum Yükseklik(m) (H max)	198
Akarsu Dizinleri (Nu) D1, D2	D1=24 D2=5
Toplam Dizin Sayısı (∑Nu)	29
Toplan Dizin Uzunluğu (km) (∑L)	32.3

Çizelge 3.7 : SYM'den üretilen akarsu ağı ve relief özellikleri (hesaplamalar)

Hesaplanan Özellik	Formül	Hesap Değeri
Dizin Çatallanma Oranı	$Rb = \frac{N_{\square}}{N_{\square}+1}$	4.8
Drenaj Yoğunluğu	$Dd = \frac{\sum L}{A}$	1.0
Akarsu Sıklığı	$Fu = \frac{\sum N_{\square}}{A}$	1.9
Havza Reliefi	Bh = Hmax-Hmin	198
Engebelilik Değeri	Rn = Bh x Dd	0.2
Akım Toplanma Zamanı	$Tc = 6.95 * \frac{L^{1.15}}{Bh^{0.385}}$	25.7

3.3.2.6 Havzanın şekil analizi

Akarsu havzaları çeşitli biçimlerde olabilirler. Havzanın biçimi, hidrografın şeklinin ve pik debisini etkilediği için önemlidir. Havzanın biçimini belirlemek için çeşitli boyutsuz kullanılabilir [18].

Biçim katsayısı; A havza alanı, L esas akarsuyun talveg (en derin noktalarını birleştiren çizgi) boyunca ölçülen uzunluğu olmak üzere L^2/A şeklinde tanımlanan boyutsuz bir katsayıdır. Bu katsayının değerinin büyük olması havzanın uzun ve dar olduğunu gösterir. Bu değer tavukçu deresi havzası için 11.75 gibi bir değer gösterir.

Gravelius indeks (Kc) değerine göre ise sonuç değerin küçüklüğü oranında havzanın dairesel bir görünüm arz eder [57]. Bu değerin hesaplanması şu formülle yapılır;

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{0.5*A} \quad \textbf{(3.2)}$$

P= Havzanın çevre uzunluğu (km)

A= Havza Alanı

Bu değer Tavukçu Deresi havzası için 0.93 gibi yüksek bir değer olarak hesaplanmıştır.

Uzunluk oranı olarak ortaya konan (Re) değeri havzanın infiltirasyon kapasitesi, yüzeysel akışı hakkında bilgi verir. Yüksek değerler yüksek geçirgenliğin olduğu ve düşük yüzeysel akış artların sahip olduğu alanları gösterirken, düşük Re değeri ise fazla erozif faaliyetlerin olduğu ve sediment taşınımın fazla olduğu havza özelliklerini ortaya koyar [49].

Bu değerin hesaplanması şu formülle yapılır;

$$Re = \frac{2}{Lm} * (\frac{A}{\pi})^2 \quad \textbf{(3.3)}$$

Lm= Havzanın maksimum uzunluğu (ana akarsuya paralel) (km)

A= Havza Alanı

Bu değer tavukçu deresi için 0.39 olarak hesaplanmıştır.

Şekil faktörü ise (Ll) ana akarsuyun döküldüğü yerden havza ortasına kadarki uzunluğu ile havza uzunluğunun çarpımının 0.3. kuvvetine eşittir [58]. Şekil faktörü, maksimum akımı en iyi tanımlayan belirteçlerden birisidir. Formül sonucu ile maksimum akım ters orantılıdır. Ll değerinin büyük çıktığı havzalarda maksimum akım değeri düşük olup, düşük çıktığı yerlerde maksimum akım değeri yüksektir [58].

Lca= Havza orta noktasından akarsu ağzına olan uzaklık (km)

L= Ana akarsu boyunca havzanın uzunluğu (vadi uzunluğu) (km)

$$Lca = 0.54L^{0.96} \quad \textbf{(3.4)}$$

$$L1 = (L * Lca)^{0.3} \quad \textbf{(3.5)}$$

Bu değer tavukçu deresi havzası için 4.59 olarak hesaplanmıştır.

Form faktörü (Rf) bakımından değerlendirildiğinde, düşük Rf değerinin sahip olduğu havzalar kısa zaman süresinde yan kollardan gelen az akımla, uzun süreli meydana gelecek yüksek ana akımın görüleceği bir şekil arz eder. Yüksek Rf değerlerinin görüldüğü havzalarda ise bu durumun tam tersi olarak uzun zaman süresinde yan kollardan gelen yüksek akımla, kısa süreli düşük ana akımın görüldüğü ve kısa süreli maksimum akıma neden olan bir şekil ortaya çıkartır [49,59,60].

$$Rf = \frac{A}{Lm^2} \quad \textbf{(3.6)}$$

Lm= Havzanın maksimum uzunluğu (ana akarsuya paralel) (km)

Bu değer tavukçu deresi havzası için 0.12 olarak hesaplanmıştır.

3.4 İklim Özellikleri

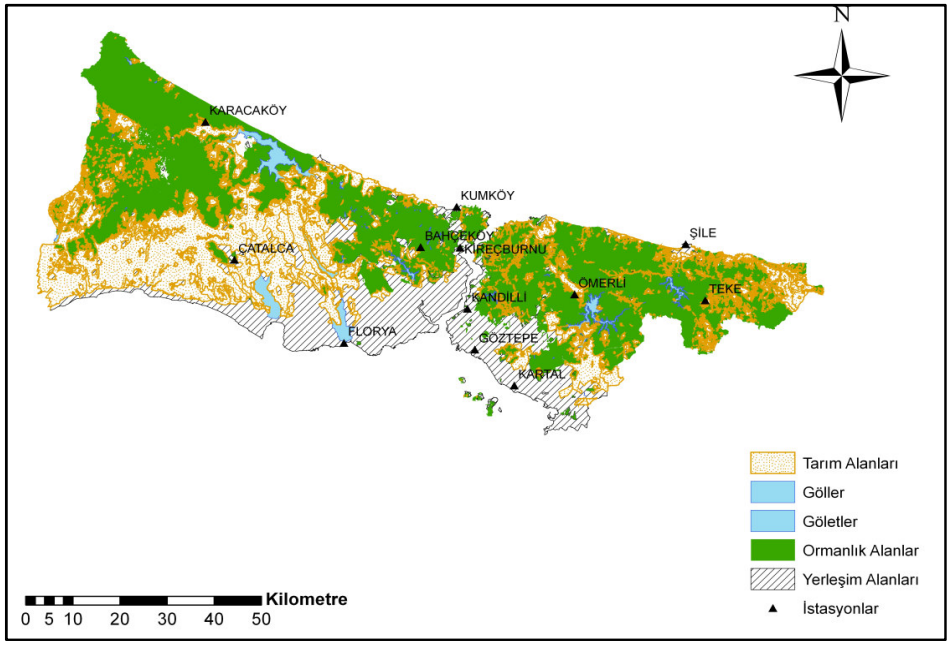
İklim özellikleri havza özelliklerinin analiz edilmesi ve başka havzalarla benzer özellikler gösterip göstermediğinin tetkik edilebilmesi açısından önemlidir. Çünkü taşkın hidrograflarının elde edilebilmesi için; gerekli olan yağış verilerinin elde edilmesi esnasında; eğer elde ilgili havzaya ait yeterli veri yoksa; iklim ile topoğrafya şartları benzer olduğu takdirde gözlenmiş büyük yağışlar, meydana geldikleri bölgeden projelendirilmesi istenen havzaya aktarılabilirler. Burada gözlenmiş maksimum değer, atmosferde bulunabilen yağışa dönüşebilir nem ile maksimize edilmelidir [3].

Türkiye, coğrafi konumu ve morfolojik özelliklerinden dolayı önemli ölçüde çeşitlilik gösteren bir iklim sistemine sahiptir. Bizim çalışma alanımız olan Tavukçu deresi Havzası İstanbul ili sınırları içinde yer almaktadır. İstanbul ve civarı, Karadeniz kıyısında olması sebebiyle Karadeniz ikliminin, Akdeniz'in Ege ve Marmara Denizleri vasıtasıyla Kuzeye doğru uzanması ve bu civarda güneyli hava akımlarını bloke edecek önemli yükseltilerin olmaması nedeniyle Akdeniz ikliminin görülebildiği ilginç bir konuma sahiptir.

Bu bölümün geri kalan kısmında, yağış, rüzgar, sıcaklık, nem gibi meteorolojik elemanlardan yararlanılarak İstanbul ilinin ve Tavukçu deresi havzasının iklim karakteristikleri incelenecektir.

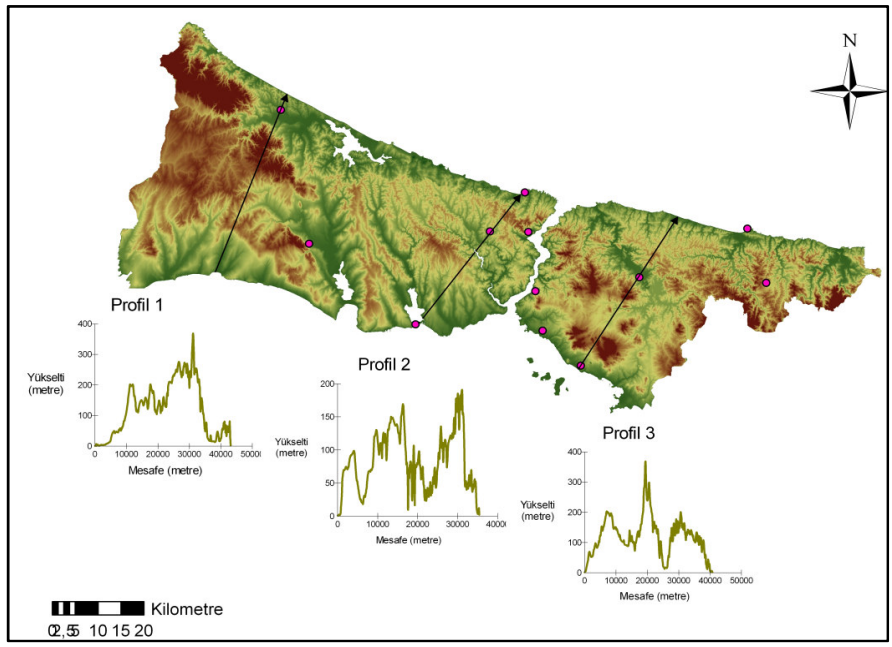
Şekil 3.18'de verilen haritada analizlerde kullanılan meteorolojik istasyonlardan İstanbul il sınırları içerisinde kalan 12 istasyonun yerleri yerleşim, tarım, ormanlık ve sulak alanlar ile birlikte gösterilmektedir. Haritada görüleceği gibi Florya, Göztepe, Kartal, Kandilli ve Kireçburnu istasyonları şehir alanları içerisinde, Karacaköy, Bahçeköy, Ömerli, Teke, Şile ve Kumköy istasyonları orman alanları içerisinde veya civarında, Çatalca istasyonu ise tarım alanları içerisinde kalmaktadır. Yine bu haritadan anlaşılacağı üzere, bu istasyonlar İstanbul genelini temsil edecek şekilde bu üniform bir dağılıma sahip değildir. İstasyonların çoğu, şehirleşmenin en fazla görüldüğü İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi boyunca konumlanmıştır. Kırsal kesimde ise çok az istasyon mevcuttur [61-65].

Meteorolojik istasyonlardan bizim çalışma alnımız olan Tavukçu Deresi Havzasını ilgilendiren Florya İstasyonudur. Florya İstasyonu, 40^{o} 58' Enlemi; 28^{o} 47' Boylamında yer alan ve 37 metre yüksekliğinde bulunan bir istasyondur.



Şekil 3.16 : İstasyonların dağılımı ve arazi kullanım haritası

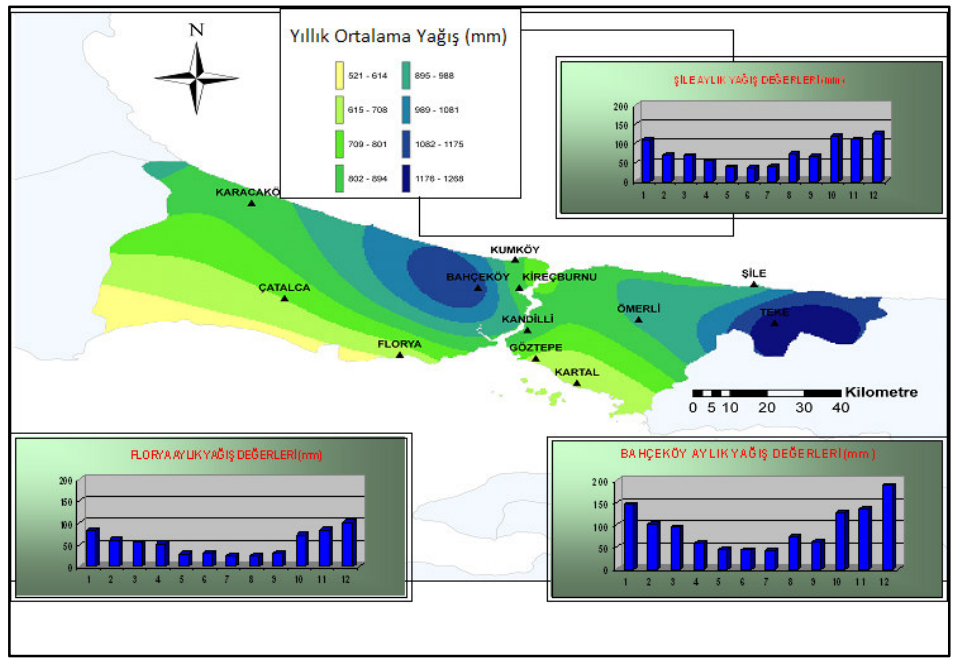
Şekil 3.19'de İstanbul geneli için yükselti haritası (50 m çözünürlükte) ve bazı istasyonların bulunduğu noktalardan geçen yükselti kesitleri verilmektedir. İstanbul genel olarak deniz seviyesinden yüksekliği fazla olmayan (bir kaç yüz metre içinde) bir topoğrafyaya sahiptir. Bu nedenle yükselti, iklim açısından önde gelen belirleyici bir unsur gibi gözükmemektedir [61-65].



Şekil 3.17 : İstanbul yükseklik haritası ve topoğrafik kesitler

3.4.1 Yağış

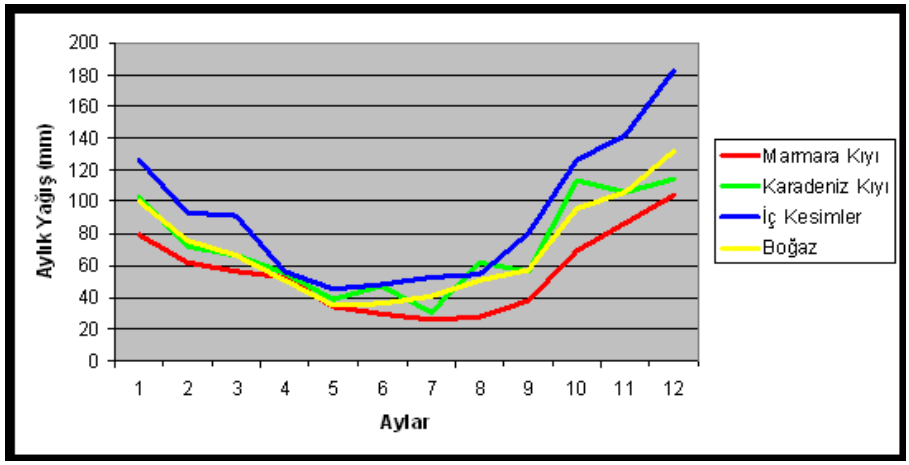
Denizler üzerinden gelen nemli havanın bu sıradağlar tarafından yükseltilmesi neticesinde meydana gelen soğuma nemin yoğuşmasına ve yağışa dönüşmesine sebep olur. Böylece iç kesimlere ancak daha az yağış bırakabilecek nem oranı büyük ölçüde azalmış hava ulaşır. Ege ve Marmara bölgelerinde durum biraz faklıdır. Yükseltinin diğer bölgelere nazaran daha düşük olması ve sıradağların Ege denizine dik olması nemli havanın daha iç kesimlere kadar nüfuz edebilmesine imkan verir. Bu durumda yağışlar kıyılardan iç kesimlere doğru gidildikçe tedricen azalır. İstanbul diğer hiç bir ilimize benzemeyen farklı bir coğrafi konuma sahiptir. Karadeniz ile Marmara Denizleri arasında kalan, 30 km genişliğe sahip, yükseltisi fazla olmayan, bant şeklinde bir kara parçasıdır. İstanbul il sınırları içerisinde kalan istasyonların ortalaması alındığında (aritmetik ortalama) İstanbul için ortalama yağışın 850 mm civarında olduğu görülebilir. Bu seviye kıyı kesimlerinin ortalama yağışından (yaklaşık 1000 mm) daha düşük olmakla birlikte Türkiye geneli ortalamasından 220 mm kadar daha fazladır. Şekil 3.20'de İstanbul için yıllık ortalama yağış haritası ve bazı istasyonlara ait aylık yağış dağılımı gösterilmektedir [61-65].



Şekil 3.18 : İstanbul için yıllık yağışın dağılımı

Şekil 3.20'de de görüleceği üzere, yağışlar genel olarak güneyden kuzeye ve kıyılardan iç kesimlere doğru gidildikçe artmaktadır. En yüksek yıllık yağış miktarları Bahçeköy, Ömerli ve Teke istasyonlarındadır. Bu üç istasyonun ortalaması 1097 mm civarındadır. Marmara kıyılarındaki istasyonların (Kartal, Göztepe ve Çatalca) yağış miktarları genelde düşüktür (665 mm civarında). Karadeniz kıyılarında (Şile, Kumköy ve Karacaköy) ve Boğaz'da (Kireçburnu ve Kandilli) yer alan istasyonların ortalamaları ise birbirine oldukça yakın ve sırasıyla 864 mm ve 846 mm civarındadır. İstasyonların bu şekilde sınıflandırılması sonucu elde edilen aylık ortalamaların bir yıl boyunca dağılımı Şekil 3.21'de verilmiştir. Bu dört bölgenin Nisan ve Mayıs yağışları hemen hemen benzer miktarlardadır. Bu aylardan Aralık ayına doğru gidildikçe bölgeler arasındaki, özellikle Marmara kıyısı ile İç kesimler arasındaki fark önemli ölçüde artmaktadır. Aralık ayında bu fark 80 mm civarındadır. Bu şekilden anlaşılacağı üzere Boğaz ve Karadeniz kıyıları benzer yağış rejimine sahiptir. Bu son ikisi bir arada düşünüldüğünde İstanbul'da üç farklı yağış rejiminden bahsetmek mümkün olur. İstanbul gibi kaydadeğer bir yükseltiye sahip olmayan nispeten küçük bir alanda, üç farklı yağış rejiminin bulunması incelenmeye değer bir olgudur. Bu yağış dağılımının oluşmasında iki deniz arasında yer alma, iç kesimlerde ormanlık alanların bulunması gibi çeşitli faktörlerin rol oynadığı düşünülmekle birlikte bu faktörlerin hangi oranlarda rol aldıkları bilinmemektedir.

İstanbul'da en fazla yağış kış aylarında, en az yağış Mayıs ile Ağustos ayları arasında gerçekleşmektedir [61-65].

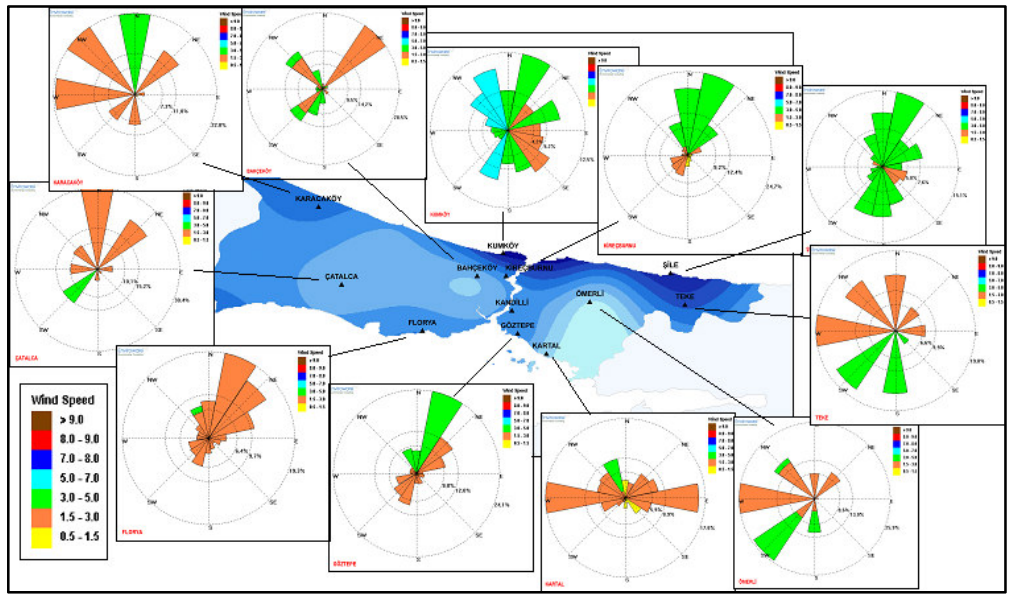


Şekil 3.19 : Bölgelere ait aylık ortalama yağış miktarlarının bir yıl boyunca değişimi

3.4.2 Rüzgar

Rüzgar önemli bir meteorolojik parametre olmakla birlikte karakteristikleri zamanla, konumla ve yükseklikle önemli değişiklikler gösterdiğinden analizi oldukça zor bir parametredir.

Şekil 3.22'de İstanbul'daki tüm istasyonlar için rüzgarın hangi yönden, kaç defa (yüzde olarak), ne şiddette (m/sn) estiğini gösteren diyagramlar (rüzgar gülleri) verilmektedir. Genel olarak İstanbul için hakim rüzgar Kuzeydoğu'ludur. Bu yönden esen rüzgar Poyraz olarak adlandırılır. Şile, Kumköy, Kireçburnu, Göztepe ve Florya istasyonlarında rüzgar en fazla Kuzey-Kuzeydoğudan (NNE) esmektedir. Daha önce de belirttiğimiz gibi bizim çalışma alanımız olan Tavukçu deresi havzasını içeren Florya istasyonudur [61-65].



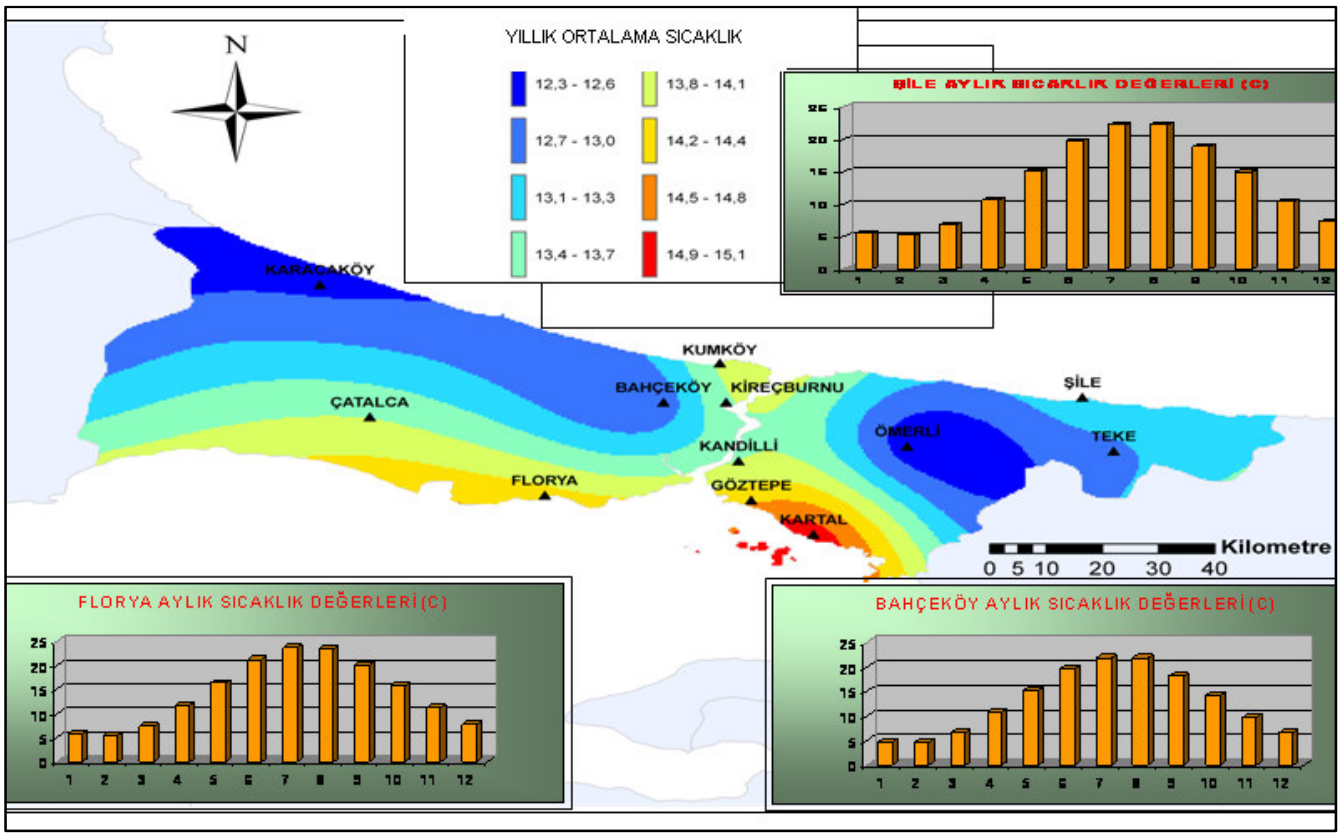
Şekil 3.20 : İstanbul'daki istasyonlarda kaydedilen rüzgar gülü diyagramları

3.4.3 Sıcaklık

Şekil 3.23'te İstanbul ili için yıllık ortalama sıcaklık dağılımı ve bazı istasyonların aylık sıcaklık değişimi gösterilmektedir. Öncelikle İstanbul'da yıllık ortalama sıcaklığın bir istasyondan diğerine fazla değişmediğini belirtmek gerekir. Yıllık ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu istasyon ile en düşük olduğu istasyon arasında sadece 2.4°C fark vardır. Bu harita ile bu 2.4°C'lik farkı esas alan bir dağılım çizilmiştir. Bu dağılıma göre İstanbul'da sıcaklık Marmara kıyılarından Karadeniz kıyılarına doğru ve İstanbul Boğazı'ndan iç kesimlere doğru gidildikçe azalmaktadır. En yüksek ortalama sıcaklıklar Kartal, en düşük ortalama sıcaklıklar Ömerli istasyonlarında ölçülmüştür. Bu harita hazırlanırken topoğrafya yükseltisinden dolayı bir düzeltme yapılmamıştır. İstanbul'da genel olarak önemli bir yükselti olmamasına rağmen her 100 metrelik irtifada sıcaklığın yaklaşık 0.5°C azaldığı düşünüldüğünde böyle bir düzeltmenin yapılmasının daha doğru olacağı anlaşılır.

Minimum sıcaklık, genelde güneş etkisinin olmadığı sabaha karşı gerçekleştiğinden dolayı şehirleşmenin iklim üzerindeki etkisini gösteren en önemli meteorolojik parametrelerden kabul edilir. Şehirlerde bulunan istasyonlarda minimum sıcaklığın yıllara göre değişimi şehirleşme ile yakından alakalıdır. Şehirleşme arttıkça yüzeydeki enerji dengesini belirleyen parametreler değişir ve şehir ısı adası olarak adlandırılan bir durum ortaya çıkar. Bu durumda şehirler çevrelerine göre birkaç derece daha sıcak olabilirler. Bizim çalışma alanımız olan Tavukçu deresi havzasıda şehirleşmenin çok olduğu bir bölgededir.

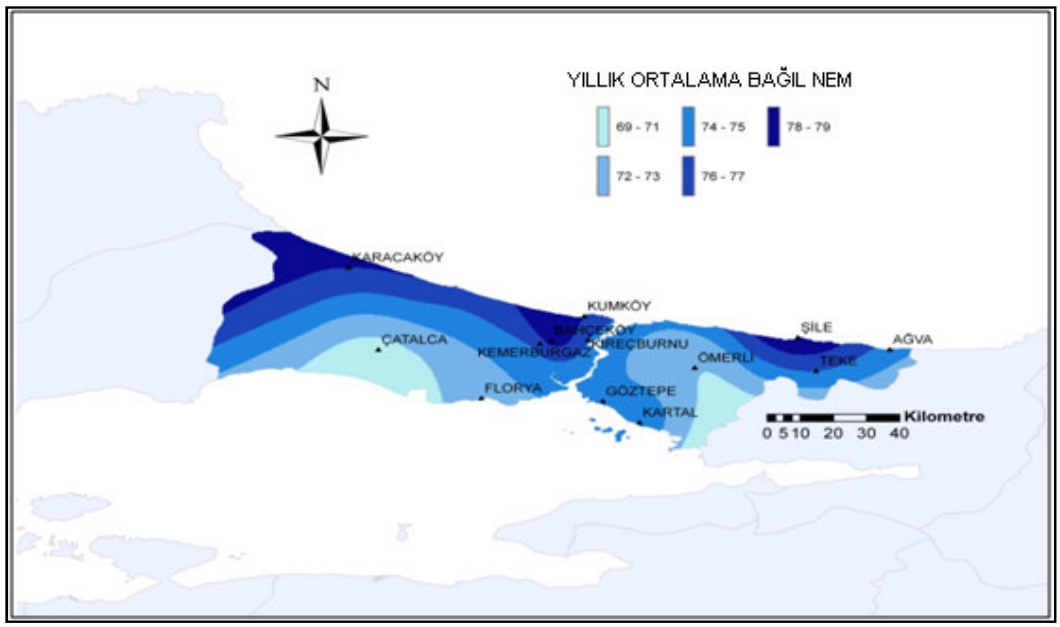
Florya istasyonunda ortalama deniz suyu sıcaklıkları ile 5 cm derinlikteki toprak sıcaklıkları arasındaki farkın aylık dağılımını incelendiğinde; deniz suyu sıcaklığı Ekim ayından Şubat ayına kadar 5 cm toprak sıcaklığından daha fazladır. Bu aylar İstanbul'da yağışların en fazla olduğu aylara denk gelir [61-65].



Şekil 3.21 : İstanbul ili için yıllık ortalama sıcaklık dağılımı haritası ve bazı istasyonların aylık ortalama sıcaklık değişimi

3.4.4 Nem

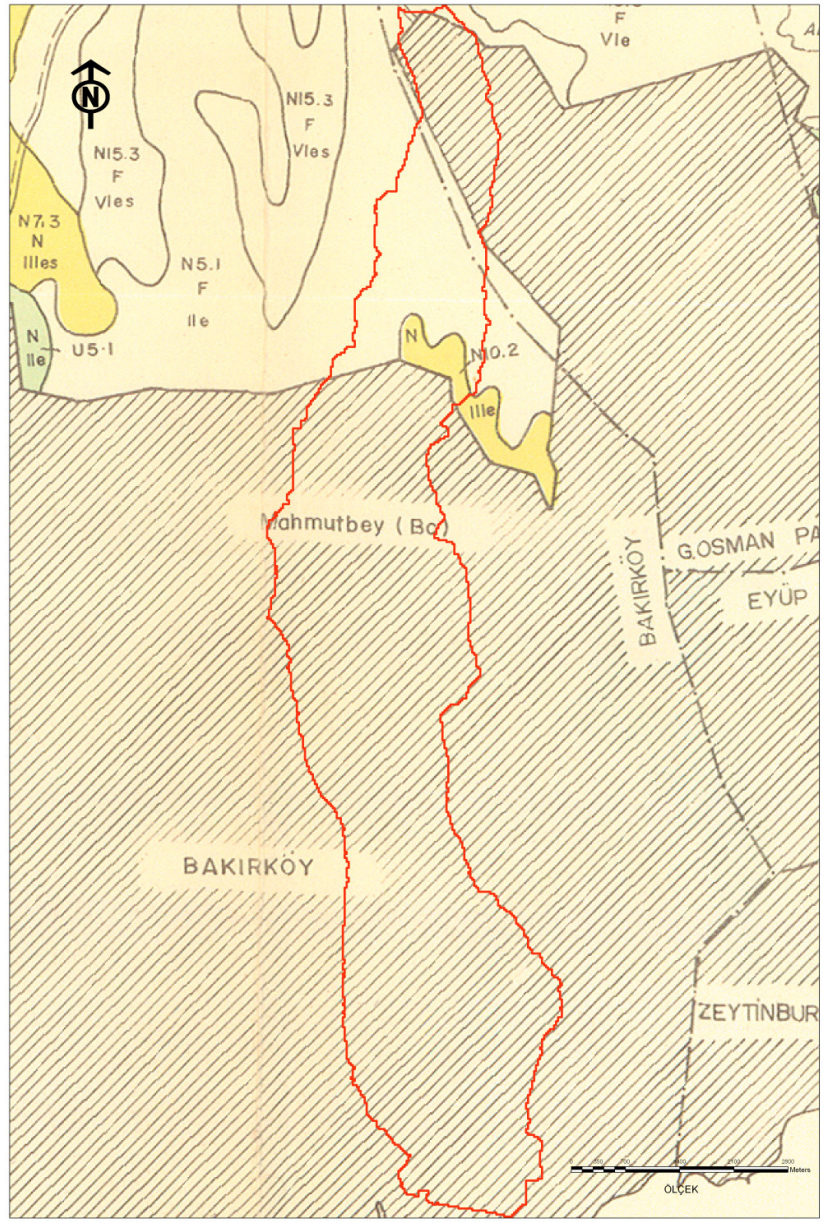
İstanbul'da yıllık ortalama bağıl nem % 75 civarındadır. Şekil 3.24'te verilen yıllık ortalama bağıl nem dağılımına bakıldığında, bağıl nemin Karadeniz ve İstanbul Boğazı'na doğru arttığı görülebilir. En yüksek bağıl neme sahip istasyonlar Karacaköy, Bahçeköy ve Şile'dir. En düşük değere sahip istasyon ise Çatalca'dır. İstanbul'da bağıl nemin genel olarak yıllık salınımı çok fazla değildir. Kış mevsimindeki değerler yaz mevsimine göre biraz daha yüksek değerlerdedir [61-65].



Şekil 3.22 : İstanbul'da yıllık ortalama bağıl nemin dağılımı (%)

3.5 Toprak Özellikleri

Çalışma sahasındaki toprak özellikleri için, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu 1/100000 ölçekli İstanbul ili Arazi Varlığı ve Arazilerin Tarımsal Kullanıma Uygunluğu Haritasından yararlanılmıştır. Şekil 3.25'de görüldüğü gibi Tavukçu Deresi Havzasının büyük bir bölümü yerleşim alanlarından oluşmaktadır.



Şekil 3.23 : Tavukçu deresi havzası toprak özellikleri

Şekil 3.25' de lejand incelendiğinde; haritada görünen N10.2 N ve N5.1 F değerleri bize havzada büyük toprak grubu olarak Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı olduğunu göstermektedir.

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları; A (B) C profili topraklardır. A horizonu iyi oluşmuştur ve gözenekli bir yapısı vardır. (B) horizonu zayıf oluşmuştur. Kahverengi veya koyu kahverengi, granüler veya yuvarlak köşeli blok yapıdadır. (B) horizonunda kil birikimi yok veya çok azdır. Horizon sınırları geçişli ve tedricidir [67]. Poroziteleri iyi geliştiklerinden, havalanma ve sızdırma bakımından elverişli oldukları gibi bünyelerindeki kil oranı genelde yüksek olması bakımından su tutma kapasitleri de yüksek topraklardır [1].

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları; genellikle yaprağını döken orman örtüsü altında oluşur. İstanbul'daki toplam alanları 333286 hektar olup il genelindeki oranı % 58.3'tür [66].

3.5.1 Hidrolik toprak grupları

Hidrolojik analizde ve alt havzalara ait yağış akış modellemelerinde kullanmak üzere, sahaya ait toprak özelliklerine bağlı olarak hidrolojik toprak grupları çıkartılmıştır. A, B, C ve D gruplarından oluşan bu toprak grupları, eğim ve arazi örtüsünden bağımsız olarak hidrolojik içeriklerine bağlı olarak oluşturulmuştur [67,68,69]. Hidrolojik toprak grupların sınıflamasında kullanılan A, B, C ve D gruplarının özellikleri kısaca şu şekildedir;

Grup A (Düşük akım potansiyeli); bu tür topraklar nemli olsalar bile kum veya çakıl içeriklerinden dolayı yüksek geçirgenlik değerine sahiptir. Bu topraklarda su taşınımı yüksek değerlerdedir.

Grup B; bu tür topraklar orta derecede geçirgenlik özelliklerine sahip olup, ince ve kaba tekstür içerikleri de orta derecedir. Bu tür topraklardaki su iletkenliği de orta düzeydedir. A grubundaki topraklara yakındır.

Grup C; bu topraklar yavaş geçirgenlik oranına sahiptir. Orta ince ve ince tekstür içerikleri orta derece olup geçirgenlikleri yavaştır. Su iletkenlikleri de düşük orandadır. D grubundaki topraklara yakındır.

Grup D (Yüksek akım potansiyeli); bu topraklar çok düşük geçirgenlik özelliklerine sahiptir. Yüksek kil içeriğine sahip bu topraklar yüzeydeki kil tabakasından dolayı su iletkenliği çok yavaştır [1].

Şekil 3.25' deki haritaya göre Tavukçu deresi havzasının yüksek kotlu kısmında yani üst kısmında kalan bölümünün toprak özellikleri kombinasyonu olarak verilen 10 ve 5 değerleri; bize toprak eğimi ve derinliği hakkında bilgi vermektedir. Buna göre 5 değeri bize eğimi %2-6 arasında olan derin toprakları ifade etmektedir, 10 değeri ise eğimi %6-12 arasında olan orta derin toprakları ifade etmektedir. Bu özellikler değerlendirildiğinde tavukçu deresi havzası topraklarının C grubu hidrolik toprak özelliği gösterdiğini söyleyebiliriz. Bundan da anlaşılacağı üzere, havzanın yüksek kesimlerinin sahip oldukları toprak özellikleri, yüzeye düşen yağmur sularının çabuk akışa geçmesine neden olacak bir karakter sergilerler. Ayrıca toprak özelliği olmayan yerleşim olarak gösterilen diğer kısım da şehirleşmenin getirdiği toprak yüzeyinin kaplanması ile yağmur suları hızlı bir şekilde akışa geçer.

Şekil 3.25'deki haritada belirtilen N ve F değerleri arazi kullanımını vermektedir. (N=Nadassız Kuru Tarım; F=Fundalık) Ancak haritanın hazırlandığı tarih; 1987 yılı göz önüne alınırsa bu bize ancak eski arazi kullanımı hakkında bilgi verebilir.

3.6 Arazi Kullanım Planı

3.6.1 Arazi kullanım planının önemi ve çalışma alanı arazi kullanım planı

Havza yaklaşımı öncelikle bir havzanın farklı ekosistemleri barındırdığı gerçeğine dayanır. Havza, üzerine düşen yağış sularını belirli bir akarsu kesitine gönderen ve komşu havzalardan, sırtlardan geçen bir su ayrım çizgisiyle ayrılan, hidrolojik, topografik bir arazi birimi olarak tanımlanmaktadır [70].

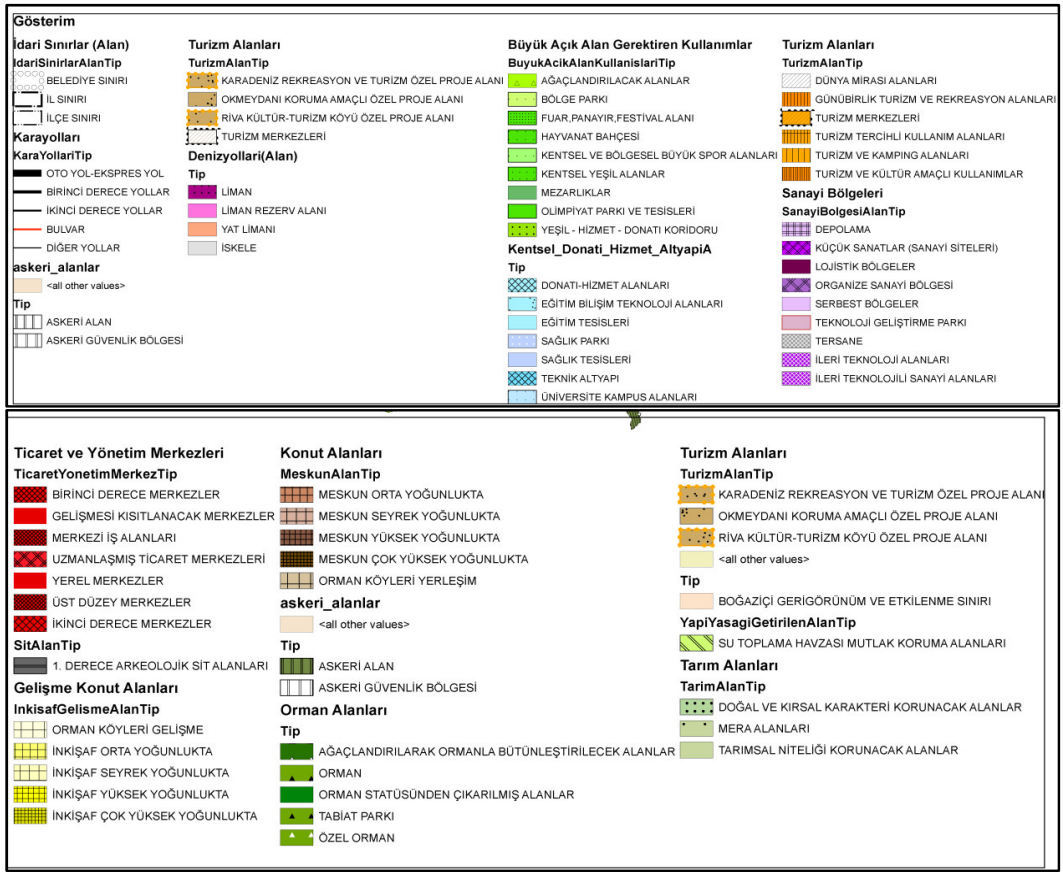
Yeryüzünde herbir havza kendine özgü nitelikleri nedeniyle başka bir havzadan farklıdır. Bu nedenle, bir havza için ortaya konulan bulguları ve önlemleri diğer bir havzaya aynen uygulama olanağı bulunmamaktadır. Havza yönetimi, toprak ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmeksizin arzu edilen ürün veya hizmetleri sağlamak için bir havza üzerindeki toprak ve diğer doğal kaynakların kullanımını yönlendirme ve organize etme süreci olduğuna göre, Türkiye'deki arazi varlığı gözönüne alındığında, havza sistemi ve havza yönetimi çalışmaları büyük önem kazanmaktadır. Bu bakımdan havza yönetimi amaçlarına tam anlamıyla ulaşabilmek için öncelikle havzaların belirlenmesi ve ele alınacak her havzada ayrı ayrı araştırma yapma zorunluluğu bulunmaktadır [71].

Üzerindeki ekosistem ne olursa olsun bir havzanın girdisi yağış, çıktısı ise yağıştan oluşan akıştır. Bu durumda bir su toplama havzası toprak, bitki örtüsü ve bunların oluşumunda büyük payı olan yağış nedeniyle akıştan oluşan hidrolojik bir sistemdir. Havzanın hem hidrolojik bir sistem olması, hem de üzerine düşen yağış sularını tek bir çıkışla boşaltan iç bükey bir topografik yapı olması, havza içerisinde her hangi bir noktada yapılacak bir uygulamanın, havzanın diğer bölümleri üzerinde de etkili olacağı anlamına gelmektedir [72].

Sonuç olarak, havzanın bir hidrolojik birim olarak önem taşıması arazi kullanım sınıflarının bir planlama kapsamında ele alınmasını gerektirmektedir. Özellikle İstanbul gibi şehirleşmenin yoğun olduğu bir bölgede bu sorunun önemi artmaktadır. Çalışma alanımız olan Tavukçu deresinde gerek hidrolojik hesaplarada kullanılması gerekse taşkınlara olan etkisi açısından arazi kullanım planı incelenmiştir. Şekil 3.26'daki verinin elde edilmesi için 1/100.000 ölçekli çevre düzeni planı ile havza sınırı ArcGIS'te çakıştırılmıştır. Şekil 3.27'de de lejantı gösterilmiştir.



Şekil 3.24 : Tavukçu deresi havzası arazi kullanım planı



Şekil 3.25 : Tavukçu deresi havzası arazi kullanım planı lejantı

4. TAVUKÇU DERESİ TAŞKIN DEBİSİNİN BELİRLENMESİ

Taşkınların tahmini için değişik yöntemler kullanılır. Bazıları sadece su toplama havzasının özelliklerine bağlıdır. En yaygın olanı, su toplama havzasının alanı ile taşkın debisi büyüklüğünün doğru orantılı olduğunun akılcı düşünümüdür. Bazı yaklaşımlar eldeki geçmiş ölçümlerden yararlanarak ve teorik ihtimal yöntemlerini de kullanarak standart tasarım taşkınının tahminine çalışır. Yağış akış bağıntılarından yararlanarak ve teorik ihtimal yöntemlerini de kullanarak standart tasarım taşkınının tahminine çalışılır. Yağış akış bağıntılarından yararlanılarakta taşkın öngörüsünde bulunma yöntemleri vardır. Pratikte, bu yöntemlerin birkaçı bir arada kullanılarak karara varılabilir. Genel olarak, su yapısının maliyeti ile ondan elde edilebilecek kazançlarda göz önünde tutularak bir en iyileme yöntemi ile tahmin yapılabilir. Bazen, mühendisler çok emin olabilmek için su yapısı ömrünü 100 veya 200 yıl olarak planlamasına rağmen, 500 yılda bir ortaya çıkabilecek taşkına göre su yapısının boyutlandırması yoluna da gidilebilir. Taşkın hesaplamaları için birbirini tamamlayabilecek dört farklı yöntemden söz edilebilir. Bunlar;

a) Taşkın debisinin tecrübeye dayalı (ampirik) bir takım formüller yardımı ile tahmin edilmesi,

b) Zarf eğrileri ile taşkın tahminlerinin yapılması,

c) İhtimal ve istatistik yöntemleri esas alınarak taşkın tahminlerinin yapılması, ve

d) Birim hidrograflar vasıtasıyla taşkın debilerinin belirlenmesi,

Yöntemleridir [2].

Taşkın debisinin oluşmasında en önemli faktör olan yağış kayıtlarının analizi için bazı kavramlar önem kazanır; bu kavramlar taşkın debisinin hesaplamalarında sıkça kullanılacaktır.

Yağış yüksekliği, belirli birim alanda (1 m^2 gibi) yağışın meydana getirdiği yükselme olarak yağış ölçerler tarafından kaydedilir. Bir yazıcı yağış ölçerden elde edilen yağış kaydı P yağış yüksekliğinin zamanla değişimi gösteren P-t eğrisi, basamaklı bir çizgi şeklindedir.

Yağış şiddeti, birim zamanda düşen yağış yüksekliğidir. Yağış şiddetini zamanla değişimini gösteren eğriye hiyetograf denir.

$$i = dP/dt \quad \textbf{(4.1)}$$

dt zaman aralığı bölgenin büyüklüğüne göre uygun şekilde seçilir, genellikle 1-6 saat arasında kalır, fakat gerekirse 5 dakikaya kadar inebilir. Yağış şiddeti hafif yağışlarda 1 mm/saat değerinden şiddetli yağışlarda 20 mm/saat'e kadar değişebilir. Yağışın süresi büyüdükçe yağış süresi boyunca hesaplanan ortalama yağış şiddeti genellikle azalır. Yağışın i ortalama şiddeti, tp süresi ve T dönüş aralığı arasında:

$$i = (K\,T\hat{}x)/\ [\![(a + tp)]\!]\ \hat{}n \quad \textbf{(4.2)}$$

Şeklinde genel bir formül verilebilir. Burada T en az i şiddetine iki yağışın görülmesi arasında geçen ortalama yıl sayısıdır. K, x, a ve n değerleri her bölge için ölçme sonuçlarından elde edilecektir.

Debi; birim zamandaki suyun hacmidir.

$$D=H/t \quad \textbf{(4.3)}$$

Bunun anlamı, t gibi belirli bir zaman süresinde bir toplama haznesinde birikecek su hacminin ölçülmesi gereklidir.

$$D=AU/t$$

H hacmi, A alan ve U uzunluk; t'de zamandır. Bu denklemdeki U/t oranının fizikte hız, h anlamına geldiği bilindiğinden;

$$D=Ah \quad \textbf{(4.4)}$$

ifadesi elde edilir [18].

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

Tavukçu deresi üzerinde yapılan taşkın debisi hesaplamalarında yeterli miktarda yağış ve akış ölçüm bilgileri mevcut olmadığı için havza modellerini baz alan aşağıda sıralanmış ampirik yöntemlerin incelenmesi uygun görülmüştür.

4.1 Taşkın Debileri Hesap Yöntemleri

4.1.1 Akılcı (rasyonel) yöntem

Bu yönteme akılcı denilmesinin belki de esas sebebi çok basit bir mantık ile bir akarsu havzası üzerine düşen yağıştan ortaya çıkabilecek debi miktarını hesaplamaya yarayan kullanışlı bir formülün çıkarılmasıdır. Bir akarsu havzasının çıkış noktasında, yağış sonrası gözlenebilecek taşkın debisini hesap etmek için aşağıdaki noktalar göz önünde tutulmalıdır.

Havzanın üzerine her yerde eşit yükseklikli bir yağış düştüğü varsayılır. Yağış süresi, S boyunca, A alanlı havza üzerinde ortaya çıkardığı artık yağış yüksekliği Y_A İse bulutlardan bu havzanın üzerine gelen suyun hacmi, H,

$$H=AY_A \qquad \textbf{(4.5)}$$

kadar olur. İki tarafın yağış süresine bölünmesi ile, sol tarafta H/S yani debi, D, sağ tarafta ise Y_A/S yani yağış şiddeti, $Ş_A$ tanımları ortaya çıkar. O halde, kısaca

$$D=Ş_A \qquad \textbf{(4.6)}$$

yazılabilir. Ancak bu henüz akışa geçmemiştir. Akışa geçince sızma dolayısı ile meydana gelecek kayıpları hesaba katmak için bunun 1'den küçük bir katsayı ile çarpılması gerekir. Buna K katsayısı dersek, yüzeysel akış debisi, akılcı yöntemle,

$$D_Y=KA \qquad \textbf{(4.7)}$$

şeklinde elde edilir. Burada yağış süresi olarak geçiş zamanının alınması durumunda tepe(pik) taşkın debisi elde edilir. Yerleşim alanlarında (meskûn bölge) geçiş zamanı biri yağışın su toplama havzası yüzeylerinden en üst tarafta bulunan drenaj girdisine gelinceye kadar geçen zaman , t_0, diğeri de drenajlarda suyun alt tarafındaki çıkış noktasına kadar ulaşması için gerekli zamanın, t_T, toplamına eşittir. Toplam drenaj zamanı da, kaç drenaj borusu veya kanalı varsa, o kadar sayıdadır. Bunlardan ilk zaman drenaja girinceye kadar yüzey suyunun kat edeceği en uzun mesafe, M ile akış yolunun başı ve sonu arasındaki yükselti farkı, dY'ye bağlıdır. En büyük mesafe drenaj giriş noktası ile havzanın bu noktaya en uzak olan noktası arasındaki uzunluktur. İstanbul drenajlarının boyutlandırılmasında;

$$t_0 = 60[0.87M^3/dY]^{0.385} \quad \textbf{(4.8)}$$

formülü kullanılmıştır. Burada M [km] ve dY [m] cinsinden alınırsa , t_0 [dakika] cinsinden bulunur. Diğer zaman, her bir drenaj içindeki tasarım hızı h_i'nın ve drenaj uzunluğunun ,$\square_i$, bilinmesi ile

$$t_i = \square_i/(60h_i) \quad \textbf{(4.9)}$$

olarak hesaplanır. Burada, $\square_i$ m ve h_i'de m/sn cinsinden alınırsa t_i de dakika cinsinden elde edilir. İşte geçiş zamanı, t_g tanım olarak

$$t_g = t_{0+} \sum t_i \quad \textbf{(4.10)}$$

formülü bulunur. İstanbul için 100 yılda 1 defa ortaya çıkabilecek yağış için, geçiş zamanını göz önünde tutarak yağışın şiddeti

$$ş_{100} = 2402/t_g^{0.701} \quad \textbf{(4.11)}$$

Olarak hesaplanır. Burada dakika cinsinden yerine konan geçiş zamanı sonucunda şiddet (lt/sn/hektar) olarak elde edilir. Yine İstanbul için, İMC (2000) tarafından 3, 5, 10, ve 25 yıllık fırtınalar sırası ile

$$ş_3 = 759.3/t_g^{0.652} \quad \textbf{(4.12)}$$

$$ş_5 = 972.3/t_g^{0.662} \quad \textbf{(4.13)}$$

$$ş_{10} = 1273/t_g^{0.664} \quad \textbf{(4.14)}$$

$$ş_{25} = 1692/t_g^{0.686} \quad \textbf{(4.15)}$$

bulunmuştur.

Akış katsayısı fırtınalı yağış esnasında sabittir,

Su toplama havzasının alanı ve yüzey şekilleri fırtınalı yağış esnasında değişikliğe uğramaz

Yağış süresi geçiş zamanına eşit olduğu zaman en büyük debi yani taşkın debisi (tepe debisi) olur.

Bu kabuller geçiş zamanı 20-25 dakikadan daha az olan akarsu havzaları için geçerlidir. Geçiş zamanı ve ortaya çıkma sıklığı bilindiğinde yağış şiddeti süre–şiddet-sıklık eğrisinden elde edilir. Akış katsayısı da çizelge 4.1'den alınırsa, istenilen debi $D_Y=K_A$ denkleminden hesap edilebilir [2].

Çizelge 4.1 : 10 yıldan daha küçük tekerrür süreleri için akış katsayıları

Alanın Özelliği	Yüzey karakteristiği, C
İş Alanları	
Şehir Merkezleri	0.70-0.90
Civar Kısımlar	0.50-0.70
Yerleşim Alanları	
Tek Aile	0.30-0.50
Ayrık Birimler	0.40-0.60
Bitişik Birimler	0.60-0.75
Çevre İlçeler	0.25-0.45
Apartmanlar	0.50-070
Endüstri	
Hafif	0.50-0.80
Ağır	0.60-0.90
Parklar	0.10-0.25
Demiryolları	0.20-0.35
Doğal Yerler	0.10-0.30
Kaldırımlar	
Asfalt ve Beton	0.70-0.95
Tuğla	0.70-0.85
Çatılar	0.70-0.95
Bahçe ve kumlu zemin	
Yatay %2	0.05-0.10
Ortalama %2-7	0.10-0.15
Dik > %7	0.15-0.20
Bahçe, ağır zemin	
Düzlük %2	0.13-0.17
Ortalama %2-7	0.18-0.22
Dik > %7	0.25-0.35

4.1.2 Snyder yöntemi

Yağış ve akış kayıtlarının bulunmadığı havzalarda birim hidrografları elde etmek için havzanın çeşitli fiziksel özelliklerinden yararlanılır. Bu maksatla ileri sürülen yöntemlerden en çok kullanılanlardan birisi Snyder Yöntemidir. Snyder Yönteminin temel formülleri şöyledir.

Akarsu havzasının ağırlık merkeziyle taşkın hidrografının tepe noktası arasındaki (tp) zaman farkı saat olarak denklem 4.16'da gösterilmiştir [73].

$$tp = 0.75 * Ct * (L * Lc)^{0.3} (Saat) \quad \textbf{(4.16)}$$

Bağıntısı ile bulunur. Burada ;

Ct: Havza depolama kapasitesi ve eğimine ait katsayı,

L : Havza uzunluğu, (km)

Lc: Havza alanı ağırlık merkezinin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)

Ct; dağlık arazilerde 1.2, düzlük yerlerde 0.72 ve vadilerde 0.35 alınabilir. İstanbul için bu değer ortalama olarak 1 seçilmiştir.

Bu seçilen Ct değeri pik değer için ampirik olarak 0,89 ile çarpılarak Cp değeri bulunur.

$$Cp = 0.89 * Ct \quad \textbf{(4.17)}$$

Daha sonra birim hidrografa ait sağanak süresi (tr), aşağıdaki formül ile hesap edilir.

$$tr = tp / 5{,}5 \ (Saat) \quad \textbf{(4.18)}$$

Burada;

tr: Birim hidrografa ait sağanak süresidir. (saat)

Feyezan hidrografının tepe noktasındaki birim feyezan debisi (qp) değeri aşağıdaki formül ile (lt/sn/km2/cm) olarak bulunur.

$$qp = 2760 * Cp / tp \ (lt/sn/km^2/cm) \quad \textbf{(4.19)}$$

Buradan taşkın tepe noktasındaki debi (QP) değeri formül aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$Qp = qp * A * 10^{-3} (m^3/sn/cm) \quad \textbf{(4.20)}$$

Burada;

A: Havza alanıdır. (km^2)

Daha sonra bulunan bu değer, 100 yıllık olarak alınan (ha) yağış yüksekliği ile çarpılarak 100 yıllık taşkın debisi bulunur [73].

4.1.3 Kirpich yöntemi

Sentetik metotlardan üçgen birim metodu olarak da bilinen Kirpich Yöntemi, genellikle kullandığı formüllerin basitliği ve çabuk sonuca gidebilen kabulleri olması sebebiyle aynı zaman da Snyder Yöntemi ile olan benzerliğinden tercih edilmektedir. Kirpich Yönteminin genel formülleri aşağıdaki gibidir [74].

Feyezan hidrografı için esas olan yağış süresi (Tf);

$$Tf = te / 2 + tp \text{ (Saat)} \quad \textbf{(4.21)}$$

Burada (te) taşkına sebep olan efektif yağış süresi denklem 4.22'deki formüldeki gibi kabul edilir [75].

$$te=tr=tp/5,5 \quad \textbf{(4.22)}$$

tp: Akarsu havzasının ağırlık merkeziyle taşkın hidrografının tepe noktası arasındaki zaman farkı (saat)

tr: Birim hidrografa ait sağanak süresi (saat)

te: Taşkına sebep olan efektif yağış süresidir. (saat)

Üniform bir yağış dağılımı için feyezan tepe noktasındaki debi (Qp) denklem 4.23'deki gibi kabul edilir [74,75].

$$Qp = k.A.ha /tf \ (m^3/sn) \quad \textbf{(4.23)}$$

A: Havza alanı, (km^2)

ha: 100 yıllık okunan taşkına sebep olan yağış yüksekliği, (cm)

k: Ampirik olarak hesap edilmiş katsayıdır. (0,208)

4.1.4 Mockus yöntemi

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

Mockus yöntemi, toplanma zamanı (tc) 30 saate kadar olan drenaj alanları için uygulanabilmekte, daha büyük alanlarda drenaj alanı tali parçalara ayrılarak her bir parça için çizilecek hidrograflar geciktirme sürelerine göre süperpoze edilmektedir. Yağışın değişkenliği nedeniyle hesaplanacak taşkınlarda alınacak ΔD birim sağanak süresinin doğru seçilmesi önemlidir. ΔD birim sağanak süresinin seçiminde genel kriter formül aşağıda verilmiştir [75].

$$\Delta D=(tc/5) \text{ (saat)} \quad \textbf{(4.24)}$$

İlk 6 saatlik proje sağanak süresi için ΔD çoğunlukla 1 saattir. Toplanma süresi (Tc)'nin 3 saatten az olduğu hallerde ise ΔD pratik olarak 0.5 alınır. Toplanma süresinin 10 ile 15 saat olması halinde ΔD 2 saat, 15 saatten 30 saate kadar olması halinde ise ΔD'nin 3 saat alınması tavsiye edilmektedir.

Mockus yöntemine ait değerleri bulmak için aşağıdaki işlem sırası takip edilir; Geçiş süresi tc formülü denklem 4.25'te verilmiştir [75].

$$tc=0{,}00032*(Lh^{0.77}/S^{0.385}) \text{ (saat)} \quad \textbf{(4.25)}$$

Burada;

Lh: Drenaj alanının hidrolik uzunluğu, (m)

S: Drenaj alanının ortalama eğimidir. (%)

yağışın süresi (D);

$$D=2*tc^{1/2} \text{ (saat)} \quad \textbf{(4.26)}$$

Yağış süresinden sağanak süresi (ΔD) ;

$$\Delta D = tc/5 \text{ (saat)} \quad \textbf{(4.27)}$$

Pik debiye ulaşma süresi;

$$tp=0.5*\Delta D +0.6*tc \text{ (saat)} \quad \textbf{(4.28)}$$

Daha sonra taşkın sönümlenme süresi;

$$tr=Hc*tp \text{ (saat)} \quad \textbf{(4.29)}$$

Burada;

Hc: Havza karakteristiklerine göre 1 ile 2 arasında değişen ampirik katsayıdır.

Bu işlemlerden sonra 1 mm'lik yağışın oluşturacağı debi hesabı aşağıdaki şekilde bulunur [73].

$$qP=(K*A)/tp \ (m^3/sn/mm) \quad \textbf{(4.30)}$$

Burada; K: 0,21 ile 1,60 arasında değişen havza katsayısıdır.Bu değer İstanbul için 1 olarak kabul edilmiştir [76].

Daha sonra bulunan qp değeri 100 yıllık maksimum yağış yüksekliği değeri (ha) formül aşağıda gösterildiği gibi ile çarpılarak 100 yıllık taşkın debisi (Qp) bulunur.

$$Qp=qp*ha \ (m^3/sn) \quad \textbf{(4.31)}$$

4.1.5 S.C.S (Soil Convension Service) eğri numarası yöntemi

30 km2'den küçük havzalardaki su kaynaklarının planlama, projelendirme ve yönetilmesinde kullanılmak üzere sık sık hidrolojik veriler ihtiyaç duyulmaktadır. Seçilmiş proje dönüş aralıkları için yağış-akış hacmi ve maksimum debi değerleri düzenli olarak gereklidir. Bu bilgiler genellikle simülasyon modellerinin kullanımı ile tahmin edilmektedir.

Küçük havzalarda kullanılması kabul edilen ve uygulanan böyle bir model SCS yöntemidir ki Hawkins'e göre 10 yıldan fazla bir süredir uluslar arası olarak zaten, hemde yılda birkaç milyon kez olarak kullanılmaktadır. Enstitüler tarafından önerilen ve ABD, Almanya, Fransa, Orta Doğu Ülkeleri, Avustralya ve Afrika'nın bazı yerlerinde test edilen ve kullanılan SCS Modelinin yaygın olarak kullanılış nedenlerini şu şekilde özetleyebiliriz; Denklemler basittir, girdiler havzanın fiziksel özellikleri ile ilişkilidir, yöntem gerçeğe yakın sonuçlar sağlar, girdi olarak günlük yağış miktarlarını ve hazır bilgileri kullanır, grafik çözümler yöntemi kullanana kolaylık sağlar.

Buna karşılık bazı kısıtlamalara maruzdur; Drenaj alanı 20 mil kare ile sınırlıdır.

-Drenaj alanları sabit bir CN (eğri numarası) değerine sahip olmalıdır.

-Drenaj alanı içerisinde homojen bir drenaj yapısı bulunmalıdır.

-Eğri numarası (CN) çok isabetli olarak saptanmalıdır.

Çizelge 4.2'de arazi koşullarına göre kullanılması tavsiye edilen Eğri Numaraları (CN) gösterilmiştir [3,77].

Çizelge 4.2 : Arazi kullanımına ve zemin gruplarına göre eğri numaraları

Arazi Kullanım Durumu	Hidrolojik Şartlar		Hidrolojik Zemin			
			A	B	C	D
Nadasa bırakılmış, düz sıralı veya çıplak arazi			77	86	91	94
Mera veya Çayır	Zayıf: Yoğun bitki örtüsü % 25'ten az		68	79	86	89
	Orta: Yoğun bitki örtüsü %25-50 arasında		49	69	79	84
	İyi: Yoğun bitki örtüsü %50'den fazla		39	61	74	80
Çalılık	Zayıf: Yoğun bitki örtüsü % 25'ten az		48	67	77	83
	Orta: Yoğun bitki örtüsü %25-50 arasında		35	56	70	77
	İyi: Yoğun bitki örtüsü %50'den fazla		30	48	65	73
Ağaçlık	Zayıf: Yoğun bitki örtüsü % 25'ten az		45	66	77	83
	Orta: Yoğun bitki örtüsü %25-50 arasında		36	60	73	79
	İyi: Yoğun bitki örtüsü %50'den fazla		25	55	70	77
Çiftlik arazileri			59	74	82	86
Açık alanlar, çimenler	Zayıf: Yoğun bitki örtüsü % 25'ten az		39	61	74	80
parklar, golf sahaları	Orta: Yoğun bitki örtüsü %25-50 arasında		49	69	79	84
ve mezarlıklar	İyi: Yoğun bitki örtüsü %50'den fazla		68	79	86	89
Ticaret Merkezleri	Ortalama %85'i geçirimsiz		89	92	94	95
Sanayi Bölgeleri	Ortalama %72'si geçirimsiz		81	88	91	93
Yerleşim Bölgeleri	Alanı	Geçirimsizlik				
	500 m2 den az	% 65	77	85	90	92
	1000 m2	% 38	61	75	83	87
	1500 m2	% 30	57	72	81	86
	2000 m2	% 25	54	70	80	85
	4000 m2	% 20	51	68	79	84
Kaplamalı park alanları, çatı, ara yollar			98	98	98	98
Cadde ve Yollar	Kaplamalı, ızgara ve kanallı		98	98	98	98
	Çakıl		76	85	89	91
	Toprak		72	82	87	89
	Kaplı ve açık hendekli		83	89	92	93

CN eğri numarası SCS Yönteminde kullanılan formüller sırası ile şöyledir [68].

Mockus yönteminde olduğu gibi ilk olarak havza Geçiş Süresi tc (Saat) ;

$$tc = 0.066 * (Lh^2 / S)^{0.385} \text{ (saat)} \quad \textbf{(4.32)}$$

Burada ;

Lh: Drenaj alanının hidrolik uzunluğu (km)

S: Drenaj alanının eğimidir. (%)

Daha sonra toplam yağış Süresi D (Saat);

D = 0.133 * tc (saat) **(4.33)**

Gecikme Süresi L (Saat);

L = 0.6 * tc (saat) **(4.34)**

Hesap edilir.

Pike ulaşma süresi tp (Saat) hesaplanır;

tp = (D / 2) + L (saat) **(4.35)**

Bundan sonra Ağırlık Havza Eğri Numarası (CN)

Maksimum Toprak Su Tutma İndeksi (mm) formülü ile bulunur.

S = (1.000 / CN) – 10 (mm) **(4.36)**

Bilahare Maksimum akış yüksekliğini (he) hesaplamak için; ölçümlerden en yüksek akış yüksekliği (ha) kullanılarak aşağıdaki formül ile bulunur.

he = (ha – l)2 / (ha – l + S) (mm) **(4.37)**

Buradan da 100 yıllık taşkın debisi (Qp) formülü ile hesap edilir [77].

Qp = (0.2083 * A / tp) * he (m^3/sn) **(4.38)**

Burada; A: Havza alanıdır. (km^2)

4.2 İstanbul'da Tercih Edilen Hesap Yöntemi ve Nedenleri

İSKİ halihazırda yağmursuyu drenaj kanallarının ve dere ıslah yapılarının projelendirilmesinde Rasyonel Metod'u kullanmaktadır. Bu metodun uygulanmasında kullanılan temel denklem aşağıdaki şekildedir [78].

$$Q = C\ I\ A/1000 \qquad \textbf{(4.39)}$$

burada,

Q : proje debisi, m3/sn

C : yüzeysel akış katsayısı, veya yağışın yüzeysel akışı oluşturan kısmının yüzdesi

I : ortalama yağış verimi, l/sn/ha;

A : drenaj alanı, ha

Bu bölümde Rasyonel Metod Birim Hidrograf Metodları ile karşılaştırılmakta ve İstanbul'da kullanılması tercih edilen metod seçilmektedir.

Rasyonel Metod'da, yağış şiddeti toplanma süresinin (Tc, dakika) bir fonksiyonudur. Toplanma süresi ise:

$$Tc = To + Tn \qquad \textbf{(4.40)}$$

bağıntısı ile belirlenir.

Burada,

To : arazilerden gelen akımın menbaın en ucundaki dere ıslah yapısının "o", başlangıcına giriş süresi (dakika) veya tali yağmursuyu sistemleri için başlangıç giriş süresidir (dakika).

Tn : kümülatif akımın dere ıslah yapısının başlangıcından itibaren mansabın en ucundaki noktasına "n" akış süresidir (dakika).

Dere ıslahları için ise To değeri iki değişkenin bir fonksiyonudur. Bunlar havza sınırından ilk dere ıslah yapısının başlangıcına kadarki en uzun akış güzergahının uzunluğu ("L"); ve akış güzergahı boyunca zemin kotundaki değişmedir ("dH"). Havza akış süresi aşağıdaki bağıntıdan bulunur [78].

$$T_0 = 60[0.87L^3/dH]^{0.385} \quad \textbf{(4.41)}$$

burada,

To : havza akış süresi (dakika),

L : havza sınırından dere ıslah yapısına kadar ana akış güzergahının uzunluğu (km)

dH : ana akış güzergahının başlangıcı ile sonu arasında zemin kotu değişimi (m)

Verilen bir "i", dere ıslah kesitindeki ilave akış süresi "ti", aşağıdaki denklemden, akış hızı "Vi" ve dere ıslah yapısı uzunluğu "Li" ye bağlı olarak bulunur:

$$ti = Li / (60* Vi) \quad \textbf{(4.42)}$$

burada,

ti : akış süresi, dakika

Li : dere ıslah yapısı uzunluğu, m

Vi : akış hızı, m/sn

Dere ıslah yapısının n alt ucuna kadarki toplam akış süresi Tn menbadaki bütün dere ıslah yapıları boyunca i'nin 1'den n'ye kadarki bütün değerleri için ti akış süreleri toplanarak bulunur; dolayısıyla Tn, n'inci ıslah kesitindeki akış süresini de içerir. Menba kolları bulunuyorsa, en büyük havza alanına sahip kollardaki toplam akış süresi (ve genelde en yüksek Tc değeri) mansaptaki dere ıslah kesitlerinin projelendirilmesinde kullanılır [78].

100 yıllık yağışlar için yağış şiddeti Rasyonel Metod'da aşağıdaki bağıntı ile tahmin edilir:

$$I=2402/T_C^{0.701} \quad \textbf{(4.43)}$$

burada,

I : yağış verimi, l/sn/ha

Tc : toplanma süresi, dakika

Diğer yağış tekerrür aralıklarında şiddet aşağıdaki bağıntılardan hesaplanır:

3 yıllık yağışlar $I = 759.3/T_C^{0.652}$ **(4.44)**

5 yıllık yağışlar $I = 972.3/T_C^{0.662}$ **(4.45)**

10 yıllık yağışlar $I = 1273/T_C^{0.664}$ **(4.46)**

25 yıllık yağışlar $I = 1692/T_C^{0.686}$ **(4.47)**

İSKİ şartnamelerinde dere ıslah yapıları için DSİ'nin Rasyonel Metod'dan uyarladığı metodun kullanılması istenmekteydi. DSİ'nin geliştirdiği metodda, havza akış süresi To, bütün dere kesitlerinde kullanılmaktadır. Bu durum, proje debilerinin gerekenden daha düşük olarak tahmin edilmesine neden olmaktadır [78].

Yukarıdaki bağıntılardan elde edilen havza akış süresi İstanbul için kullanıldığında, tipik olarak, birinci dere ıslah yapısının başına giden yol üzerinde, (L uzunluğu için) 2 m/sn'lik bir hız vermektedir. Buna karşılık dere ıslah yapıları genelde izin verilen maksimum hız olan 5 m/sn'ye göre projelendirilmektedir ve bu mansap kısımlarında daha düşük bir Tc değerinin alınmasını gerektirmektedir. Düşük Tc değerleri ise yağış şiddetlerinin ve proje debilerinin yüksek alınmasına neden olmaktadır. İSKİ teknik şartnameleri değiştirilerek, giriş süresi denkleminin sadece bir dere ıslah yapısının menba kısımlarına uygulanabileceği, mansap kısımlarındaki havza alanlarına uygulanmaması gerektiği belirlenmiştir. Dere ıslah yapılarında akış süreleri genel sistem tasarımının bir parçası olarak belirlenmelidir [78].

Altyapı maliyetindeki küçük artışın, taşkından koruma, taşkın hasarlarına karşı potansiyel tasarruf ve ticari yerdeğişiminin azalması açısından sağlanan faydalarla karşılandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak İstanbul için Rasyonel Metod ile yapılan tasarmın yeterli olduğu anlaşılmıştır. Bu metotdaki en önemli eksiklik olan, çukur yerlerde biriken yağmursuyu, sızma gibi kayıpların hesaba katılmamasının göz ardı edilebilmesinin en önmeli nedeni İstanbul'un genellikle dik olan topoğrafyasında çok az doğal depolama alanlarının bulunmasıdır [78].

5. TAVUKÇU DERESİ HİDROLİK MODEL ÇALIŞMASI VE TAŞKIN HARİTALAMASI

Taskın debileri bulunduktan sonraki adım hidrolik model çalısmalarıdır. Su yollarında ve çevrelerindeki sel yataklarında, su basma alanlarının ve su derinliklerinin bulunması gibi hidrolik analizler için gelistirilen çesitli hidrolik model tipleri bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı CBS ile entegre edilerek çalısabilecek hale getirilmiş veya yazılan arayüzlerle bu işlem sağlanmıştır. Bu tip modellerden en çok kullanılanlar Danimarka Hidrolik Enstitüsü'nün hazırladığı MIKE 11 model serisinin hidro-dinamik (HD) modülü, diğeri de Amerikan Hidrolojik Mühendislik Merkezi'nin (HEC) HEC-RAS modelidir. Biz çalışma alanımız olan tavukçu deresinin hidrolik modellemesi için HEC-RAS programını kullandık.

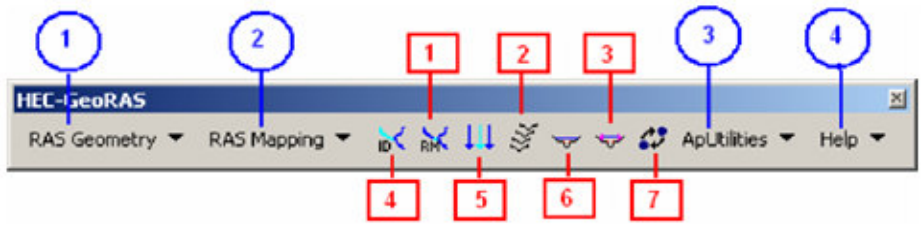
5.1 Hec-Georas Kullanılarak Geometrik Verilerin Oluşturulması

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

5.1.1 Hec-Georas hakkında genel bilgiler

HEC-RAS programına coğrafi verilerin taşınması için ilk olarak, incelenecek olan bölgenin sayısal yükseklik modelinin hazırlanması gerekmektedir. HEC-GeoRAS alt programı coğrafi verileri toplamak için arazinin ÜDA (TIN) formatında sayısal yükseklik modeline gerek duymaktadır.

ArcGIS 9. yazılımına bir uzantı olarak çalıştırılabilen HEC-GeoRAS temel olarak HEC-RAS yazılımının hidrolik modelleme yapabilmesi için ihtiyaç duyduğu geometrik verinin hazırlanması ve HEC-RAS'ta modelleme sonrasında sonuçların gösterim ve sunumunda kullanılmaktadır. HEc-GeoRAS 4 menü (mavi daire) ve 7 düğmeden (kırmızı kare) oluşmaktadır.



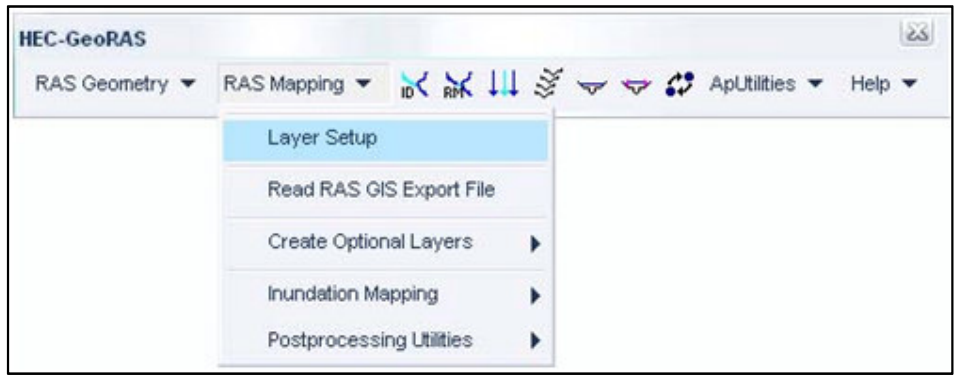
Şekil 5.1 : HEC_GeoRAS menüsü

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



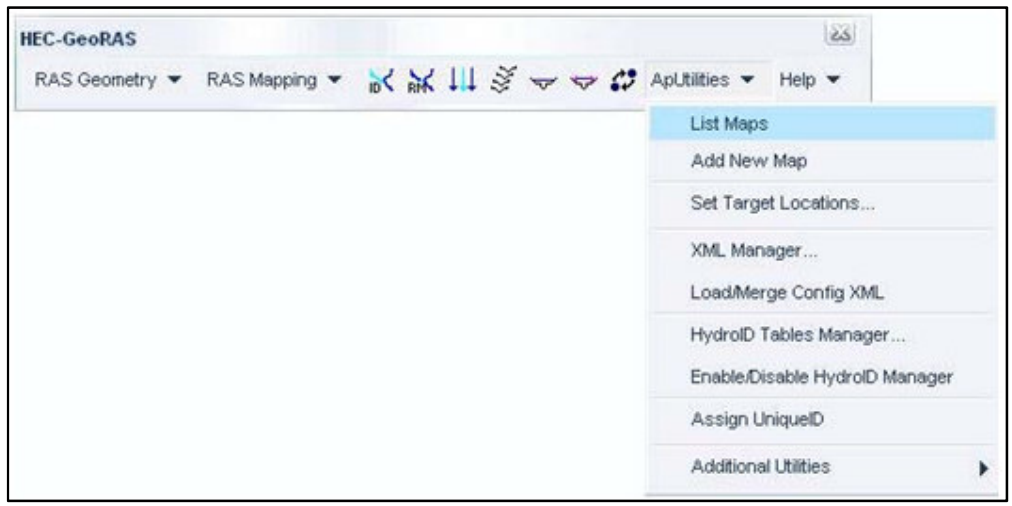
Şekil 5.2 : Geometri menüsü ve elemanları

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



Şekil 5.3 : RAS haritalama menüsü ve elemanları

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



Şekil 5.4 : ApUtilities menüsü elemanları

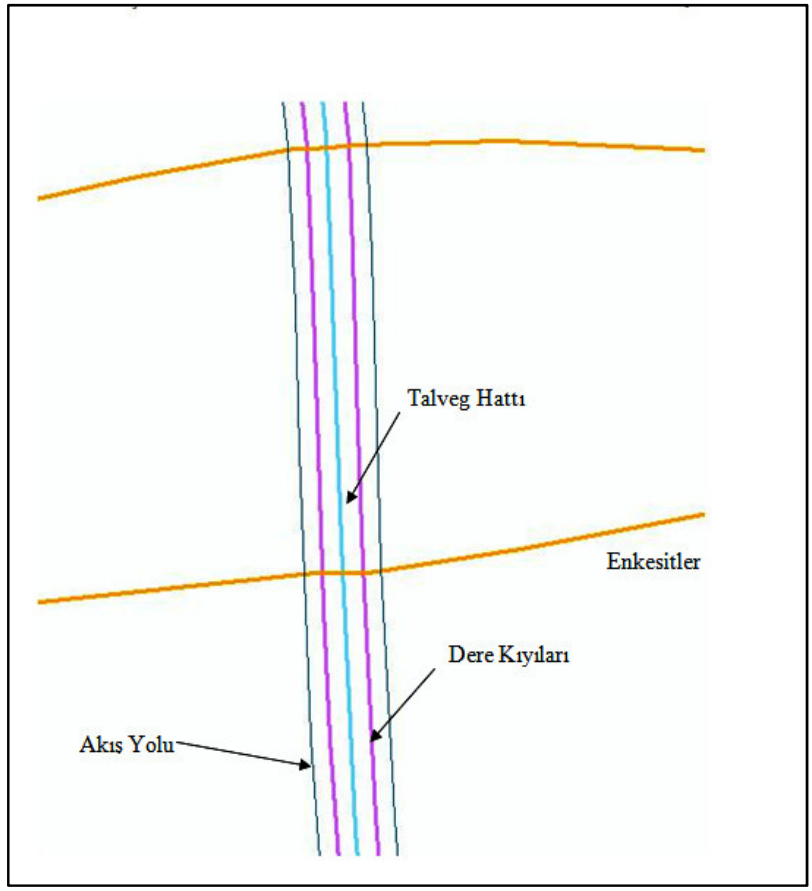
HEC-GeoRAS düğmeleri Geometri katmanlarına veri girilmesi ve HEC-RAS analiz sonuçlarının çıktı formatını (.sdf), HEC-GeoRAS ta haritalama ve analiz sonrası işlemlerde kullanılmak üzere (.xml) formatına dönüştürülmesinde kullanılır.

5.1.2 HEC-GeoRAS ile dere bilgilerinin oluşturulması

Hec-Georas modülünde girilecek olan veriler taşkın analizi yapmada kullanılacak olan verilerdir. Bunun için söz konusu verilerin önceden başka bir programda hazırlanıp kullanılması uygun olduğu gibi Arcgis ortamında da hazırlanması mümkündür.

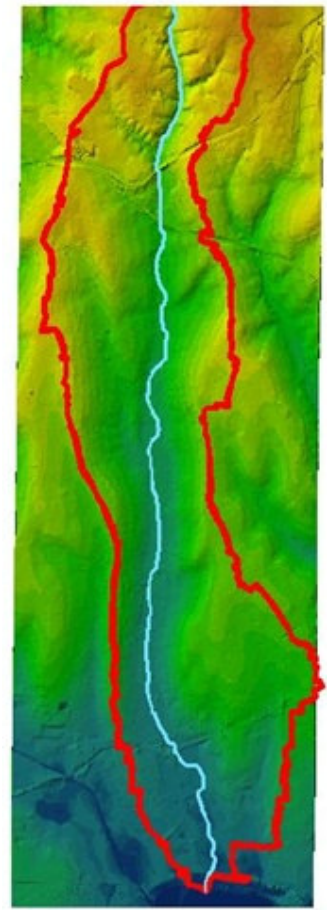
Talveg hattı, dere kıyı çizgileri, havza alanları, arazi kullanım planları, köprü ve menfezler, detay yapılar, su toplanan bölgeler, akışın olduğu diğer bölgeler gibi bilgilerin bu programda girilmesi gerekmektedir. Taşkın analizlerinde kullanılacak dere bilgileri şunlardır:

Talveg hattı (Stream Centerline), Dere Kıyıları (Left Over Bank-Right Over Bank), Akış Yolları(Flowpath), Enkesitler (XS Cutlines), Köprü ve Menfezler (Bridge-Culvert), Arazi Kullanımı(Landuse Areas), Su Toplama Bölgeleri(Ineffective Areas), Su Engel Noktaları (Blocked Obstructions)



Şekil 5.5 : HEC-GeoRAS dere bilgileri

Dere bilgilerinin girilmesine talveg hattından başlanmalıdır. Talveg hattı hazırlanırken mevcut kısımda harita alımlarından ve 1/5000 sayısal haritalardan yararlanılmıştır. Diğer kısımlarda ise iş sonu projelerinden ve uygulama projelerinden faydalanılmıştır. Şekil 5.5'te oluşturulan Talveg hattı gösterilmektedir. Dere akış yolları ise dere yatağındaki suyun yönünü belirlemede kullanılan bir veridir. Hesaplamalarda kullanılmamaktadır.



Şekil 5.6 : Tavukçu deresi talveg hattı (stream centerline)

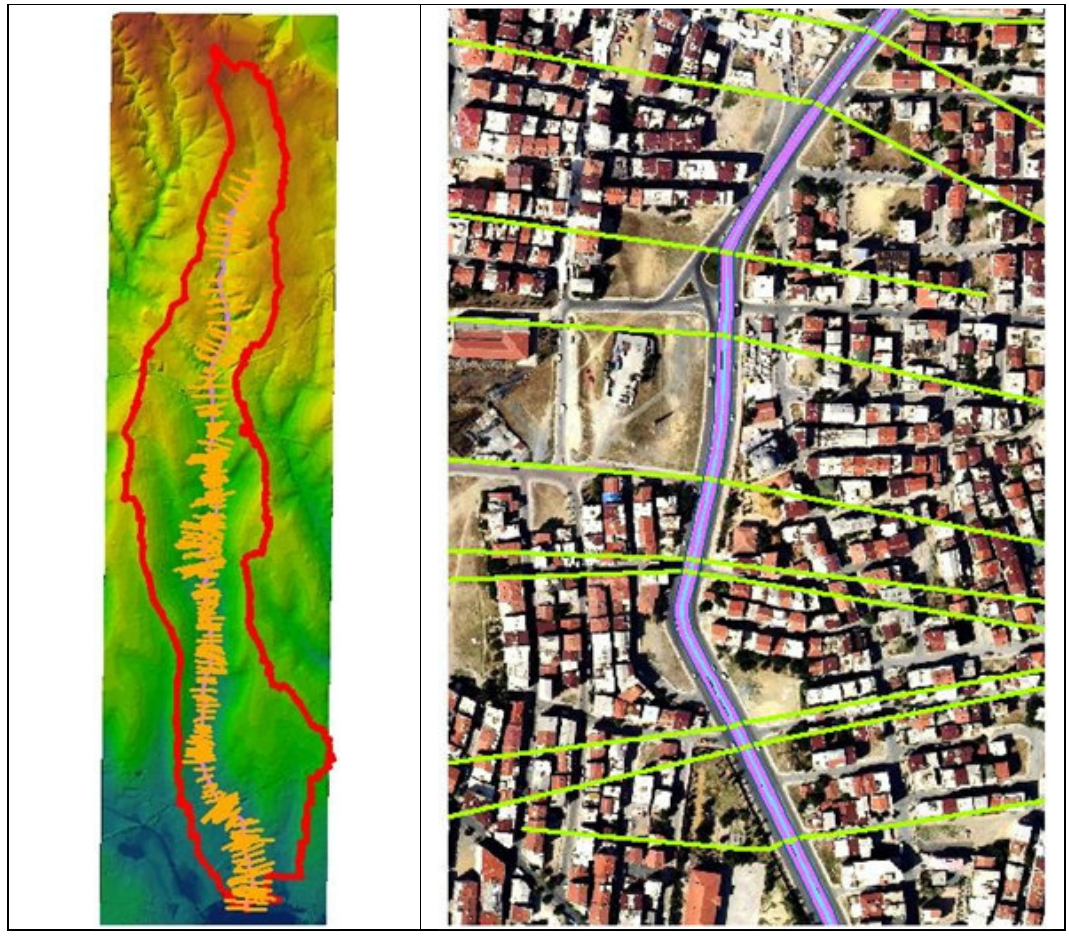
Aynı şekilde dere kıyıları da mevcut olan kesitlerde harita alımlarından ve sayısal paftalardan, diğer kısımları ise iş sonu projelerinden ve uygulama projelerinden alınmıştır.



Şekil 5.7 : Tavukçu deresi kıyı çizgileri (banks)

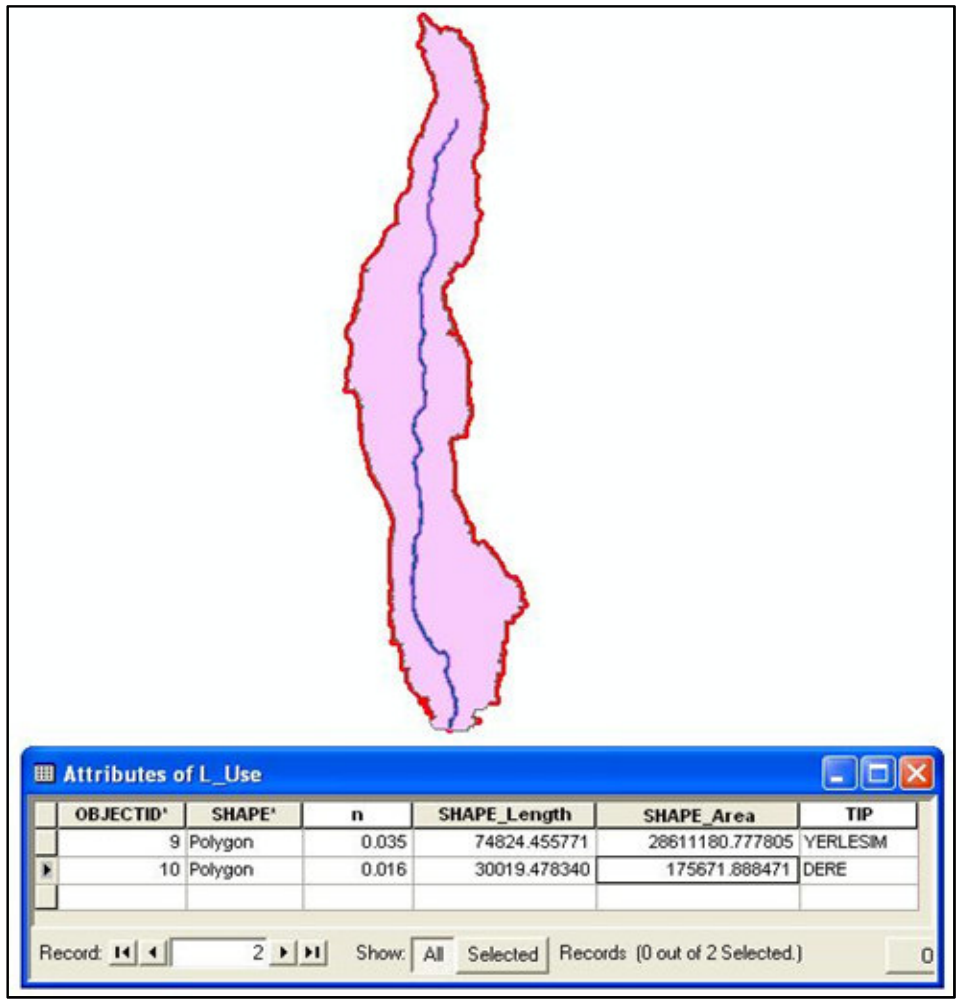
Taşkın analizleri yaparken en önemli adımlardan birisi tanımlanacak olan enkesit noktalarıdır. Bu enkesitlerin mümkün olduğunca uzun olması gerekmektedir. Çünkü taşkın analizi yaparken çizilen Enkesit noktalarının birleştirilmesi söz konusu olmaktadır. İki enkesit arasındaki su basma yükseklikleri birleştirilerek taşkın haritalaması yapılmaktadır.

Bölge alanında yapılan harita çalışmaları TIN dosyası üzerine atılmıştır. Böylelikle tam bu noktalardan alınan enkesitler ile profil kotlarını TIN dosyasından değil de alımlardan okunması sağlanmıştır ve kot yanılması ortadan kaldırılmıştır. Oluşturulan enkesitler Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



Şekil 5.8 : Tavukçu deresi enkesitleri (XS cutlines)

Arazi kullanım planları oluşturulurken imar planları ile sayısal paftalardan yararlanılmıştır. Havza alanı yerleşim ve dere olmak üzere iki parçada incelenmiştir. Dere yatağı içerisinde 0.016, diğer bölgelerde ise 0.035 manning katsayısı alınması uygun görülmüştür.



Şekil 5.9 : Tavukçu deresi arazi kullanım planı ve manning katsayıları

Dere ile ilgili tüm bilgiler girildikten sonra Hec-Georas programında katmanlarla ilgili işlemler yapılmalıdır.

5.2 Hidrolik Model Çalışmaları

Yukarıdaki işlemlerden sonraki adım hidrolik model çalışmalarıdır. Suyollarında ve çevrelerindeki sel yataklarında, su basma alanlarının ve su derinliklerinin bulunması gibi hidrolik analizler için geliştirilen çeşitli hidrolik model tipleri bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı CBS ile entegre edilerek çalışabilecek hale getirilmiş veya yazılan arayüzlerle bu işlem sağlanmıştır. Bu tip modellerden en çok kullanılan bir tanesi Danimarka Hidrolik Enstitüsü'nün hazırladığı MIKE 11 model serisinin hidro-dinamik (HD) modülü, diğeri de Amerikan Hidrolojik Mühendislik Merkezi'nin (HEC) HEC-RAS modelidir.

5.2.1 Hec-Ras hakkında genel ve teknik bilgiler

HEC-RAS bir boyutlu kararlı ve/veya kararsız akışların su yüzü profillerinin modellemesine izin veren yazılımdır. Bu yazılımın en son versiyonu HEC-RAS 4.0 olup bu versiyonla birlikte sediment taşınımı ile ilgili hesaplama da yapabilmektedir.

Kararlı akım su yüzü profilleri hesaplanması sadece ana mecra için yapılabildiği gibi dendritik veya loop sisteminde olduğu gibi tüm akarsu ağı içinde yapılabilmektedir. Temel hesaplama prosedürü bir boyutlu enerji denkleminin çözümü ile sağlanmaktadır. Mecra üzerindeki yapıların su yüzü profilleri hesaplanabilmektedir. Kararlı akım simülasyonu genellikle taşkın düzlüğünün yönetilmesi, taşkın sigortası, taşkının nereye kadar ulaşacağı ve mecra tabanı ile kıyılarda alınabilecek önlemlerin su yüzü profilini nasıl etkileyeceğini belirlemek amacıyla yapılmaktadır.

Kararlı akım su yüzü profilinin hesaplanması için profil hesaplama denklemleri, enkesit taşıma hesaplamaları, Ana mecra için kompozit Manning n formülü, Hız ağırlık katsayısı, sürtünme kayıpları değerlendirmesi, daralma ve genişleme kayıpları ve kararlı akım modeli için sınırlamalar tartışılacaktır [80].

Kararlı akım simülasyonunda bir enkesitten diğerine su yüzü profilinin hesabı standart adım yöntemi olarak adlandırılan iteratif olarak enerji denklemi ile yapılmaktadır.

Enerji denklemi;

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 * V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 * V_1^2}{2g} + h_e \qquad \textbf{(5.1)}$$

şeklinde yazılmaktadır. Formülde;

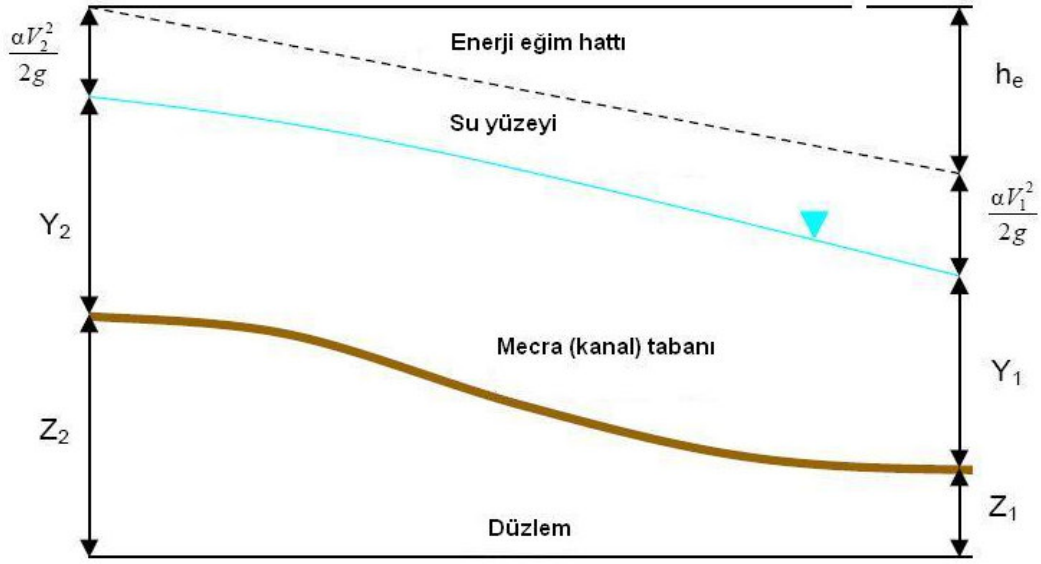
Y1, Y2: Enkesitlerdeki su derinliği

Z1, Z2 : Ana kanal yüksekliği (elevation of the main channel inverts)

V1, V2: Ortalama hızlar (toplam deşarj/toplam akım alanı)

α_1, α_2 : Hız ağırlık katsayıları

g : Yerçekimi ivmesi



Şekil 5.10 : Enerji denklemindeki öğelerin şematik gösterimi

he : Enerji hareket kaybı (Energy head loss)'nı göstermektedir

İki enkesit arasındaki enerji hareket kaybı (Energy head loss) (he);

$$h_e = L\bar{S}_f + S_f + C \left| \frac{\alpha_2 * V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 * V_1^2}{2g} \right| \quad \textbf{(5.2)}$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Formülde;

L : iki en kesit arası deşarj ağırlıklı uzunluk (discharge weighted reach length)

$\bar{S}_f$: iki enkesit arasını temsil eden sürtünme eğimi

C : daralma veya genişleme katsayısı

L ise şu formül ile hesaplanmaktadır;

$$L=\frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob}+L_{ch}+\bar{Q}_{ch}+L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob}+\bar{Q}_{ch}+\bar{Q}_{rob}} \quad \textbf{(5.3)}$$

Formülde;

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} :sırasıyla sol kıyı üstçizgisi, kanal ve sağ kıyı üst çizgisi için iki enkesit arası mesafe

$\bar{Q}_{lob}, \bar{Q}_{ch}, \bar{Q}_{rob}$: sırasıyla sol kıyı üstçizgisi, kanal ve sağ kıyı üstçizgisi için enkesitlerdeki akımın aritmetik ortalaması'dır.

Her bir en kesitteki toplam taşıma (conveyance) ve hız katsayısının belirlenmesi için akımın uniform olarak dağıldığı varsayılarak alt birimlere bölünmektedir. HEC-RAS yaklaşımında akımın kıyı (sağ ve sol) alanlarına alt bölümlere ayrılması girdi enkesitindeki n-değeri kırılma noktası (n-değerinin değiştiği yer) kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 5.12). Her alt bölümdeki taşınmanın hesaplanması Manning eşitliği ile belirlenmektedir [79].

$$K = \frac{1.486}{n} A\, R^{2/3} \quad \textbf{(5.4)}$$

$$Q = KS_f^{1/2} \quad \textbf{(5.5)}$$

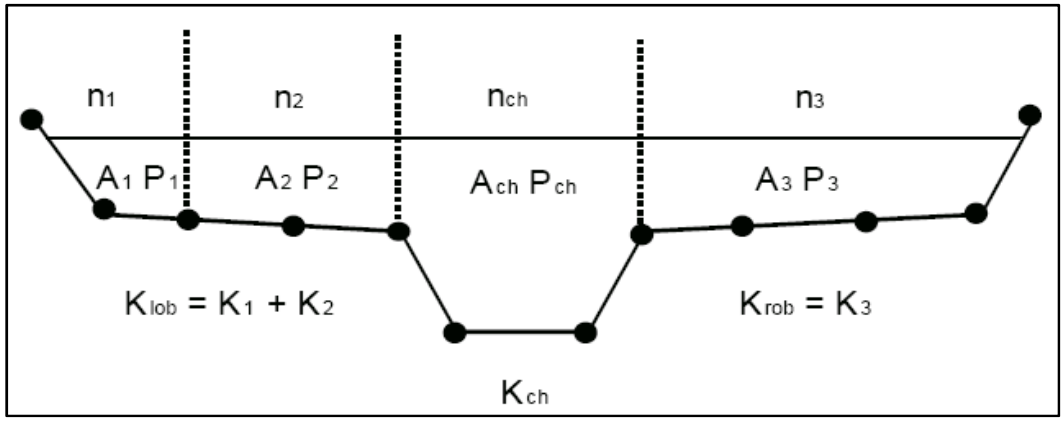
Formülde;

K : alt bölüm için taşınma

n : alt bölüm için Manning pürüzlülük katsayısı

A : alt bölüm alanı

R : alt bölüm için hidrolik yarıçap



Şekil 5.11 : HEC-RAS alt bölüm taşıma yöntemi

HEC-RAS sağ ve sol kıyıdaki taşımaları sağ ve sol kıyılara ait alt bölümlerin taşımalarını toplayarak yapmakta ana kanal taşımasını ise tek taşıma öğesi olarak bir defada hesaplamaktadır. En kesite ait toplam taşıma ise sağ kıyı, sol kıyı ve ana kanalın taşımalarının toplamından hesaplanmaktadır [79].

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(P_i n_i^{1.5})}{P}\right]^{2/3} \quad \textbf{(5.6)}$$

Formülde;

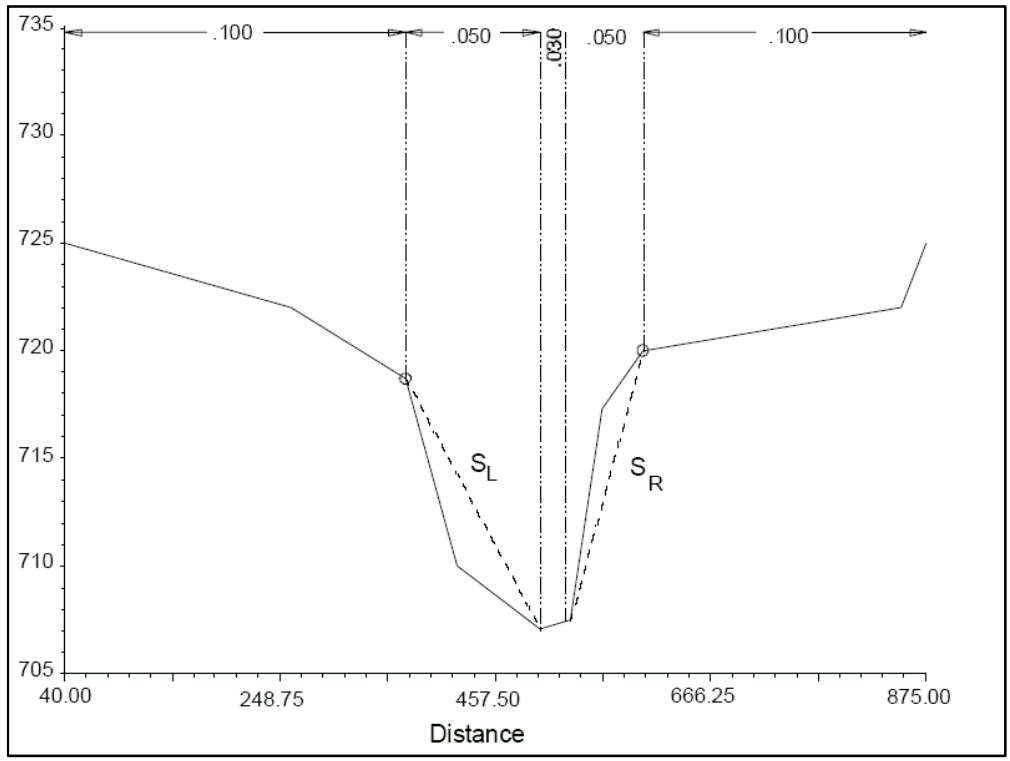
n_c : Kompozit veya eşdeğer pürüzlülük katsayısı

P : ıslak çevre

Pi : i.ci alt bölüm için ıslak çevre

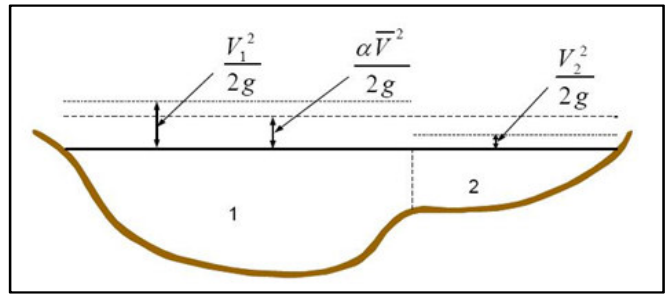
ni : i.ci alt bölüm için pürüzlülük katsayısı

Kanal yan yüz eğimi ise ana kanaldaki en yakın iki n-değeri istasyonunun yatay mesafesinin kot farkına oranı olarak tanımlanmıştır (Şekil 5.13).



Şekil 5.12 : Kompozit nc hesaplaması için yan yüz eğimlerinin tanımlanması

Ortalama Kinetik Enerji Yükü (Head) Değerlendirilmesi: HEC-RAS bir boyutlu su yüzü profil hesaplama yazılımı olduğu için her en kesitte ancak bir su yüzü profili dolayısıyla bir ortalama enerji hesaplayabilmektedir. Verilen su yüzü yüksekliği için ortalama enerji söz konusu en kesitin üç alt bölümünün (sağ kıyı, ana kanal, sol kıyı) akım ağırlıklı enerjisinden hesaplanmaktadır. Örnek olarak Şekil 5.14'te verilen en kesitte ana kanal ve sağ kıyı (sol kıyı yok) hesaba katılarak ağırlıklı enerjinin nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir [80].



Şekil 5.13 : Ortalama enerjinin belirlenmesi

Şekil 5.14'te V_1, 1 numaralı alan için ortlama hız ve V_2, 2 numaralı alan için hızı göstermektedir.

Hız katsayısı α, aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \cdots \quad + Q_N V_N^2}{Q \bar{V}^2} \tag{5.7}$$

Sürtünme Kaybı Değerlendirilmesi: HEC-RAS'ta sürtünme kaybı S_f (sürtünme eğimi) ve L (deşarj ağırlıklı uzunluk) tarafından belirlenmekte ve sürtünme eğimi her en kesit için aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır [79].

$$S_f = \left[\frac{Q}{K}\right]^2 \tag{5.8}$$

Daralma ve Genişleme Kaybı Değerlendirilmesi: HEC-RAS'ta daralma ve genişleme kaybı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$h_{ce} = C \left| \frac{\alpha_2 * V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 * V_1^2}{2g} \right| \tag{5.9}$$

Formülde;

C : daralma /genişleme katsayısı'dır.

Kararlı Akış (Steady Flow) İçin Sınırlamalar: Kararlı akım için sınırlama ve kabuller şöyle sıralanabilir: akış kararlıdır, kanalda akış değişimi çok hızlı değildir (köprü, menfez gibi hidrolik yapılar hariç), akış bir boyutludur, ana kanal eğimi %10'dan fazla değildir [79].

5.3 HEC-RAS'ta Geometrik Verilerin Düzenlenmesi ve Taşkın Modellemesi

HEC-RAS modeli ücretsiz olarak internet ortamından temin edilebilmektedir. Ayrıca, HEC'in internet sitesinden programla ilgili teknik dökümanlara, eğitim kitapçıkları ve program içerisinde kullanıma hazır girdi dosyalarına ulaşılması da mümkündür.

Su yüzeyi profillerinin oluşturulmasından sonra sonuçlar, HEC-RAS içerisindeki çeşitli grafiksel ve yazılı çıktı özellikleri ile incelenebilmektedir. Ancak taşkın alanlarının hesaplanabilmesi için bu profillerin CBS ortamına taşınması gerekmektedir.

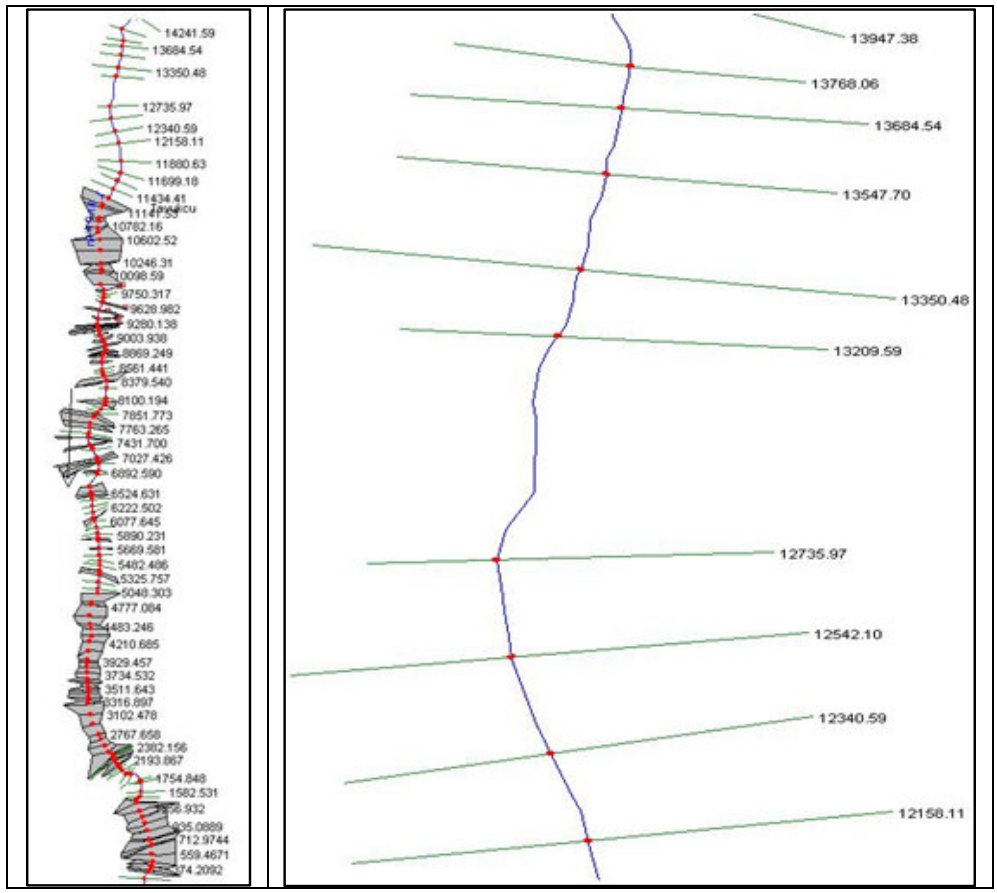
Sahamıza ait geometrik veriler, Hec-GeoRAS ta üretilmiş olup ilave veriler bu kısımda tamamlanmıştır.

5.3.1 Hec-Ras ile dere bilgilerinin düzenlenmesi

Hec-Ras programına altlık olacak olan veriler Hec-Georas'ta tamamlandıktan sonra taşkın analizini yapacak aşamaya gelinmektedir. Bu aşamada dereye ait enkesitler düzenlenerek köprü, menfez, akış olmayan alanlar, engelleyici yapılar, manning katsayıları, debi bilgileri girilmektedir. Program çalıştırılmadan önceki aşamaları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- Yeni proje açılması ve geometrik datanın alınması
- Enkesit bilgilerinin düzenlenmesi, sağ ve sol kıyı çizgilerinin belirlenmesi
- Köprü ve menfez detaylarının girilmesi
- Suyun toplandığı fakat akım olmayan noktaların belirlenmesi
- Akımı engelleyici yapıların belirlenmesi
- Manning katsayılarının kontrolü
- Kararlı veya kararsız akım koşullarının tespit edilerek debi bilgilerinin girilmesi

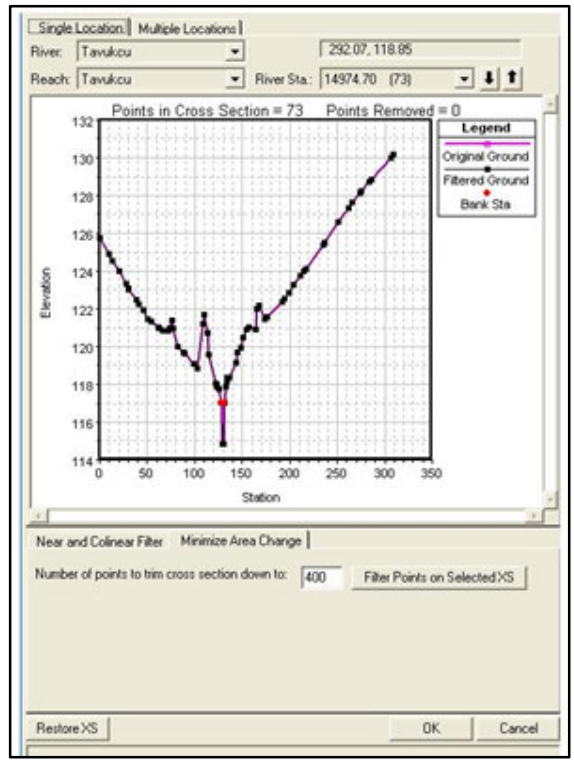
Hec-Georas programından export edilen datalar Hec-Ras ortamına alınmalıdır. Bu amaçla geometrik datadan import komutu kullanılmaktadır. Bu komutla dere talveği ve enkesit noktaları otomatik olarak programımıza gelmektedir. Burada dikkat edilecek olan ise dere akış yönünün doğru gelip gelmediğidir. Eğer Hec-Georas programında hata yapılmış ise dere akış yönü ters gelecektir.



Şekil 5.14 : Tavukçu deresi geometrik datası

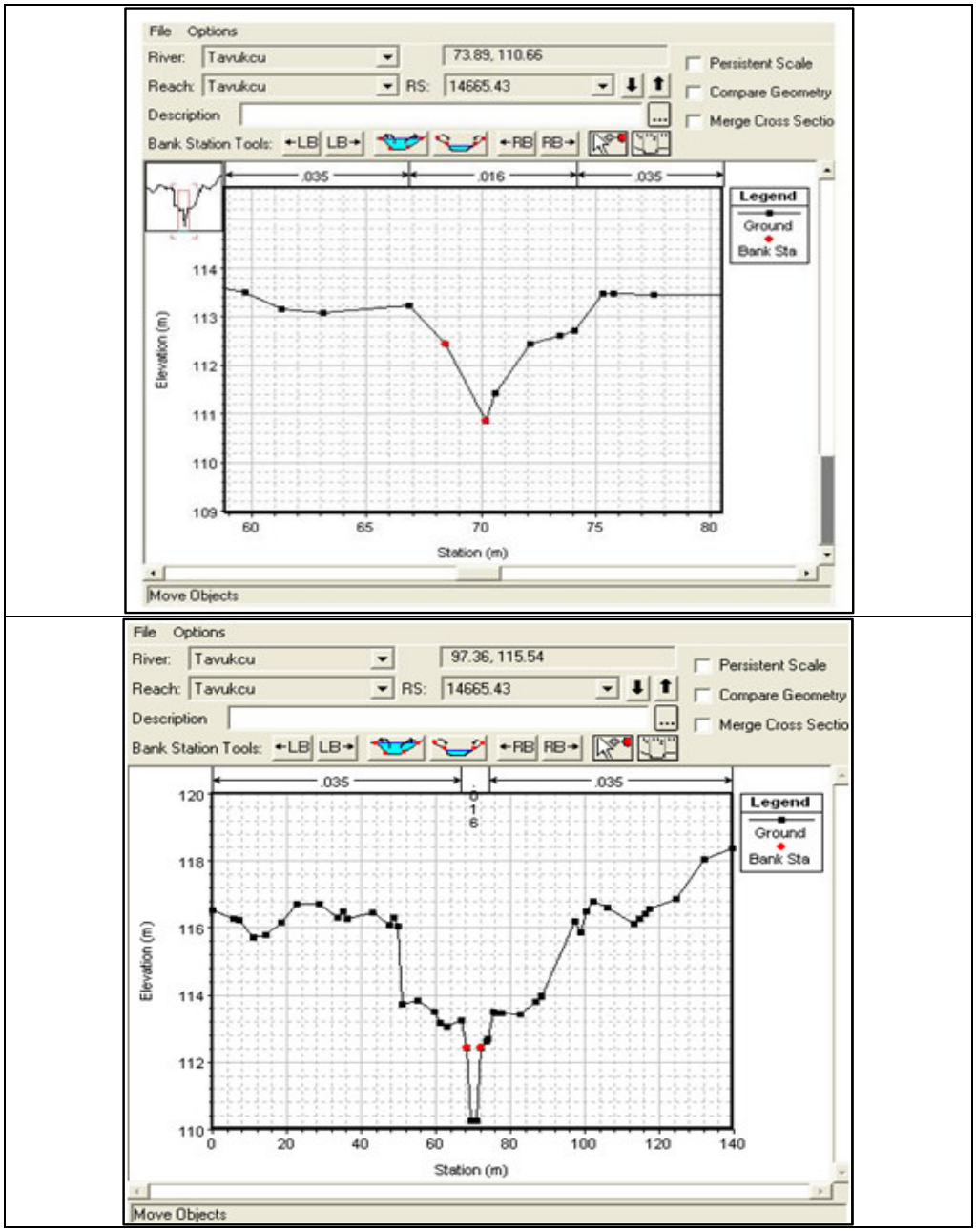
Geometrik datanın alınmasıyla birlikte sıra hesaba ilişkin bilgilerin düzenlenmesine gelmektedir. İlk aşamada enkesitlerin düzenlenmesi gelmektedir. Geometrik datanın ham haliyle kullanılması uygun değildir. Çünkü TIN dosyasından kot alırken bazı düzensizlikler meydana gelmektedir. Bu nedenle dere kıyı çizgilerinde sapmalar oluşmaktadır. Bu sorunun aşılması ise kesitlerin düzenlenmesiyle ortadan kaldırılmalıdır.

Enkesitler düzenlenirken kesit boyuna bağlı olarak bir enkesitte çok sayıda nokta oluşmaktadır. Yani Enkesit ne kadar uzun ise o kadar TIN dosyasıyla kesişeceğinden aynı sayıda nokta üretecektir. Bu nokta üretmesi sırasında aynı noktaya birden fazla kot attığı görülebilir. Yani aynı koordinat ve kota sahip birden fazla nokta görülebilir. Bu durum problemlere neden olmaktadır. Bu sorunu kaldırmak için programda fazla noktaları kaldır komutunu kullanmak gereklidir.



Şekil 5.15 : Bir enkesitte fazla noktaların elenmesi

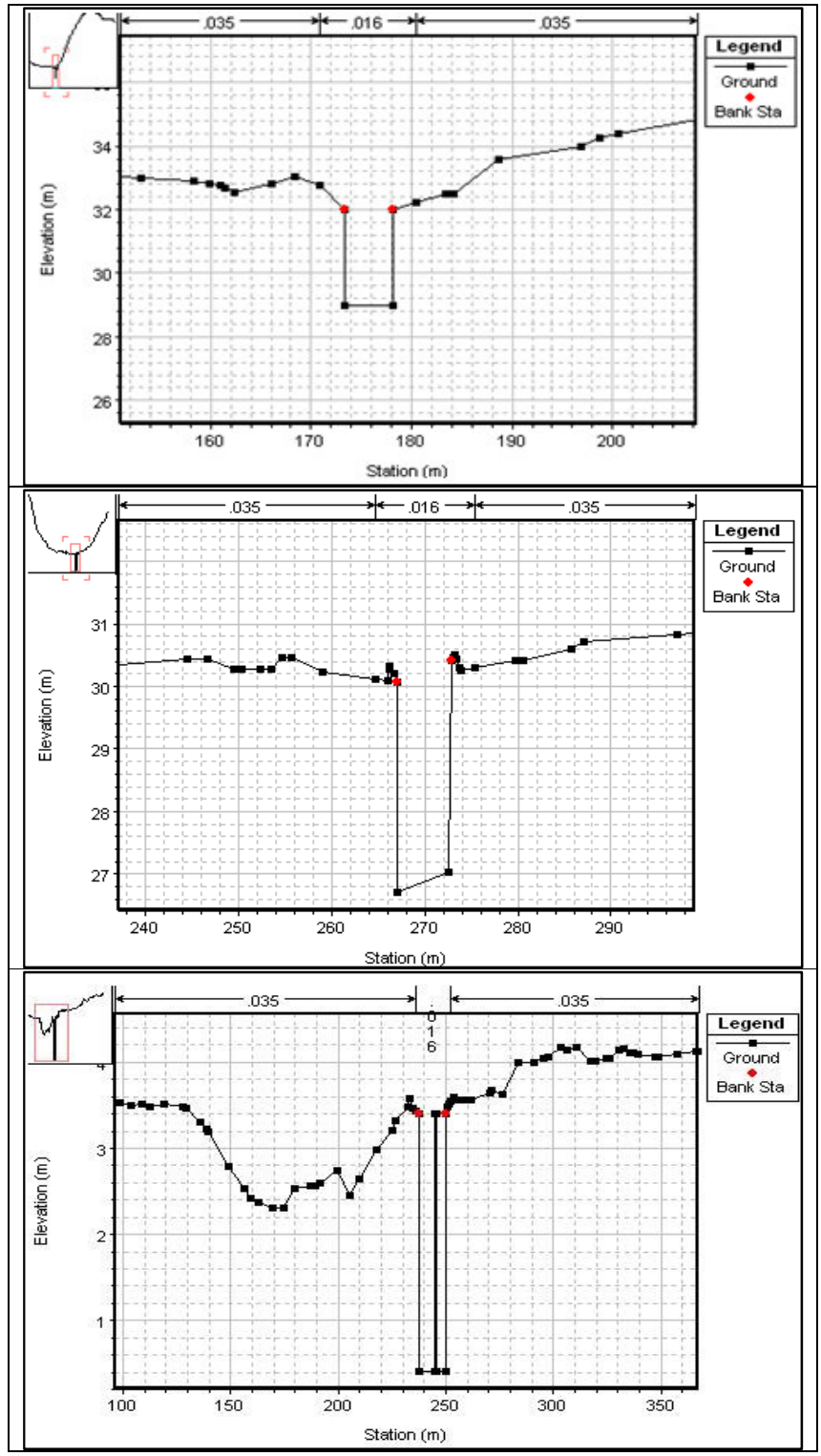
Fazla noktaların elenmesi işlemi tüm enkesitler için gerçekleştirilir.



Şekil 5.16 : Sapma örneği gösteren enkesit ve düzeltilmiş hali

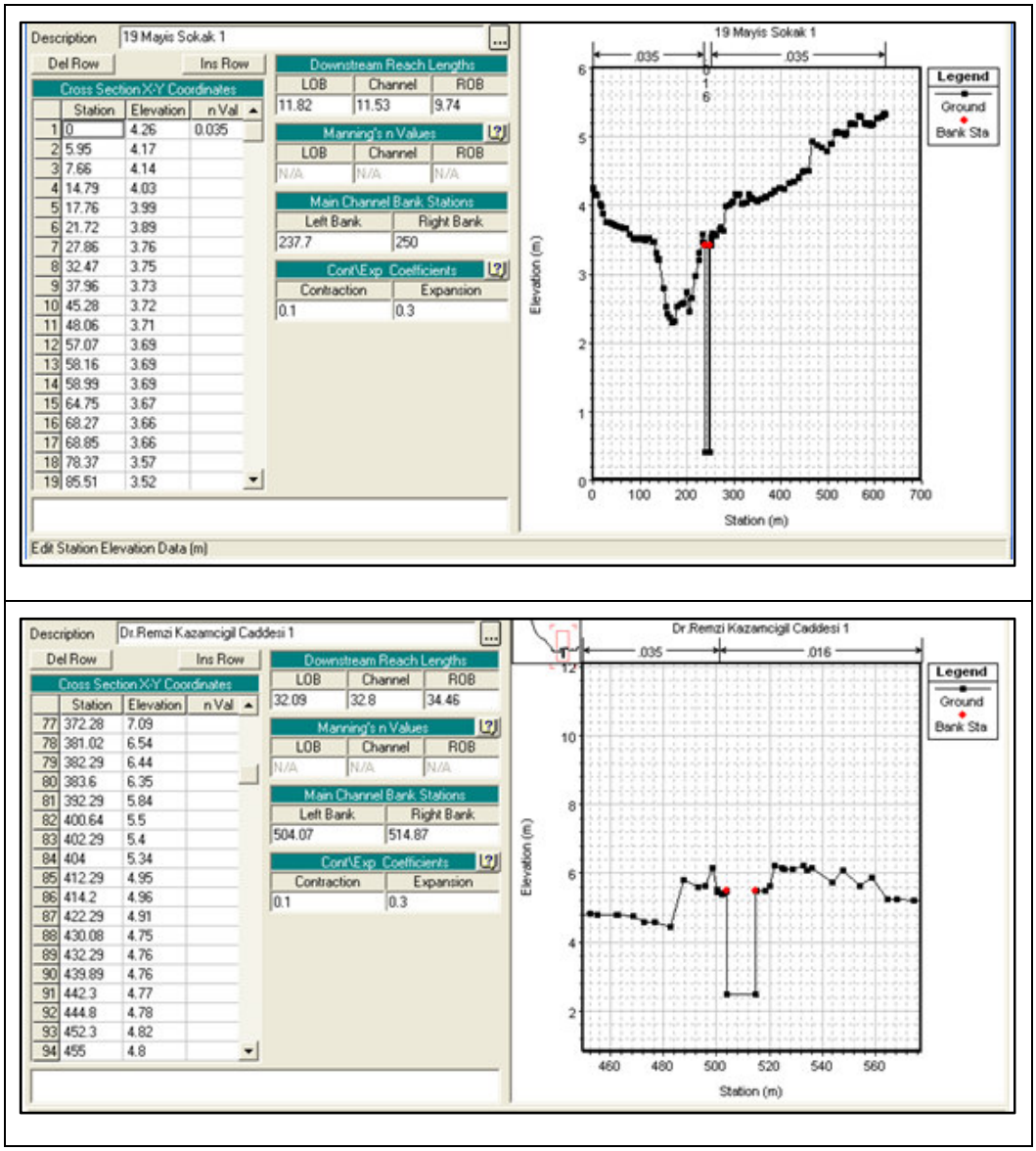
Şekil 5.16'da üstteki ham geometrik datada dere kıyı çizgilerinin gerektiği yerde olmadığı açıkça görülmektedir. Bu enkesitin düzenlenmiş halini de hemen altındaki datada görmekteyiz.

Şekil 5.17'de Tavukçu Dere havzasına ait düzenlenmiş en kesit örnekleri verilmiştir.



Şekil 5.17 : Düzeltilmiş en kesit örnekleri

Enkesit düzenleme işlemi programda iki ayrı noktadan yapılabilmektedir. İlk noktada kesitlere manuel müdahale edilirken, ikinci noktada ise değer girilerek müdahale edilmektedir. Ayrıca söz konusu işlemde her Enkesit üzerindeki nokta için ayrı ayrı manning değeri verilebilmektedir. Böylece bir enkesite istenirse milimetrik müdahale mümkün olabilmektedir. Tavukçu dereye ait enkesitler düzenlenirken değer girilerek düzenleme yapılmıştır.Şekil 5.18'de bahsi geçen işleme ilişkin örnekler gösterilmiştir.

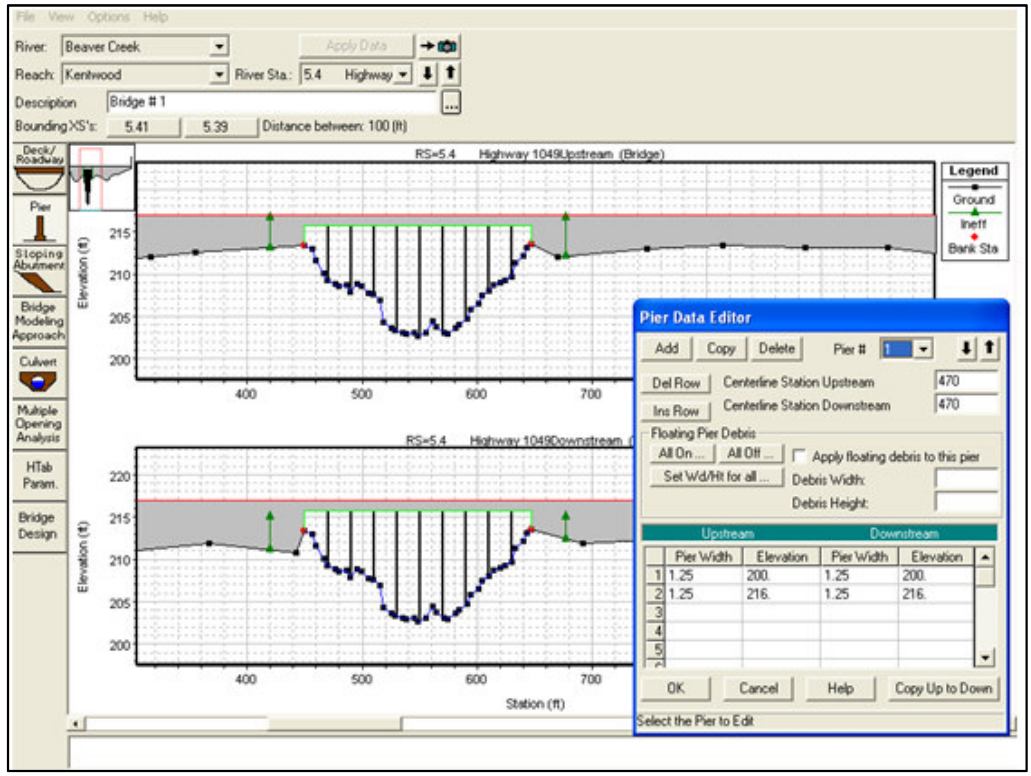


Şekil 5.18 : Düzeltilmiş en kesit örnekleri

Enkesitler düzenlenirken kapalı kesitler iş sonu projelerine sadık kalınarak düzenlenmiştir. Yol kotları ise gerek alımlardan, alımların olmadığı noktalarda ise TIN dosyasından alınmıştır. Kesitlerin değiştiği noktalar ile kapalı kesit giriş ve çıkışlarında Enkesit alınmasına özen gösterilmiştir.

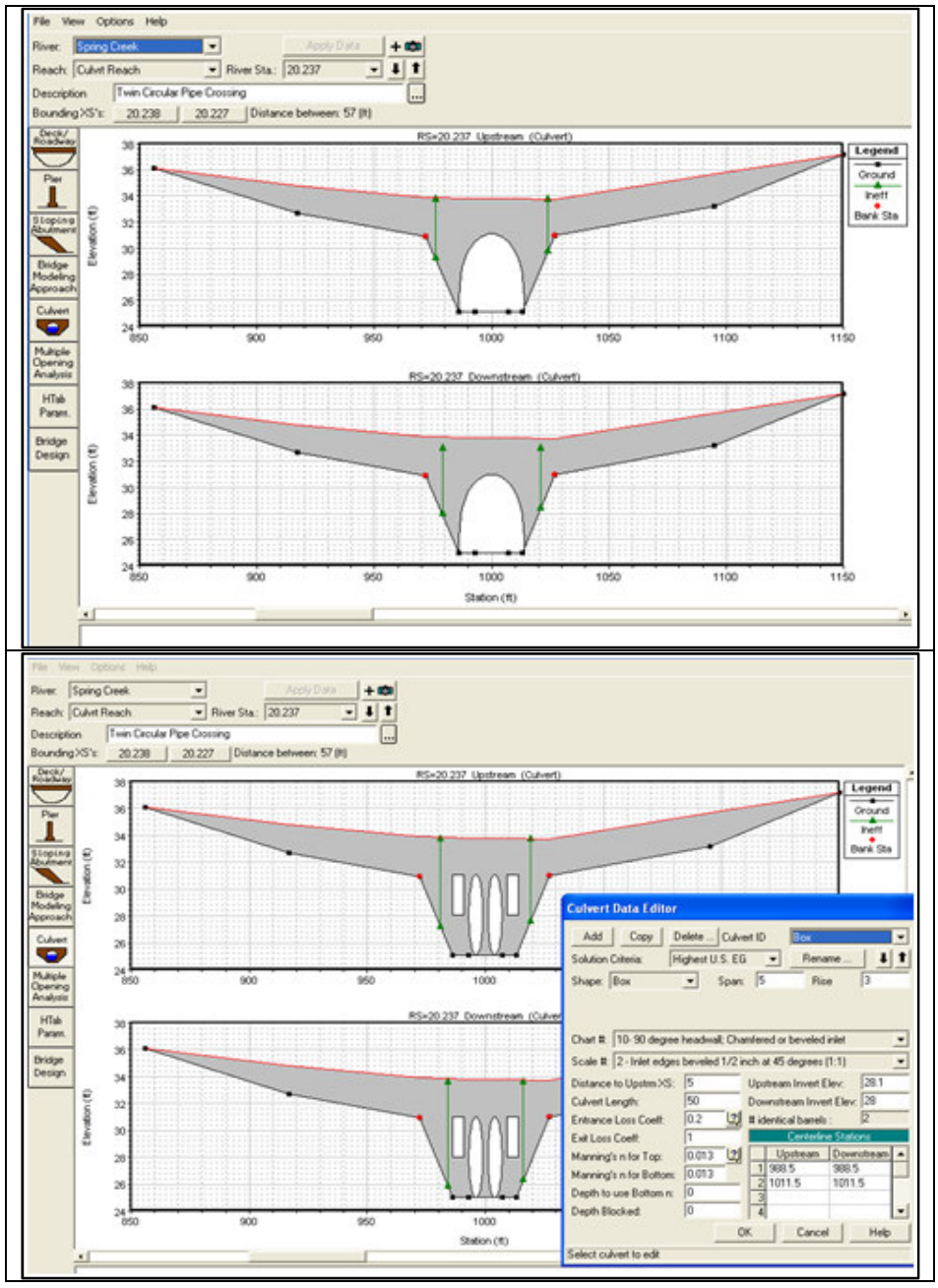
Taşkın analizlerinde geometrik datada yapılan ikinci ve önemli olan işlem ise köprü ve menfez detaylarının girilmesidir. Köprü ve menfezler girilirken giriş ve çıkış noktalarında Enkesit alındığı için kapalı kesit mesafeleri de bulunmuş olmaktadır.

Köprü dizayn edilirken dikkat edilmesi gereken nokta ise köprü ayaklarıdır. Köprü ayaklarının oturduğu nokta ve kot gerçekle aynı olmalıdır. Tavukçu dere havzasında geniş köprü olmadığından köprüler iki yol arasına kapalı kesit girilmesiyle çözümlenmiştir.

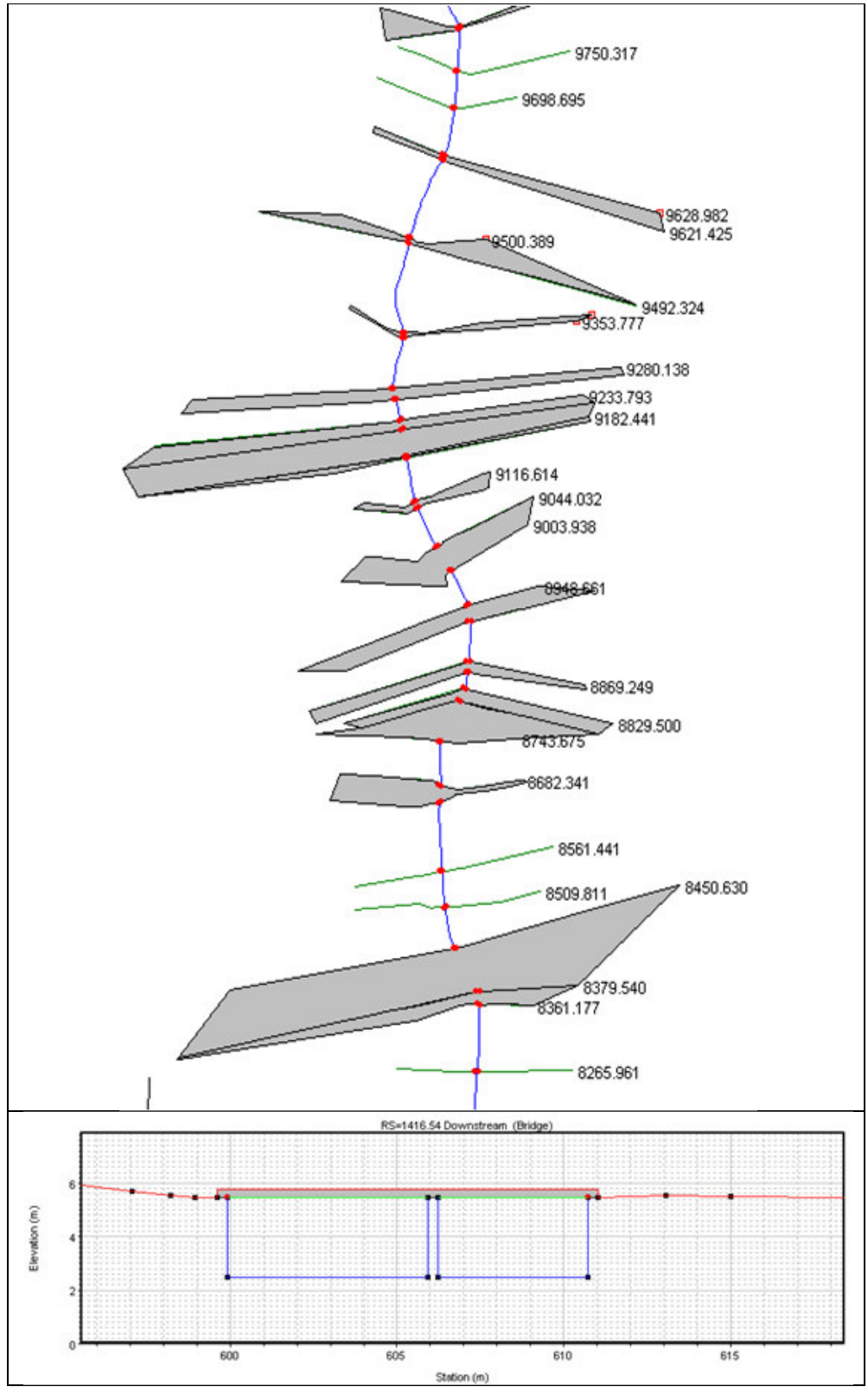


Şekil 5.19 : HEC-RAS örnek köprü ve ayakları

Menfezler tasarlanırken menfez akar kotları ile menfez tipi önemlidir. Çünkü farklı tiplerde menfez geçişleri olabilmektedir. Dairesel geçiş olabildiği gibi, yumurta kesit veya çift gözlü menfez geçişleri de mümkün olabilmektedir.



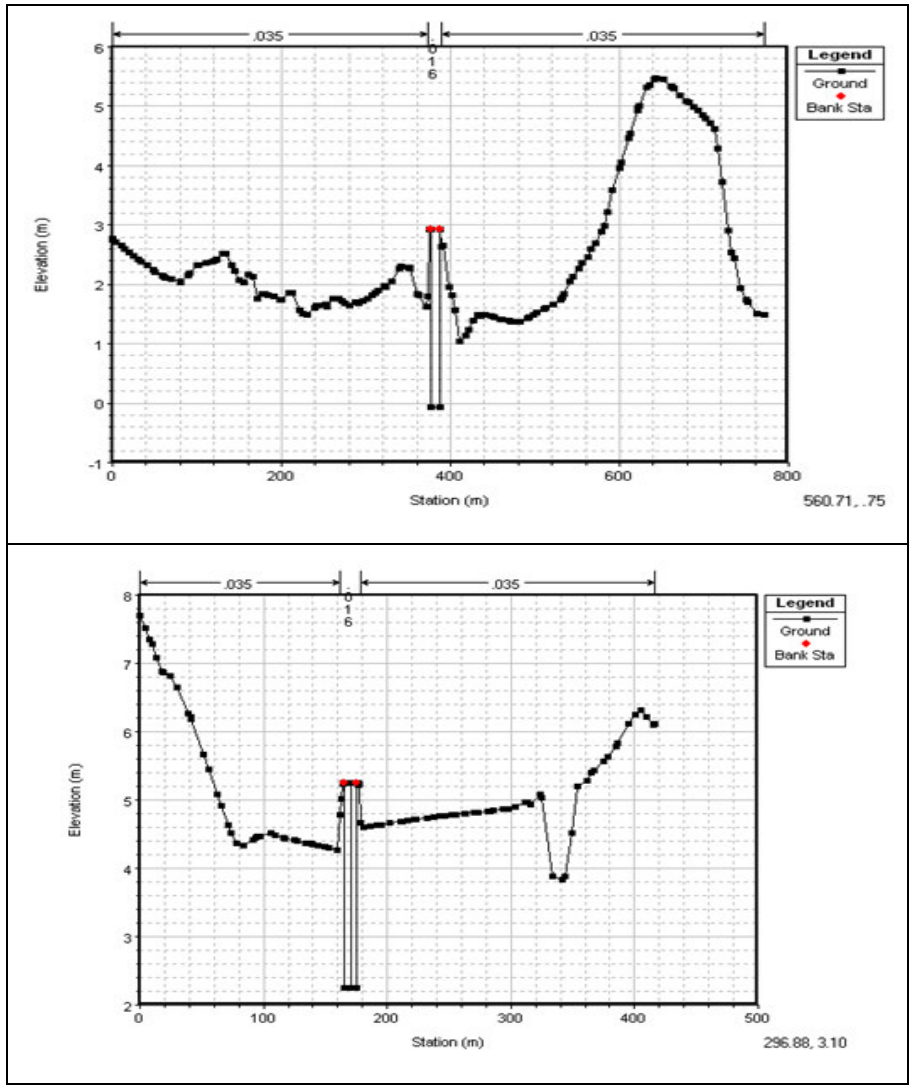
Şekil 5.20 : HEC-RAS örnek tek ve çoklu menfez geçişi



Şekil 5.21 : Tavukçu deresi köprü geçişleri ve kapalı kesitleri geometrik datası

Tavukçu dere havza alanında dere kıyı çizgilerinin normal yola veya araziye göre yüksekte olduğu yerler mevcuttur. Program çalışma mantığına göre bu alanlarda biriken sular tahliye edilemeyeceği için risk alanı şeklinde gösterilmektedir. Bu alanlar su toplama bölgeleri olarak tanımlanmaktadır. Bu yerlere yapılacak olan yağmursuyu hatları çok yüzeyde olmasına rağmen tahliye sorunu yaşayacaktır. Böylelikle buradaki sular tahliye edilemeyecektir.

Özellikle Tavukçu derenin mansap kısmını oluşturan bölgeler bunlara en güzel örnek olarak gösterilebilir. Bu noktalarda dere kıyı kotları arazi kotlarından yüksektedir. Mevcut kesit kurtarmasına rağmen kotlar daha düşükte kaldığından bu alanlar da risk alanı şeklinde belirtilmiştir.



Şekil 5.22 : Tavukçu deresi dere kıyı çizgilerinin üste olma örneği

Bu alanlarda çözüm önerilerinden birisi tahliye kanallarının dereye paralel bir şekilde planlanarak arazi kotları ile dere kıyı kotlarının uyumlu olduğu noktadan dereye deşarj sağlanmasıdır. Böylece hem risk alanı ortadan kalkmış olacak hem de aynı noktadaki dere su kotlarının aşağı çekilmesi mümkün olacaktır.

Dere taban ve kıyıları girilirken dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ise manning katsayılarıdır. Dere kıyılarından itibaren mevcut arazi tek manning katsayısı alınmış, dere içinde ise ayrı bir manning katsayısı alınmıştır. Geometrik data düzenlenirken katsayılara dikkat edilmiştir.

	River	Reach	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	Tavukcu	Tavukcu	14974.70	n	0.035	0.016	0.035
2	Tavukcu	Tavukcu	14856.18	n	0.035	0.016	0.035
3	Tavukcu	Tavukcu	14746.31	n	0.035	0.016	0.035
4	Tavukcu	Tavukcu	14721.10	n	0.035	0.016	0.035
5	Tavukcu	Tavukcu	14665.43	n	0.035	0.016	0.035
6	Tavukcu	Tavukcu	14611.12	n	0.035	0.016	0.035
7	Tavukcu	Tavukcu	14513.44	n	0.035	0.016	0.035
8	Tavukcu	Tavukcu	14381.20	n	0.035	0.016	0.035
9	Tavukcu	Tavukcu	14264.27	n	0.035	0.016	0.035
10	Tavukcu	Tavukcu	14241.59	n	0.035	0.016	0.035
11	Tavukcu	Tavukcu	14194.79	n	0.035	0.016	0.035
12	Tavukcu	Tavukcu	13947.38	n	0.035	0.016	0.035
13	Tavukcu	Tavukcu	13768.06	n	0.035	0.016	0.035
14	Tavukcu	Tavukcu	13684.54	n	0.035	0.016	0.035
15	Tavukcu	Tavukcu	13547.70	n	0.035	0.016	0.035
16	Tavukcu	Tavukcu	13350.48	n	0.035	0.016	0.035
17	Tavukcu	Tavukcu	13209.59	n	0.035	0.016	0.035
18	Tavukcu	Tavukcu	12735.97	n	0.035	0.016	0.035
19	Tavukcu	Tavukcu	12542.10	n	0.035	0.016	0.035
20	Tavukcu	Tavukcu	12340.59	n	0.035	0.016	0.035
21	Tavukcu	Tavukcu	12158.11	n	0.035	0.016	0.035
22	Tavukcu	Tavukcu	11880.63	n	0.035	0.016	0.035
23	Tavukcu	Tavukcu	11699.18	n	0.035	0.016	0.035
24	Tavukcu	Tavukcu	11571.45	n	0.035	0.016	0.035
25	Tavukcu	Tavukcu	11434.41	n	0.035	0.016	0.035
26	Tavukcu	Tavukcu	11279.19	n	0.035	0.016	0.035
27	Tavukcu	Tavukcu	11279.18	Bridge			
28	Tavukcu	Tavukcu	11141.53	n	0.035	0.016	0.035
29	Tavukcu	Tavukcu	11141.52	Bridge			
30	Tavukcu	Tavukcu	11099.10	n	0.035	0.016	0.035
31	Tavukcu	Tavukcu	11099.09	Bridge			
32	Tavukcu	Tavukcu	10930.70	n	0.035	0.016	0.035
33	Tavukcu	Tavukcu	10930.69	Bridge			
34	Tavukcu	Tavukcu	10890.87	n	0.035	0.016	0.035
35	Tavukcu	Tavukcu	10890.86	Bridge			
36	Tavukcu	Tavukcu	10782.16	n	0.035	0.016	0.035
37	Tavukcu	Tavukcu	10782.15	Bridge			
38	Tavukcu	Tavukcu	10722.78	n	0.035	0.016	0.035

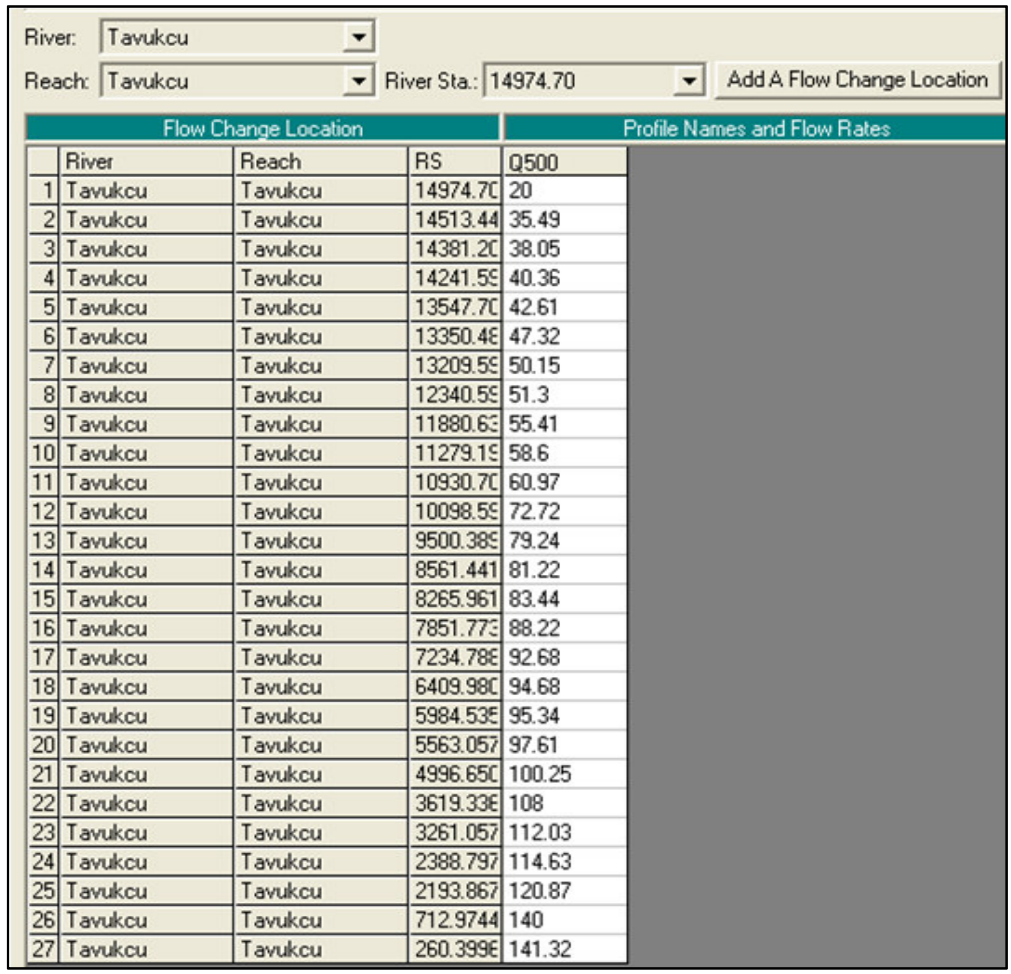
Şekil 5.23 : Kullanılan manning tablosu (HEC-RAS)

5.3.2 Taşkın modellemesi

Geometrik datalarda yapılan tüm düzenlemelerden sonra hesap için en önemli kriter olan debi girişleri sırayı almaktadır. Debiler hesaplanırken İSKİ Teknik Şartnamesinde belirtilen kriterlere uyulmuş. Havza hesabı yapılırken de onaylı uygulama projeleri baz alınmıştır. Böylelikle taşkın hesabının da projelere uygun şekilde bulunması sağlanmıştır.

Debi giriş değerleri ve noktaları bulunurken onaylı olan dere ıslah uygulama projelerinden yararlanılmıştır. Bu projeler; Mimar ve Mühendislik Turizm ve Ticaret Ltd. Şti., Als Proje Mühendislik ve İnşaat Ltd. Şti, Kalyon İnşaat AŞ., Proses Mühendislik Arıtma Sistemleri İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından hazırlanmıştır. Bu değerler kullanılarak debi girişlerinin gerçekçi olması sağlanmıştır. Aksi durumda havzayı eşit parçalara bölen program gerçek sonucu vermeyecektir.

Steady Flow bilgileri girilirken bir çok profil uygulanabilmektedir. Fakat Tavukçu Dere hesabında sadece 500 yıllık debinin kullanılması uygun görülmüştür.



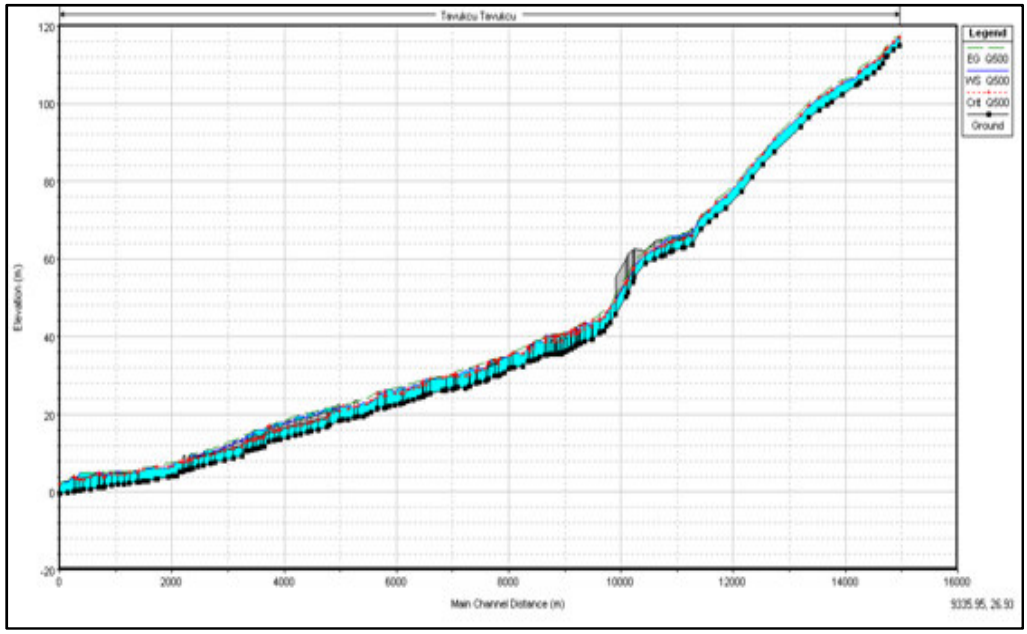
	River	Reach	RS	Q500
1	Tavukcu	Tavukcu	14974.70	20
2	Tavukcu	Tavukcu	14513.44	35.49
3	Tavukcu	Tavukcu	14381.20	38.05
4	Tavukcu	Tavukcu	14241.59	40.36
5	Tavukcu	Tavukcu	13547.70	42.61
6	Tavukcu	Tavukcu	13350.48	47.32
7	Tavukcu	Tavukcu	13209.59	50.15
8	Tavukcu	Tavukcu	12340.59	51.3
9	Tavukcu	Tavukcu	11880.63	55.41
10	Tavukcu	Tavukcu	11279.19	58.6
11	Tavukcu	Tavukcu	10930.70	60.97
12	Tavukcu	Tavukcu	10098.59	72.72
13	Tavukcu	Tavukcu	9500.389	79.24
14	Tavukcu	Tavukcu	8561.441	81.22
15	Tavukcu	Tavukcu	8265.961	83.44
16	Tavukcu	Tavukcu	7851.773	88.22
17	Tavukcu	Tavukcu	7234.788	92.68
18	Tavukcu	Tavukcu	6409.980	94.68
19	Tavukcu	Tavukcu	5984.535	95.34
20	Tavukcu	Tavukcu	5563.057	97.61
21	Tavukcu	Tavukcu	4996.650	100.25
22	Tavukcu	Tavukcu	3619.338	108
23	Tavukcu	Tavukcu	3261.057	112.03
24	Tavukcu	Tavukcu	2388.797	114.63
25	Tavukcu	Tavukcu	2193.867	120.87
26	Tavukcu	Tavukcu	712.9744	140
27	Tavukcu	Tavukcu	260.3996	141.32

Şekil 5.24 : Steady Flow bilgileri (debi giriş noktaları ve değerleri-Hec-Ras)

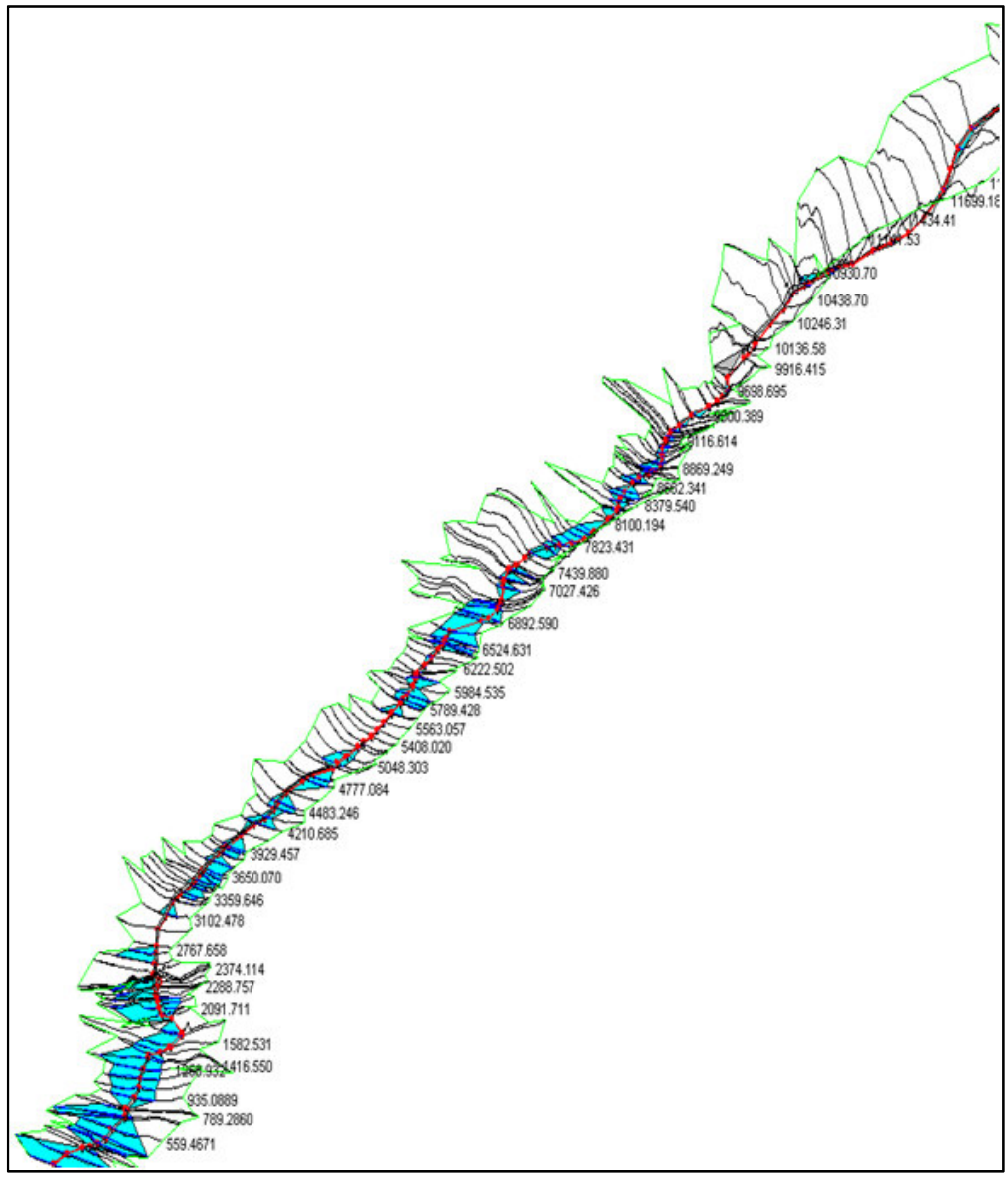
Şekil 5.24'te kullanılan debilere ait bilgiler ve debi giriş enkesit kilometreleri yer almaktadır.

Gerekli olan debi bilgilerinin girilmesiyle Hec-Ras programının çalıştırılması aşamasına gelinmiştir.

Program çalıştırıldıktan sonra her enkesit için su yüksekliği, enerji yüksekliği, tüm boykesitler, tüm debi çıkış değerlerini görmek mümkün olmaktadır.



Şekil 5.25 : Tavukçu deresi boy profili (HEC-RAS)



Şekil 5.26 : Tavukçu deresi perspektif görünüm (HEC-RAS)

File Type Options Help

River: Tavukcu Profile: Q500

Reach Tavukcu RS: 8682.33 BR U Plan: 1

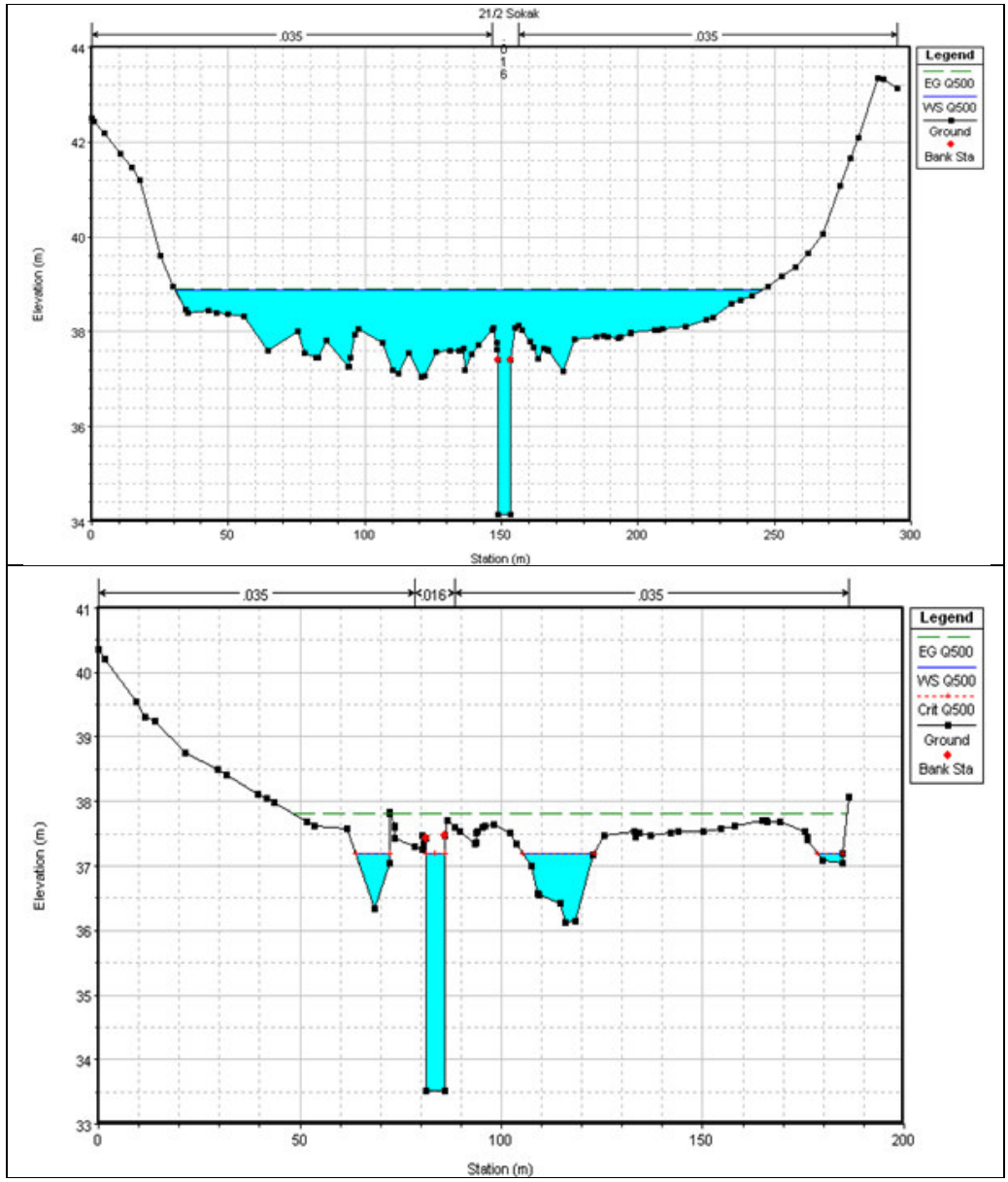
Plan: 1 Tavukcu Tavukcu RS: 8682.33 BR U Profile: Q500

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	40.30				
Vel Head (m)	0.02	Wt. n-Val.	0.033	0.016	0.033
W.S. Elev (m)	40.28	Reach Len. (m)	23.81	23.81	23.81
Crit W.S. (m)	39.70	Flow Area (m2)	61.88	20.02	73.00
E.G. Slope (m/m)	0.000292	Area (m2)	61.88	20.02	73.00
Q Total (m3/s)	79.24	Flow (m3/s)	23.96	21.21	34.07
Top Width (m)	189.71	Top Width (m)	99.08	4.26	86.36
Vel Total (m/s)	0.51	Avg. Vel. (m/s)	0.39	1.06	0.47
Max Chl Dpth (m)	4.93	Hydr. Depth (m)	0.62	4.70	0.85
Conv. Total (m3/s)	4637.9	Conv. (m3/s)	1402.1	1241.6	1994.1
Length Wtd. (m)	23.81	Wetted Per. (m)	99.49	20.25	87.04
Min Ch El (m)	35.35	Shear (N/m2)	1.78	2.83	2.40
Alpha	1.68	Stream Power (N/m s)	0.69	3.00	1.12
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	380.16	219.96	333.85
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	535.85	53.74	565.85

HEC-RAS Plan: 1 River: Tavukcu Reach: Tavukcu Profile: Q500

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Tavukcu	14974.70	Q500	20.00	114.85	116.92	116.92	117.66	0.004540	3.80	5.26	3.57	1.00
Tavukcu	14856.18	Q500	20.00	113.70	115.77	115.77	116.51	0.004538	3.80	5.26	3.57	1.00
Tavukcu	14746.31	Q500	20.00	112.10	114.17	114.17	114.91	0.004538	3.80	5.26	3.57	1.00
Tavukcu	14721.10	Q500	20.00	111.85	113.92	113.92	114.66	0.004537	3.80	5.26	3.57	1.00
Tavukcu	14665.43	Q500	20.00	110.25	112.32	112.32	113.06	0.004549	3.80	5.26	3.57	1.00
Tavukcu	14611.12	Q500	20.00	109.30	111.37	111.37	112.11	0.004538	3.80	5.26	3.57	1.00
Tavukcu	14513.44	Q500	35.49	108.00	110.64	110.64	111.59	0.004118	4.31	8.25	4.60	0.99
Tavukcu	14381.20	Q500	38.05	106.70	109.45	109.45	110.42	0.003957	4.38	8.74	4.78	0.98
Tavukcu	14264.27	Q500	38.05	105.50	108.23	108.23	109.22	0.004089	4.42	8.62	4.43	1.00
Tavukcu	14241.59	Q500	40.36	105.20	108.03	108.03	109.04	0.003873	4.45	9.13	4.82	0.98
Tavukcu	14194.79	Q500	40.36	104.80	106.65		106.81	0.001673	2.29	23.53	13.41	0.62
Tavukcu	13947.38	Q500	40.36	102.30	105.15	105.15	106.14	0.003766	4.41	9.25	5.09	0.97
Tavukcu	13768.06	Q500	40.36	100.50	103.45	103.45	104.32	0.003167	4.17	10.04	6.77	0.89
Tavukcu	13684.54	Q500	40.36	99.67	102.50	102.50	103.51	0.003877	4.45	9.14	4.84	0.98
Tavukcu	13547.70	Q500	42.61	98.30	101.42	101.42	101.79	0.001466	3.04	23.31	36.26	0.62
Tavukcu	13350.48	Q500	47.32	96.30	99.34	99.34	100.32	0.003228	4.42	11.04	6.33	0.92
Tavukcu	13209.59	Q500	50.15	93.94	97.03	97.03	97.99	0.002973	4.37	12.01	7.21	0.89
Tavukcu	12735.97	Q500	50.15	87.67	90.85	90.85	91.24	0.001472	3.16	26.30	36.99	0.64
Tavukcu	12542.10	Q500	50.15	84.25	86.93	86.93	87.30	0.002173	3.32	28.28	40.70	0.75
Tavukcu	12340.59	Q500	51.30	81.20	84.13	84.13	85.18	0.003340	4.54	11.50	6.10	0.96
Tavukcu	12158.11	Q500	51.30	77.40	80.63	80.63	81.05	0.001416	3.20	25.70	34.74	0.64
Tavukcu	11880.63	Q500	55.41	73.15	76.07	76.07	77.20	0.003517	4.71	11.82	5.48	0.99
Tavukcu	11699.18	Q500	55.41	71.30	74.29	74.29	75.33	0.003134	4.54	12.51	6.78	0.94
Tavukcu	11571.45	Q500	55.41	69.55	72.23	72.23	72.68	0.002154	3.48	26.80	29.37	0.77
Tavukcu	11434.41	Q500	55.41	67.65	70.79	70.79	71.28	0.001556	3.39	23.98	27.66	0.68
Tavukcu	11279.19	Q500	58.60	63.60	66.92	65.95	67.49	0.001447	3.37	17.71	6.35	0.59
Tavukcu	11279.18		Bridge									
Tavukcu	11141.53	Q500	58.60	62.95	66.40	65.29	66.67	0.000797	2.57	37.28	33.03	0.44
Tavukcu	11141.52		Bridge									
Tavukcu	11099.10	Q500	58.60	62.75	66.28	65.10	66.52	0.000712	2.47	41.39	41.80	0.42
Tavukcu	11099.09		Bridge									
Tavukcu	10930.70	Q500	60.97	62.00	65.69	64.41	65.90	0.000607	2.35	54.51	80.16	0.39
Tavukcu	10930.69		Bridge									
Tavukcu	10890.87	Q500	60.97	61.75	65.71	64.16	65.79	0.000258	1.61	81.21	79.15	0.26
Tavukcu	10890.86		Bridge									
Tavukcu	10782.16	Q500	60.97	61.00	64.87	63.41	65.31	0.000914	2.97	22.76	20.73	0.48

Şekil 5.27 : Enkesit çıkış bilgileri (HEC-RAS)



Şekil 5.28 : Taşkın ve risk alanlarına ait HEC-RAS enkesit görünümleri

5.4 HEC-RAS'ta Taşkın Alanlarının Haritalanması

Hec-Ras programının çalıştırılmasıyla elde edilen sonuçlar ArcGIS' te işlenerek taşkın alanları çıkarılmaktadır. Bu amaç için Arcgis ile Arcgis tabanlı çalışan program olan Hec-Georas kullanılmaktadır.

Söz konusu olan çıkış verilerinin düzenlenme işlemi Hec-Georas programı tarafından yapılmaktadır. Yapılan işlemler kısaca tanımlanırsa, Hec-Ras geometrik dataları Hec-Georas'a uyumlu hale getirilmektedir.

Yapılan işlemler adımları; taşkın alanlarına ait ilgili debi profilinin üç boyutlu yüzey; TIN ve TINGRID dosyalarının oluşturulmasıdır.

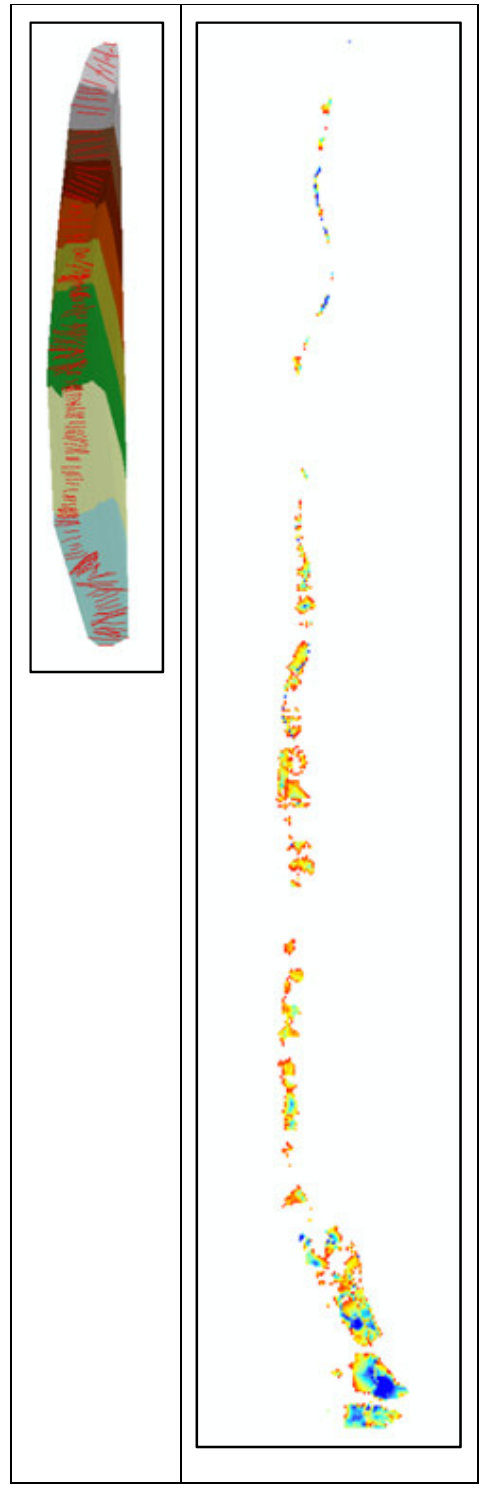
5.4.1 HEC-RAS datalarının Hec-Georas'a uygun hale getirilmesi

Hec-Ras sonuçlarının export edilmesiyle *.sdf uzantılı bir dosya meydana gelmektedir. Bu dosya Hec-Georas veya Arcgis tarafından tanınmamaktadır. Bu nedenle bu dosya Hec-Georas programı vasıtasıyla *.xml uzantılı dosya formatına dönüştürülmelidir.

5.4.1.1 Taşkın alanlarına ait debi profillerinin TIN ve TINGRID dosyalarının oluşturulması

Hec-Ras programında elde edilen sonuçlar tıpkı bir nokta dosyasıymış gibi üç boyutlu yüzey haline getirilir. Oluşan bu dosya arazi model dosyası ile aynı özellikte olan TIN dosyasıdır.

TIN dosyası bu aşamadan sonra Hec-Georas vasıtasıyla TINGRID dosyasına çevrilir. Bu dosya veritabanı olan alan ve çevre hesabı yapılabilen bir dosyadır.



Şekil 5.29 : Taşkın debisine ait yüzey dosyaları (TIN ve TINGRID)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tüm işlemlerin ardından taşkın alanları ile risk alanları belirlenmiştir. Ancak taşkın alanlarının nereleri etkilediğini görmek için CBS sistem araçlarından biri olan ArcGIS programı kullanılmaktadır. Elde edilen taşkın risk alanları ile sayısal halihazır paftaların veya uydu görüntülerinin çakıştırılmasıyla risk altında olan bölgeler belirlenmiştir. Bu haritalar Şekil 5.30'da gösterilmiştir.

Tavukçu deresinde belirlenen taşkın risk alanları, taşkın önlemli yapılaşma bandı olarak kullanılabilir. Bu sınırlar içerindeki yapılaşmalar kontrol altına alınabilir. Taşkın önlemli yapılaşma bandı dahilindeki binalarda bodrum kat yapılmamalıdır. Ancak, zemin ve inşaat teknikleri açısından bodrum kat yapılması zorunlu değerlendirildiği hallerde, yüksek taşkın riskine maruz bu katlar, konut, depo, otopark vb. her türlü ticari veya ticari dışı faaliyet amacıyla kullanılmamalıdır. Taşkın önlemli yapılaşma bandı dahilindeki binalarda; herhangi bir noktada su basma kotu, bu noktadan dere kesitine dik ve en yakın mesafedeki dere kenar kotundan +1.50 m. yüksekte olması gereklidir. Taşkın önlemli yapılaşma bandı dahilindeki binaların (varsa) bodrum ve zemin katları taşkın afeti riskine karşı sigortalanmalıdır.

Bazı yapıların taşkın önlemli koruma bandı içerisinde bulunmaları büyük bir risk taşımaktadır. Bu çerçevedeki yapı grubu aşağıda sıralanmaktadır:

- Kimyasal tesisler, özellikle yanıcı, patlayıcı ve toksik (zehirli) malzeme üretilenler,
- Hastaneler, bakım evleri ve öğretim kurumları,
- Jandarma, polis karakolu, yangın istasyonu ve taşkın esnasında müdahalede bulunacak personelin bulunduğu ve ekipmanların depolandığı tesisler,
- Taşkınla mücadele aktivitelerinin düzenli olarak yürütülmesini ve idare edilmesini temin eden her türlü devlet ve özel sektör kurum tesisleri.

6.1 CBS Tabanlı Risk Planlaması

Bu çalışmada gerçekleştirilemeyen ancak bu çalışmanın devamı olarak gerçekleştirilebilecek bir konu da CBS tabanlı risk planlaması çalışmasıdır.

Son yıllarda kentleşme ve nüfus artışı nedeniyle, doğal afet ve toplum etkileşiminin kent düzeyinde yeni yaklaşımlarla ele alınması gerekmektedir. Afet riskinin azaltılması için öncelikle herhangi bir doğal afetten kaynaklanacak olan riskin belirlenmesi gereklidir. Kentsel alanlarda afet riskinin belirlenmesi, afet yönetiminin vazgeçilmez safhaları olan afet öncesi, sırası ve sonrasında eylem planlarının belirlenmesinde kritik bir öneme sahiptir.

Bugüne kadar yapılan risk analizleri daha çok fiziksel tehlikelerin belirlenmesi ve ağır hasar görebilecek binaların tahmin edilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Ancak bu yaklaşım, riski oluşturan diğer kent elemanlarının göz ardı edilmesi nedeni ile eksik bir yaklaşımdır. Çünkü afet tehlikesi gerçeklestiğinde oluşacak sonuçlar sadece binaların yıkılmasından ibaret değildir. Kentte yaşayan toplum, kent ekonomisi, alt yapı gibi kenti meydana getiren tüm elemanların göz önüne alındığı bütünlesik risk modelleri ile kentsel risk ortaya konabilir [80].

Bu nedenle; konumuz olan taşkın risk analizinin tam olarak yapılabilmesi için; ayrıntılı bir kent bilgi sistemininn hazırlanmasına ihtiyaç duyulur. Kent Bilgi Sistemleri; kentsel faaliyetlerin yerine getirilmesinde optimum-karar verebilmek için ihtiyaç duyulan planlama, altyapı, mühendislik, temel hizmetler ve yönetimsel bilgiler hızlı ve sağlıklı bir şekilde irdelemek amacıyla oluşturulan, coğrafi bilgi sistemlerinin kent bazında bir uygulaması olan konumsal bilgi sistemlerinden biridir [7].

Kent Bilgi Sistemlerinin tanımından da anlaşılacağı üzere; kentle ilgili birçok veriyi birarada sunan bu sistemle taşkın risk analizi ile elde edilen verilen birleştirildiğinde; risk analizinin en önemli unsuru olan zarar görebilirlikler tam olarak irdelenebilir ve bu zarar görebilirlik unsurununda dahil edildiği bir kent planlaması ile daha sağlıklı ve yararlı sonuçlar elde edilebililir.

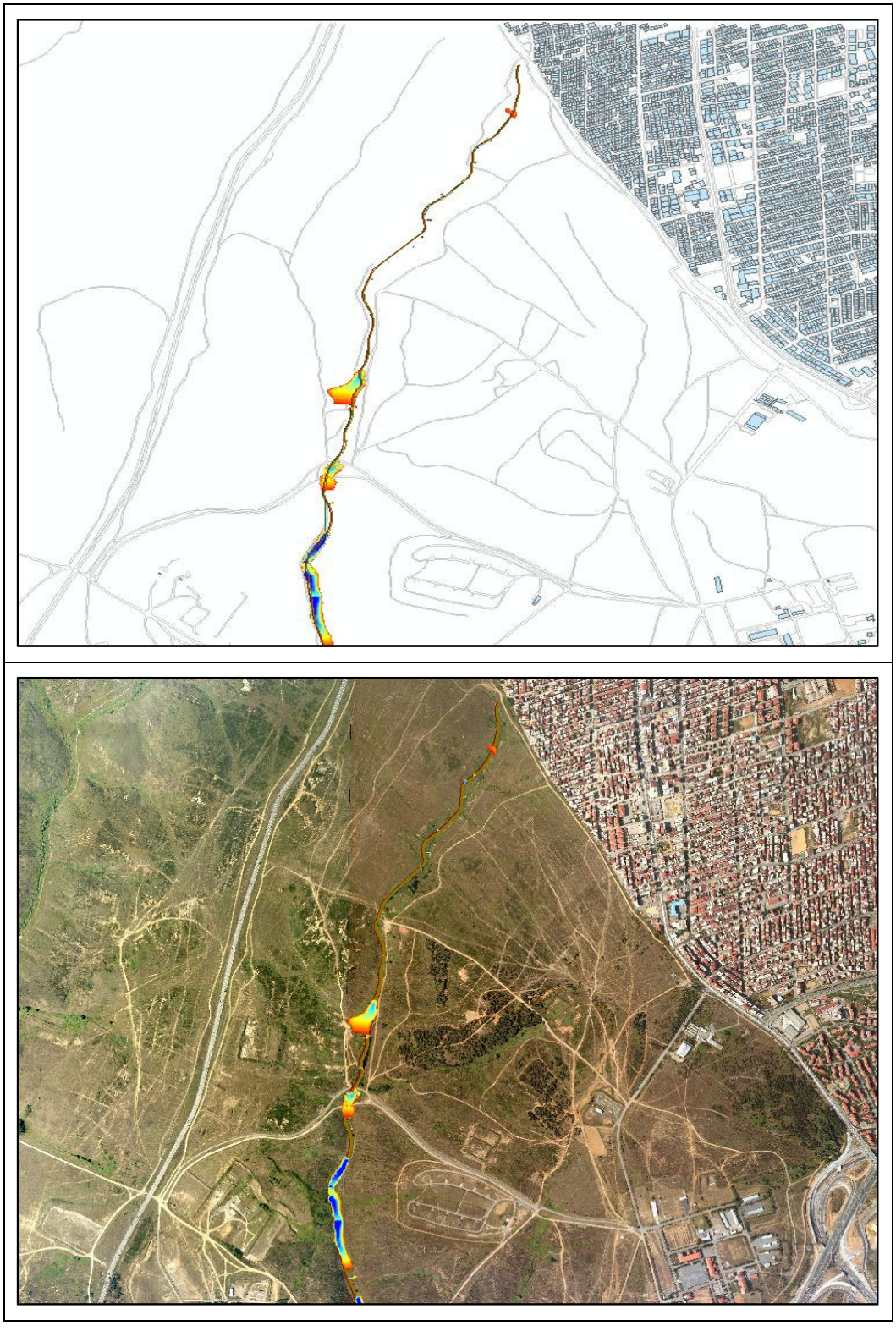
6.2 Veri Kalitesinin İrdelenmesi

Gerek tasarlanabilecek bir Kent Bilgi Sisteminde gerekse taşkın risk analizinin yapılması için havzayla ilgili toplanan bilgilerde dikkat edilmesi gereken önemli bir konu da veri kalitesi ve veri bütünlüğüdür.

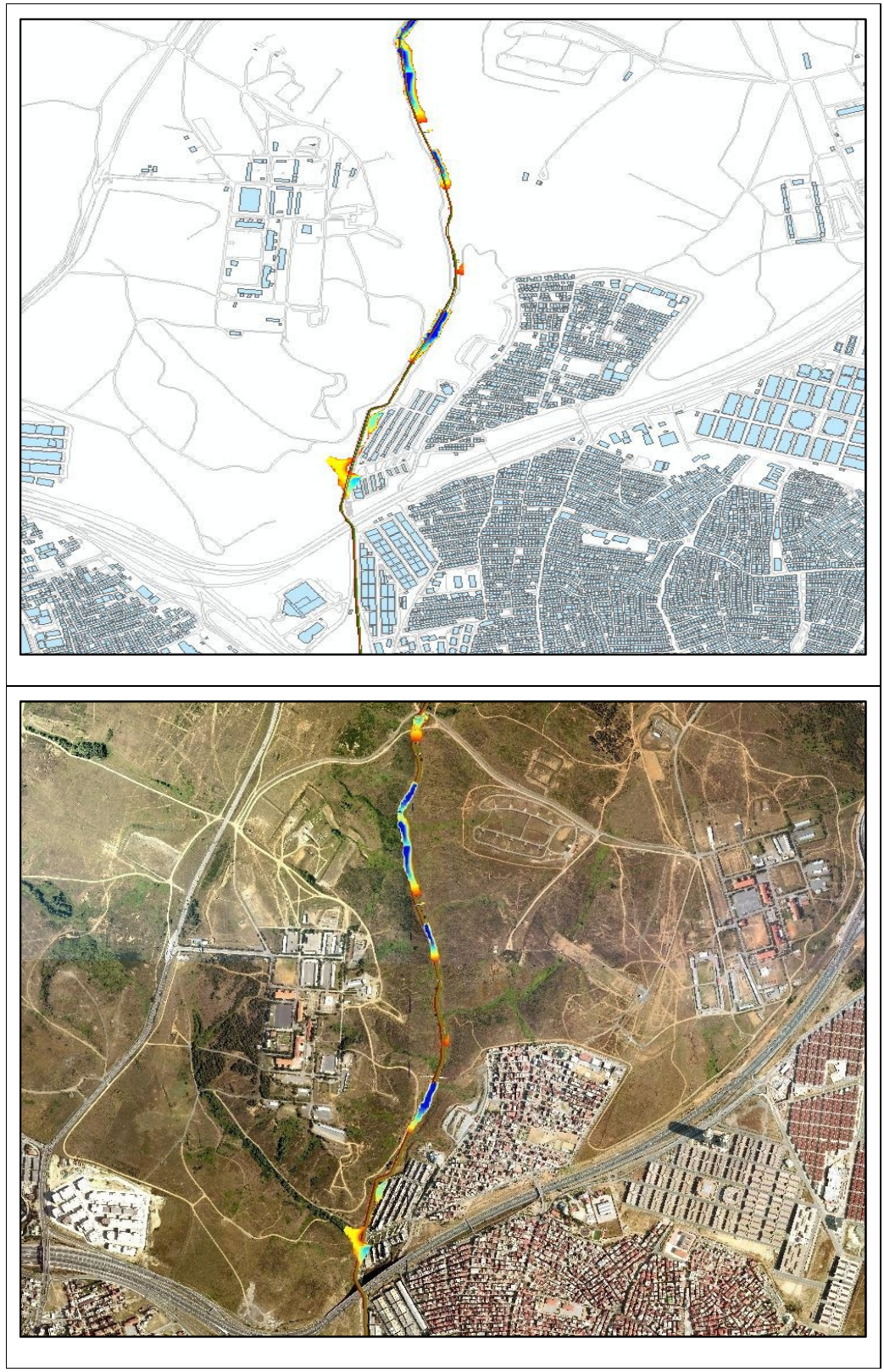
Herhangi bir objenin yatay veya düşey konumdaki hassasiyeti CBS'de genellikle kullanılan harita altlığının ölçeğine bağlı olarak irdelenir. Harita üzerinden elde edilecek konum bilgisi herzaman doğru olmayabilir. Diğer bir deyişle harita üzerinde okunan değer ölçeğe bağlı olarak belli bir hata ile zaten yüklüdür. Bu çalışmada da havzanın fiziki özelliklerini belirliyebilmek için bir çok farklı ölçekte harita kullanılmıştır. Ancak çalışmada altlık olarak kullanılan bu verilerin konum hassasiyeti irdelememiştir.

Bunun yanında, tüm CBS uygulamaları için yüksek düzeyde doğruluk ve hassasiyet gerektiren bilgilerin tümüyle var olması gerektiğine inanmak yanlış bir olgudur. Doğruluk ve hassasiyete ne düzeyde ihtiyaç olduğu önceden ortaya konulmalıdır. Kullanıcının bilgiden olan beklentisi bu bakımdan önemlidir. Bu beklentiye bağlı olarak detayların yoğunluk derecesi, verilerin elde edilmesi ya da ölçülmesindeki yaklaşımların tespiti, kullanıcı açısından öncelikli işler arasındadır. Dolayısıyla kullanıcı veriden beklentisini öncelikle karar vermek zorundadır.

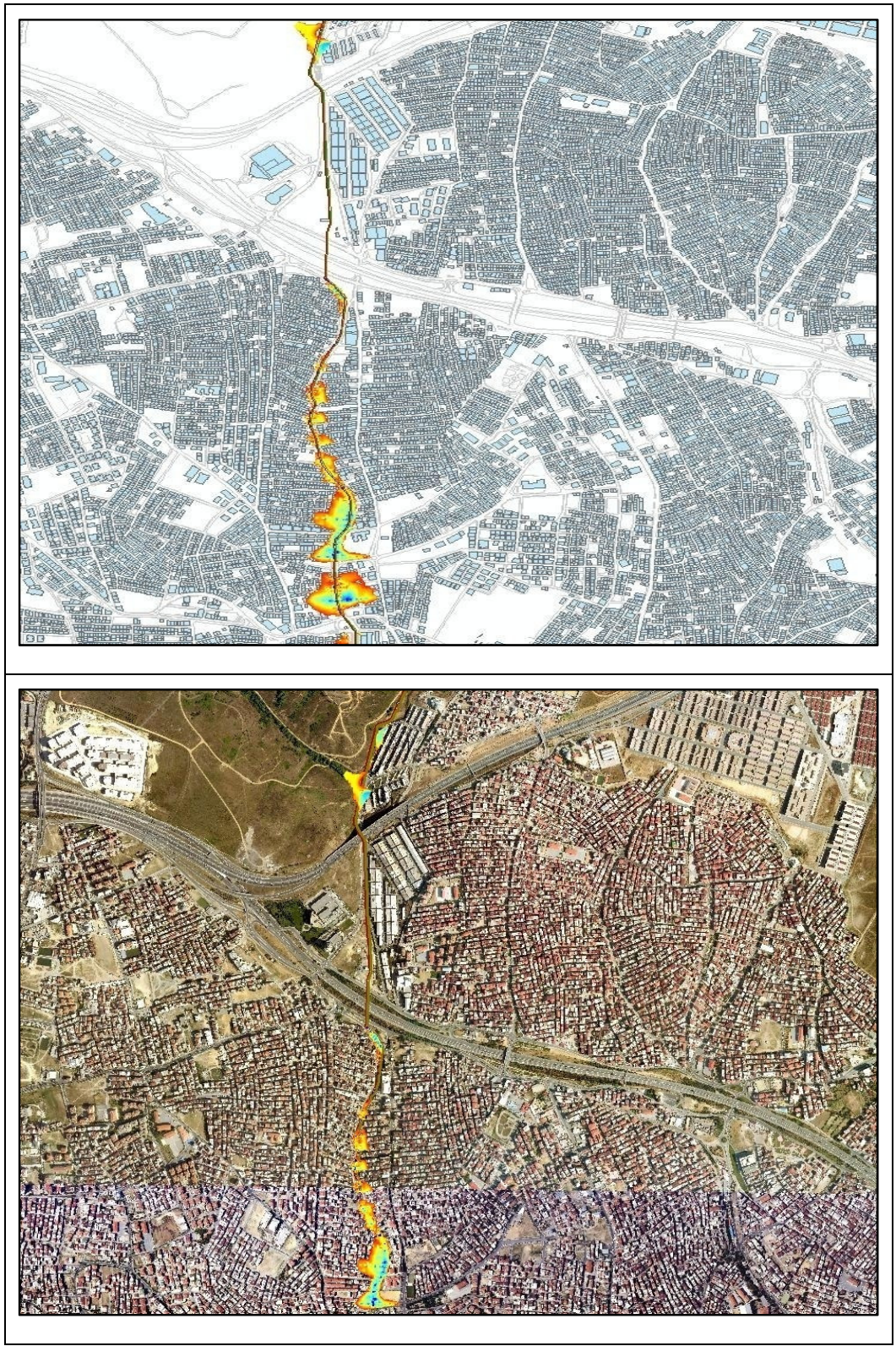
Veri kalitesinin irdelenmesinde, önem kazanan bir diğer konu da verinin yaşıdır. Kullanılacak veri çok eski veya mevcut CBS projesi için güncelliğini kaybetmiş olabilir. Bir başka önemli konu da formatıdır. Digital bilgilerin saklanmasında, aktarılması ve işlenmesinde kullanılacak format yaklaşımı verilerde hataya neden olabilir. Ölçek değişimleri, projeksiyonlar, raster-vektör dönüşümleri, piksel çözünürlüklerinin değiştirilmesi format hatalarına örnekler olarak verilebilir. Verilerin sürekli olarak değişik formatlar ile başka ortamlara aktarılması işlemi, zamanla veri kayıplarına neden olur. Ayrıca kartografik veri aktarımları, kayıt ve diğer işlemler için uluslar arası standartların uygulanmayışı da bir dezavantaj gibi gözükmektedir [7].



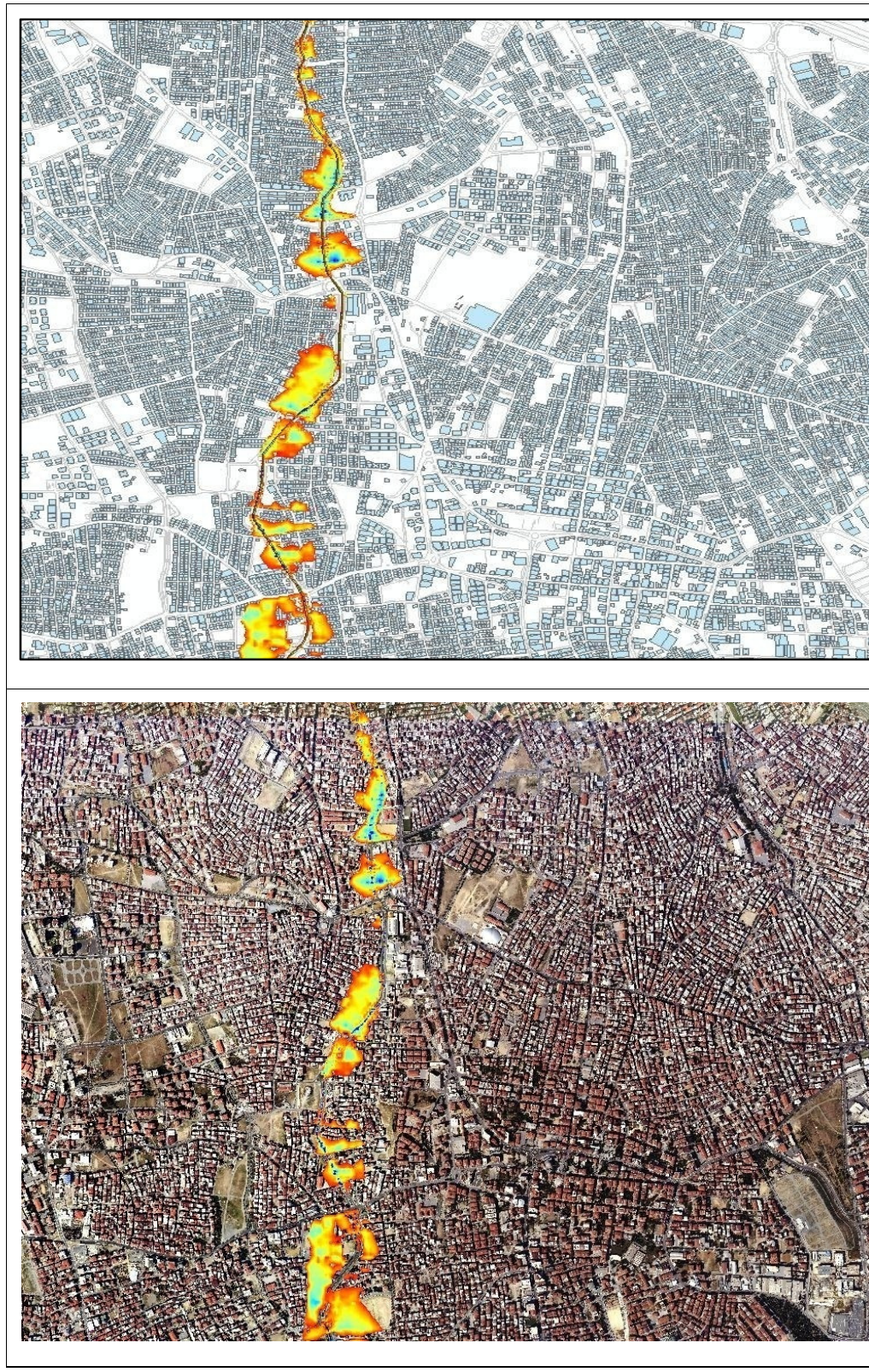
Şekil 5.30 : Taşkın risk alanları



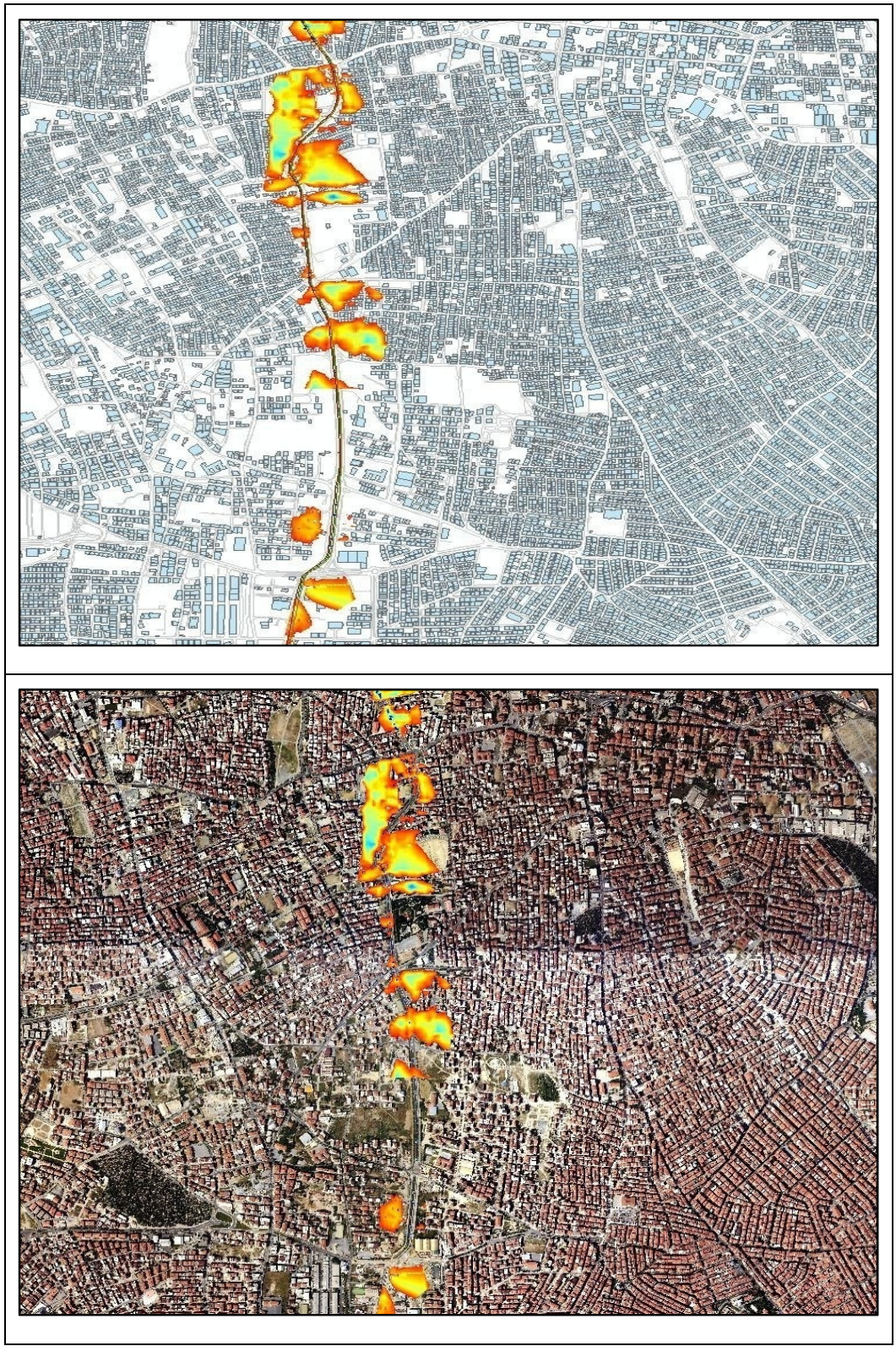
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları



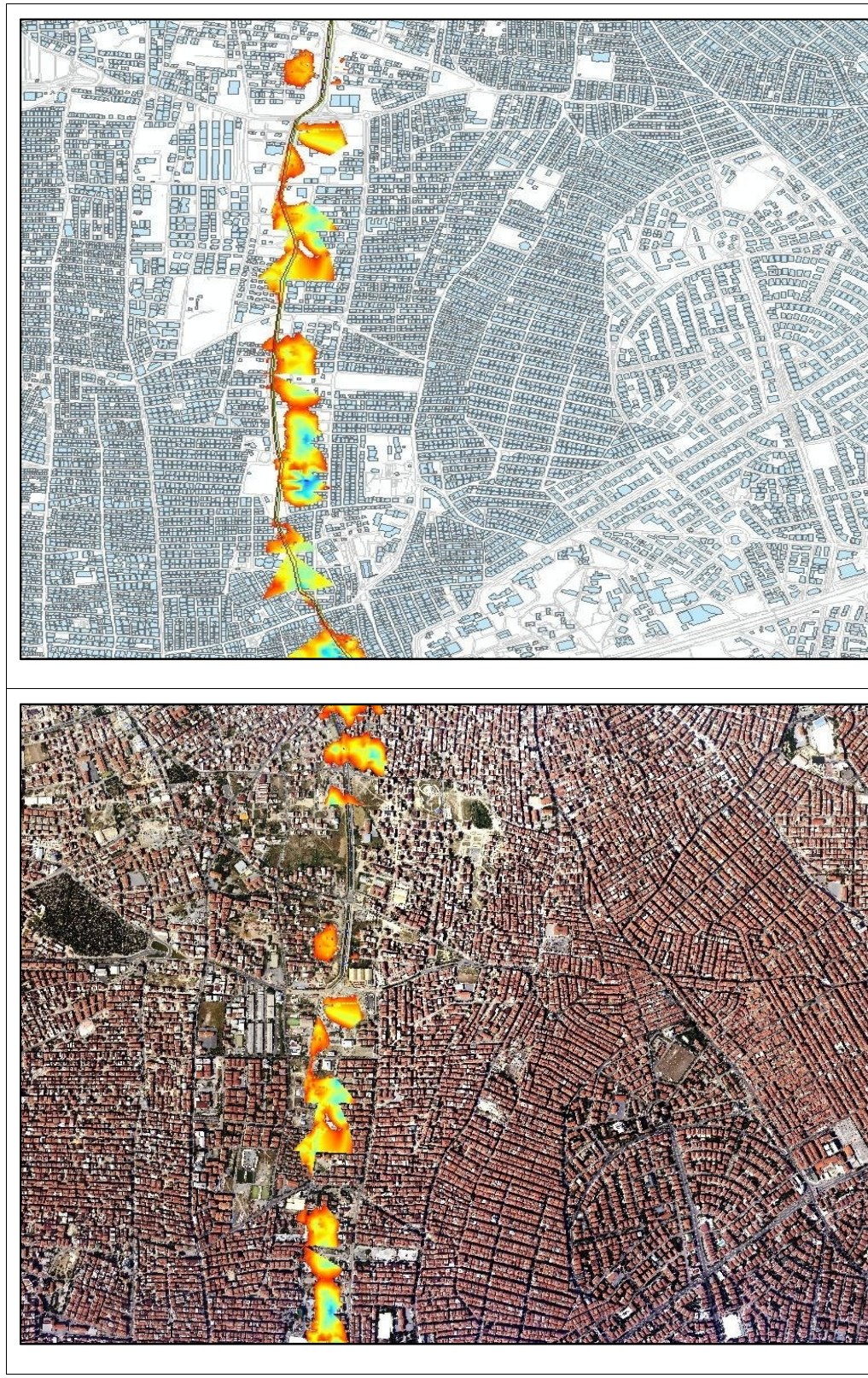
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları



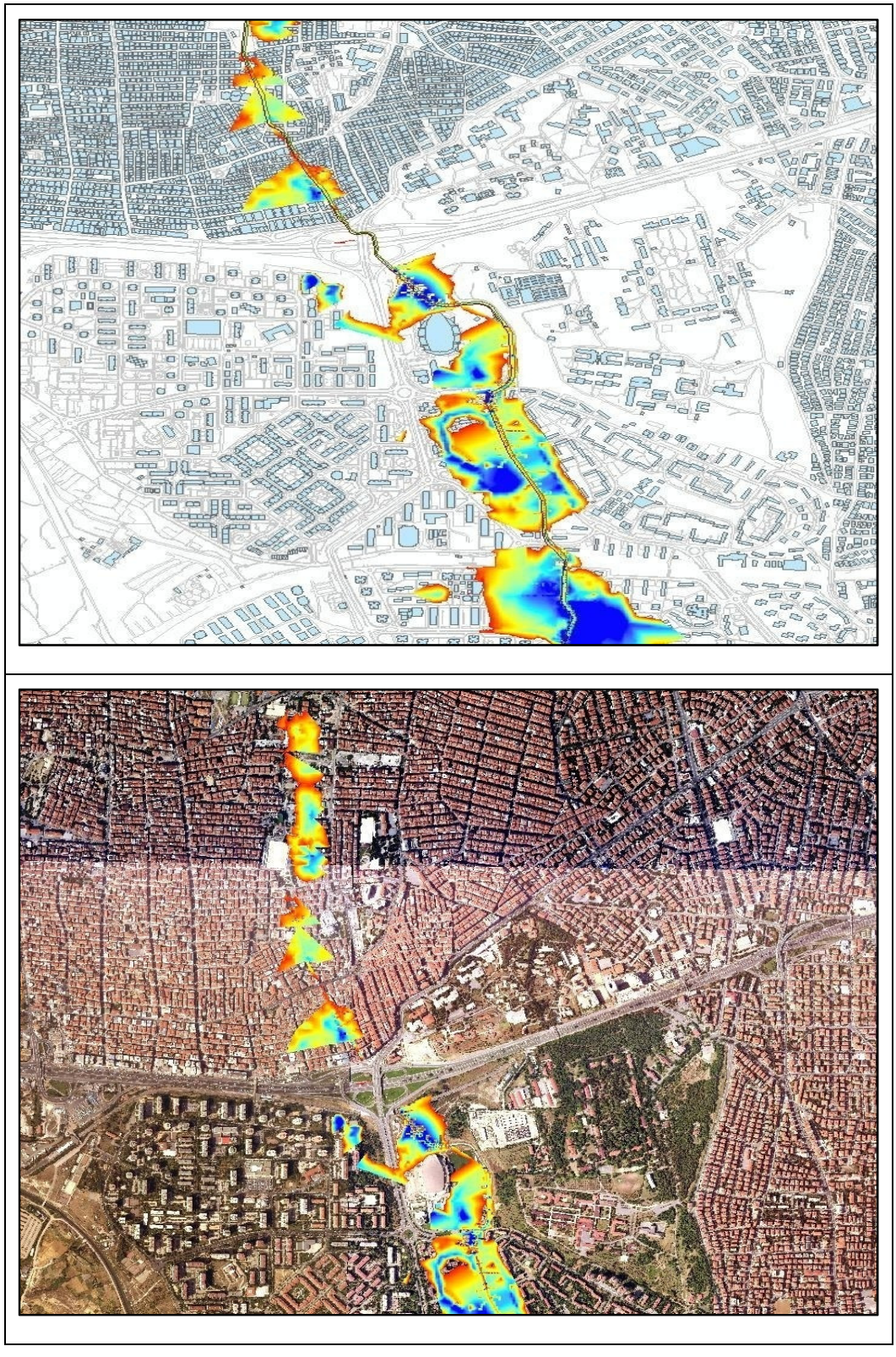
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları



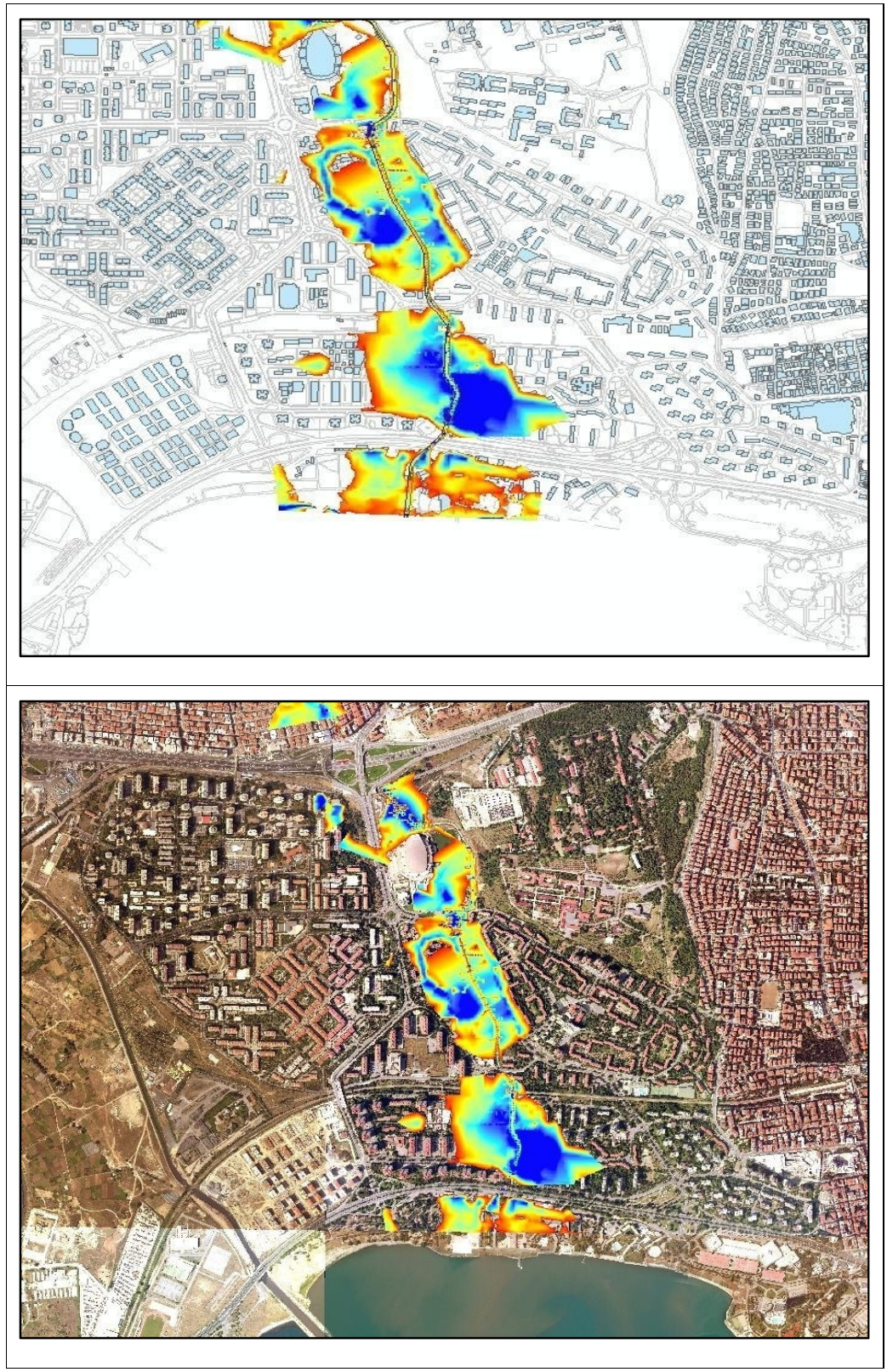
Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları



Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları



Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları



Şekil 5.30: (Devam) Taşkın risk alanları

KAYNAKLAR

[1] **Özdemir, H.,** 2007. Taşkınların haritalanmasında Hec-Georas ve Hec-ras'ın kullanımı : Havran çayı örneği (Balıkesir). *TMMOB Harita Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi,* KTÜ, Trabzon, 30 Ekim-02 Kasım 2007.

[2] **Şen, Z.,** 2003. Su Bilimi ve Yöntemleri ; Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

[3] **Ağıralioğlu, N.,** 2007. Baraj Planlama ve Tasarımı; Su Vakfı Yayınları.

[4] **Kutoğlu, H. Y.,** Taşkınlar Hidrolojisi.

[5] **Usul, N.,** Taşkın Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması.

[6] **Snead, D.B.,** 2000. Development and Application of Unsteady Flow Models Using Geogrophic Information Systems; Departmental Report; Master of Science in Engineering, The University of Texas at Austin ,USA.

[7] **Yomralıoğlu, T**., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar.

[8] **Anonim,** 2004. ARCIS 9 Uygulama Dökümanı; İşlem Grubu Eğitim Dökümanları .

[9] **Url-1** <*http://kellylab.berkelay.edu/docts/HydrologyAnalysis.pdf* >, alındığı tarih 21.09.2005. Hydrology Modelling Sample Extensions

[10] **Anonim,** 2001. Hydrologic Engineering Center HEC-RAS River Analysis System Users Manual, U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Davis; California.

[11] **Anonim,** 2000. Hydrologic Engineering Center HEC-GEORAS Users Manual, U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Davis, California.

[12] **Anonim,** 2004.İBB. Başkanlığını Planlama ve İmar Daire Başkanlığı İmar Müdürlüğü, 21 Eylül 2004 tarihli 12734–24–450–000-/V/2103-Gn: 36191 Sayılı dereler hakkındaki resmi yazısı.

[13] **Anonim,** 1995. İBB., *1/50.000 Ölçekli İstanbul Metropoliten Alan Alt Bölge Nazım Plan Raporu*. 2. Baskı. İstanbul.

[14] **Anonim,** 1998. DSİ XIV. Bölge Md., İSKİ Genel Md., ve İBB., *Taşkın Tehlikesi Arz Eden ve Temizlenmesi Gereken Dere Yataklarının Tespiti ve Alınacak Önlemler Çalışma Raporu,* İstanbul.

[15] **Anonim,** 1999. İSKİ., *İstanbul Su Temini, Kanalizasyon ve Drenaj, Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Mastır Plan Etüdü*, İBB - İstanbul: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü.

[16] **Anonim,** 2005. İSKİ. ve İBB., Asya Yakası Dereleri İSKİ., Ekim 2005 Bilgi Notları, İSKİ. Atıksu İnşaat Daire Başkanlığı, İSKİ. Plan Proje Daire Başkanlığı, İSKİ. Kanalizasyon Daire Başkanlığı ve İBB. Altyapı Koordinasyon Müdürlüğü.

[17] **Anonim,** 2005. İSKİ. ve İBB., Avrupa Yakası Dereleri İSKİ., Ekim 2005 Bilgi Notları, İSKİ. Atıksu İnşaat Daire Başkanlığı, İSKİ. Plan Proje Daire Başkanlığı, İSKİ. Kanalizasyon Daire Başkanlığı ve İBB. Altyapı Koordinasyon Müdürlüğü.

[18] **Bayazıt, M.,** 2003. Hidroloji ; Birsen Yayınevi, İstanbul, Ekim 2003.

[19] **Ketin, İ.,** 1983. Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, 1.cilt, 1. Baskı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul, 1983 / 13-28.

[20] **Vardar, M.; Bayraktar, H.,** 1993. İstanbul Metrosu Araştırma Galerisi Örneğinde İnSitu Dayanım ile İTUMJKM Sınıflanması, Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, s.:14, İstanbul.

[21] **Zarif, H. İ.; Tuğrul, A.; Gürpınar, O.,** 1998. Avcılar Kampüs Alanının Yerleşime Uygunluğunun Değerlendirilmesi, Kentleşme ve Jeoloji Sempozyumu, Uluslararası Müh. Jeo. Türk Milli Komitesi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Avcılar Belediye Başkanlığı , İstanbul, 219-232.

[22] **Özaydın, K., Yıldırım, M.,** 2000. İstanbul'un Zemin Koşulları ve Geoteknik Sorunlar, *İkinci İstanbul ve Deprem Sempozyumu 27 Mayıs 2000*

[23] **Anonim**. Jeoloji, Avrupa Yakası

[24] **Dumlu, O., Yalçın, H. T.,** 2008. İstanbul'un Hidrojeolojisi, İstanbul'un Su Politikası Sempozyumu, 26-28 Haziran 2008, İstanbul.

[25] **Keller, E.A., Pinter, N.,** 2002. Active Tectonics Earthquakes, Uplift, and Landscape, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey.

[26] **Goudie, A.S.,** 2004a,. Encyclopedia of Geomorphology: Volume 1, Routledge Taylor & Francis Group, London.

[27] **Akkaya Aslan Ş., T.,** 2005,. Coğrafi Bilgi Sistemi Olanakları ile Bazı Havza Özelliklerinin Belirlenmesi, KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2)-2005128

[28] **Url-2** <*http://emrl.byu.edu/chris/documents/watergis.pdf.*>, alındığı tarih 17.09.1999. Smemoe, C.M., 1997: Linking GIS Data to Hydrologic Models

[29] **Yanalak M.,**. Yüzey Modellemede Üçgenleme Yöntemleri

[30] **David T.,**. Terrain Analysis Using Digital Elevation Models in Hydrology Civil and Environmental Engineering, Utah Water Research Laboratory Utah State University, Logan, UT 84322-4110

[31] **Meijerink, A.M.J., de Brouwer, H.A.M., Mannaerts, C.M., and Valenzuela, C.R.** , 1994. Introduction to the Use of Geographical Information Systems for Practical Hydrology, UNESCO, Internl. Hyd. Prog., ITC, Publ. No:23, Netherlands.

[32] **Demir, H.,** 2001. An Application of Rainfall-Runoff on Sohu Basin, M.S. Thesis, METU, Dept. of Geodetic and Geographic Inform. Tech., Ankara.

[33] **Jenson, S.K., Domingue, J.O.,** 1988. Extracting Topographic Structure From Digital Elevation Data For Geographical Information System Analysis. (Photogrametric Eng. Remote Sensing 54.)1593–1600.

[34] **Turcotte, R., Fotin, J.P., Rousseau, A.N., Massicotte, M., Villenueve, J.P.,** 2001. Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. Journal of Hydrology 240: 225–242.

[35] **Verstappen, H. Th.,** 1983. Applied Geomorphology, ITC Enschede, The Netherlands.

[36] **Bogolomov, L.A.,** 1963. Topografical Interpretation of Aerial Photographs of Natural Landscape, Moscow, Gosgeoltekhizdat, JPRS, 17-771.

[37] **Goudie, A.S.,** 2004b. Encyclopedia of Geomorphology: Volume 2, Routledge Taylor & Francis Group, London.

[38] **Kirkby, M.J., Atkinson, K., and Lockwood, J.G.,** 1990. Aspect, Vegetation Cover and Erosion on Semi-arid Hillslope, in J.B. Thornes (ed.), Vegetation and Erosion, 25-39, Chichester: Wiley.

[39] **Turoğlu, H., ve Özdemir, H.,** 2005. Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri, Çantay Kitabevi,İstanbul.

[40] **Strahler, A.N.,** 1971. Hypsometric (area-altitude curve) Analysis of Erosional Topography, Geological Society of America Bulletin, 63: 11171141.

[41] **Pike, R.J.,Wilson, S.E.,** 1952. Elevation-relief Ratio, Hypsometric Integral and Geomorphic Area-altitude Analysis, Geological Society of America Bulletin, 82; 1079-1083

[42] **Mayer, L.,** 1990. Introduction to Quantitative Geomorphology: An Exercise Manual, Englewood Cliffs, NJ: Prenctice Hall

[43] **Tüysüz O., Erturaç M. K.,** 2005. Kuzey Anadolu Fayının Devrez Çayı ile Soruk Çayı Arasındaki Kesiminin Özellikleri ve Fayın Morfolojik Gelişimdeki Etkileri, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu TURQUA-V, 2-5 Haziran 2005

[44] **Tüysüz O.,** 2002. Aktif Tektonik Jeomorfik İndisler

[45] **Anonim,** 1992b. Cell-based Modelling with Grid, , Arc/Info User's Guide, Environmental Systems Research Institute(ESRI), Inc., USA.

[46] **Habib A.,** 2000. Photogrammetric mapping: class notes, The Ohio State University, Dept. of Civil and Env. Eng. and Geodetic Science, Geodetic Science Section.

[47] **Hazelton N.W.,** 2000. Large scale and topographic mapping: class notes, The Ohio State University, Dept. of Civil and Env. Eng. and Geodetic Science, Geodetic Science Section.

[48] **Verstappen, H. Th.,** 1983. Applied Geomorphology, ITC Enschede, The Netherlands.

[49] **Reddy G.P.O., Maji, A.K., Gajbhiye, K.S.,** 2004. Drainage Morphometry and Its Influence on Landform Characteristics in Basaltic Terrain, Central India – a Remote Sensing and GIS Approach, International Journal of Applied Observation and Geoinformation, 6, p. 1-16.

[50] **Macka, Z.,** 2001. Determination of Texture of Topography from Large Scale Contour Maps, Geografski vestnik, 73-2, p. 53-62.

[51] **Baker, V.R., Kochel, R.C., Paton, P.C.,** 1988. Flood Geomorphology, John Wiley & Sons, USA.

[52] **Turoğlu, H.,** 1997. İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım, Türk Coğrafya Dergisi, 32, 355-364.

[53] **Sherman, L.K.,** 1932. "The Relation of Hydrographs of Runoff to Size and Character of Drainage Basin", Trans. Am.Geophys. Union, 13, 332

[54] **Horton, R.E.,** 1945. "Ersoional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology", Bull. Geol. Soc. Amer., 56: 275-370.

[55] **Strahler, A. N.,** 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, In "Handbook of Applied Hydrology" (V.T. Chow, ed.) pp. 4-40-4-74, Newyork.

[56] **Ritter, D.F., Kochel, R.C., Miller, J.R.,** 1995. In Process Geomorphology, William C. Brown, Dubuque.

[57] **Hoşgören, M.Y.,** 2001. Hidrografya'nın Ana Çizgileri 1: Yeraltısuları-Kaynaklar-Akarsular, Çantay Kitabevi, İstanbul.

[58] **Ratnayake, U.,** 2006. Watershed Characteristics, http://www.egr.msu.edu/~ northco2 /BE481/WshedChar.htm, erişim tarihi, 02.01.2006

[59] **Selby, M. J.,** 1985. Earth's Changing Surface, Chpt. 1.

[60] **Biswas, S., Sudhakar, S., Desai, V.R.,** 1999. Prioritisation of Subwatersheds Based on Morphometric Analysis of Drainage Basin: A Remote Sensing and GIS Approach, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, Vol. 27, No.3, p. 155-166.

[61] **Çölaşan, Ü. E.,** 1960. Türkiye İklimi, Ziraat Matbaası, Ankara.

[62] **Url-3** <*www.meteor.gov.tr*>, alındığı tarih 16.09.2008. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

[63] **Url-4** <*www.die.gov.tr*>, alındığı tarih 14.03.2008. Devlet İstatistik Enstitüsü

[64] **Ünal Y., Kındap T., Karaca M.** 2003. Redefining climate zones for Turkey using cluster analysis, *Int. Jour. Climatol*., 23, 1045 – 1055.

[65] **Watson D. F**., 1992. Contouring: A Guide to the Analysis and Display of Spatial Data, Pergamon Press, New York, USA.

[66] **Dizdar M. Y., Türeli A. Ç.,** 1987. İstanbul İli Arazi Varlığı, Tarım Orman ve Köyişleri Hizmetleri genel Müdürlüğü Yayınları , İl Rapor No:34, Ankara 1987

[67] **Anonim,** 1985. USDA (United States Department of Agriculture), National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

[68] **Wanielista M., Kersten R., and Eaglin R.,** 1997. Hydrology: Water Quantity and Quality Control, John Wiley & Sons, Ltd.

[69] **Anonim,** 2005. IIRS (Indian Institute of Remote Sensing), RS and GIS Aplications in Water Resources, Lectures Notes, Dehradun, India.

[70] **Özhan S.,** 2004. Havza Amenajmanı, İ.Ü.Rektörlük Yayın No: 4510, Orman Fakültesi Yayın No: 481, ISBN: 975- 404-739-1.

[71] **Brooks K. N., Ffolliott H. M., Gregersen J. L. Thames,** 1996. Hydrology and the Management of Watersheds, Iowa State University Pres/Ames.

[72] **Erol A.,** 2007. Türkiye'de Arazi Kullanımı ve Havza Yaklaşımı, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2(1):21-25, 2007 ISSN 1304-9984.

[73] **Çavdar, S.,K.,** 1996. İstanbul Dereleri İçin Taşkın Debilerinin Araştırılması İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

[74] **Hepdoğar, R.,** 1988. B.Çekmece Gölü Havzasının Hidrolik ve Hidrolojik Karakteristikleri, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

[75] **Aslan, B.,** 1997. S.C.S. Sentetik Birim Hidrograf Yönteminin Türkiye Şartlarında Uygulanabilirliğinin Araştırılması, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,İstanbul Teknik Üniversitesi.

[76] **Dizdar, M., Kulga, Z.,** 1994. Türkiye Akarsu Havzaları Maksimum Akımlar Frekans Analizi, DSİ..

[77] **Schulze, E.,** 1992. SCS-SA, User Manuel,PC-Based SCS Design Flood Estimates For Small Catchments In Southern Africa, Department of Agricultural Engineering Unıversity of Natal, South Africa.

[78] **Anonim,** 1999. IMC, İstanbul Master Plan Konsorsiyumu, İSKİ, İstanbul Su Temini, Kanalizasyon ve Drenaj, Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Plan Etüdü, Nihai Rapor, Cilt 4, Kısım B, Yağmursuyu Drenajı.

[79] **Anonim,** 2008. Hydrologic Engineering Center HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manuel, U.S. Army Corps of Engineers (USACE),Davis;California.

[80] **Şahin G., Tecim V.,** 2006. Yerel Yönetimler için CBS tabanlı risk planlaması, İzmir Buca Örneği, 4. Cografi Bilgi Sistemleri Bilisim Günleri, 13 – 16 Eylül 2006 , Fatih Üniversitesi, İstanbul-Türkiye

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Didem ÖZALP

Doğum Yeri ve Tarihi: Trabzon 01.01.1981

Adres: Emirhan Caddesi Kardeşler Sokak Yıldız Apt. No:11 D:12 Dikilitaş

BEŞİKTAŞ/İSTANBUL

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi;

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği