

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ YARDIMIYLA
ŞEHİRLEŞMENİN TAŞKIN ALANLARINA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

SEDA ERTAN

**Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı
Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı**

ARALIK 2021

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ YARDIMIYLA
ŞEHİRLEŞMENİN TAŞKIN ALANLARINA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Seda ERTAN

(706122005)

**Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı
Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK

ARALIK 2021

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 706122005 numaralı Doktora Öğrencisi Seda ERTAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ YARDIMIYLA ŞEHİRLEŞMENİN TAŞKIN ALANLARINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Fatih TERZİ**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Abdurrahim AYDIN

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Caner GÜNEY

İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Seher BAŞLIK

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Ekim 2021

Savunma Tarihi : 22 Aralık 2021



ÖNSÖZ

Doktora öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca değerli bilgilerinden ve deneyimlerinden yararlandığım ve hiçbir konuda desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof.Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK'e en içten dileklerle teşekkür ederim. Bu tezin gelişmesine katkı sağlayan değerli hocam Prof.Dr. Fatih TERZİ ve Prof.Dr. Abdurrahim AYDIN'a minnetlerimi sunarım.

Tez boyunca her zaman yanımda olan beni sabırla dinleyen, fikirlerime katkı sağlayan eşim Hakan Ertan'a ve tüm eğitim hayatım boyunca beni destekleyen aileme tüm destek ve sabırları için teşekkür ederim.

Ekim 2021

Seda Ertan
(Çevre Yüksek Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ŞEKİL LİSTESİ	xiv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Veri Temini ve Kullanılan Yazılımlar	4
1.3 Literatür Özeti	7
1.3.1 Sel ve taşkına neden olan faktörler	9
1.3.1.1 Meteorolojik faktörler	9
1.3.1.2 Jeomorfolojik faktörler	10
1.3.1.3 Fizyolojik Etkenler	10
1.3.1.4 Şehirleşme, insan müdahalesi ve sosyal faktörler	11
1.3.2 Coğrafi Bilgi Sistemi	15
1.3.3 CBS'nin fonksiyonları	16
1.3.3.1 Sayısal Veri Entegrasyonu	17
1.3.3.2 Konumsal Sorgulama	17
1.3.3.3 Otomasyon	17
1.3.3.4 Görüntüleme	18
1.3.3.5 Manipulasyon	18
1.3.3.6 Mekansal Analizler	18
1.3.3.7 Karar Verme Analizleri	18
1.3.3.8 Model Analizleri	18
1.3.4 CBS'nin bileşenleri	19
1.3.5 Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamaları	20
1.3.6 Şehirleşme ve taşkın analizlerinde Coğrafi Bilgi Sisteminin önemi	21
2. KAĞITHANE DERESİ	23
2.1 Topografik Analiz	24
2.1.1 Raster veri kullanımı	24
2.1.2 Vektör veri kullanımı	25
2.1.3 Eğim analizi	26
2.2 Hidroloji Analizi	28
2.2.1 Akım yönü belirleme	28
2.2.2 Kümülatif akım hesaplama	30
2.2.3 Su toplama alanı oluşturma ve drenaj akış yönünün belirlenmesi	31
2.3 Alan Analizi	32
3. HİDROLOJİK VE HİDROLİK MODELLEME	37
3.1 Rasyonel Metoda Göre Debi Hesabı	37

3.1.1 Akış katsayısı.....	37
3.1.1.1 Çalışma Alanında Kullanılan Akış Katsayı Değerleri	38
3.1.2 Yağış şiddetinin hesabı	39
3.1.2.1 Yağış Şiddeti ve Verimi	40
3.1.2.2 Giriş Süresi, (T ₀)	41
3.1.2.3 Akış Süresi, (T _n).....	41
3.1.3 Alan hesabı.....	42
4. KAĞITHANE DERESİ TAŞKIN HARİTALARININ HAZIRLANMASI ...	51
4.1 Autocad Civil 3d Kullanarak Geometrik Verileri Oluşturma	51
4.2 Geometrik Verilerin HEC-GeoRAS Programına Aktarılması	52
4.3 HEC-RAS Genel Bilgi.....	53
4.4 Hidrolojik Analiz.....	54
4.5 Hidrolik Analiz.....	54
4.5.1 Geometri düzenleme	55
4.5.2 Akım şartlarını düzenleme	56
4.5.2.1 Düzenli (kararlı-permenan) akım.....	57
4.5.2.2 Düzensiz (Kararsız-Permenan Olmayan) Akım	57
4.5.2.3 Üniform Akım.....	57
4.5.2.4 Üniform Olmayan Akım.....	57
4.5.3 Akım Analizi	57
4.5.3.1 Akım rejimi.....	57
4.6 HEC-RAS İLE HİDROLİK MODELLEME	58
4.6.1 Ras mapper	60
5. TAŞKIN RİSK HARİTASININ DEĞERLENDİRİLMESİ	65
6. SONUÇLAR	87
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ	99



KISALTMALAR

CBS-GIS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri- Geographical Information Systems
DSİ	: Devlet Su İşleri
GI	: Green Infrastructure-Yeşil Altyapı
GSI	: Yeşil yağmur suyu altyapısını
HEC	: Hidrolojik Mühendislik Merkezi
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
SCS	: Soil Convension Service
SKDÇ	: Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Çözümleri
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WGIN	: Dünya Yeşil Altyapı Ağı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1: Kağıthane deresine ait toplanan veriler.	4
Çizelge 2: Projede kullanılan 1:1000 ölçekli halihazır paftalar.....	32
Çizelge 3: Yıllara göre yol, yapı ve açık alanların değişimi.	35
Çizelge 4: $0 \leq t_d \leq 120$ dakika için a, b ve c katsayıları.	40
Çizelge 5: $180 \leq t_d \leq 1440$ dakika için a, b ve c katsayıları.....	40
Çizelge 6: Arazi türüne bağlı giriş süresi.	41
Çizelge 7: Senaryo I debi hesabı [65].	45
Çizelge 8: Senaryo 2 debi hesabı.	46
Çizelge 9: Senaryo 3 debi hesabı.	47
Çizelge 10: Senaryo 4 debi hesabı.	48
Çizelge 11: Açık kanal akımlarının sınıflandırması.	56
Çizelge 12: Senaryolara göre taşkın altında kalan yapı adedi.	80
Çizelge 13: Farklı tekerrür sürelerine ait debi hesabı [65].	82



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1: Proje alanı konumu.....	24
Şekil 2: SYM'nin hücresel boyutu ve piksel dağılımı [64].....	25
Şekil 3: Çalışma alanı yükseklik haritası [65].....	26
Şekil 4: Çalışma alanı eğim haritası [65].....	27
Şekil 5: Yükseklik ve eğim haritası akış diyagramı.....	28
Şekil 6: Grid yükseklik değeri ve su akış yönü [64].....	29
Şekil 7: Akım yönleri [64].....	29
Şekil 8: Akım yönünün matematiksel ifadesi [64].....	29
Şekil 9: Akım yönü haritası.....	30
Şekil 10: Kümülatif akım yönü [64].....	30
Şekil 11: Kümülatif akım yönü.....	31
Şekil 12: Su toplama havzası ve drenaj akış yönleri.....	31
Şekil 13: Hidroloji analizi akış diyagramı.....	32
Şekil 14: Yol ve yapı alanları için hazırlanan örnek veritabanı altlığı.....	34
Şekil 15: Alan analizi akış diyagramı.....	35
Şekil 16: Çalışma alanına ait alt havzalar [65].....	43
Şekil 17: Alt havza içerisinde çizilen yol alanı, yapı alanı ve açık alanlar.....	44
Şekil 18: 1999 Yılı taşkın debileri karşılaştırma.....	49
Şekil 19: 2006 Yılı taşkın debileri karşılaştırma.....	49
Şekil 20: 2013 Yılı taşkın debileri karşılaştırma.....	49
Şekil 21:HEC-RAS'da üretilen enkesit.....	59
Şekil 22: Su yüzü profilleri.....	59
Şekil 23: Dere perspektif görünümü.....	60
Şekil 24: HEC-RAS akış diyagramı.....	62
Şekil 25: CBS platformu akış diyagramı.....	63
Şekil 26: 1999-2006-2013 yılı taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.....	66
Şekil 27: 2013 yılına ait 500 yıllık yağış tekerrürlü taşkın haritası (Senaryo 1).....	67
Şekil 28: 2013 Yılına ait 500 yıllık yağış tekerrürlü taşkın haritası (Senaryo 2).....	68
Şekil 29: 2013 yılına ait 500 yıllık yağış tekerrürlü taşkın haritası (Senaryo 3).....	69
Şekil 30: 2013 yılına ait 500 yıllık yağış tekerrürlü taşkın haritası (Senaryo 4).....	70
Şekil 31: Senaryo 1 ve Senaryo 2 taşkın yayılım haritası.....	71
Şekil 32: Senaryo 1 ve Senaryo 2 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.....	71
Şekil 33: Senaryo 1 ve Senaryo 3 taşkın yayılım haritası.....	73
Şekil 34: Senaryo 1 ve senaryo 3 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.....	73
Şekil 35: Senaryo 1 ve Senaryo 4 taşkın yayılım haritası.....	74

Şekil 36: Senaryo 1 ve senaryo 4 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.....	75
Şekil 37: Senaryo 2 ve senaryo 3 taşkın yayılım haritası.....	76
Şekil 38: Senaryo2 ve senaryo 3 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.....	76
Şekil 39: Senaryo 2 ve senaryo 4 taşkın yayılım haritası.....	77
Şekil 40: Senaryo 2 ve senaryo 4 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.....	78
Şekil 41 : Senaryo 3 ve senaryo 4 taşkın yayılım haritası.....	79
Şekil 42: Senaryo 3 ve senaryo 4 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.....	79
Şekil 43: SKDÇ-1 su derinlik haritası.....	83
Şekil 44: SKDÇ-2 su derinlik haritası.....	84
Şekil 45: SKDÇ-3 su derinlik haritası.....	85





COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ YARDIMIYLA ŞEHİRLEŞMENİN TAŞKIN ALANLARINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Şehirleşme nedeniyle arazi kullanım tiplerinin hızlı ve kontrolsüz değişimi, iklim koşullarını, kentsel yağış-akış sürelerini ve taşkın riskini olumsuz etkilemekte ve çözüm bekleyen bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, Kağıthane Deresi'nin mansap kısmı pilot bölge seçilerek şehirleşme ve taşkın konuları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak değerlendirilmiştir.

Buradaki esas amaç taşkın yönetiminin klasik sistemler ile münferit olarak değerlendirmeyip, artan şehirleşme karşısında bütüncül yönetilmesini sağlayan CBS'nin önemini ortaya çıkarmaktır. Bu kapsamda CBS ortamında hazırlanan mekansal veritabanı ile taşkın analizlerinin yapıldığı HEC-RAS programının entegrasyon sağlanmış olup farklı senaryolara göre taşkın haritaları oluşturulmuştur. Geliştirilen senaryolar: Senaryo1(SN1) mevcut durum, Senaryo 2 (SN2) kısmi şehirleşme olması, Senaryo 3(SN3) tam şehirleşme olması, Senaryo 4 (SN4) şehirleşmenin olmaması durumunu içermektedir. Bu senaryolar CBS'nin veri tutma, düzenleme, sorgulama, analiz ve dinamik yapısından dolayı oldukça hızlı değerlendirilmiştir. CBS de geniş bir veri tabanı oluşturulduğu için şehirleşme ve taşkın konularına ek olarak taşkın riskinin nasıl azaltılacağı konusu da sürdürülebilir kentsel drenaj çözümlerini esas alarak CBS aracılığıyla değerlendirilmiştir.



RESEARCHING THE EFFECTS OF URBANIZATION ON FLOOD AREAS BY USING GEOGRAPHICAL INFORMATION TECHNOLOGIES

SUMMARY

Floods and urban floods are the main natural disasters in recent years. The causes of these natural disasters can be defined as changes in land use, construction of structures on natural stream beds, climate factor and increase in urbanization. With the increase in urbanization, especially with unplanned urbanization, the areas covered by hard impermeable surfaces such as asphalt roads and parking areas increase and the precipitation flows directly, the underground waters cannot be fed sufficiently, thus the risks of flood and overflow increase and flood and overflow are an issue waiting for a solution. In order to examine how urbanization has an effect on floodplains, the downstream part of Kağıthane Stream was selected as a pilot region within the scope of this thesis, and urbanization and flooding issues were evaluated using Geographic Information Systems (GIS). The reason for choosing the downstream part of Kağıthane Stream as the study area in the study is to show with the help of GIS how the flood risk will change under increasing urbanization if the densely populated residential areas and industrial structures that are important for the country's economy have increased in the downstream region and the areas that are not open to settlement in the upstream part are opened to settlement. The purpose of using GIS is to consider hydraulics, hydrology, urbanization issues holistically and to reveal the importance of future studies to be carried out with this approach. In addition, since the effect of urbanization on flood areas is examined not only in the current situation but also in different scenarios in the study, GIS provides flexibility due to its dynamic structure. Scenarios developed in this context include: Scenario 1 (SN1) current situation, Scenario 2 (SN2) partial urbanization, Scenario 3 (SN3) full urbanization, Scenario 4 (SN4) no urbanization. Scenario 1; It reflects current land use. It reflects the situation where the building and road areas are impermeable and the flow coefficient value is 0.95, the open areas are permeable, and the flow coefficient is 0.40. Scenario 2; Part of the current land use reflects the urbanization situation. The average value of the concrete and green area flow coefficient value of 0.60 was chosen since it is accepted that the covering type of the buildings, roads, green areas, soil floors etc. within the basin area is partly urbanization. The main issue to be evaluated here is to consider how much the flood will be affected if open areas and non-residential areas are opened to settlement. Scenario 3; It reflects the complete urbanization of the land use within the basin border. In this case, the flow coefficient value is taken as 0.95, assuming that the buildings, roads, green areas, soil floors, etc., within the catchment area have become concrete. Scenario 4; It reflects the situation where there is no urbanization in the land use plan. The flow coefficient value was taken as 0.25, assuming that the areas such as buildings, roads, green areas, earthen ground etc. within the basin area are uncultivated soils.

In scenario 1-2-3-4, different flow coefficient values are given to building area, road area and open areas. The main reason why these coefficients can be given in such detail and easily is that the spatial database is prepared in the GIS. In the preparation of the spatial database, the existing maps were used and 60 existing maps with a scale of 1:1000 within the study area basin were digitized in the GIS environment. The integration of the prepared spatial database and the HEC-RAS program, in which flood analyzes are made, has been ensured, and flood maps have been created according to different scenarios.

As the results of the flood maps were evaluated, it was determined that there were spatial and volumetric differences. For example, Scenario 1 flood area reflecting the current situation is 86.58 hectares, Scenario 2 flood area is 102.76 hectares. The reason for the 18.69% increase in the flood area in scenario 2 is the partial urbanization. In the scenario established, the definition of partial urbanization reveals the situation where the percentage of impermeable area increases in case of open areas in land use or areas that are not open to settlement, and in this case the water cannot meet the soil and the risk of flooding will increase. When evaluated as the number of buildings under flood, it was determined that there would be an increase of 40% in the number of buildings.

When the Scenario 3 comparison, which covers the full urbanization setup after the urbanization evaluation, from Scenario 1 to Scenario 2 is evaluated, it is observed that the spatial and volumetric differences increase with urbanization. The urbanization term mentioned here is the planning of open areas or places planned to be opened to settlement according to the completely impermeable ground structure. The result that the flood area will increase by 66.74% when scenario 3 is passed from Scenario 1, which is the current situation, has been concretely demonstrated with the prepared model. In addition, when the flooded building area is evaluated, it was determined that the number of buildings under flood in Scenario 1 increased by 100% in the transition to Scenario 3.

Scenario 2 and Scenario 3 deal with the urbanization setup of the current situation. The improvement evaluation scheme, which is the opposite of these constructs, that is, if there was no urbanization in the basin area, is Scenario 4. In Scenario 4, which is examined as to what would happen if every place was permeable in the current situation, it was determined that the flood area decreased by 48.16% compared to the current situation. This situation has made a great contribution to our evaluation of the fiction of how the flood increases unknowingly while urbanization is being carried out. For this reason, in the city plans to be planned, the construction of permeable areas next to the impermeable building areas or the reuse of rainwater will greatly reduce the risk of flooding.

When the flood risk maps prepared according to the acceptance of Scenario 2 and Scenario 3 are compared, there are spatial and volumetric differences. Scenario 2 flood area is 102.76 hectares, Scenario 3 flood area is 144.36 hectares. When the flood risk increased by 40.48% from Scenario 2 to Scenario 3 and when the flooded area is evaluated, the number of buildings under flood in Scenario 2 is 406, while the number of buildings under flood in Scenario 3 is 600. It has been determined that the reason for these increases is partial urbanization, that is, the transition from semi-permeable ground structure to urbanization to be planned with a completely impermeable ground structure.

When the flood risk maps prepared according to the acceptance of Scenario 2 and Scenario 4 are compared, there are spatial and volumetric differences. Scenario 2 flood area is 102.76 hectares, Scenario 4 flood area is 44.88 hectares.

When the transition from scenario 2 to 4 was made, it was determined that the impermeable areas decreased and accordingly the flood risk decreased by 56.33%. In addition, when the flooded building area is evaluated, the fact that the number of buildings under flood in Scenario 2 was 406, while the number of buildings under flood in Scenario 4 decreased to 177, is another concrete indicator of the decrease in the flood risk.

When the flood risk maps prepared according to the acceptance of Scenario 3 and Scenario 4 are compared, there are spatial and volumetric differences. Scenario 3 flood area is 144.36

hectares, Scenario 4 flood area is 44.88 hectares. It was determined that when the transition from Scenario 3 to Scenario 4 was made, the permeable soil structure increased, and the flood risk area decreased by 68.91%. In addition, when the flooded building area is evaluated, the number of buildings under flood in Scenario 4 is 177, while the number of buildings under flood in Scenario 3 is 600. The numerical data revealed by the analyzes emphasizes that the greater the increase in the urbanization rate, the more the flood risk will increase.

Evaluation of all these scenarios was provided by integrating the spatial database prepared on the GIS and the HEC-RAS program, in which flood analyzes were made. If the GIS was not used within the scope of the thesis work and the work was done individually, the integrity and flexibility in terms of time, storage, analysis and management would not be provided.

The effect of urbanization on floodplains was evaluated according to different scenarios on the GIS, and the results were evaluated within the scope of the thesis, and the importance of GIS in evaluating such issues was once again revealed. Considering what to do more with the quality spatial database prepared with GIS, the issue of how to solve the flood risk is also discussed using the same spatial database. In this context, how to reduce the flood risk was evaluated with sustainable urban drainage solutions. In order to determine the sustainable urban drainage solutions (SKDÇ), flow rate calculations were made again by giving the flow coefficients required for sustainable urban drainage suitable for building areas, road areas and open areas within the spatial database installed in the system.

All of the GIS and hydraulic model integration steps discussed in the above-mentioned urbanization schemes were applied here, and the model was run again, and flood maps were created again according to this result. If we talk briefly about this definition before opening sustainable urban drainage solutions, it can be defined as increasing the infiltration of the soil by imitating the natural water cycle and imitating the natural drainage processes, ensuring that the rainwater reaches the underground, reducing the amount of surface flow and flow rate, reducing the number of pollutants in the surface flow, and improving the hydraulic functions of the cities definable.

In the scenarios discussed in this context, only SKDF was applied to buildings in SKDF 1 and the flood risk was 15.45% compared to the current situation, SKDF solution was applied to buildings and roads in SKDS 2 and the current flood risk area was reduced by 18.93%. Although SKDS 3 was applied to both roads and buildings, flood mitigation was reduced at approximately the same rate with SKDS 1. This is because the percentage of impermeable areas such as road area and building area is close. Making such comments reveals that GIS will also help us in decision-support.

By making use of the flexibility of the model established in the GIS environment, the existing infrastructure was evaluated and the effect on the existing infrastructure was interpreted. In this context, it was concluded that the carrying capacity of the pipes decreased when SKDÇ was applied to the existing stormwater infrastructure system. This finding is an advantage in terms of both the improvement of the infrastructure, the safety of the pipes that were previously laid without considering the climate factor, and the reduction of city floods.

With the flexibility of the model established on the GIS, both the effect of urbanization on floodplains and the result of urban drainage solutions proposed for flood risk are tried to be explained within the scope of this thesis.

Although this thesis study was made for a pilot region, the study can be reflected in their systems by all government institutions. Thus, while new settlements are built in areas with intense urbanization, flood risk areas can be examined according to different scenarios and possible flood risks can be minimized and solution proposals can be applied.





1. GİRİŞ

Dünyada yaygın olarak gerçekleşen sel ve taşkınlar en önemli doğal afetler arasında yer almaktadır.

Doğal afet olarak sel, yoğun yağış, hızlı kar erimesi [1] veya ızgaraların kapasitesinin yetersiz olması, tıkanması ve deşarj olacağı altyapı hattının hidrolik olarak uygun koşullarda olmaması sonucu meydana gelir. Son yıllarda yaşanan sellerin en önemli sebebi ise; şiddetli yağmURLarda yağmursuyu sistemindeki yetersizlik sonucu alıcı ortamların (nehir, kanal, dere, menhol vb) kapasitenin tam dolu çalışması sonucu oluşan sellerdir [2]. Bu ani yağışların bu kadar çok artmasının sebebinin iklim faktörü olduğu da unutulmamalıdır.

Kısaca sel, çoğunlukla şiddetli yağışların ardından oluşan ve mevcut altyapının yetersiz olması durumunda oluşan büyük su kitlesini ifade eder.

Doğal afet olarak taşkın, dere yataklarına gelen yağmursuyunun derenin tasarlanmış olduğu hidrolik kapasitenin üzerinde olması veya havzada mevcut karın erimesinden dolayı yağışın artması ve yatak çevresinde bulunan arazinin ve insanların maddi ve manevi kayıplar yaşadığı doğal olaydır [2].

Taşkınlar yağış şiddetinin yüksek olduğu durumlarda ve toprağın suyu emme kapasitesinin yetersiz kaldığı durumlarda artmaktadır. Taşkınlar su seviyesinin üstüne çıkması durumunda taşkın yatağında oluşan su yükü artacağı için suyun hızında artmaktadır. Eğer dere yatağı bu debiyi karşılamayacak kapasitede ise dere yatağından taşar ve çevresini su ve alüvyon ile boğar [3]. Aynı zamanda taşkın dünya çapında doğal afetlerin neden olduğu ekonomik kayıpların yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır [4].

Kısaca taşkın, yan derelerden gelen sellerin kısa sürede ana dereye ulaşmasıyla vadi boyunca akan suyun yükselmesi ve normal yatağına sığamayıp taşkın yatağına yayılması olayına denir [5].

Taşkınlar uzun sürede oluşan taşkınlar, ani taşkınlar, nehir taşkınları, kıyı taşkınları, dağlık alan taşkınları, yer altı suyu taşkınları, göl taşkınları ve şehir taşkınları olarak sınıflandırılırlar [5].

Her bir taşkın sınıfının oluşum sebebi temelde iklim faktörleri olsada son yıllarda artan şehirleşme karşısında şehir taşkınları oluşmakta ve çözüm bekleyen konu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu artış, yoğun yağışların sıklığı, havzalardaki arazi kullanımından kaynaklanan değişiklikler ve taşkına eğilimli alanlarda nüfus yoğunluğunun artması sonucudur [6].

Bu tez kapsamında, şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisinin belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanmanın önemini anlatmak için pilot proje yapılarak, şehirleşme ve taşkın konuları değerlendirilmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Son yıllarda şehirleşmenin hızlı ilerlemesi ile birlikte yapılaşma ve doğal afetlerin sonuçları ağırlaşmaktadır. Sürdürülebilir olmayan şehirseller yapılaşmalar ile yerleşime uygun olmayan yerlerin yerleşime açılması, kent içerisinde açık alanların azaltılması, dere yataklarına yapı yapılması, altyapı hatlarının hidrolik ve sürdürülebilir entegre çözümler ile şehirleşme planlarında değerlendirilememesi ve doğal eğim koşullarının değiştirilmesi problemleri karşımıza çıkmaktadır. Bunun sonucunda, yağmursuları toprağa doğal olarak sızamamakta ve yüzeysel akışa geçerek sel ve taşkın riskini artırmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir olmayan şehirleşme sonucu artması beklenen sel ve taşkın riski çözüm bekleyen bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda yapılacak çalışmaların amacı tek bir disiplin bazında değil, şehirleşme, hidroloji, hidrolik, iklim, sürdürülebilirlik konularının bütün olarak ele alınması gerektiği olmalı ve karar-destek sisteminin en iyi şekilde yönetilebilmesi için coğrafi bilgi teknolojilerinden destek alınması gerekmektedir. Tüm bu ihtiyaç ve hedefler düşünüldüğünde bütüncül bir çalışmanın gereksinimi ortaya çıkmış ve bu tez çalışmasında konu ele alınmıştır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, artan şehirleşme karşısında oluşan taşkın risklerinin Coğrafi Bilgi Sistemler (CBS) ve hidrolik modelleme yazılımı kullanarak bütüncül olarak değerlendirmek, sonuçlarının farklı senaryolara göre somut olarak göstermek ve artan şehirleşme karşısında taşkın riskinin azaltılması için ne gibi önlemler alınması gerektiğine yardımcı olacak bir çalışma ortaya koymak olmuştur.

Bu hedefe ulaşmak için oluşturulan senaryolar arazi kullanımını değişikliği nedeniyle etkilenecek olan yağmursuyu akış katsayısı değişimine odaklanmaktadır. Burada bahsi geçen arazi kullanım tanımı yapı alanı, yol alanı ve açık alan için oluşturulan ayrı katmanların toplamını ifade etmektedir. Bu amaçla, mevcut durum ve senaryo tabanlı değiştirilmiş arazi kullanım tiplerine dayalı olarak, taşkın suları altında kalan alanların mevcut durumunu ve gelecekteki görünümünü ortaya çıkarmak için 4 farklı şehirleşme senaryosu geliştirilmiştir. Akış katsayısı veya hidrolojik modelin “c” faktörü ile temsil edilen arazi kullanım türleri için geliştirilen senaryolar: Senaryo 1; Mevcut arazi kullanımını, Senaryo 2; Mevcut arazi kullanımının kısmı şehirleşmesi durumunu, Senaryo 3; Havza sınırı içerisinde kalan arazi kullanımının tamamen şehirleşmesi, Senaryo 4; Arazi kullanımında şehirleşmenin hiç olmadığı durumu yansıtmaktadır. Seçilen senaryolardaki amaç mevcut durum, kısmı şehirleşme, tam şehirleşme ve şehirleşme olmama durumunda derelerde meydana gelecek taşkın ne oranda etkileneceğini CBS yardımı ile kurulacak model ile ne kadar dinamik, gerçekçi ve hızlı bir şekilde belirleneceğini göstermektir. Bunun sonucunda da artan şehirleşme karşısında oluşacak taşkın riskinin nasıl azaltılacağı sürdürülebilir kentsel drenaj çözümleri ele alınarak şehirleşme ve taşkın riski konusuna bütüncül bir çözüm getirilmesi hedefine CBS kullanılarak nasıl ulaşıldığı gösterilmiştir. Bu kapsamda CBS ortamında taşkın analizleri oluşturmak için kullanılan ortam tez çalışmasında CBS platform olarak ifade edilmiştir. Hazırlanan diagrauna farklı sürdürülebilir kentsel drenaj çözümleri entegre edilerek taşkın risk haritası ve şehirleşme konuları tekrar değerlendirilmiştir.

Tez kapsamında öncelikle Coğrafi Bilgi Sistemleri temel bileşenlerinden olan ve modelin kurulmasında önemli katkı sağlayan veri toplama ve işleme adımları tamamlanmıştır. Daha sonra hidrolik model çalışmaları HEC-RAS programına aktarılıp, CBS platformuna entegre edilmiş ve şehirleşmenin taşkın alanı üzerindeki etkisi farklı senaryolara göre değerlendirilmiştir. Gelecekte şehirleşmeye açık olmayan alanların şehirleşmesi durumunda, taşkın riskinin artmaması için yapılması gerekli sürdürülebilir kentsel drenaj çalışmaları da şehirleşme senaryolarında yapılan işlem adımları ile CBS platformunda değerlendirilmiştir.

Tez çalışmasında, İstanbul'un Avrupa yakasında bulunan, Eyüp İlçesine bağlı Kağıthane Deresi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Kağıthane Deresi, İstanbul Metropolü'nün taşkın riski taşıyan sorunlu derelerinde olup, Eyüp, Şişli ve Kağıthane

ilçelerinden geçerek İstanbul Boğazı'nın Güney Batı kesiminde Haliç'e bağlanmaktadır. Kağıthane deresi mansap kısmında, dere güzergahı boyunca ülke ekonomisi için önemli olan yoğun nüfuslu yerleşim alanları ve birçok sanayi yapısı içinde kalmaktadır. Memba kısmında ise, yerleşim dışı alanlar yer almaktadır. Eğer bu alanlar ileride gelişmeye açılırsa, şehirleşme kaynaklı taşkın riskinin artması beklenecektir. Bu özelliklerinden dolayı Kağıthane Deresinin, şehirleşmenin taşkın riski üzerine etkisinin modellenebileceği iyi bir pilot bölge olacağı öngörülmüş ve uygulama modeli bu bölge için geliştirilmiştir.

1.2 Veri Temini ve Kullanılan Yazılımlar

Tez kapsamında öncelikli olarak Kağıthane Deresi havza sınırlarında kalan veriler temin edilmiştir. Şehirleşmenin yıllara göre değişiminin incelenmesinde geçmiş yıllara ait orto foto, arazi modelinin oluşturulması ve hidrolojisinin detaylı değerlendirilmesinde halihazır haritalar ve sayısal yükseklik modeli (SYM), mevcut yağmursuyu hatları, genel değerlendirme yapabilmek adına Arazi Kullanım Planı, Kağıthane Deresi ve Kollarına ait planlar ve hidrolik hesaplar temin edilmiştir. Temin edilen veriler TM (Transvers Mercator) projeksiyon koordinat sistemine göre düzenlenmiş olup veriler ile ilgili açıklamalar Çizelge 1' de özetlenmiştir.

Çizelge 1: Kağıthane deresine ait toplanan veriler.

İlgili Kurum	Veri
İSKİ Genel Müdürlüğü Plan Proje Daire Başkanlığı Kanal Proje Şube Müdürlüğü	1999 Yılına ait 1:5000 Ölçekli Halihazır Pafta
	2005 Yılına ait 1:5000 Ölçekli Halihazır Pafta
	2013 Yılına ait 1:5000 Ölçekli Halihazır Pafta
	Kağıthane Cendere Deresi Kuzey ve Güney Planları
	Ayazaga 500 Yıllık Taşkın Yükseklik Haritası
	Kağıthane Deresi Havzası İçinde Kalan Mevcut Yağmursuyu Hatları
	Kağıthane Deresi Havzası İçinde Kalan Arazi Kullanım Planı
	2013 Yılına ait 1:25000 Ölçekli Halihazır Pafta
Kağıthane Belediyesi Plan ve Proje Müdürlüğü	Cendere Deresi ve Çevresi 1994 yılına ait Arazi Kullanım Planı
İSKİ Genel Müdürlüğü Coğrafi Bilgi Sistemi Müdürlüğü	1996 Ortofoto: Oluşturulan harita ölçeği: 1:5000 ,Piksel Boyutu: 40-50 cm
	2003 Ortofoto:Uydu: Iconos, Çözünürlük: 1m
	2009 Ortofoto: Oluşturulan harita ölçeği: 1:5000
	2013 Ortofoto:Oluşturulan harita ölçeği: 1:1000, Çözünürlük: 50cm SYM Verisi: 2006 yılı Sayısal Yükseklik Modeli
İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB)	1999 Yılına ait 1:1000 Ölçekli Halihazır Pafta
	2006 Yılına ait 1:1000 Ölçekli Halihazır Pafta
	2013 Yılına ait 1:1000 Ölçekli Halihazır Pafta

İlgili kurumlardan temin edilen veriler değerlendirildiğinde;

1:5000 ölçekli 2013 yılına ait halihazır haritalar Kağıthane Deresi Havza sınırlarını belirlemek için kullanılmıştır. Havza çiziminde halihazır haritadan yüksekliği olan objeler (bina, ağaç vb) çıkartılarak 3 boyutlu yüzey ArcGIS programında hazırlanmış ve mevcut yağmursuyu hatları da dikkate alınarak havza sınırı belirlenmiştir. Havza belirleme için 1:5000 ölçeği alternatif olarak temin edilen 1:25000 ölçekli harita ise kullanılmamıştır. İlgili Havza Sınırı İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) tarafından daha önceki yıllarda hazırlanan havza sınır çizgisi ile de karşılaştırılarak doğruluğu kontrol edilmiştir.

Ortofoto haritalar görsel altlık olarak kullanılmıştır.

SYM verisi CBS platformunda hidroloji analizi için kullanılmıştır.

1999-2006-2013 yıllarına ait 1/1000 ölçekli halihazır haritalar çalışma alanı kapsamında detaylı arazi kullanım tipleri oluşturmak için kullanılmıştır. Yollar, binalar ve açık alanlar polygon formatında çizilerek veri tabanının temel altlığı hazırlanmıştır. Böyle bir altlığın hazırlanmasındaki amaç oluşturulan senaryolar ve çözüm önerilerinde belli bir alan kabulü ile taşkın debi hesabı yapmak yerine, gerçek alanlara gerçek akış katsayısı verilerek sonuca ulaşmak ve sonraki adımların CBS platformunda ne kadar efektif çalışacağını göstermek olmuştur. Temin edilen verilerin işlenmesi ve analizinde Autocad, Autocad Civil 3D, ArcGIS Desktop (10.4.1), HEC-GeoRAS ve HEC-RAS programları kullanılmıştır.

Autocad Civil 3D, 3 boyutlu yüzeylerinde yapıldığı ve işlev gücü yüksek olan ve farklı mühendislik dallarının kullandığı cad tabanlı yazılımdır.

Arcgis yazılımında çizim işlem adımları çok zaman aldığı için dere katmanları, enkesitleri ve yüzey kotları hazırlanmasında Civil 3D programı tercih edilmiştir.

ARCGIS Desktop, (ArcInfo, ArcView ve ArcEditor) içerisinde bütünleşik olarak gelen ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcGlobe ve Model Builder arayüzleri ile haritalama, coğrafi analizler, veri güncelleme, veri yönetimi ve görüntüleme işlemlerini gerçekleştirebileceğiniz entegre bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır [7].

Çalışma kapsamında, ArcGIS 3D Analyst, Spatial Analyst, Analysis, Conversion, Data Management araçları sıklıkla kullanılmıştır.

ArcGIS 3D Analyst modülü, 3 boyutlu arazi modeli oluşturmak, analiz etmek ve özelliklerini (eğim, bakı vb) görüntüleme imkânı sunmaktadır. Arazi modeli oluşturmada, 3D Analyst modülünde bulunan Düzensiz Üçgen Ağ (Triangulated Irregular Network (TIN)) yöntemi tercih edilmiştir.

ArcGIS Spatial Analyst, raster verileriniz için güçlü mekânsal analizler yapıp, modeller geliştirmenize imkân tanımaktadır [8].

Spatial Analyst içerisinde yer alan Hydrology modülü ile su akış yönü belirleme, kümülatif akım yönü hesaplama, havza alanları ve drenaj çizgileri oluşturma adımları yapılmıştır.

ArcGIS Analyst, kesme (clip), silme, kesişim işlemleri yapılarak verileri analizde kolaylık sağlayacak altlıklar oluşturulmuştur.

ArcGIS Conversion, farklı formatlarda eklenen dosya uzantılarının CBS de kullanılan dosya formatına getirilmesinde kullanılmıştır.

ArcGIS Data Management: Farklı projeksiyonlarda gelen verilerin aynı projeksiyona dönüştürülmesinde kullanılmıştır.

HEC-GeoRAS arayüzü HEC-RAS'a içe aktarılacak üzere geometrik verilerin hazırlanmasına izin verir ve HEC-RAS'tan dışa aktarılan simülasyon sonuçlarını işler [9]. Tez kapsamında Autocad Civil 3D programında hazırlanan dere aks, enkesit gibi verilerin ArcGIS ortamında katmanlar oluşturmasını sağlamak ve HEC-RAS programına geometrik veri üretmek amacıyla kullanılmıştır.

1D Taşkın haritası üretmek için piyasada sık kullanılan programlar-MIKE-Flood Modeller -ISIS-Tuflow ve HEC-RAS'dır. Tez kapsamında uygulaması ücretsiz indirilen ve CBS ile entegre çalışabilen HEC-RAS programı kullanımı tercih edilmiştir.

HEC-RAS tek boyutlu hidrolik hesapların yapıldığı, su yüzeylerinin hesaplamalarının yapıldığı sürekli akımlar ve modellenen yapıldığı süreksiz akımda verinin depolanması ve yönetiminin yapıldığı hidrolik yazılım programıdır [10]. HEC-RAS programı detaylı bilgi bölüm 4.3 'te açıklanmıştır.

HEC-RAS 5.0.3, HEC-GeoRAS'dan üretilen verileri analiz etmek, geometrik verilerin görüntülenmesinin yanı sıra, programda bulunan GIS Tools-Ras Mapper komutu ile taşkın haritalarının raster olarak oluşturulmasında kullanılmıştır. Böylece oluşturulan

analiz sonuçlarının tekrar ArcGIS programına aktarım sağlayarak su altında kalan alanların CBS platformunda görüntülenmesi sağlanmıştır.

1.3 Literatür Özeti

Sel ve taşkın olayları dünyada yaşanan doğal afetlerin başında yer almaktadır. Sel ve taşkın en çok gelişmemiş ya da gelişmekte olan ülkelerde, düzensiz gelişen şehirleşme, arazilerin yanlış kullanımı, altyapı hatları yetersizliği, tesislerin ve yeni yapılan yerleşimlerin yer seçimindeki uygunsuzluklar, yeşil alan, bitki örtüsü ve orman alanları gibi geçirimli alanların yok edilmesi ya da yapı alanları inşaa edilerek geçirimsiz alana dönüştürülmesinden dolayı, en çok can ve mal kaybının yaşandığı doğal afetlerdir.

En önemli doğal afetlerinden biri olan taşkının önemini daha iyi anlayabilmek için dünyada nerelerde daha yaygın olduğu incelenmiş ve dünya genelindeki tabii afetler ele alınca, 31 çeşit tabii afetin 28 tanesini meteorolojik afetlerin oluşturduğu [11] ve Avrupa'da görülen en yaygın tabii felaket türünün sel ve taşkın olduğu yapılan araştırmalarla belirtilmiştir.

Dünyada sel ve taşkın yaşandığı yoğun ülkeler incelendiğinde,

Asya'da; Çin, Bangladeş, Hindistan, Endonazy, Malezya, Pakistan, Tayland, Laos, Vietnam, Filipinler, Güney ve Kuzey Kore, Japonya, Buhutan, Nepal, Yemen, Türkiye, Avrupa'da; Portekiz, İtalya, Macaristan, Romanya,

Afrika'da; Cezayir, Sudan, Somali, Mozambik, Zimbapve, Güney Afrika Cumhuriyeti, Amerika'da; Meksika, Küba, Guatemala, Nikaragua, Dominik Cumhuriyeti, El Salvador, Panama, Kolombiya, Venezuela, Guyana, Surinam, Brezilya, Ekvator, Peru, Paraguay, Uruguay'dır [12].

Dünyada yaşanan taşkınlarda en büyük can kaybı, 1931 yılında Çin'de meydana gelmiş olup, 2.500.000–3.700.000 kişinin ölümüne neden olmuştur [13].

Dünya ülkelerinden Türkiye taşkın riski açısından incelendiğinde, coğrafi konumu, meteorolojik faktörler, sosyal faktörler nedeni ile taşkın sık yaşandığı ülke konumundadır [12].

Türkiye, iklim kuşaklarından ılıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında yer alır. Türkiye'nin coğrafi konumu ve yer şekilleri farklı iklim tiplerinin oluşmasına yol

açmıştır. Ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olması, kıyıları boyunca yüksek sıradağların uzanması, ani yükselti değişiklikleri ve kıyıya olan uzaklık, iklim özelliklerinin kısa mesafelerde farklılaşmasına sebep olmaktadır [14]. Yurdumuzun Akdeniz, Ege ve güney Marmara, subtropikal iklimlere benzer Akdeniz ikliminin etkisi altında olup yazlar kurak ve çok sıcak, kış mevsimi ise yağışlı ve ılık geçmektedir. Kuzey kesimlerde her mevsim yağışlı olan Karadeniz İkliminin etkisi görülür [15]. İç bölgeler sıradağlarla çevrelenmiş olduğundan az yağış alan step iklimi özelliği taşır [16]. İklim özelliklerine bağlı olarak yağış miktarı da farklılıklar gösterir.

Türkiye’de yağış dağılışı, alansal dağılımda olduğu gibi zamansal dağılımda da çok çeşitlilik gösterir. En fazla yağışı, yıllık yağışın % 35,8 ile kış mevsiminde alırken, onu %29,1 ile ilkbahar, %24,5 ile sonbahar mevsimi takip ederken en az yağış %10,6 ile yaz mevsiminde görülmektedir. Akdeniz, Ege, Marmara ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi yıllık yağışının çoğunu kışın alırken, İç ve Doğu Anadolu ilkbaharda alır. Karadeniz Bölgesi ise her mevsim yağışlı geçmektedir [16].

Ülkemizde yağışın en yüksek olduğu ve sel olayının en fazla görüldüğü bölgeler ise, sırasıyla Karadeniz, Akdeniz ve Marmara Bölgeleridir [17].

Türkiye’de farklı zamanlarda çeşitli coğrafi bölgelerimizde sel ve taşkın olayları meydana gelmektedir. Örneğin; 1998 yılında Trabzon ili Beşkøy ilçesinde yaşanan sel felaketinde 60 kişi yaşamını yitirmiş ve 1000 kişi de sel felaketinden etkilenmiştir. 1995 yılında Ankara ve İstanbul gibi büyükşehirlerin yanında Isparta ili Senirkent ilçesinde de ciddi sel ve taşkın olayları yaşanmış ve 74 kişi yaşamını yitirmesinin yanında 10.000 gibi büyük bir nüfus bu doğal afetten etkilenerek çok büyük maddi ve manevi sonuçlar doğmuştur. 2012 yılında meydana gelen sel felaketinde Karadeniz bölgesine bağlı Samsun ve Sinop illeri, Güneydoğu bölgesinde Şanlıurfa, Adıyaman, Gaziantep, Marmara Bölgesi’nde ise Balıkesir ve Çanakkale illerinde de sel ve taşkın hadiseleri yaşanarak çeşitli can ve mal kaybına sebep olmuştur [18].

Çalışma alanımız olan Marmara Bölgesi kapsamında en çok zarara uğrayan sel-taşkın olayı incelendiğinde, 9 Eylül 2009 tarihinde, İstanbul ve Tekirdağ’ın etkilendiği taşkın olayının en az 31 kişinin ölümüne yol açmış olduğu ve 70 milyon doların üzerinde bir zarar ortaya çıkardığı belirlenmiştir. Bu taşkın olayında Ayamama Deresi 500 yıllık yağış miktarından fazla yağış almıştır [13].

Ayamama gibi taşkın riski taşıyan derelerin yanında, İstanbul'da özellikle Avrupa yakasında Beyoğlu, Gaziosmanpaşa, Kağıthane, Bağcılar (otogar bölgesi), Esenler, Zeytinburnu, Bahçelievler ilçeleri ile Sarıyer, Tarabya, Beşiktaş özellikle İhlamur bölgesi, Anadolu yakasında Kartal ve Maltepe ilçesi sel ve taşkından en çok etkilenen bölgelerdir [19].

Çalışma bölgesi olan İstanbul ili Kağıthane ilçesi geçmiş yıllarda yaşanmış sel ve taşkınlar araştırıldığında;

Kağıthane Deresi yatağında büyük kayıplara neden olan bir sel felaketi 19.09.2005'te meydana gelmiştir. Bu tarihte ciddi kayıplar yaşanmıştır. Bölgedeki yerleşim alanları ile sanayi yapıları önemli ölçüde zarara uğramıştır. 09.09.2009'da meydana gelen sel felaketinde ciddi kayıplar yaşanmıştır. Bölgedeki yerleşim alanları ile sanayi yapıları önemli ölçüde zarara uğramıştır [20].

Dünya'da ve ülkemizde sel ve taşkın doğal afetlerinin maddi ve manevi olarak kayıplar vermesinde etkili faktörler incelendiğinde tek bir faktöre bağlı olmadığı ve faktörlerin birbirini etkilediği belirlenmiştir.

1.3.1 Sel ve taşkına neden olan faktörler

Meteorolojik Faktörler (Yağış-Kar Erimesi-Toprak Nemi), Jeomorfolojik Faktörler (Eğim-Bakı-Yükselti), Fizyolojik Etkenler (Havzanın şekli, eğimi, alanı, jeolojisi, bitki örtüsü vb), Mevcut altyapı hatlarının durumu, şehirleşme, insan müdahalesi ve sosyal faktörler olmak üzere sınıflandırılabilir.

1.3.1.1 Meteorolojik faktörler

Meteorolojik faktörlerin başında şiddetli yağışlar ve kar erimesinin sel ve taşkını etkileyen ana sebeplerden biri olduğu mutlak olarak bilinmektedir. Şiddetli yağışların sebep olduğu sel örneği karşımıza, 2009 yılı sel ve taşkın felaketi ile çıkmaktadır. Hidrometeoroloji Şube Müdürlüğü verilerine göre, ülkemiz genelinde 1981-2010 periyodu yıllık alansal yağış normali 574 mm civarındadır. Sel ve taşkın felaketinin yaşandığı 2009 yılında ise bu değer 700 mm üzerindedir [21].

Meteorolojik Faktörler kapsamında değerlendirilen yağış verileri iklim faktöründen de son yıllarda oldukça fazla etkilenmekte ve taşkın riskini artırmaktadır.

1.3.1.2 Jeomorfolojik faktörler

Taşkın etkileyen jeomorfolojik faktörler eğim, bakı ve yükselti başlığı altında yer almaktadır.

Eğim; Suyun taşınması, suyun akış hızını, buna bağlı olarak malzemenin taşınması ve suyun birikeceği alanların belirlenmesinde önemlidir. Tüm taşkın koşulları aynı olduğunda eğim taşkın havzası hesaplarını etkilemektedir. Eğimin yüksek olduğu yerlerde toprağın su tutma kapasitesi daha az olacağı için yağışın toprağa sızması daha zor olacaktır. Bunun sonucunda yağışın akışa geçme yüzdesi artacaktır bu tarz bölgelerde taşkın riskini azaltmak için bitki örtüsünün kullanılması hem hızı kesmesi hemde sediment miktarı kontrolü için önem arz etmektedir [22].

Bakı; Taşkın havzalarının değerlendirilmesi bakı dolaylı etkiye sahiptir. Bakı buharlaşma ve terleme miktarının belirlenmesinde önemlidir [23].

Yükselti; Karın yerde kalma süresi ve buharlaşma etkilidir. Kısa mesafelerde hızla artan yükselti suyun akış hızı üzerinde etkilidir. Taşkın ve sel riski üzerinde de belirleyici parametre olacaktır. Buna göre alçak yerler taşkın riski fazla, yüksek yerler sel riskinin fazla olduğu sahalardır.

1.3.1.3 Fizyolojik Etkenler

Havzanın Büyüklüğü, Şekli, Eğimi

Bir derenin su miktarı ve taşkın debileri havzanın büyüklüğüne bağlıdır. Havzanın şekli ve eğimi ise yağışın süresini etkileyen faktörlerdendir [24]. Ana dereye bağlanan yan kollar, havzanın şekline bağlı olarak farklı sürelerde ya da yaklaşık olarak aynı sürelerde ulaşarak sel ve taşkın riskini artıran/azaltan sebepler arasındadır. Havza eğiminin dik olması, yüzeysel akışa geçen yağış miktarını artırmaktadır. Eğimi daha yatık olan havzalarda ise, suyun hızı azalmakta ve sızma olayı daha iyi gerçekleşmektedir.

Havzanın Jeolojik Yapısı

Havza alanı içerisinde bulunan zeminin geçirgenliğine bağlı olarak sel-taşkın olayları etkilenmektedir. Zemin geçirgenliğinin yüksek olması, sızdırma kapasitesinin yüksekliğini göstermektedir. Sızma toprağın doygunluk seviyesine kadar devam eder daha sonra yüzeysel akışa geçmektedir.

Bitki Örtüsü

Bitki örtüsünün yoğun olduğu yerler özellikle orman alanlarında bulunan toprağın yapısı hem organik madde bakımından zengin hemde çok gözenekli bir yapıya sahiptir. Bu özellikleri sayesinde yağışın ani bir şekilde akışa geçmesi engellenir ve böylece sel riski azalmaktadır. Bunun tam tersi bitki örtüsünün az olduğu yerler düşünüldüğünde sel riskinin daha çok yaşandığı gözlemlenmektedir [18].

1.3.1.4 Şehirleşme, insan müdahalesi ve sosyal faktörler

Dünyada şehirleşme son yıllarda hızlı bir artış göstermektedir [25]. Bugün dünya nüfusunun yarısı kentsel alanlarda yaşıyor, Birleşmiş Milletler'e göre bu oranın 2050 yılına kadar %68'e çıkması bekleniyor. Öngörüler nüfusun kırsaldan kentsel alanlara doğru artacağını ve bunun 2050 yılına kadar kentsel alanlardaki nüfusun 2.5 milyar kişiye çıkacağını göstermektedir [26].

Dünya Bankası verilerine göre 1960 yılında %31.5 olan Türkiye kentsel büyüme oranı, 2018 yılında %75.1'e yükselmiştir. Bu oran %55.2 olan dünya ortalamasının oldukça üzerindedir [27]. Kent nüfusunun hızla artması plansız kentleşmeyi ve buna bağlı olarak iklim değişikliğini, çevresel bozulmayı ve sel gibi doğal afetleri beraberinde getirmektedir. Dünyayı tehdit eden tüm doğal afet türleri arasında sel, muhtemelen en yıkıcı, yaygın ve sık görülenidir [28]. Birçok çalışma, hızlı kentleşmenin taşkınları etkilediğini açıklamaktadır. Çünkü, şehirleşmeden oluşan geçirimsiz yüzey miktarının artması veya yağışı emebilecek bitki örtüsü arzını azaltan diğer doğal tehlikeler taşkınları şiddetlendirmektedir [29].

Alam ve diğ. (2014), Belçika'da bulunan Turnhout nehrinin, şehirleşme ve iklim değişimi etkisini incelemek için şehir taşkın riski değerlendirme çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda, hidrolik model kurularak şehre ait olan mevcut altyapı hidrolik modeli ile ilişkilendirilmiş ve piyasada nehir analizlerinde kullanılan MIKE 11 yazılımı ile de hidrolik kalibrasyon ve değerlendirme yapılmıştır. Farklı yağış periyotlarına göre hidrograf eğrileri elde edilmiştir. Sonuç olarak, şehirleşme ve iklimsel değişikliğin, çok sık pik yağış oluşturacağı sonucu elde edilmiştir. Nehirlerde artan pik akımın nedeninin, şehirleşme sonucu oluşan kaplamalı yüzeylerdeki artışın neden olduğunu belirlemişlerdir [30].

Elhamid ve diğ. (2020), kentsel büyüme nedeniyle akış katsayısının ve pik deşarjların arttığını belirtti [31].

Lee ve Samuel (2018), Seul'deki 25 idari bölgede 2003'ten 2012'ye kadar her yıl kaydedilen selden kaynaklanan mülk kayıplarını gözlemledikleri çalışmalarında konut, ticari, endüstriyel (fabrikalar) ve ulaşım (karayolları, demiryolları) gibi yüksek geçirimsizliğe neden olan üstyapı unsURLarının taşkın kayıpları üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir [32].

Shi ve diğ. (2005), yaptığı çalışmaya göre şehirleşmenin hızlı artışı ile son beş yılda taşkın olaylarının arttığını belirtmiştir [33].

Sanne ve diğ. (2015), İklim Değişikliği ve Şehirleşme Altında çalışma yapmışlardır. Bu kapsamda, Sel Riski ve Adaptasyon Stratejileri gibi Global Verileri Kullanarak “Olasılık Analizi” yapmışlardır. Çalışmada global veri ve olasılık verilerinin entegrasyonu sağlanmıştır. Global veri olarak sel tehlikesi ve arazi kullanım kullanılırken, olasılık verisi olarak şehirleşme ile birlikte oluşan iklim değişikliği verilerini kullanmışlardır. Bu durum, Endonazya gibi sınırlı verilerini geliştirmekte olan ülkeler için, ulusal ölçekli sel riskinin gelecek eğilimlerini değerlendirmesini mümkün kılmış ve 2030 yılı için, sel riskinin artmasındaki ana sebebin şehirleşmedeki artış hızının olduğu belirlenmiştir [34].

Sonmez ve diğ. (2012), ‘İklim Değişikliği ve Plansız Şehirleşmenin Kilis Şehrinde Yol Açtığı Sel Felaketleri’ konulu çalışmasında, plansız şehirleşme, dere yataklarında yapılaşmaların olduğu ve mevcut altyapı hatları yetersizliği nedeni ile sel riskinin arttığı sonucuna ulaşmışlardır [35].

Yapılan çalışmalar şehirleşmenin artmasına bağlı olarak meydana gelen geçirimsiz alanların taşkını artırdığını göstermiştir.

Sunhak ve diğ. (2019), şehirleşme artışı ile sel riskinin her zaman artmadığını, eğer planlı şehirleşme yapılır ise sel riskinin kontrol altına alınabileceğini belirtmişlerdir [36]. Örneğin, Fox, D. ve diğ. (2012), bu konuda Fransa'da yapılan çalışmayı ve F. Luino ve diğ. (2012), ise İtalya'da yapılan çalışmayı araştırmışlardır. Buna göre, Fransa'da yapılan çalışmada şehirleşme artışına rağmen nehir düzenleme ve bakımı nedeniyle taşkın riskinin azaldığını, İtalya'da yapılan çalışmada ise kentlerin düzensiz ve plansız gelişmesi nedeniyle taşkın riskinin arttığını belirtmişlerdir [37], [38].

Plansız şehirleşme nedeniyle son yıllarda daha fazla taşkın meydana gelmeye başlamıştır [39]. Bu nedenle planlı/plansız şehirleşme ile taşkın arasında önemli bir ilişki vardır. Planlı şehirleşme, diğer bir deyişle sürdürülebilir kentleşme/şehirleşme,

sürdürülebilir kentsel drenaj çözümleri ile taşkın kontrolü açısından en uygun sonuçları sağlamaktadır. Örneğin, Adelye ve Rüstem (2011) karşılaştıkları taşkın problemlerinin nedenini analiz ederek bunlara sürdürülebilir drenaj çözümleri önermişlerdir [40]. Bu kapsamda, iklim, drenaj altyapıları ve fiziksel planlama yönetmeliklerine ilişkin veriler toplanmış ve kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. Bunlar, ilgili devlet departmanları, üniversite araştırmacıları ve uzmanlar dâhil olmak üzere paydaşlarla çalıştay yapılmıştır ve sonuçları, saha incelemesi ile elde edilen sonuçlar ile birleştirilmiştir. Araştırma, yaygın kanaatin aksine, iklim değişikliğinin veya alışılmadık derecede yüksek yağışların Lagos'taki sel sorununun birincil nedeni olmadığını ortaya koymuştur. Aksine, artan şehirleşme, şehirle ilgili kontrol altına alınamayan planlama yasalarının eksik olduğu sonucunu çıkarmışlardır. Taşkın sorunlarına kalıcı bir çözüm bulunması için, kentin mevcut taşkın yönetimi stratejisine sürdürülebilir drenaj sisteminin dâhil edilmesini taşkın kontrolü için gerekli olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Sürdürülebilir drenaj sistemi, sürdürülebilir kentleşme altında çevreden gelen suyun akışını yöneten GI (Green Infrastructure- Yeşil Altyapı) çözümünü içerir.

Yeşil Altyapı, toprağa, bitki örtüsüne ve su sistemlerine olan etkiyi azaltmak için merkezi olmayan mikro ölçekli kontrol önlemleri ile yağmur suyu akışını kaynaklarında korumayı ve/veya arıtmayı amaçlamaktadır. Yeşil altyapı; yağmur bahçeleri, biyo-tutma, yeşil çatılar, hendekler, yağmur suyu depoları, su tutma tankı ve geçirgen kaldırımlardan oluşmaktadır [41].

Ayrıca GI daha sürdürülebilir bir çözüm sunar ve deşarjların hidrolik kontrolü için şiddetle tavsiye edilir [42]. Avrupa Komisyonu, Yeşil Altyapıyı, geniş bir ekosistem hizmetleri yelpazesi sunmak için tasarlanmış ve yönetilen diğer çevresel özelliklere sahip, stratejik olarak planlanmış doğal ve yarı doğal alanlar ağı olarak tanımlamaktadır. GI, karasal (kıyı dahil),deniz alanlarındaki yeşil alanları (veya su ekosistemleri söz konusuysa mavi) ve diğer fiziksel özellikleri içerir. Karada, GI kırsal ve kentsel ortamlarda bulunur [43].

Son yıllarda, Yeşil Altyapı birçok şehirde sürdürülebilir drenaj çözümleri için yaygın olarak kullanılmaktadır ve ayrıca Dünya Yeşil Altyapı Ağı (WGIN) altında üyeler bulunmaktadır. Almanya, Kanada, Avustralya, İspanya, Fransa 2009 yılında üye olmuştur. Buna ek olarak Birleşik Krallık, İskandinavya, Portekiz, Yeni Zelanda,

Meksika, Kolombiya, Brezilya, Şili, İran, İsrail, Yunanistan, İtalya, Çin, Japonya, Tayvan, Güney Kore, Vietnam, Hindistan, Hong Kong, Singapur, Norveç 2019 yılında üye olmuştur [44]. Bu üyeler yeşil altyapının önemini her geçen gün arttığını göstermektedir.

Kent Konseyi 31459 ise sürdürülebilir drenaj sisteminin kritik bakış açısı olarak yeşil yağmursuyu altyapısını (GSI) 2013 yılında kurdu ve yağmursuyu yönetmek için yeşil yağmursuyu altyapısının güvenilirliğini savundu [45].

GSI'nin amacı, boru sistemi yerine yavaş ve filtreli drenaj sistemini kullanmaktır ve bu sayede Street Edge Alternatifleri, 110. Cascade Projesi, Broadview Green Grid, High Point Natural Drainage System, Pinehurst Green Grid, Ballard Natural Drainage'dan oluşan birçok GSI projesini tamamlamıştır. Bu projede biyolojik hendekler, biyolojik havzalar, yağmur bahçeleri, gözenekli kaldırımlar vb. kullanılmış ve dere üzerindeki taşkın olumsuz etkileri yüzde 74 ila 99 oranında azaltmıştır [46].

Augustenborg, İsveç'in güneyinde geçmişte su baskınlarının yaşandığı bir şehirdir. Yağmur suyunun toplanması için yeşil altyapı çözümleri gibi Sürdürülebilir Kentsel Drenaj sistemi kullanılmaktadır. Sonuçlar, taşkınların azaldığını göstermektedir [47].

Liu ve diğ. (2014), basit model aracılığıyla sızma, tutma ve depolama kapasitesi için yağış akış ilişkisini değerlendirmiştir. Buna göre, yeşil altyapı sisteminin taşkın azaltma üzerindeki faydaları, büyük yağışlar altında sınırlıydı ve bu nedenle, taşkınların etkin bir şekilde azaltılmasını sağlamak için entegre GI sisteminin kullanılması gerektiğini öne sürdüler. Dahası, kentsel peyzajı uygun GI ile planlamanın sürdürülebilir kalkınma için önemli olduğunu öne çıkarmışlardır [48].

Schubert ve diğ. (2017), farklı senaryolar için hidrolik model kullanarak GI'nin yağmur suyu tankları ve sızma hendeklerinde kullanımını inceledi. Buna göre, GI'nin tam olarak uygulanması taşkın alanını kısmi uygulama alanına ve mevcut duruma göre azalttığını belirlediler [49].

Mobilia ve diğ. (2014), pilot ölçekli çalışma üzerinde geleneksel beton yani geçirimsiz çatılardan üretilen yağmursuyu hacmini azaltmak amacı ile yağmursuyu sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilen yeşil çatının performansını analiz etmişlerdir. Sonuçlar toprak örtüsü kalınlığı ve su tutma kapasitesinin yeşil çatı hidrolik performansını etkileyen en önemli parametreler olduğunu ortaya çıkarmış ve

yeşil çatının klasik çatılara göre tercih edildiğinde yağmursuyu üretiminde yaklaşık %40 ve %98 oranında azalma sağladığını belirlemişlerdir [50].

Bu çalışmada, şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisi farklı senaryolar ile incelenmiş ve çözümleri için de alternatif yeşil altyapı çözümleri CBS platformunda değerlendirilmiştir. CBS, doğru taşkın haritaları oluşturmak için etkin ve hızlı sonuçlar sağlayan ve son yıllarda taşkın haritalarının hazırlanmasında öncelikli olarak tercih edilen yeni bir teknolojidir.

1.3.2 Coğrafi Bilgi Sistemi

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), İngilizce Geographical Information Systems (GIS) ifadesinin Türkçeye çevrilmiş hâli olup [51] CBS için net bir tanım yoktur. CBS kullanıcıları farklı disiplinleri kapsadığı için uygulandığı alana ve amaca göre farklı şekillerde tanımlanabilir.

Stillwell ve Clarke'e göre CBS, belirli bir organizasyon içinde mekansal verinin eklenmesi, depolanması, geri alma, analiz ve verinin görüntülenmesini sağlayan bilgisayar destekli bir sistem [52].

Burrough'a göre CBS, gerçek dünyadan mekansal verinin toplanması, dönüştürülmesi, depolanması, görüntülenmesi için güçlü bir araç seti [53].

Aronoff'a göre CBS, girdi, veri yönetimi (veri depolama ve alma), manipülasyon ve analiz ve çıktı işlevi sağlayan bilgisayar tabanlı bir sistemdir [54].

Bu tanımlarda verinin toplanmasından işlenmesine kadar olan süreçte, konuma dayalı verilerin işlemlerinin hazırlanmasında bilgisayarların amaçla ulaşmak için kullanılan araç olarak kullanıldığı ifade edilmektedir. Buna göre CBS, konuma dayalı olarak toplanan verilerin grafik ve grafik olmayan özelliklerinin saklanması, düzenlenmesi, işlenmesi, analiz edilmesi ve son kullanıcıya sunulmasını bir bütünsellik içinde sunabilen bilgi sistemidir [55].

CBS tanımı uygulama alanlarına göre alternatif isimlerle de belirtilmektedir. Bu isimlerden bazıları aşağıda tanımlanmıştır [56].

- Kadastro Bilgi Sistemi (Cadastral Information System)
- Görüntü Tabanlı Bilgi Sistemi (Image Based Information System)
- Arazi Veri Sistemi (Land Data System)

- Arazi Bilgi Sistemi (Land Information System)
- Coğrafi Referanslı Bilgi Sistemi (Geographically Referenced Information System)
- Doğal Kaynak Yönetimi Bilgi Sistemi (Natural Resource Management Information System)
- Ticari Analiz Bilgi Sistemi (Market Analysis Information System)
- Çok Amaçlı Kadastro (Multipurpose Cadastre)
- Planlama Bilgi Sistemi (Planning Information System)
- Mülkiyet Bilgi Sistemi (Property Information System)
- Toprak Bilgi Sistemi (Soil Information System)
- Mekansal Bilgi Sistemi (Spatial Information System)
- Mekansal Karar-Destekli Bilgi Sistemi (Spatial Decision Support System)
- Kent Bilgi Sistemi (Urban Information System)

CBS uygulama biçimlerine göre farklı isimlendirmelerde yer almasının yanı sıra birçok uzman Bilgisayar Destekli Tasarım, Bilgisayar Destekli Kartografya, Veri Tabanı Yönetim Sistemleri, Uzaktan Algılama gibi bilgi sistemleri ile CBS arasında bağlantı olduğunu belirtmektedir [56].

CBS'nin farklı uygulama alanlarında farklı isimler ile anılması veri tekrarı sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunun çözümü ise değişik konumsal veri işleme yöntemlerini içeren genel amaçlı CBS ile çözülmektedir [55].

1.3.3 CBS'nin fonksiyonları

CBS yeryüzü şekilleri ve yeryüzünde gerçekleşen olayları haritaya aktarmak ve analiz etmek için kullanılan bilgisayar destekli program olarak tanımlanmaktadır. CBS teknolojisi veri tabanlarını birleştirme özelliğine sahiptir bu bakımdan da diğer bilgi sistemlerinden farklıdır. CBS ile olayların tanımlanmasının yanı sıra geleceği doğru tahminler yapılarak stratejik planlar oluşturulabilir. Bu özeliği neden ile de kamu ve özel sektör tarafından yoğun bir şekilde tercih edilmektedir. Kamu ve özel sektör dışında konum bilgisi kullanan kişilerinde günlük hayatta bile çokça CBS'den yararlanması CBS'nin önemini günden güne artırmaktadır. CBS'deki bu gelişmelerin

temelinde coğrafi bilgi sistemi fonksiyonları yer almaktadır. Bu fonksiyonlar Sayısal Veri Entegrasyonu, Konumsal Sorgulama, Otomasyon- Akıllı Harita, Görüntüleme, Manipulasyon, Mekansal Analizler, Karar Verme Analizleri ve Model Analizlerinden oluşmaktadır [57].

1.3.3.1 Sayısal Veri Entegrasyonu

CBS’de sayısal veri entegrasyonu farklı dosya formatlarının birbirine uyum sağlayabilmesi ve bütüncül koordinasyonun sağlanması açısından büyük öneme sahiptir. Kurumların sahip olduğu veriler kullanım amacına ve sistem yapısına bağlı olarak raster ya da vektör veri yapılarına, dwg, dxf, dgn, shp, ncz, geotiff, jpeg, img, rst gibi farklı formatlarda, düzlem, konik, slindirik gibi farklı projeksiyon sistemleri, NAD27, ED50, WGS84 ITRF96 gibi farklı datumlar, Clarke 1866, International - Hyford 1924, WGS84, GRS80 gibi farklı elipsoidlerde dosyalar depolanabilir ve paylaşımına açılabilir [58]. Burada kullanıcının ihtiyacı bu farklı verileri istenilen formata dönüştürüp, tek bir sistemde analiz, sorgulama, görüntüleme gibi işlemleri yapabilmesidir. Bunun için CBS yazılımları farklı formattaki verileri birbirine entegre ederek koordinasyonu sağlamak ve veri akışı açısından kolaylık sağlamaktadır.

1.3.3.2 Konumsal Sorgulama

Grafik ve grafik olmayan verilerin bir arada tutulduğu, grafik bilgilerinin sorgulanması, öznetelik bilgilerinden grafik bilgilerinin ya da grafik bilgisinden öznetelik bilgisinin sorgulanması CBS ile mümkün olmaktadır.

1.3.3.3 Otomasyon

CBS’nin en önemli avantajlarından biri de verinin bilgisayarda depolanmasının yanı sıra işlenmesinde olanak sağlamasıdır.

Geçmiş yıllarda üretken basılı haritalar kullanıcıya kısıtlı bilgiler sunarken, CBS ortamında otomasyon ile oluşturulan akıllı haritalar ise kullanıcıya geniş kullanım olanakları sunar. Basılı haritalarda kullanılan cetvel vb ölçüm aletleri yerine CBS’inde oluşturulan akıllı haritalarda imleç yardımı ile daha hızlı, dinamik ve kolay bilgiye ulaşım sağlanmaktadır.

1.3.3.4 Görüntüleme

CBS'nin önemli fonksiyonlarında biri de görüntüleme işlemidir. Görüntüleme işlemi sayesinde son kullanıcı veri altyapısını bilmesede dahi oluşturulan görsel haritalardan kendisi için gerekli yorumlamaları yapabilmekte ve CBS'nin kullanımını yaygınlaştırmaktadır.

1.3.3.5 Manipulasyon

CBS konumsal verilerin eklenmesi, düzenlenmesi ve güncellenmesi özelliğine sahiptir. Bu sayede mevcut verilerin değişmesi durumunda ilgili değişiklikleri kendi bünyesine yeni bilgiler ekleyerek tekrar üretmekte ve bunun değişik sistemlere bilgi transferini yapabilmektedir. CBS'nin bu fonksiyonu ile verilerin güncellenmesi kolaylıkla gerçekleşmektedir.

1.3.3.6 Mekansal Analizler

CBS'ni diğer sistemlerden ayıran en önemli özellik mekansal/konumsal analizler yapabilmesidir. Konumsal analiz, toplanan ham verilerin düzenlenerek CBS'ine uygun hale getirilerek bu sistemde konumsal verilerin çevre ile nasıl etki içerisinde olduğu/olacağı tahmini, konumsal verilerin kullanım alanlarının yorumlanması gibi işlemleri içermektedir [55].

1.3.3.7 Karar Verme Analizleri

Coğrafi verilerin mekansal olarak toplanması, aynı konuma sahip verinin farklı öznelik verileri ile entegrasyonun sağlanması, zamana bağlı özelliklerin sağlanması çok fazla veri oluşumuna sebep olacaktır. İlgili verilerden geleceğe yönelik planlama yapılması durumunda neden ve niçin sorularının karar verme analizleri CBS ile yapılabilmektedir. CBS bu verileri depolayıp, analiz etme, sınıflandırma işlemlerini yaparak konumsal bilgiyi daha anlaşılır hale getirerek karar verme adımını hızlandırmaktadır.

1.3.3.8 Model Analizleri

CBS konuma dayalı ve tanımsal verileri aynı veri tabanında tutmakta ve bu veriler ile bilgisayar ortamında gerçek modeller oluşturmaktadır. Veri tabanında oluşabilecek değişimler dinamik olarak modele yansımakta olup, kullanıcıya alternatif sonuçlar üzerinde karar vermesini desteklemekte ve detaylı bilgi akışı sağlamaktadır.

1.3.4 CBS'nin bileşenleri

CBS'nin 5 temel bileşeni vardır. Bunlar, donanım, yazılım, veri, insan ve yöntemlerdir [59].

Donanım: CBS'nin çalıştığı bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin tamamı donanım olarak ifade edilir. Yan ürünlerin başlıcaları yazıcı, çizici, tarayıcı, sayısallaştırıcı, veri kayıt ünitelerinden oluşmaktadır. CBS, merkezi bilgisayar sunucusundan masaüstü bilgisayarlara ve bağımsız veya ağ yapılandırmalarına kadar çok çeşitli donanım türlerinde çalışır.

Yazılım: CBS yazılımı, coğrafi bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek için gereken işlevleri ve araçları sağlar. Anahtar yazılım bileşenleri, Coğrafi bilgilerin girilmesi ve işlenmesi için araçlardır. Coğrafi sorgulama, analiz ve görselleştirmeyi destekleyen bir veritabanı yönetim sistemine (DBMS) sahiptir. Araçlara kolay erişim için bir coğrafi kullanıcı arayüzü (GUI) bulunmaktadır. Yazılım ayrıca sistemin oldukça dinamik bir parçasıdır. Son yıllarda çok sayıda CBS yazılım paketi mevcuttur. Bu sistemler birçok farklı donanım platformunda bulunur ve çok çeşitli işlevsel yeteneklerle birlikte gelir. CBS yazılımı, coğrafi bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek için gereken işlevleri ve araçları sağlar. Kullanılan CBS yazılımları ArcGIS, MapInfo, Global mapper, AutoCAD Map vb.dir. Mevcut yazılımların uygulamaya özel olduğu söylenebilir. Düşük maliyetli CBS çalışması için Global mapper ve Mapinfo uygun seçenektir. Kullanımı kolaydır ve birçok CBS özelliğini destekler. Kullanıcı, modelleme ve rapor oluşturma dahil olmak üzere CBS üzerinde kapsamlı analiz yapmayı planlıyorsa, ArcGIS tercih edilen seçenektir.

Veri: CBS'nin muhtemelen en önemli bileşeni verilerdir. Coğrafi veriler ve ilgili tablo verileri kurum içinde toplanabilir veya ticari bir veri sağlayıcısından satın alınabilir. CBS, mekansal verileri diğer veri kaynaklarıyla bütünleştirir ve hatta çoğu kuruluş tarafından verilerini düzenlemek ve sürdürmek, yönetmek için kullanılan bir veri tabanı yönetim sistemi kullanabilir [57]. Coğrafi veriler temel olarak vektör ve raster olmak üzere iki ana gruba ayrılır. CBS'deki vektör verileri/katmanları, noktalar, çizgiler ve çokgenlerle temsil edilen ayrı nesnelere atıfta bulunur. Vektör kaynakları, sayısallaştırılmış haritaları, görüntü anketlerinden çıkarılan özellikleri ve daha fazlasını içerir. Raster veriler, verilerin hücresel kareler olarak ifade edilmesidir. Veri, CBS'nin en önemli ve genellikle en pahalı bileşenlerinden biridir. CBS'deki tüm veriler

ya mekansal veriler ya da nitelik verileridir. Mekansal veriler bize bir şeyin nerede olduğunu söyler. Nitelik verileri ne olduğunu söyler; bize mekansal verilerin doğasını veya özelliklerini söyler. Coğrafi özelliklerden ve bunlara karşılık gelen öznelik bilgilerinden oluşan coğrafi veriler, sayısallaştırma adı verilen bir teknik kullanılarak CBS'ye girilir.

İnsan\Kullanıcı: CBS teknolojisi, sistemi yöneten ve onu gerçek dünya sorunlarına uygulamak için planlar geliştiren kişiler olmadan sınırlı bir değere sahiptir. CBS kullanıcıları, sistemi tasarlayan ve bakımını yapan teknik uzmanlardan, günlük işlerini yapmalarına yardımcı olmak için kullananlara kadar çeşitlilik gösterir. Gerçek bir CBS için gerekli olan son bileşen ise kullanıcılarıdır. "Kullanıcı" terimi, proje veya program hedeflerini desteklemek için CBS'yi kullanacak herhangi bir kişiyi veya genel misyonunu desteklemek için CBS'yi kullanacak bir organizasyonun tamamını ifade edebilir. CBS'nin gerçek gücü, onları kullanan insanlardan gelir [57]. Günümüzde CBS, insanlar tarafından işlerini daha etkin bir şekilde yapmalarını sağlayan bir araç olarak birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Polis, suçları çözmek için CBS'yi kullanır, Acil Durum operatörleri, acil durum personelini tehlikede olan bir kişiye göndermek için CBS'yi kullanır. Biyologlar CBS'yi bitki ve hayvan türlerini korumak için, öğretmenler CBS'yi coğrafya, tarih veya mühendislik dersleri vermek için kullanır. Mühendisler, deprem ve taşkın gibi riskleri önceden belirlemek için kullanır. 21. yüzyılda CBS kullanıcılarının listesi uzayıp gidiyor. Uygulama ne olursa olsun, kullanıcı başarılı bir CBS'nin anahtarıdır. CBS kullanıcıları genellikle bilgisayarla işlem yapan uygulamalı kişiler olarak düşünülür. Bu kısmen doğru olsa da, genellikle daha geniş bir CBS kullanıcıları yelpazesi seçilir. Bir sınıflandırma şeması, Sistem Kullanıcıları, Son Kullanıcılar, Veri Üreticileri olarak üç gruba ayrılır.

Yöntem:

Başarılı bir CBS, her kuruluşa özgü modeller ve işletim uygulamaları olan iyi tasarlanmış bir plan ve iş kurallarına göre çalışır. CBS yöntemlerinin iyi çalışabilmesi için kurumlar arası organizasyonun belli bir standarda oturtularak ilerlemesi gerekmektedir.

1.3.5 Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamaları

Coğrafi Bilgi Sistemleri birçok kullanıcı tarafından konumsal analiz aracı olarak kullanılmaktadır. Özellikle kent ve altyapı bilgi sistemi, arazi kullanım ve planlamaya

yönelik uygulamalar, çevresel uygulamalar, jeolojik uygulamalar, ormancılık ve tarım uygulamaları, ticari uygulamalar ve güvenlik amaçlı uygulamalarda çok sık kullanılmaktadır.

Bu tez kapsamında coğrafi bilgi sistemleri şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisinin değerlendirilmesinde kullanılacaktır.

1.3.6 Şehirleşme ve taşkın analizlerinde Coğrafi Bilgi Sisteminin önemi

Şehir planlama ve taşkın analizlerinin belirlenmesinde CBS kullanımı; veri toplama, depolama, işleme, sorgulama, yönetim işlemlerinin yanında, mekânsal ve öznitelik verileri ile ilişki kurarak karar-destek aşamasında önemli rol oynamaktadır. CBS veritabanının diğer bir özelliği ise, veritabanından güncel olmayan verilerin çıkartılması, istenen verilerin diğer modellere entegre edilmesi ile kurulacak modelin sürekliliğini sağlamaktadır. CBS, doğru taşkın haritaları oluşturmak için verimli ve hızlı sonuçlar sağlayan ve son yıllarda taşkın haritalarının hazırlanmasında öncelikli olarak tercih edilen yeni bir teknolojidir [60].

Waghwala ve diğ. (2019), düşük yoğunluklu kentleşmeden yüksek yoğunluklu kentleşmeye geçişle birlikte sel riskinin arttığını belirlemiştir. Bu kapsamda taşkın haritalaması için gerekli olan arazi kullanımı ve arazi örtüsü (LULC) verilerini CBS yardımıyla hazırlayarak daha hızlı ve güvenilir sonuçlar elde ettiklerini belirtmişlerdir[61].

Suriya ve diğ. (2012), CBS kullanarak şehirleşme ile ilişkili arazi kullanımı değişimini araştırmıştır. Sonuçlar, şehirleşmenin su altında kalan alanları ve su derinliğini artırdığını göstermektedir. Ayrıca CBS'nin mekansal veri işleme ve yönetim yetenekleri nedeniyle hidrolojik analize çok yönlülük kattığını belirtmişlerdir [62].

Bu çalışma kapsamında CBS'nin kullanımı şehirleşmenin taşkın alanları üzerindeki etkisine bütüncül bir bakış açısı sağlamış ve çıkan analiz sonuçlarının farklı senaryolarına ve çözüm önerilerine göre kolayca yorumlanmasının önünü açmıştır.

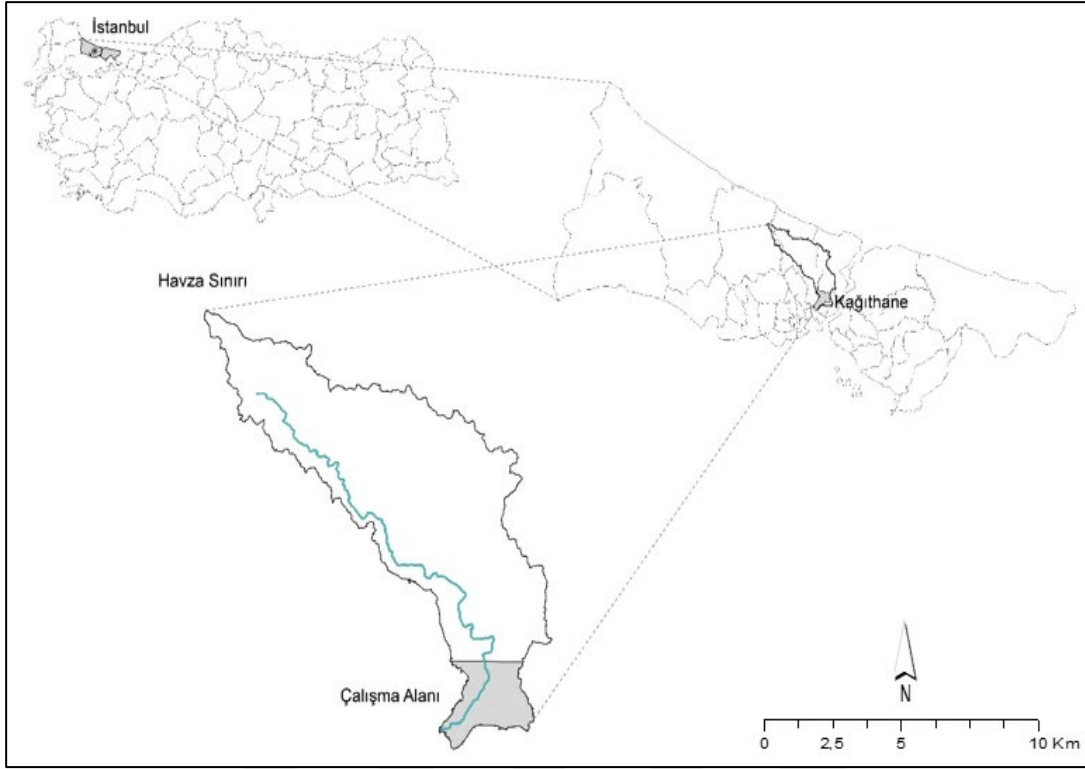


2. KAĞITHANE DERESİ

Kağıthane Deresi İstanbul Boğazı'nın kuzeybatısında yer alan KocaYemiş Tepe'den yaklaşık 130 m kotlarında doğmakta ve İstanbul Boğazı'nın güneybatısında Haliç'e dökülmektedir [63]. Akış yönüne göre derenin sağ taraf havzasından bağlanan yan kolların tamamı yerleşim dışı yeşil alan diye nitelendirebileceğimiz bir arazi kullanımına sahiptir.

Kağıthane Dere Sistemi; Keçiören Deresi, Tokmak Deresi, Topçu Deresi, Odayeri Deresi, Karanlıkdere, Bağdere, Arıcılar Deresi, Kurtkemer Deresi, Kemberburgaz Deresi, Darphane Deresi, Ayazağa Deresi, Cendere, Ortaçeşme Deresi, Çömlekçi Deresi, Keçideresi, Gecekuşu Deresi Kollarından oluşmaktadır [20].

Kağıthane deresi yaklaşık olarak 35+458 km uzunluğunda olup, havza alanı 17317.57 hektardır. Bu tez kapsamında, derenin Haliç'e bağlandığı son 7 km'lik kısım çalışılmıştır. Çalışılan havza alanı 1675 hektar'dır. Tez çalışması kapsamında Kağıthane Deresinin çalışma alanı olarak seçilmesinin sebebi, ülke ekonomisi için önemli olan yoğun nüfuslu yerleşim alanları ve sanayi yapılarının mansap bölgesinde artmış olması ve memba kısmında yerleşime açık olmayan alanların yerleşime açılması durumunda oluşacak artan şehirleşme ile taşkın riskinin nasıl değişeceğini CBS yardımıyla göstermektir. Kağıthane Deresi Genel Yerleşim Planı ve çalışma alanı görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Proje alanı konumu.

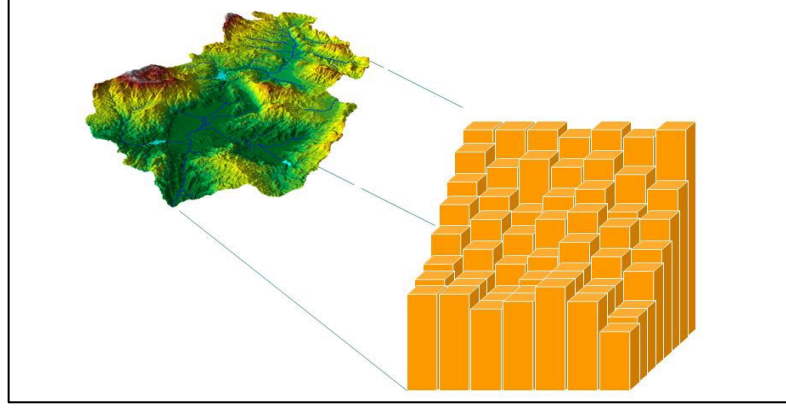
2.1 Topografik Analiz

Kağıthane Deresi çalışma alanının hidrolojik olarak daha iyi anlaşılabilmesi için yükseklik ve eğim analizi yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda kullanılan veriler raster veri yada vektör veri formatındadır.

2.1.1 Raster veri kullanımı

SYM arazi üzerinde belirli/belirsiz aralıklar ile yapılmış çok sayıda kot ölçümünün bilgisayar ortamında modellenerek 3 boyutlu yüzeyin oluşmasını sağlayan bir sayısal modeldir. Bu modelin formatı raster veri özelliğinde olup her pikselin yükseklik değerine sahip olması yüzeyin sağlıklı oluşmasını sağlamaktadır.

Şekil 2'de SYM'nin hücresel boyutu ile kot değerleri olan piksellerin dağılımı gösterilmektedir. Buradan anlaşıldığı üzere her bir piksel kendisine ait olan kotun değerine göre gösterilmektedir.



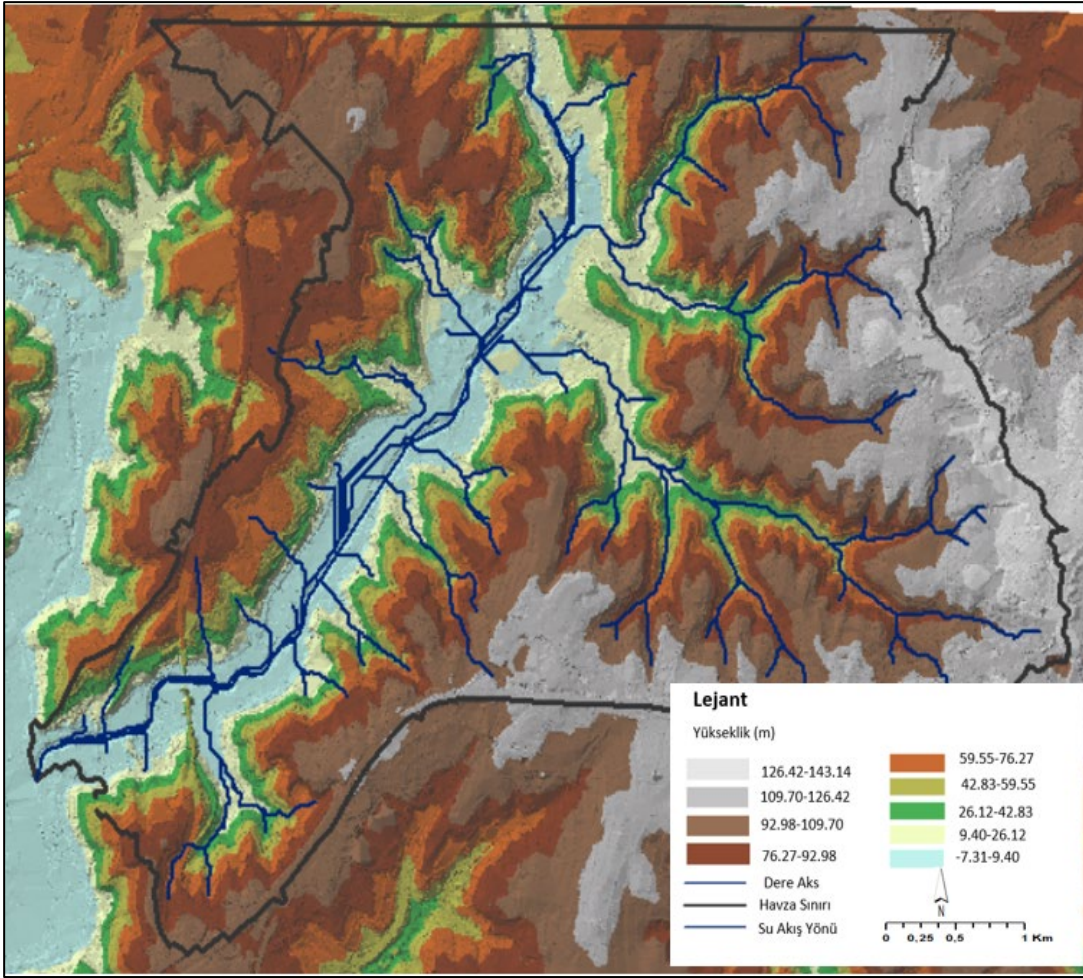
Şekil 2: SYM'nin hücresel boyutu ve piksel dağılımı [64].

SYM verisi sayısal ortama aktarılan eş yükselti eğrilerinden veya uydu görüntülerinden üretilebilir. Veri kaynağının farklı olması sonucu oluşturulan SYM arasındaki fark çözünürlük farkı olarak karşımıza çıkmaktadır [64].

SYM verisi raster veri olduğu için daha çok hidrolojik analizlerde altlık olarak tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra HEC-RAS programı da altlık olarak da raster veri kullanmaktadır.

2.1.2 Vektör veri kullanımı

Sayısal Arazi Modelinin Raster olarak oluşturulmasına alternatif olarak, 1:1000'lik halihazır haritalardan yükseklik değeri olan objeler çıkartılarak ve dere alım kotları baz alınarak yeni bir altlık hazırlanmış ve bu altlıktan yüzeyi birbiri ile ilişkilendirilebilen üçgen modeller ile oluşan düzensiz üçgen ağ (Triangulated Irregular Network (TIN)) modeli oluşturulmuştur. Bu model ile oluşturulan yükseklik yükseklik haritası Şekil 3'te gösterilmiştir. Yükseklik haritası suyun akış yönünü anlamada ve havza sınırlarının belirlenmesinde oldukça büyük bir öneme sahiptir.

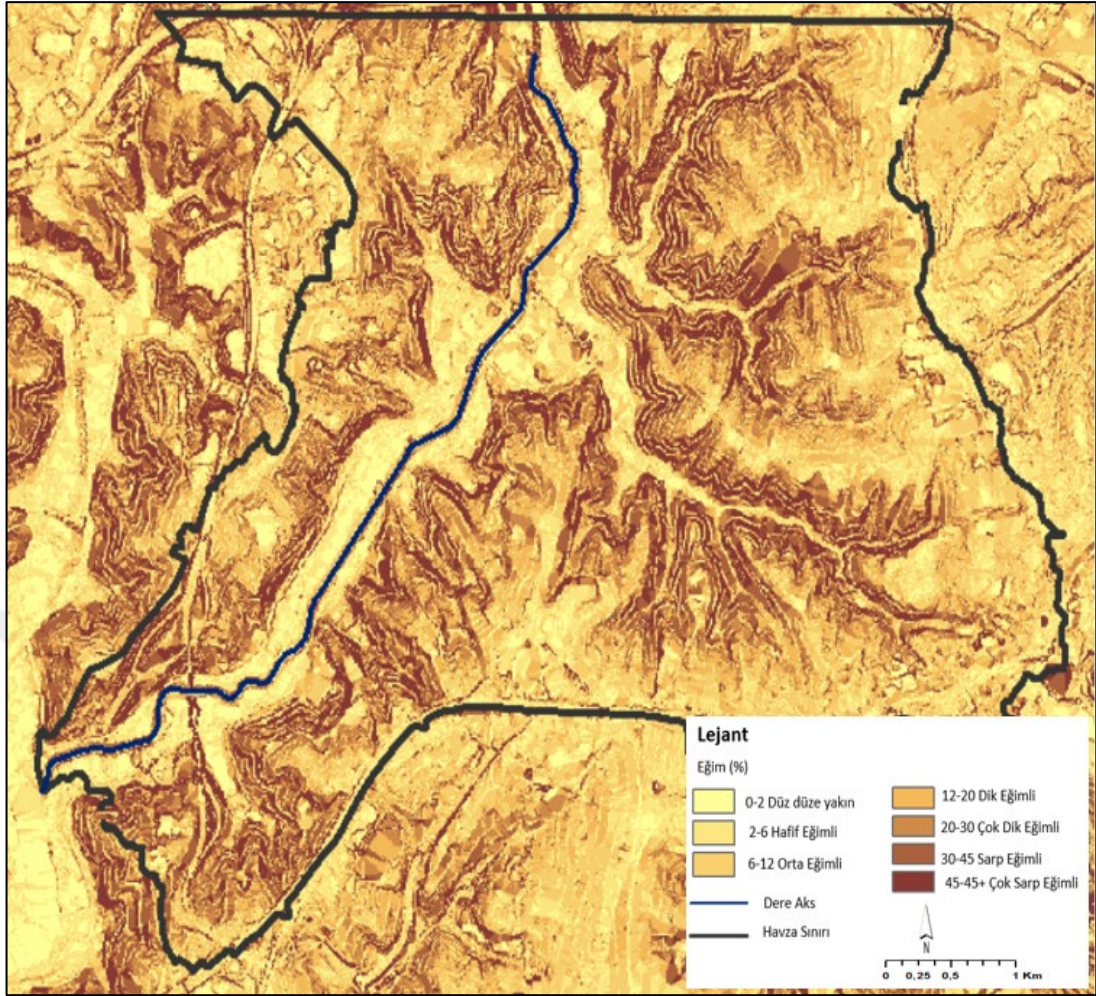


Şekil 3: Çalışma alanı yükseklik haritası [65].

2.1.3 Eğim analizi

Yapılaşmanın yaygınlaştığı son zamanlarda arazi eğim incelemesi taşkın risk belirlemede dikkate alınan çalışmalar arasındadır. Düz alanlar ya da hafif eğimli yerler bina yerleşimlerinde kolaylık sağlamasına karşın, eğimin yüksek olduğu yerlerde ulaşım, inşaat, erişebilirlik, maliyet açısından tercih edilmemektedir. Şehirleşmenin gelecekteki artış hızı hesaplanırken eğim faktörü mutlaka dikkate alınmalıdır. Şehirleşmenin yanı sıra hidrolojik açıdan eğim değerlendirildiğinde, havza eğiminin artması yağış süresinin kısalmasına ve debi miktarının artmasına neden olmaktadır. Eğim zemin açısından incelediğinde ise, dik olan yerlerde suyun akışa geçme yüzdesi daha yüksektir.

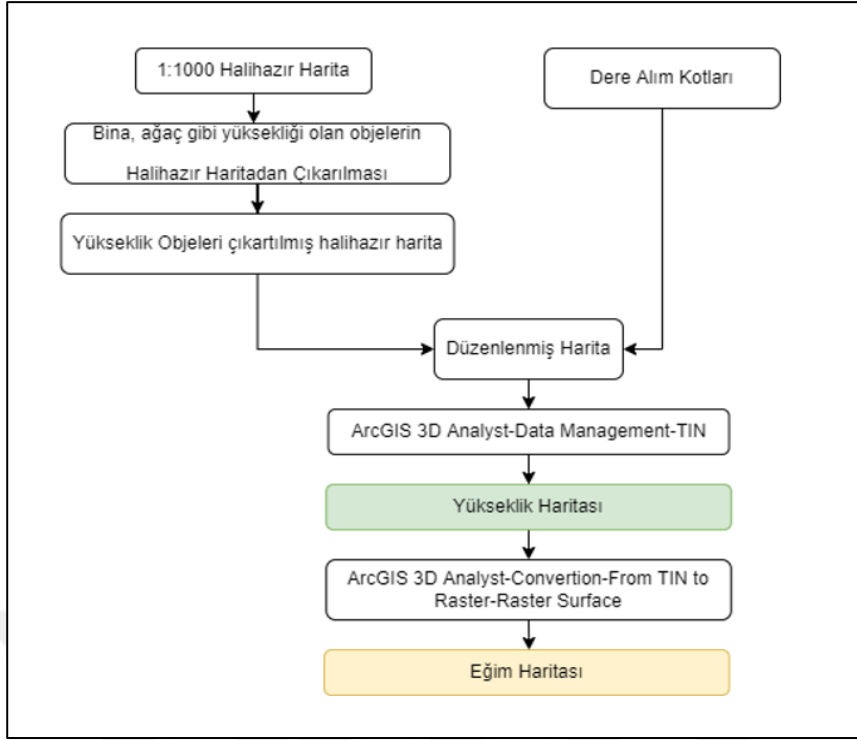
Eğim haritası 1:1000 ölçekli halihazır harita ve dere alım kotları baz alınarak oluşturulmuştur. Bu eğim haritasının hazırlanmasındaki amaç hem hidrolojik analizleri daha iyi anlamak hem de şehirleşme karşısında çalışma konumunun eğim özelliklerini yansıtmaktır. Çalışma alanı eğim haritası Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4: Çalışma alanı eğim haritası [65].

Yapılan eğim analizi sonucu, havza sınırları içerisinde kalan eğimler ağırlıklı olarak % 0-2, 6-12,20-45 arasında değişim göstermektedir. Dere yatağı ve dereye bağlantı yapan yan kollarda eğim değerlendirildiğinde, düz veya hafif eğimin ağırlıklı olduğu gözlemlenmektedir. Dere yan kollarının oluşmasını sağlayan eğim ise çok sarp eğimin kademeli olarak azalması ile oluşmaktadır.

Yükseklik ve eğim haritası oluşum aşamalarını gösteren akış diyagramı Şekil 5'te gösterilmiştir.



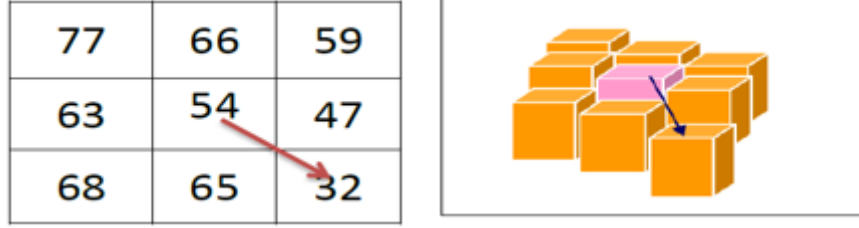
Şekil 5: Yükseklik ve eğim haritası akış diyagramı.

2.2 Hidroloji Analizi

Bu çalışmada hidrolojik değerlendirme yapabilmek için SYM verisi kullanılmıştır. Sayısal yükseklik modelleri, düzenli aralıklarla dikdörtgen bir gridlemeye göre örneklenen yükseklik değerlerini içeren coğrafi veri kümeleridir. Arazi analizinde, 3D görselleştirmelerde ve hidrolojik modellemede kullanılabilirler [66]. Doğru hidrolojik model, SYM kalitesine bağlıdır, bu nedenle çukur noktaların SYM yüzeyinden çıkarılması gerekir. Bu çukURLar/boşluklar, çevresindeki piksellerden daha düşük yükseklik değerine sahip (yani suyun yukarıdan aşağı hareketini kolaylaştıran çıkışı olmayan suyun biriktiği düşük noktalar sahte bir pikseldir [67]. ArcGIS Spatial Analyst uzantısının hidroloji araç seti, çukURLarın/boşlukların (sinks) doldurulmasına yardımcı olur ve hidrolojik adımlara düzenlenmiş harita altlığı ile geçiş yapılabilir.

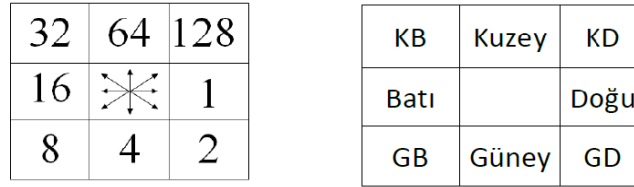
2.2.1 Akım yönü belirleme

Bu fonksiyon verilen grid sistemi için akım yönünü hesaplamaktadır. Hücrede yer alan değer, bu hücreye komşu 8 hücreden yükseklik değeri en az olana doğru su akım yönünü göstermektedir. Şekil 6'da görüldüğü gibi her bir gride yükseklik değeri yer almaktadır. Su akışı en düşük yükseklik değerine sahip gride doğru olacaktır .



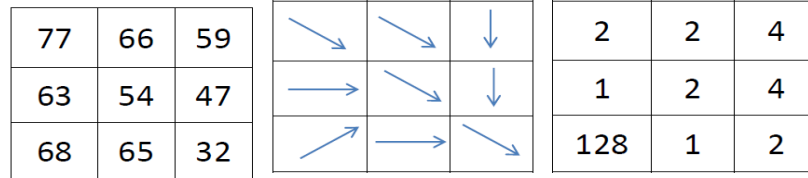
Şekil 6: Grid yükseklik değeri ve su akış yönü [64].

Akış yönünü bilgisayar ortamında ifade etmek için “8 yönlü akım modeli” kullanılmaktadır. Gridin akım yönünü göstermek için yönlere bağlı olarak gösterilen rakamsal değerler kullanılmaktadır. Örneğin bir hücreden akımın doğu yönünde olduğunu belirtmek için 1, kuzeybatı yönünde olduğunu belirtmek için 32, güneydoğu yönünde olduğunu belirtmek için 2 kullanılır. Akım yönleri Şekil 7’de gösterilmiştir.



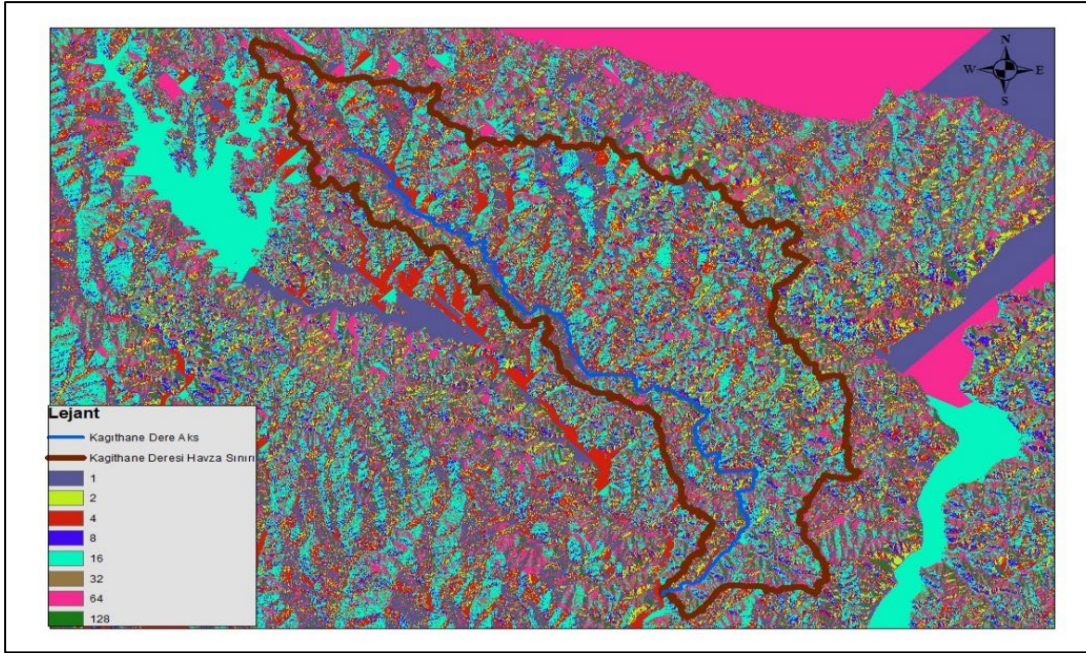
Şekil 7: Akım yönleri [64].

Şekil 8’de hücrelere ait yükseklik değerleri, akım yönleri ve bu yönlerin ArcGIS-Spatial Analyst-Hydrology modülünde kullanılacak olan veri tablosu görülmektedir.



Şekil 8: Akım yönünün matematiksel ifadesi [64].

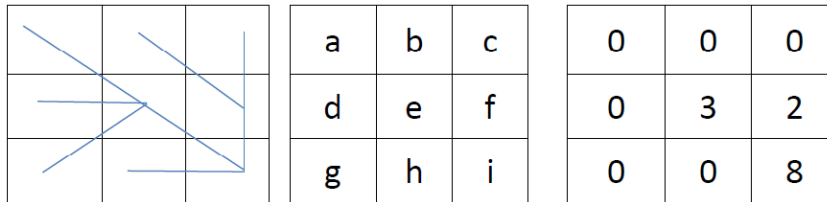
Hidrolojik çalışma kapsamında Sayısal Yükseklik Modeli kullanılarak oluşturulan akım yönü haritası Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9: Akım yönü haritası.

2.2.2 Kümülatif akım hesaplama

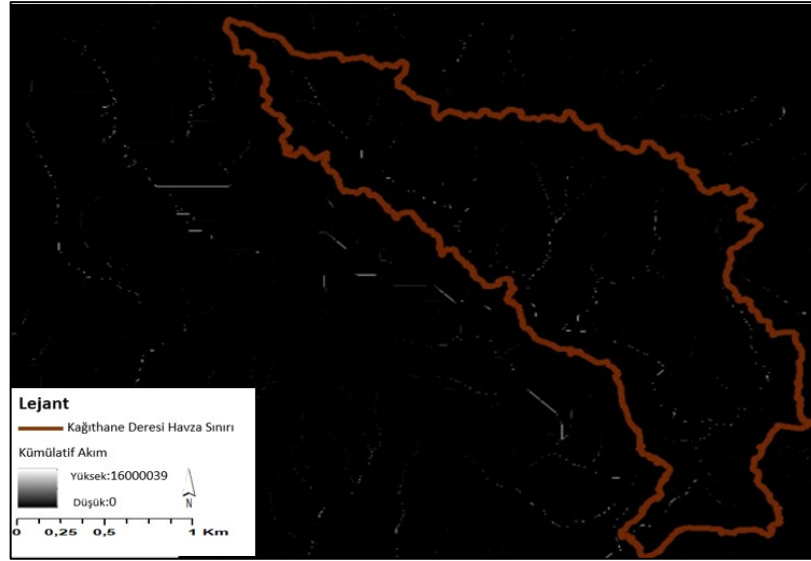
Bir hücrenin su toplama alanında yer alan hücre sayısını hesaplar [68]. Böylece su toplama alanı ve dere kolları belirlenmeye başlar. Kümülatif akım yönü Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10: Kümülatif akım yönü [64].

Yukarıda şekilde akış yönü ve nasıl bir akım olacağı incelenirse, a, b, c, d, g ve h hücrelerine su akışı gelmemektedir bu nedenle buralara 0 numerik değeri verilir. e hücresi incelediğinde a yönünden, d yönünden ve g yönünden olmak üzere 3 hücreden su akışı gelmektedir. f hücresi incelendiğinde b ve c yönünden olmak üzere toplamda 2 hücreden su akışı geldiği, en çukur/düşük nokta olarak ifade edilen i hücresine ise 8 hücreden su akışı gelmektedir. Bu akış yönü mantığı ile hücre sayısı belirlenir.

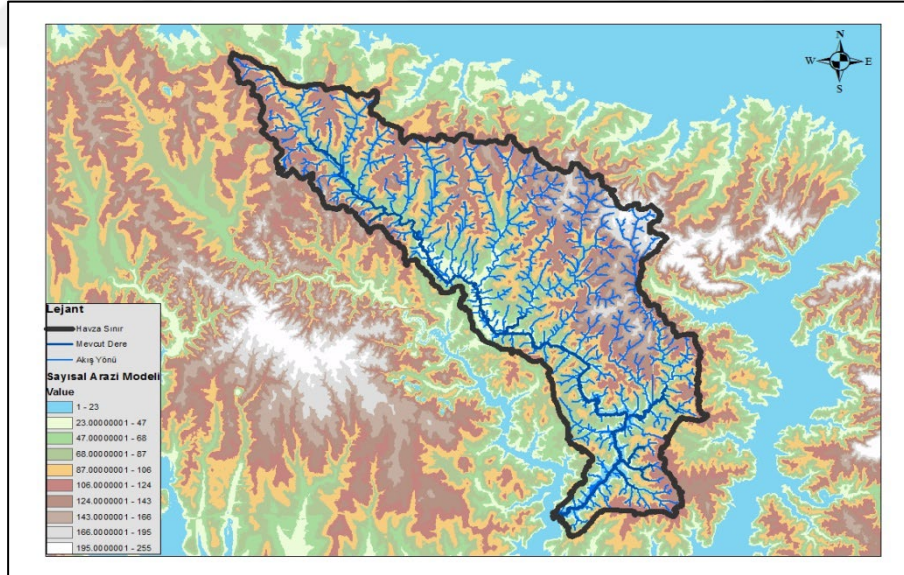
Akım Yönü (Flow Direction) kullanılarak oluşturulan kümülatif akım haritası Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11: Kümülatif akım yönü.

2.2.3 Su toplama alanı oluşturma ve drenaj akış yönünün belirlenmesi

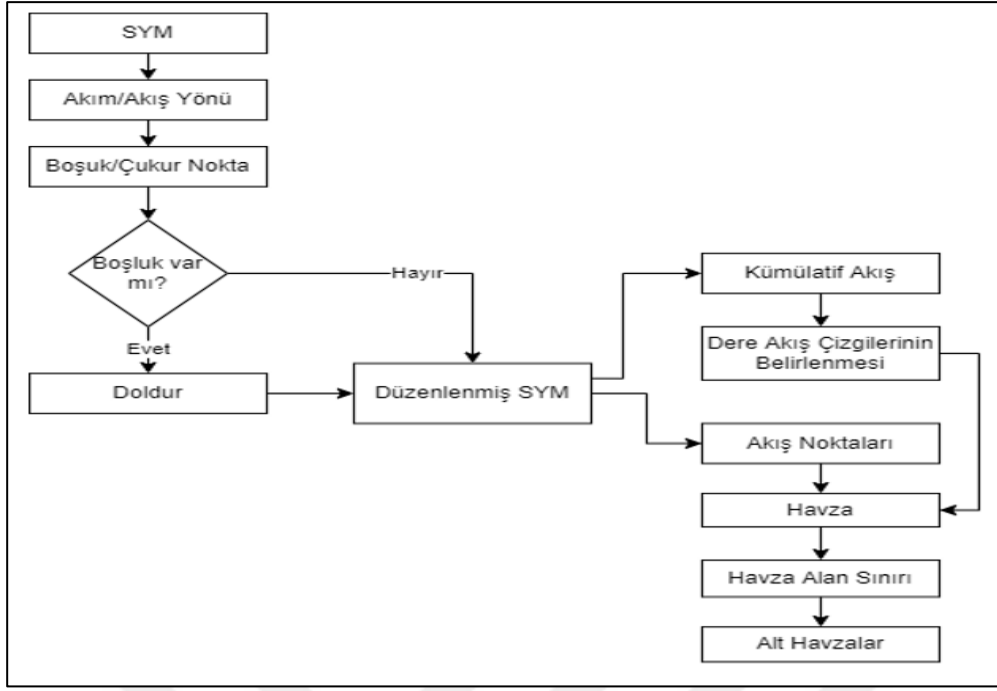
Akım yönü belirlenip kümülatif akım haritası çıkarıldıktan sonraki adım ise drenaj akış yönlerinin belirlenmesidir. Şekil 12’de drenaj akış yönlerini ve bu akış yönleri de dikkate alınarak çizilen havza sınırının haritası gösterilmektedir.



Şekil 12: Su toplama havzası ve drenaj akış yönleri.

Çeşitli adımlar sonucu oluşturulan drenaj akış yönüne göre, havza sınırı ve yağmursuyu hatlarının dereye bağlandığı noktalar oluşturulmuştur. Yapılan çalışma, kapsamında İSKİ tarafından temin edilen veriler ile de karşılaştırıldığında havza sınırı ve drenaj akış yönlerinin uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Hidroloji Analizi özetleyen akış diyagramı Şekil 13’te gösterilmiştir.



Şekil 13: Hidroloji analizi akış diyagramı.

2.3 Alan Analizi

Tez kapsamında kurulan CBS platformunda hidrolojik model için kullanılan sayısal yükseklik modeline ilave olarak kullanılan diğer girdi ise havza sınırları içerisinde kalan alan için İSKİ'den temin edilen 60 adet 1:1000 lik halihazır haritalardır. Proje genelinde kullanılan halihazır pafta isimleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2: Projede kullanılan 1:1000 ölçekli halihazır paftalar.

Pafta Adı			
F21C20A1B	F21C20B2A	F21C20C1C	F21C20D4A
F21C20A2A	F21C20B2B	F21C20C1D	F21C20D4B
F21C20A2B	F21C20B2C	F21C20C2A	F22D16A1A
F21C20A2C	F21C20B2D	F21C20C2B	F22D16A1B
F21C20A2D	F21C20B3A	F21C20C2C	F22D16A1C
F21C20A3A	F21C20B3B	F21C20C2D	F22D16A1D
F21C20A3B	F21C20B3C	F21C20D1A	F22D16A4A
F21C20A3C	F21C20B3D	F21C20D1B	F22D16A4B
F21C20A3D	F21C20B4A	F21C20D1C	F22D16A4C

Çizelge 2 (devam): Projede kullanılan 1:1000 ölçekli halihazır paftalar.

Pafta Adı			
F21C20A4C	F21C20B4B	F21C20D1D	F22D16A4D
F21C20B1A	F21C20B4C	F21C20D2A	F22D16D1A
F21C20B1B	F21C20B4D	F21C20D2B	F22D16D1B
F21C20B1C	F21C20C1A	F21C20D2C	F22D16D1C
F21C20B1D	F21C20C1B	F21C20D2D	F22D16D1D
		F21C20D3A	F22D16D2A

Temin edilen bu halihazır paftalar cad formatındadır ve CBS'ye entegrasyonu için CBS de etkin kullanılacak formata getirilmesi gerekmektedir. CBS'nin sayısal veri entegrasyonu fonksiyonu ile farklı formattaki veriler ortak formata dönüştürülmektedir. Bu nedenle temin edilen cad formatındaki haritalar shape formatına dönüştürülerek CBS'de ortak bir formata getirilmiştir. Aynı zamanda haritanın taşkın analizlerinde dinamik bir şekilde kullanılabilmesi için katmanların sınıflandırılması gerekmektedir. Katmanlar hem literatüre dayalı olarak hemde hidrolojik gereksinimler düşünülerek belirlenmelidir. Örneğin, Apollonio ve diğerleri.2020, taşkın riski değerlendirmesinin güvenilirliğinin, yağış tekrür aralığı ve öğelerin mekânsal dağılımı gibi temel girdilere bağlı olduğunu belirtmiştir. Buna göre, elemanları, binalar, diğer yapılar, yol gibi katmanlara ayırarak çalışmalarına entegre etmişlerdir [69]. Bu çalışmada da benzer varsayım kabul edilmiş ve 1999, 2006, 2013 yıllarına ait 1:1000 ölçekli temin edilen halihazır haritalar 3 grupta sınıflandırmışlardır.

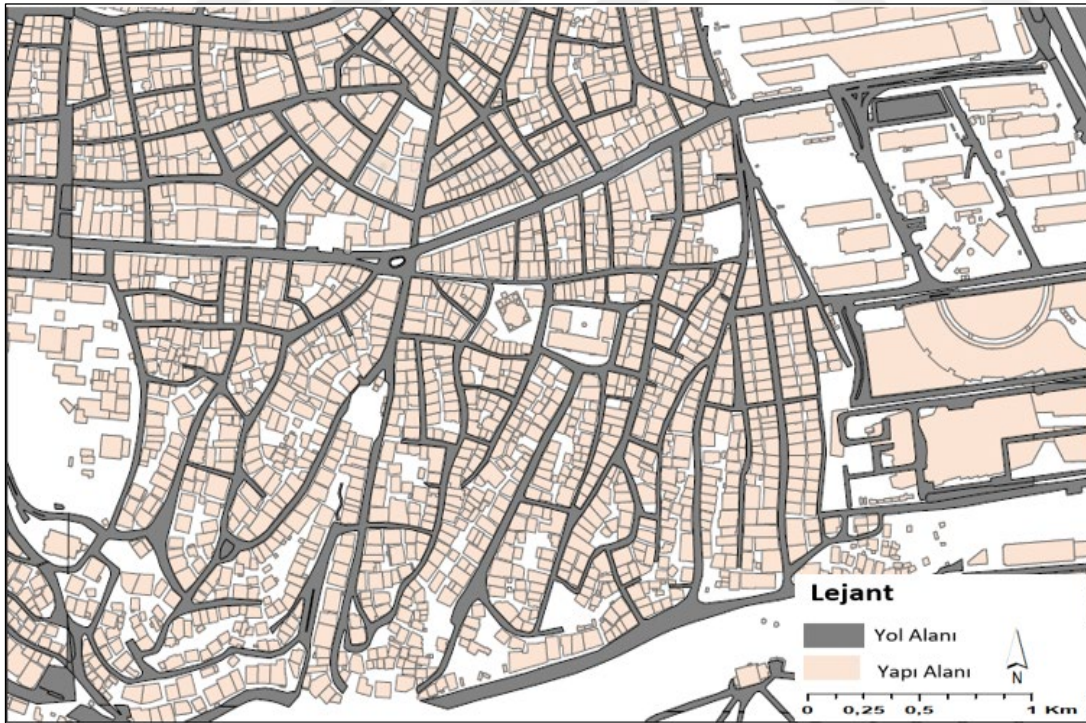
- I. Grup: Yapı Alanı (Spor tesisi, Mesken, Okul, Dini Tesis, Fabrika, Resmi Kurum, Ticari Yapılar)
- II. Grup: Yol Alanları
- III. Grup: Açık Alan

İSKİ'den temin edilen 1:1000 ölçekli 1999 yılı haritalarında layer düzeni Level 52, Level 35 gibi numerik rakamlar ile ifade edildiği için bu tarz haritalarda direk gruplama yapılamadı. 2006 ve 2013'deki layer düzeni dikkate alınarak 1999 yılı halihazır verisi bir sisteme oturtularak sınıflandırma yapıldı. İleriye dönük çalışmalarda veritabanının daha hızlı oluşturulması için eskiye dönük haritaların koordinat sistemi ve layer sistemi güncellenmesi analiz adımlarını hızlandırması açısından önem arz etmektedir.

Veri düzenleme adımları açıklanacak olursa;

- I. Grup: Yapı Alanı kendi içerisinde Spor tesisi, Mesken, Okul, Dini Tesis, Fabrika, Resmi Kurum, Ticari Yapılar gibi alt alanlara ayrıldı ve format olarak line formatında bulunan tüm yapılar akış katsayısının değerlendirilmesi ve alan hesabı için polygon formatına dönüştürüldü.
- II. Grup: Yol alanları havza sınırları içerisinde bulunan halihazır haritalarda line formatında bulunmakta ve havza alanının yaklaşık 1/3'ünü oluşturmaktadır. Bu yol alanlarının oranı proje debisini büyük ölçüde etkileyeceği için ve şehirleşme ile artan taşkın riskinin belirlenmesinde çözüm önerilerinin sunulmasında önemli bir yere sahip olduğu için tüm line formatındaki yol alanları polygon formatında çizilmiştir. Tez kapsamında veri düzenleme aşamasında en doğru sonuca ulaşabilmek ve yorumlayabilmek adına yapılan bu adım 1:1000 lik 180 adet pafta için (1999-2006-2013 yılı) 6 aylık süre zarfında tamamlanmıştır.
- III. Grup: Açık alanlar ise yol ve yapı alanları belirlendikten sonra ArcGIS programının analiz yapma özelliğinden faydalanarak oluşturulmuştur.

Şekil 14'te çizilen yol ve bina alanları için örnek bir plan gösterilmiştir.



Şekil 14: Yol ve yapı alanları için hazırlanan örnek veritabanı altlığı.

Yıllara göre yapı, yol ve açık alanlardaki değişiklikler CBS platformunda hesaplanmış olup, Çizelge 3’ te gösterilmiştir.

Çizelge 3: Yıllara göre yol, yapı ve açık alanların değişimi.

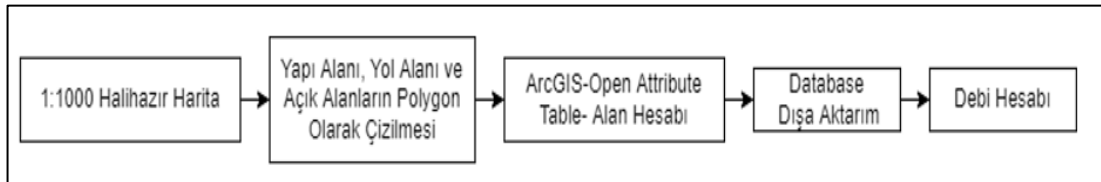
AD	Alan Değişim (%)					
	1999 (ha)	2006 (ha)	2013 (ha)	1999-2006 (%)	1999-2013 (%)	2006-2013 (%)
Yol Alanı	319.25	328.79	353.64	2.99	10.77	7.56
Yapı Alanı	563.74	570.87	636.59	1.26	12.92	11.51
Açık Alan	757.90	755.98	662.62	-0.25	-12.57	-12.35

Çizelgeden de görüleceği üzere, yol ve yapı alanları için alan oranındaki değişimler, 2006-2013 döneminde 1999-2006 dönemine göre daha yüksek iken, açık alan oranı azalmaktadır. Oransal değişim, 2006-2013 döneminde, 1999-2006 döneminden daha yüksektir.

Alanların yıllara göre karşılaştırılmasındaki amaç, şehirleşmenin yani yapı ve yol alanları gibi geçirimsiz alanların artıp artmadığını tespit edip, taşkını ne oranda etkilediğini ortaya çıkarmaktır. Ancak sonuçlar değerlendirildiğinde, yıllar arasında büyük farkların olmadığı belirlenmiştir. Bunun sebebi ise geçmişten bu yana çalışma alanının hem nüfus hemde yerleşim olarak yoğun bölge olmasıdır. Bu nedenle yıllar arasında çok büyük farklar olmadığı için tüm analizler 2013 yılı verilerini temel alınarak devam ettirilmiştir.

Çalışma kapsamı için gerekli olan veriler CBS ortamında hazırlandıktan sonra hidrolojik hesaplamalar ve hidrolik analizler yapılmıştır.

Alan analizi akış diyagramı Şekil 15’te gösterilmiştir.



Şekil 15: Alan analizi akış diyagramı.



3. HİDROLOJİK VE HİDROLİK MODELLEME

Hidrolojide taşkın debilerinin hesaplanmasında Snyder Yöntemi, Kirpich Yöntemi, Mockus Yöntemi, SCS (Soil Convension Service) eğri numarası yöntemi ve Rasyonel Yöntem gibi çeşitli hesap yöntemleri bulunmaktadır. İstanbul Genelinde İSKİ tarafından tercih edilen hesap yönteminin ve havzanın memba kısmının hesaplarının Rasyonel Metod ile yapılmış olmasından dolayı, aynı yöntem kullanarak tez çalışmasında hesaplamalar devam ettirilip, çalışma tamamlanmıştır.

3.1 Rasyonel Metoda Göre Debi Hesabı

Rasyonel yöntemin uygulanması, havzanın akış üretme potansiyeli, belli sürede oluşan yağışın şiddeti ve havza drenaj alanı ile ilgili basit bir formüle dayanmaktadır **Error! Reference source not found.** Bu metodun uygulanmasındaki genel formül aşağıdaki şekildedir.

$$Q = C \cdot i_{ort} \cdot A \quad (3.1)$$

Burada;

- Q : T yıllık tekerrüre ait proje debisi, (l/s)
- C : Akış katsayısı
- i_{ort} : T yıllık tekerrüre ait Yağış Şiddeti, lt/sn.ha
- A : Yağış alanı (hektarda düzlemsel olarak ölçülen)

3.1.1 Akış katsayısı

Akış katsayısı yağışın akışa geçme oranı olarak ifade edilir ve geçtiği yüzeyin özelliğine göre farklı değerler almaktadır. Eğer zemin yapısı geçirimsiz ise bu değer 1'e yakındır, zemin yapısı geçirimli ise bu değer 0' a daha yakındır. Akış katsayısı C sembolü ile gösterilmekte olup, birimsizdir.

Farklı yüzey özellikleri taşıyan bir yağış alanını temsilen ortalama bir akış katsayısı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanacaktır:

$$C = \frac{\sum a_i c_i}{\sum a_i} \quad (3.2)$$

Burada:

a_i = Aynı yüzey özelliği taşıyan arazinin alanı

c_i = (a_i) arazisi için seçilen C değeri.

3.1.1.1 Çalışma Alanında Kullanılan Akış Katsayı Değerleri

Çalışma alanında bulunan akış katsayı değerleri detaylı ve gerçek sonuçlara yaklaşabilmek adına kaplama cinsine göre belirlenmiştir.

Şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisinin en iyi şekilde değerlendirilebilmesi için Senaryolarda seçilen akış katsayı değeri baz alınarak çalışma ilerletilmiş olup, senaryolar ile ilgili açıklamalar aşağıda detaylandırılmıştır.

Senaryo 1: 2013 yılına ait mevcut arazi kullanımını esas alınmıştır. Bina ve yol alanlarının geçirimsiz olduğu ve akış katsayı değerinin 0.95 seçildiği, açık alanların geçirimli olduğu ve akış katsayısının 0.40 seçildiği durumu yansıtmaktadır [65].

Senaryo 2: Mevcut arazi kullanımının kısmı şehirleşmesi durumunu yansıtmaktadır. Havza alanı içerisinde kalan bina, yol, yeşil alan, toprak zemin vb alanların kaplama cinsinin kısmı şehirleşme olduğu kabul edildiği için beton ve yeşil alan akış katsayı değerinin ortalaması olan 0.60 değeri seçilmiştir. Burada değerlendirmek istenilen esas konu açık alanların ve yerleşime açılmayan alanların yerleşime açılması durumunda taşkın etkisinin ortaya konulmasıdır.

Senaryo 3; Havza sınırı içerisinde kalan arazi kullanımının tamamen şehirleşmesi durumuna yansıtmaktadır. Bu durumda havza alanı içerisinde kalan bina, yol, yeşil alan, toprak zemin vb alanların betonlaştığı kabul edilerek akış katsayı değeri 0.95 alınmıştır.

Senaryo 4; Arazi kullanımda şehirleşmenin hiç olmadığı durumu yansıtmaktadır. Havza alanı içerisinde kalan bina, yol, yeşil alan, toprak zemin vb alanların işlenmemiş toprak zemin olduğu kabul edilerek akış katsayı değeri 0.25 alınmıştır.

Kağıthane tüm havza alanı, çalışma havza alanından oldukça büyüktür. Bu neden ile çalışma alanında debi hesabı yapılırken, menbadan gelen debi de çalışma alanı taşkın debisi hesabında dikkate alınmış olup, hazırlanan her farklı senaryo için kullanılan akış katsayı değerleri menbadan gelen havza hesaplarına da yansıtılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, akış katsayı üzerinden üretilen senaryolar ile debi hesabı değerlendirilmiştir. Debi hesabını etkileyen diğer parametre ise yağış şiddetidir.

3.1.2 Yağış şiddetinin hesabı

Yağış şiddeti (i_{ort}), yağış süresine (t_d) bağlı olarak üç değişik formülle hesap edilecek ya da abaklar yardımı ile bulunacaktır.

1. $0 \leq t_d \leq 120$ dakika ise:

$$i_{ort} = \frac{a}{(t_d+c)^b} \text{ (mm/sa)} \quad (3.3)$$

2. $120 < t_d < 180$ dakika ise:

$$i_{ort} = i_{120} + \frac{i_{180}-i_{120}}{180-120} (t_d-120) \text{ (mm/sa)} \quad (3.4)$$

3. $t_d \geq 180$ dakika ise:

$$i_{ort} = \frac{a}{t_d^b} \text{ (mm/sa)} \quad (3.5)$$

Yağış şiddeti (i_{ort}), formüllerinde kullanılacak olan a, b ve c katsayıları eğer $0 \leq t_d \leq 120$ dakika ise Çizelge 4; eğer $t_d > 120$ dakika ise Çizelge 5'ten alınacaktır.

Katsayılar seçilirken proje alanının en yakın olduğu meteoroloji istasyonunun katsayıları kullanılacaktır.

Çizelge 4: $0 \leq t_d \leq 120$ dakika için a, b ve c katsayıları.

Meteoroloji İstasyonu	Katsayı	TEKERRÜR ARALIĞI. (YIL)					
		2	5	10	25	50	100
Florya	a	401.8764	702.3617	934.0432	1304.06	1661.366	2076.416
	b	0.787	0.81472	0.8279	0.8486	0.8678	0.8862
	c	3.8	5.2	6.2	7.7	9	10.3
Göztepe	a	496.6635	901.4378	1135.826	1384.182	1542.193	1680.693
	b	0.8156	0.8567	0.863158	0.8607	0.8556	0.849
	c	5.7	6.4	6.4	6.2	6	5.8
Kartal	a	652.3081	888.1115	848.4174	763.7865	808.0057	941.1846
	b	0.834	0.784	0.709	0.613	0.576	0.564
	c	6.9	5.7	3.5	0.8	0	0
Sarıyer b=1	a	558.2539	2050.119	2617.07	3406.105	4017.893	4671.648
	b	0.83	1	1	1	1	1
	c	6.8	15	16.1	17.7	18.9	20.2
Yeşilköy	a	329.8507	529.6074	638.1849	782.9294	866.3421	945.6992
	b	0.751	0.762	0.755	0.75	0.74	0.73
	c	2.8	3.5	3.4	3.3	3	2.7

Çizelge 5: $180 \leq t_d \leq 1440$ dakika için a, b ve c katsayıları.

Meteoroloji İstasyonu	Katsayı	TEKERRÜR ARALIĞI. (YIL)					
		2	5	10	25	50	100
Florya	a	138.2016	270.9849	409.2642	664.7495	940.7033	1311.389
	b	0.597	0.639	0.667	0.704	0.732	0.759
	c	0	0	0	0	0	0
Göztepe	a	172.6578	374.4065	567.9997	896.5794	1207.313	1594.323
	b	0.623	0.686	0.720	0.758	0.782	0.806
	c	0	0	0	0	0	0
Kartal	a	394.3631	1004.306	1764.151	3408.956	5402.867	8361.496
	b	0.726	0.796	0.845	0.905	0.95	0.994
	c	0	0	0	0	0	0
Sarıyer	a	180.3735	327.738	446.4148	618.9294	763.6029	913.9826
	b	0.615	0.656	0.677	0.698	0.712	0.723
	c	0	0	0	0	0	0
Yeşilköy	a	117.6513	226.7209	350.1635	603.7666	890.9783	1296.659
	b	0.567	0.619	0.659	0.714	0.755	0.795
	c	0	0	0	0	0	0

3.1.2.1 Yağış Şiddeti ve Verimi

Yağış şiddeti toplanma süresinin (T_c) bir fonksiyonudur.

$$I = f(T_c) \text{ (mm / dakika)}$$

Toplanma süresi aşağıdaki denklem ile belirlenir.

$$T_c = T_0 + T_n \quad (3.6)$$

Burada;

T_0 : giriş süresi,

T_n : akış süresidir.

3.1.2.2 Giriş Süresi, (T_0)

Giriş süresi (T_0) drenaj hesaplarının yapılabilmesi için en başta belirlenmesi gereken ana kriterdir. Bu sürenin doğru seçilmesi yağış şiddetinin doğru seçilmesi ve hidrolik hesapların eksiksiz olarak ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu parametre arazinin eğimine bağlıdır yani arazi eğimi dik ise su hızlı akacağı için yüksek akış katsayısı kullanılırken, düz veya düze yakın yerlerde yani %5 ve altı eğimlerde ise su daha yavaş akacağı için daha düşük katsayılar kullanılır. Eğimden sonraki diğer faktörler arazideki yüzeyin pürüzlülüğü ve suyun geldiği havzanın tepe noktasından drenajın başladığı kanal/menhol vb. drenaj elemanına kadar olan mesafedir. Arazi türüne bağlı giriş süresi Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6: Arazi türüne bağlı giriş süresi.

Arazi Türü	Giriş Süresi (dak.)
Dik eğimli meskun alanlar ($J>1/20$)	5
Normal meskun alanlar ($1/20>J>1/50$)	10
Düz meskun alanlar ($1/50>J$)	15

3.1.2.3 Akış Süresi, (T_n)

Akış süresi yağmursuyunun menba kısmından mansab kısmına kadar geçen süredir.

Akış süresi (T_n) aşağıdaki denklemden bulunacaktır:

$$T_n = \frac{L_n}{V_n \times 60} \quad (3.7)$$

Burada;

T_n : Akış süresi, (dakika)

L_n : Yağmursuyu şebekesi uzunluğu, (m)

V_n : Boru içindeki suyun akış hızı, (m/s) 'dir.

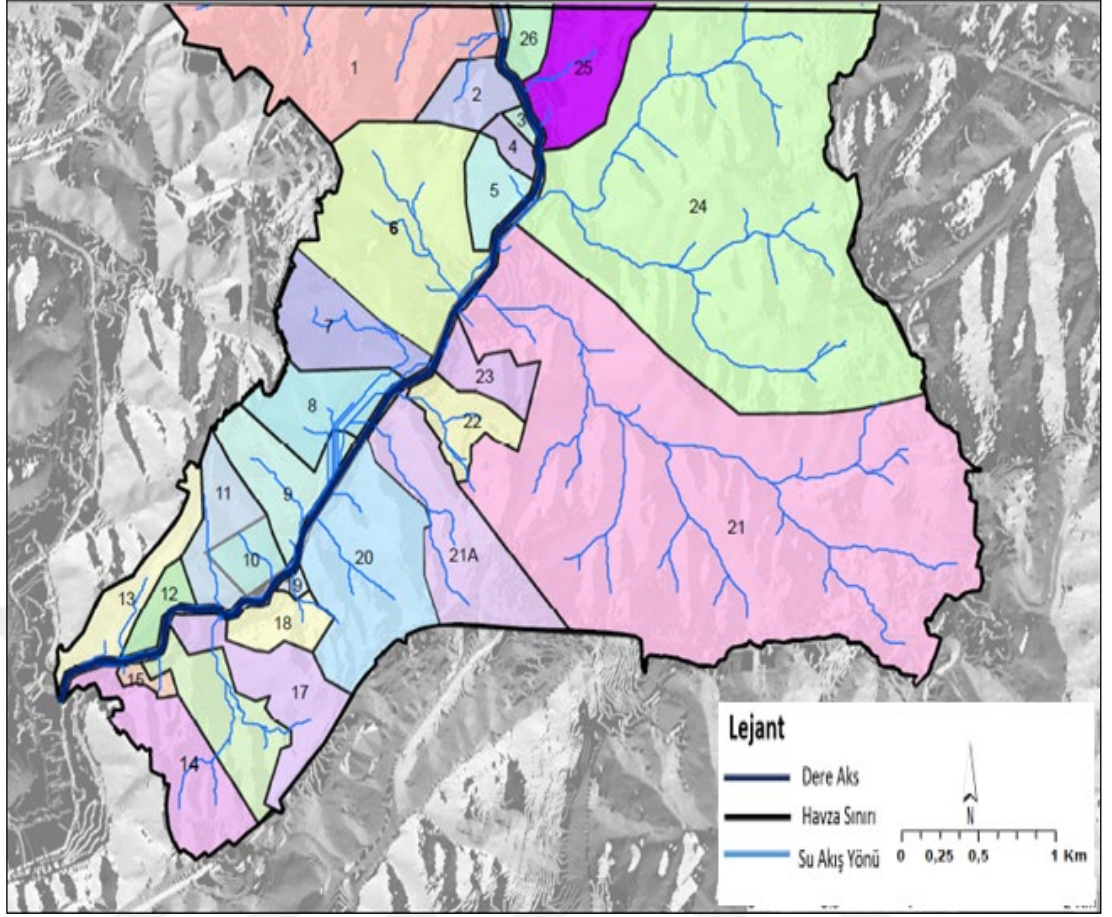
Kağıthane Deresi Hidrolik Hesapları için Sariyer Meteoroloji İstasyonu 10,100 ve 500 yıllık verileri kullanılmıştır. Projenin Membasından son 7 km dere hattının başına gelene kadar geçen süre ve debi değerleri, İSKİ adına hazırlanan Kağıthane Dere Islah Uygulama Projesi Hidrolik Hesap Tablosundan alınmıştır. Buna göre toplam süre 230

dakika olup, Q10: 141.38 m³/s, Q100: 354.41 m³/s, Q500: 500.76 m³/s'dir. Çalışma alanının olduğu bölgede hesap yapılırken giriş süresi 230 dakikadan başlatılmış olup, yağış şiddetleri buna göre hesaplanmıştır. Bu süreye göre; 10 Yıllık Yağış Şiddeti (I₁₀): 14.32 mm/sa, 100 Yıllık Yağış Şiddeti (I₁₀₀): 22.00 mm/sa, 500 Yıllık Yağış Şiddeti (I₅₀₀): 27.50 mm/sa.

Debi hesabını doğrudan etkileyen diğer parametre ise alan hesabıdır.

3.1.3 Alan hesabı

Çalışma kapsamında CBS platformunda halihazır haritalarda bulunan yol alanları, bina alanları ve açık alanlar detaylı hidrolik hesap yapmak ve senaryolar üretebilmek için veri tabanında sayısallaştırılmıştır. Buna göre Kağıthane Deresi havza sınırları içerisinde Yol Alanı: 3.53 km², Bina Çatı Alanı:6.36 km², Açık Alan:6.62 km²'dir. Akış katsayısı, yağış şiddeti ve alan belirlendikten sonra hesaplanan debinin taşkın risk haritalarının hazırlanmasında dere boyunca tek bir noktadan tek debi olarak modele entegre edilmesi hidrolik olarak doğruluğu yüksek taşkın risk haritası oluşturmaya götürmeyecektir. Örneğin Pellicani ve diğer. 2018, kentsel taşkın çalışmasında risk seviyesinin dağılımına ilişkin daha iyi bir tanım ve bilgi elde etmek için havza alanlarını alt havzalara bölerek çalışmalarını yürütmüştür [70]. Bu neden ile dereye branş yapan mevcut yağmursuyu hatları ve su akış yönleri dikkate alınarak dere güzergahında oluşturulan en kesit yerleri güncellenmiş ve dere havza planı alt havzalara bölünerek Şekil 16' daki gibi çalışmalar ilerletilmiştir. Her alt havza içerisinde bulunan yapı alanı, yol alanı ve açık alanların ne kadarlık bir alan kapladığı CBS platformunda tekrar hesaplanarak detaylı hesaba gidilmiştir. ArcGIS veri tabanında kayıtlı olan alanlar, ArcGIS-Open Attribute Table-Calculate Geometry Komutu ile hesaplanmıştır.



Şekil 16: Çalışma alanına ait alt havzalar [65].

Alt havza içinde arazi kullanımını gösteren detaylı harita Şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil 17: Alt havza içerisinde çizilen yol alanı, yapı alanı ve açık alanlar.

Akış Katsayısı ,Yağış Şiddeti, ve Alan değerleri belirlendikten sonra farklı senaryolar için debi hesabı yapılarak hidrolik modelleme adımları tamamlanmıştır.

Taşkın riskinin değerlendirilmesinde, Avrupa Birliği'nde (AB) taşkın riskinin yönetimine ilişkin 2007/60/EC Direktifi dikkate alınmıştır. Bu yönerge, taşkın tehlike haritalarının aşağıdaki senaryolara göre taşkın olabilecek coğrafi alanları kapsamalarını önermektedir:

- Düşük olasılıklı taşkın veya aşırı olay senaryoları;
- Orta olasılıkla taşkın (muhtemel dönüş süresi ≥ 100 yıl);
- Yüksek olasılıkla taşkın.

Buna göre akış kapasitesinin hesaplanmasında üç farklı dönüş süresi (10, 100 ve 500 yıl) kullanılmıştır.

Derelerde taşkın risk değerlendirmesi yapılırken sadece çalışma alanının debisini dikkate almak yerine, uç debi olarak adlandırılan mebadan gelen debi dikkate alınarak taşkın risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Buna göre Çizelge 7, Çizelge 8,

Çizelge 9 ve Çizelge 10’da alt havzaların toplamı olan çalışma alanı ve tüm havza debisi hesaplamaları yer almaktadır.

Çizelge 7: Senaryo I debi hesabı [65].

Alt Havza Numara	Senaryo 1-1999 Yılı			Senaryo 1-2006 Yılı			Senaryo 1-2013 Yılı		
	Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı		
	10	100	500	10	100	500	10	100	500
	(m ³ /sn)			(m ³ /sn)			(m ³ /sn)		
1	2.1	3.3	4.1	2.2	3.4	4.3	2.3	3.5	4.4
2	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	0.5	0.7	0.9
3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
5	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7
6	2.7	4.2	5.2	2.6	4.0	5.0	2.8	4.3	5.4
7	0.9	1.4	1.8	1.0	1.5	1.9	1.0	1.6	2.0
8	0.8	1.2	1.5	0.9	1.3	1.6	0.9	1.4	1.7
9	0.7	1.0	1.3	0.7	1.1	1.4	0.8	1.2	1.5
10	0.2	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.6
11	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1	0.6	1.0	1.2
12	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4
13	0.6	0.9	1.1	0.5	0.8	1.0	0.5	0.8	1.0
14	1.2	1.8	2.3	1.2	1.8	2.3	1.2	1.9	2.3
15	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
16	0.9	1.4	1.8	1.0	1.5	1.8	1.0	1.5	1.9
17	1.1	1.7	2.1	1.1	1.8	2.2	1.2	1.8	2.2
18	0.3	0.5	0.7	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7
19	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
20	2.1	3.2	4.0	2.1	3.2	4.0	2.1	3.2	4.1
21	20.5	31.5	39.4	20.3	31.2	39.0	21.8	33.5	41.8
21A	1.7	2.7	3.4	1.9	2.9	3.6	1.9	3.0	3.7
22	0.5	0.8	1.0	0.6	0.9	1.2	0.5	0.8	1.0
23	0.4	0.6	0.8	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9
24	5.0	7.7	9.7	5.2	8.0	10.0	4.9	7.5	9.4
25	0.9	1.5	1.8	1.0	1.5	1.8	1.0	1.5	1.9
26	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4
Toplam	44.8	68.9	86.1	45.4	69.8	87.2	47.3	72.7	90.8
Uç Debi	141.4	354.4	500.8	141.4	354.4	500.8	141.4	354.4	500.8
Toplam	186.2	423.3	586.8	186.8	424.2	588.0	188.7	427.1	591.6

Çizelge 8: Senaryo 2 debi hesabı.

Alt Havza Numara	Senaryo II-1999 Yılı			Senaryo II-2006 Yılı			Senaryo II-2013 Yılı		
	Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı		
	10	100	500	10	100	500	10	100	500
	(m ³ /sn)			(m ³ /sn)			(m ³ /sn)		
1	2.4	3.7	4.6	2.5	3.8	4.7	2.5	3.8	4.7
2	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8
3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
5	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8
6	2.4	3.7	4.7	2.4	3.7	4.7	2.4	3.7	4.7
7	0.9	1.4	1.7	0.9	1.4	1.7	0.9	1.4	1.7
8	0.8	1.2	1.5	0.8	1.2	1.5	0.8	1.2	1.5
9	0.8	1.2	1.5	0.8	1.2	1.5	0.8	1.2	1.5
10	0.3	0.5	0.6	0.3	0.5	0.6	0.3	0.5	0.6
11	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1
12	0.2	0.4	0.5	0.2	0.4	0.5	0.2	0.4	0.5
13	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
14	1.1	1.7	2.1	1.1	1.7	2.1	1.1	1.7	2.2
15	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
16	0.9	1.4	1.7	0.9	1.4	1.7	0.9	1.4	1.7
17	1.0	1.5	1.9	1.0	1.5	1.9	1.0	1.5	1.8
18	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7
19	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
20	1.8	2.8	3.5	1.8	2.8	3.5	1.8	2.8	3.5
21	16.4	25.2	31.5	16.4	25.2	31.5	16.4	25.2	31.5
21A	1.5	2.4	3.0	1.5	2.4	3.0	1.6	2.4	3.1
22	0.5	0.8	1.0	0.6	0.9	1.2	0.5	0.8	1.0
23	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8
24	4.0	6.2	7.7	4.0	6.2	7.7	4.0	6.2	7.7
25	0.9	1.4	1.8	0.9	1.4	1.8	0.9	1.4	1.8
26	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4
*AHT	39.2	60.2	75.3	39.5	60.8	75.9	39.5	60.7	75.8
**UD	301.0	490.4	620.5	301.0	490.4	620.5	390.7	644.3	818.5
Toplam	340.1	550.6	695.8	340.5	551.1	696.5	430.2	704.9	894.3

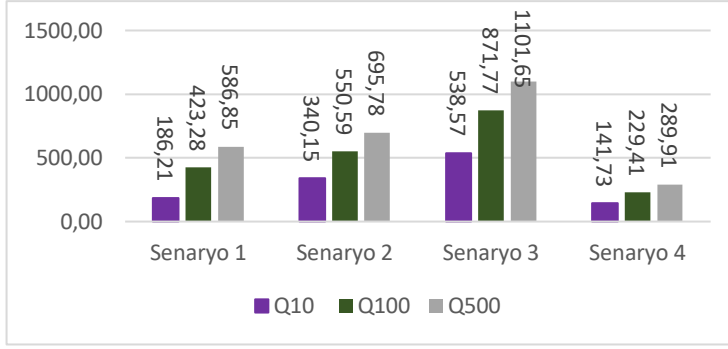
Çizelge 9: Senaryo 3 debi hesabı.

Alt Havza Numara	Senaryo III-1999 Yılı			Senaryo III-2006 Yılı			Senaryo III-2013 Yılı		
	Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı		
	10	100	500	10	100	500	10	100	500
	(m ³ /sn)			(m ³ /sn)			(m ³ /sn)		
1	3.8	5.8	7.3	3.9	6.0	7.5	3.9	6.0	7.5
2	0.7	1.0	1.3	0.7	1.0	1.3	0.7	1.0	1.3
3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4
5	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
6	3.9	5.9	7.4	3.9	5.9	7.4	3.9	5.9	7.4
7	1.4	2.2	2.8	1.4	2.2	2.8	1.4	2.2	2.8
8	1.2	1.9	2.4	1.2	1.9	2.4	1.2	1.9	2.4
9	1.2	1.9	2.3	1.2	1.9	2.3	1.2	1.9	2.3
10	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9
11	0.9	1.4	1.8	0.9	1.4	1.8	0.9	1.4	1.8
12	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7
13	1.0	1.5	1.9	1.0	1.5	1.9	1.0	1.5	1.9
14	1.8	2.7	3.4	1.8	2.7	3.4	1.8	2.7	3.4
15	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
16	1.4	2.2	2.8	1.4	2.2	2.8	1.4	2.2	2.7
17	1.5	2.3	2.9	1.5	2.3	2.9	1.5	2.3	2.9
18	0.6	0.9	1.2	0.6	0.9	1.2	0.6	0.9	1.2
19	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
20	2.8	4.4	5.5	2.9	4.4	5.5	2.8	4.4	5.5
21	25.9	39.9	49.8	26.0	39.9	49.9	25.9	39.9	49.8
21A	2.4	3.7	4.7	2.5	3.8	4.7	2.5	3.9	4.8
22	0.8	1.2	1.5	1.0	1.5	1.8	0.8	1.2	1.5
23	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
24	6.3	9.8	12.2	6.3	9.8	12.2	6.4	9.8	12.2
25	1.5	2.3	2.9	1.5	2.3	2.9	1.5	2.3	2.9
26	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.7	0.4	0.5	0.7
Toplam	62.1	95.3	119.2	62.6	96.2	120.2	62.5	96.0	120.0
Uç Debi	476.5	776.4	982.5	476.5	776.4	982.5	618.7	1020.1	1295.9
Toplam	538.6	871.8	1101.6	539.1	872.6	1102.7	681.2	1116.2	1416.0

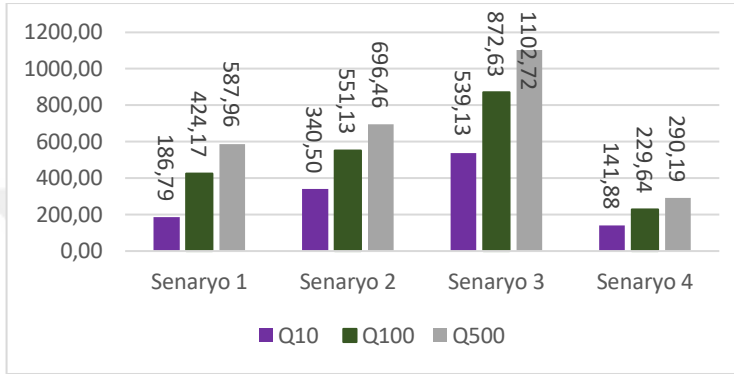
Çizelge 10: Senaryo 4 debi hesabı.

Alt Havza Numara	Senaryo IV-1999 Yılı			Senaryo IV-2006 Yılı			Senaryo IV-2013 Yılı		
	Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı		
	10	100	500	10	100	500	10	100	500
	(m ³ /sn)			(m ³ /sn)			(m ³ /sn)		
1	1.0	1.5	1.9	1.0	1.6	2.0	1.0	1.6	2.0
2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3
6	1.0	1.6	1.9	1.0	1.6	1.9	1.0	1.6	1.9
7	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7
8	0.3	0.5	0.6	0.3	0.5	0.6	0.3	0.5	0.6
9	0.3	0.5	0.6	0.3	0.5	0.6	0.3	0.5	0.6
10	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
11	0.2	0.4	0.5	0.2	0.4	0.5	0.2	0.4	0.5
12	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
13	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
14	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9
15	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
16	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7
17	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8
18	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.7	1.2	1.4	0.8	1.2	1.4	0.7	1.2	1.4
21	6.8	10.5	13.1	6.8	10.5	13.1	6.8	10.5	13.1
21A	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.7	1.0	1.3
22	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.2	0.3	0.4
23	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3
24	1.7	2.6	3.2	1.7	2.6	3.2	1.7	2.6	3.2
25	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8
26	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
Toplam	16.3	25.1	31.4	16.5	25.3	31.6	16.4	25.3	31.6
Uç Debi	125.4	204.3	258.5	125.4	204.3	258.5	162.8	268.5	341.0
Toplam	141.7	229.4	289.9	141.9	229.6	290.2	179.3	293.7	372.6

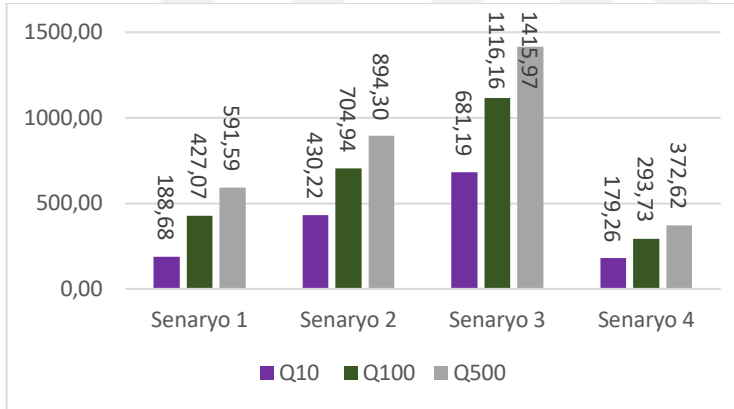
Çizelgeler grafiksel olarak Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20’de özetlenecek olursa;



Şekil 18: 1999 Yılı taşkın debileri karşılaştırma.



Şekil 19: 2006 Yılı taşkın debileri karşılaştırma.



Şekil 20: 2013 Yılı taşkın debileri karşılaştırma.

Taşkın debileri 1999 yılından 2013 yılına doğru gittikçe yapılaşmanın artmasından dolayı artmaktadır.

10-100-500 yıllık yağış periyotlarında ise yağış periyodu arttıkça debi miktarı artmaktadır.

Senaryo kapsamında grafikler incelendiğinde geçirimsiz alanların artması sonucu debini artması buna bağlı olarak taşkın riskinin artması beklenmektedir.

CBS platformunda mekansal veri tabanı kurulup hidrolik hesaplar tamamlandıktan sonra CBS ile entegre çalışan HEC-RAS programında taşkın risk haritası hazırlama adımına geçilmiştir.



4. KAĞITHANE DERESİ TAŞKIN HARİTALARININ HAZIRLANMASI

Çalışma alanı içerisinde farklı senaryolara ait taşkın haritaları oluşturmak için topoğrafik analiz, hidrolojik analiz ve debi hesabının en hassas şekilde yapılması gerekmektedir. Topoğrafik analiz ile 3 boyutlu yüzeyin oluşmasını sağlayan bir model elde edilmiş, yükseklik ve eğim analizleri değerlendirilmiştir. Hidrolojik analiz ile, havza sınırları net bir şekilde belirlenmiş ve drenaj akış yönleri ortaya çıkarılmıştır. Debi hesabının yapılabilmesi için Rasyonel Metot tercih edilmiştir. Bu method yağış şiddeti, akış katsayısı ve alan değerine bağlı olarak değişmektedir. Yağış şiddeti Meteorolojiden alınan veriler doğrultusunda hesaplara yansıtılmıştır ancak akış katsayısının doğru belirlenmesi havza alanı içerisinde arazi kullanımının doğru sınıflandırılmasına bağlıdır. Bu neden ile 1:1000 lik haritalar esas alınarak havza alanı içerisindeki arazi kullanımı 3 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırma geçirimli ve geçirimsiz zeminleri düşünerek bina alanları, yol alanları ve açık alan olarak belirlenmiş ve CBS ortamında bu alanlar sayısallaştırılmıştır. Bu sayısallaştırma sonucunda uygun alanlara en doğru akış katsayısı verilerek debi hesabı 10 yıl, 100 yıl ve 500 yıllık tekerrür aralıklarında hesaplanmıştır. Tüm bu işlemler ArcGIS yazılımı kullanılarak yapılmış ve sonrasında taşkın için gerekli geometrik verilerin hazırlanması, hazırlanan geometrik verilerin HEC-RAS programına aktarılması ve sonrasında haritaların görselleştirilmesi için tekrar CBS platformuna aktarılması aşamasına geçilmiştir. Bu işlemlerde Autocad, Autocad Civil3d, ArcGIS, HEC-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımlarından faydalanılmıştır.

4.1 Autocad Civil 3d Kullanarak Geometrik Verileri Oluşturma

Taşkın haritası oluşturmak için gerekli vektör veriler dere aks, dere kıyı kenar çizgileri, dere akış yönü, dere enkesitleri ve arazi kullanımındır.

Dere Aks; İBB, İSKİ, Plan Proje Dairesi Başkanlığı'na sunulmak için hazırlanan Kağıthane Deresi'ne ait "Dere Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması" işi kapsamında hazırlanan autocad çizimlerinden alınmıştır. Civil 3D programında enkesitlerin oluşturulması için programa dere aks alignment olarak tanıtılmıştır.

Dere Kıyı Kenar Çizgileri; Civil 3D’de yer alan Map 3D komutunu kullanarak dere aksının koordinatı tanımlandırılıp, Google Earth’e export yapılmıştır. Buna göre, kıyı çizgileri için gerekli mesafe Google Earth altlığı kullanılarak belirlenmiş ve autocad ortamında kıyı kenar çizgileri çizilmiştir.

Dere Akış Yönü Çizgileri; Dere akış çizgileri hesaplarda kullanılmayacak olup derenin akış yönünü belirlemede faydalanır. Bunun için dere kıyı kenar çizgilerinden belli mesafe öteleme yaparak akış yönü çizgileri belirlenmiştir.

Dere Enkesitler; 1:1000’lik haritalar kullanılarak Civil 3d’de enkesitlerin alınması için yüzey oluşturulmuştur. Burada dikkat edilmesi gereken nokta yükseklik değeri olan bina vb. objelerin yüzey yapılırken çıkarılması olmuştur. 100 m aralıklı, 350 metre sağ-sol genişlikler ile mabadan mansaba doğru aldırılmış ve taşkın yatağını örtmeyen yerlerde enkesitler uzatılmış ve enkesitlerin birbiri ile çakışmalarını önlemek için düzenleme yapılmıştır.

Civil 3D ortamında hazırlanan çizimlerin ArcGIS ortamına sorunsuz aktarabilmek için, akışın soldan sağa, mabadan mansaba doğru çizilmesine özen gösterilmiştir.

4.2 Geometrik Verilerin HEC-GeoRAS Programına Aktarılması

Autocad Civil 3D programında hazırlanan geometrik veriler ArcGIS programına aktarılmıştır.

Dere taşkın analizlerinin yapılabilmesi için ArcGIS tabanında çalışan bir modül olan HEC-GeoRAS arayüzü kullanılmaktadır.

HEC-GeoRAS programı içerisinde bulunan RAS Geometri menüsü altında Ras Katmanlarının oluşturulması için ayrı ayrı sekmeler bulunmaktadır. Burada bulunan segmeler, sahip olması gerektiği öznelik değerleriyle beraber atanmış (default) olarak .mdb dosyası oluşturmaktadır.

HEC-GeoRAS programı içerisinde bulunan RAS Katmanlarında tanımlı olan sekmeler Dere Aks, Akış Yönü, Dere Kıyı Kenar, Enkesit, Arazi kullanım, Köprü/menfes, efektif olmayan akış alanları vb.’den oluşmaktadır.

HEC-GeoRAS modülünde, tez kapsamında kullanılan katmanlar Dere Aks, Akış Yönü, Dere Kıyı Kenar, Enkesit katmanları oluşturulmuş ve Autocad Civil 3D ortamında hazırlanan geometrik veriler kullanılarak bu katmanlara aktarım yapılmıştır.

Verilerin katmanlara aktarma işlemi gerçekleştirildikten sonra yüzey ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. HEC-GeoRAS programının kullandığı yüzey vektör verilerden oluşturulan Düzensiz Üçgen Ağ (TIN) verisidir [9].

Halihazır verinin tek başına TIN verisi olarak kullanılması durumunda dereye düzenli bir akış olmadığı yani dere akış güzergahında kotlarda alçalma ve yükselmeler olduğu gözlemlenmiş bu neden ile daha önceki yıllarda İBB, İSKİ, Plan Proje Dairesi Başkanlığı adına özel bir firmanın yapmış olduğu “Kağıthane Deresi’ne ait “Dere Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması” işi kapsamında hazırlanan Dere Projesine ait saha alımları temin edilmiştir. Bu saha alımında belirlenen kotlar dere yatağını kapsamaktadır. Bu neden ile dere yatağındaki kotlar saha alım verisinden, dere çevresindeki kotlar da halihazır haritadan alınarak tek bir yüzey oluşturulmuştur.

Autocad ortamında hazırlanan yüzey dosyası ArcGIS programına entegre edilerek, TM projeksiyonunda TIN verisi üretilmiş ve RAS katmanına atılan veriler ile yüzeyin ilişkisi sağlanmıştır.

HEC-RAS programına geçmeden önce TIN verisi içerisinde kalan enkesitlerde çakışma olup olmadığı ya da enkesit alamama gibi olumsuz durumların bulunup bulunmadığı incelenmiştir.

4.3 HEC-RAS Genel Bilgi

HEC-RAS, doğal nehirler ve diğer kanallardan geçen su akışının hidroliğini modelleyen bir bilgisayar programıdır. Sürüm 5.0'ın 2016 yılında güncellemesinden önce, program bir boyutlu (1D) çözüm içermekteydi. Sürüm 5.0'ın piyasaya sürülmesi, iki boyutlu akış modellemesinin yanı sıra sediment taşınımı modelleme yeteneklerini de beraberinde getirmişti. Program, Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Mühendisler Birliği tarafından nehirleri, limanları ve kendi yetki alanlarındaki diğer bayındırlık işlerini yönetmek için geliştirilmiştir; 1995'te sivil amaçlarla kamuya açıldığından beri hem profesyonellerce hem de akademik çevrelerce pek çok projede kullanılmıştır. California Davis'de bulunan Hidrolojik Mühendislik Merkezi (HEC), hidrolik mühendislerine kanal akış analizi ve taşkın yatağı belirlemede yardımcı olmak için Nehir Analiz Sistemini (RAS) geliştirdi. Bu sistem çok sayıda veri girişi yeteneği, hidrolik analiz bileşenleri, veri depolama ve yönetim yetenekleri ve grafik oluşturma ve raporlama yetenekleri içermektedir [72].

HEC-RAS programı bu tez kapsamında hidrolik analizler yapmak için kullanılmış ve CBS ile entegre çalışma avantajlarını kullanarak taşkın değerlendirilmesinde oldukça büyük katkı sağlamıştır.

4.4 Hidrolojik Analiz

Dere taşkın alanının belirlenmesi için, farklı tekerrür yıllarına ait debilerin hesaplanması gerekmektedir. Debi hesabı Hidroloji bölümü başlığı altında anlatılmıştır.

4.5 Hidrolik Analiz

Taşkında hidrolojik analizlerden sonraki adım hidrolik model çalışmalarıdır. Piyasada taşkın yayılım alanlarını ve derinliğini gösteren çeşitli hidrolik analizler yapan programlar mevcuttur. Ancak çalışma kapsamında taşkın analizlerinin CBS ile uyumlu çalışmasına önem veren hidrolik model yazılımlarından faydalanmıştır. Bu modellerden en çok tercih edilen ancak ücretli olan Danimarka Hidrolik Enstitüsü'nün hazırladığı MIKE 11 model serisinin hidrodinamik (HD) modülü, diğeri de ücretsiz olarak erişilen ve çalışmada kullanılan Amerikan Hidrolojik Mühendislik Merkezi'nin (HEC) HEC-RAS modelidir.[73] HEC-RAS bir boyutlu modellerde akışkanın zaman ve mekâna karşı davranışını incelemeye süreklilik denklemini kullanmaktadır.

Süreklilik Denklemi

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_0 \quad (3.8)$$

Akım koşulları zamanda bağlı olarak ya sabittir ya da değişkendir. Eğer akım zamana karşı değişim göstermiyorsa bu tür akımlar kararlı akım olarak ifade edilmektedir.

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0 \quad (3.9)$$

HEC-RAS genel olarak, Geometri Düzenleme, Akım Şartlarını Düzenleme ve Akım Analiz aşamalarından oluşmaktadır.

4.5.1 Geometri düzenleme

Yapılan tez çalışması kapsamında CBS ortamında HEC-GeoRAS'da üretilen katmanlar HEC-RAS programına import edilerek geometrik verinin sağlıklı bir model olması için düzenlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda veri dönüştürme, birim seçme ve manning katsayısı belirleme adımlarının tamamlanması gerekmektedir.

Manning katsayısını belirleme

Manning formülü, açık kanallarda yağmursuyunun ortalama hızını bulmaya yarayan ampirik bir formüldür.

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) (R^{2/3})(S^{1/2}) \quad (3.10)$$

Denklemden

V: Hız, m/s

n : Manning pürüzlülük katsayısı,

R: Hidrolik yarıçap, m

S : Eğim, m/m dir.

Dairesel kesitli olmayan kesit için hidrolik yarıçap:

Hidrolik yarıçap ise;

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.11)$$

R: Hidrolik yarıçap, m

A: Kesit alanı, m²

P: Islak çevre, m

Dairesel kesitli borular için hidrolik yarıçap:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4} \quad (3.12)$$

D : Çap, m

Hız denklemi dikkate alınarak debi hesabı yapılmak istenirse;

$$Q = \left(\frac{A}{n}\right) (R^{2/3})(S^{1/2}) \quad (3.13)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan n (Manning pürüzlülük katsayısı) değerinin seçimini etkileyen en önemli faktörler

- Kanal/dere yatağı ve yamaçların tipi ve büyüklüğü,
- Kanalın/derenin şeklidir.

Cowan (1956) kanaldan geçen n değerinin daha gerçekçi sonuçlar vermesi için bazı işlem adımları geliştirmiştir. Bu kapsamda n değeri hesap formülü;

$$n=(n_b+n_1+n_2+n_3+n_4) m \quad (3.14)$$

Denklemden;

n_b = doğal malzemelerde düzgün, üniform ve pürüzsüz bir kanal için temel bir değer

n_1 = yüzeyde gözlenen düzensizliklerin etkileri için bir düzeltme faktörü

n_2 = kanal kesitinin şeklinde ve büyüklüğünde gözlenen değişimler için bir değer

n_3 = engeller için bir değer

n_4 = bitki örtüsü ve akım şartları için bir değer

m = dere için düzeltme faktörü dür.

Bu çalışmada dere kesiti manning değeri 0.016, dere sağ-sol havza sınırı içerisinde kalan alanlar için ise 0.035 olarak HEC-GeoRas'da arazi kullanım verisi olarak girilmiştir. Girilen bu değerler, *Kağıthane Deresi'ne ait "Dere Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması"* işi kapsamında hazırlanan Dere hesaplarından alınmıştır.

4.5.2 Akım şartlarını düzenleme

Çalışmanın bu kısmında öncelikli olarak akım tipinin düzenli akım, düzensiz akım, üniform akım ve üniform olmayan akım koşullarından hangisi olduğu belirlenir.

Çizelge 11'de akım şartları ile ilgili açıklama gösterilmektedir.

Çizelge 11: Açık kanal akımlarının sınıflandırması.

Akım	Düzenli	$h=f(t)$	Su derinliği zamanla değişken değil
	Düzensiz	$h=f(t)$	Su derinliği zamanla değişken
Akım	Üniform	$h=f(x)$	Su derinliği kanal boyunca değişken değil
	Üniform Olmayan	$h=f(x)$	Su derinliği kanal boyunca değişken

4.5.2.1 Düzenli (kararlı-permenan) akım

Düzenli akım, açık kanallardan geçen suyun zamana bağlı olarak değişmediği ya da belirli zamanlarda su derinliğinin sabit kaldığı akımlara denilmektedir.

4.5.2.2 Düzensiz (Kararsız-Permenan Olmayan) Akım

Düzensiz akımda ise düzenli akımda olduğu gibi belirleyici kriter zamandır. Ancak bu akımda su derinliği zamanla değişmektedir.

4.5.2.3 Üiform Akım

Üiform Akım zamandan bağımsız olarak su derinliği ile alakalıdır. Su derinliği kanal boyunca her noktada aynıdır ve kanal akar kotu, kanal su kotu ve enerji çizgisi birbirine paraleldir.

4.5.2.4 Üiform Olmayan Akım

Üiform olmayan akımda üiform akımın tersine kanalda su derinliği her noktada aynı değildir. Üiform akım ve üiform olmayan akımındaki ana kriter ise mekandır.

Uygun akım tipi seçildikten sonra derenin/kanalın kaç yıllık yağış tekerrüre göre belirleneceğinin sayısı programda akım profil sayısı olarak belirlenerek debi değerleri girilir ve akım sınır koşulları belirlenir.

4.5.3 Akım Analizi

4.5.3.1 Akım rejimi

Froude sayısı (F) açık kanallarda akım rejimi diğer bir ifade ile akım şeklini ifade eden parametredir. Froude sayısı, atalet kuvvetlerinin yerçekimi kuvvetlerine oranı olarak bilinen boyutsuz değerdir.

$$F = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (3.15)$$

Denklemden;

F = Froude sayısı

V = akım hızı (m/s)

g = yerçekimi ivmesi (m/s²)

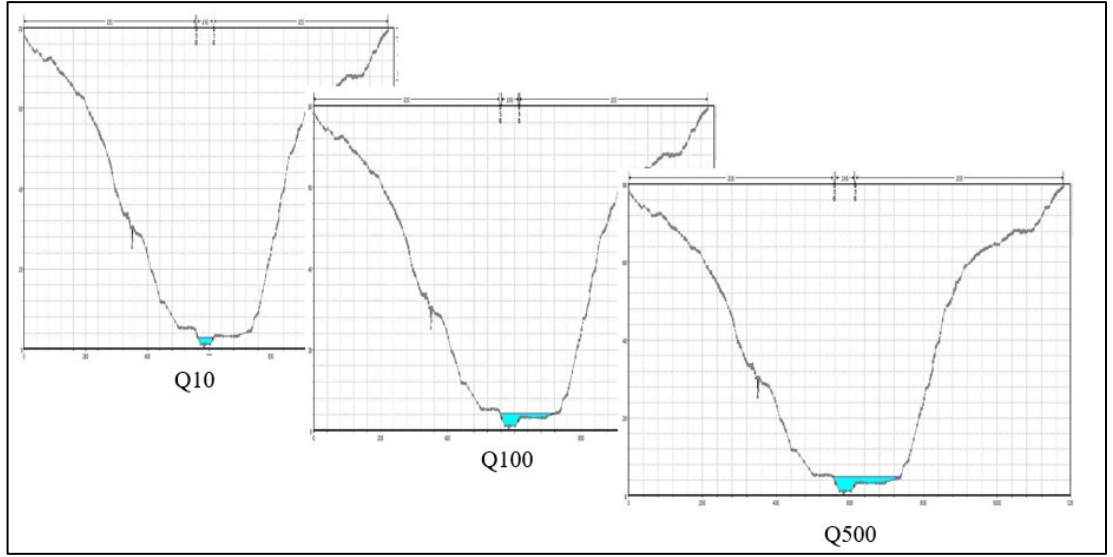
h = su derinliği (m) dir.

Açık kanallarda Froude sayısı 1'e eşitse kritik rejim yani enerjinin en düşük olduğu rejim türüdür. Froude sayısı 1'den küçükse kritik altı yani nehir rejimi denilir. Burada yerçekimi kuvveti akımda daha baskındır ve hız düşük seyretmektedir. Memba seviyesi mansap koşullarından etkilenir. Froude sayısı 1'den büyükse kritik üstü akım yani sel rejimi söz konusudur. Burada hız yüksek olup, atalet kuvvetleri hâkim durumda rol oynar. Memba seviyesi mansap şartlarından etkilenmez. Akımda Memba şartları hâkimdir [68].

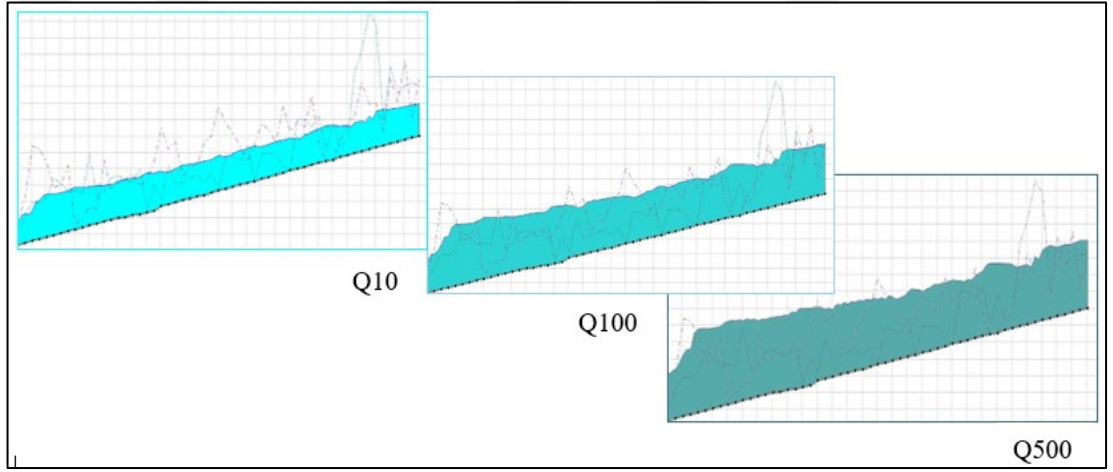
4.6 HEC-RAS İLE HİDROLİK MODELLEME

ArcGIS programının ara yüzü olan HEC-GeoRAS de geometrik veriler (dere aks, dere kıyı kenar çizgileri, dere akış yönü, enkesitler) hazırlandıktan sonra HEC-RAS programına bu verilerin aktarımı sağlanmış ve taşkın haritası oluşturmak için son aşamaya gelinmiştir. Bu haritaların doğru sonuçları yansıtabilmesi için içeri aktarılan geometrik verilerin tekrar kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu kaspamda enkesitler incelenip eksik/yanlış olarak gelen enkesitlerin düzenlenmesi sağlanmıştır. Düzenleme adımında öncelikle enkesit üzerinde oluşan fazla noktaların azaltılarak, herbir noktanın tek kot içermesi sağlanmış olup programın hata payı azaltılmıştır. İlgili geometrik veri örneği Şekil 21'de gösterilmiştir. Geometrik veri düzenlemesinden sonra kararlı akım analizi için debi değerleri girilmiştir. Kararlı akım analizi için önceki yıllardaki çalışmalar ile uyum sağlamak ve 2007/60/EC Direktiflerine göre 10, 100 ve 500 yıllık debi hesapları kullanılmıştır.

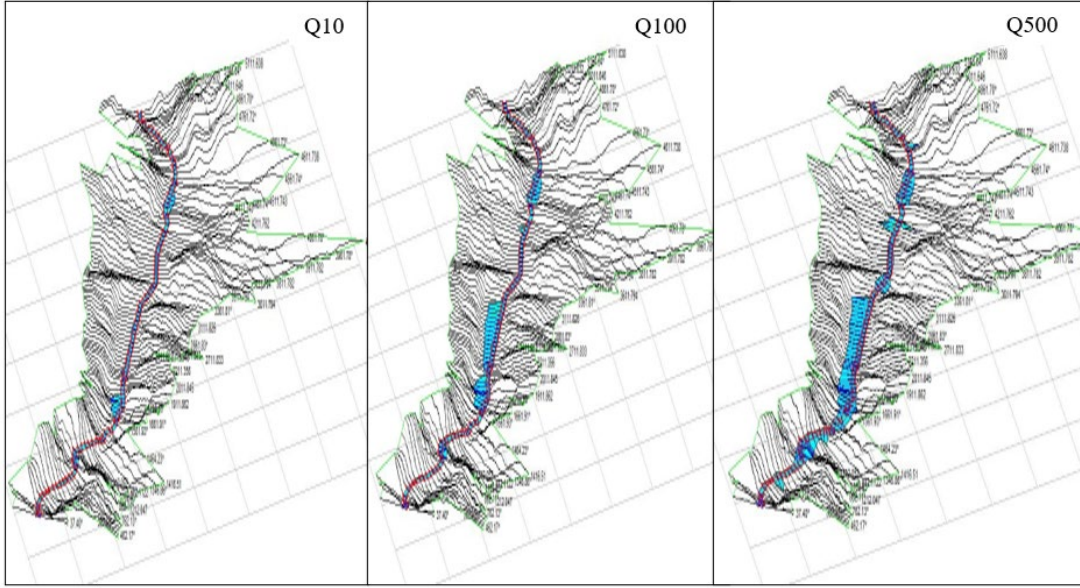
Geometrik veri düzenleme ve debi girişinden sonra analiz aşamasına geçilir. Analiz sonucu oluşan enkesit, su yüzü profilleri ve perspektif görünümü Şekil 21, Şekil 22 ve Şekil 23'te gösterilmiştir.



Şekil 21:HEC-RAS'da üretilen enkesit.



Şekil 22: Su yüzü profilleri.



Şekil 23: Dere perspektif görünümü.

Civil 3d programında kesitler arasındaki mesafe 100 m olarak alındı ancak taşkın haritasının daha sağlıklı sonuçlar verebilmesi için 50 m aralıklarla ilave enkesitler eklenerek analiz işlemi tekrar yapılmıştır.

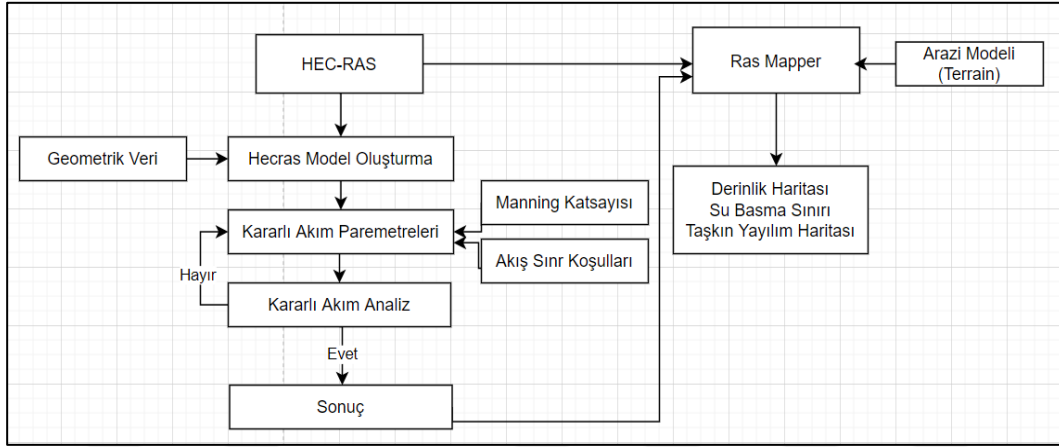
4.6.1 Ras mapper

RAS Mapper, arazi modelleri geliştirmek ve HEC-RAS sonuçlarını harita tabanlı bir biçimde görselleştirmek için kullanılır. Ras Mapper aşağıdaki özellikleri yapma özelliğine de sahiptir [74].

- 1D/2D model sonuçlarının görselleştirilmesi ve 2D modelleme içerisinde kullanmak için arazi modeli(terrain) geliştirir. Arazi modelleri bir ya da daha fazla arazi model uzantısından geliştirilebilir ve bu uzantılar farklı grid çözünürlüklerine sahip olabilir.
- Çeşitli türlerde harita katmanı sonuçları oluşturması yapılır. Örneğin: su derinliği (depth of water); su yüzü yükseklikleri (water surface elevations); hız (velocity); su taşkın sınırı (inundation boundary) (shapefile); akış (şu anda yalnızca 1D) flow (1D only right now); Froude sayısı (Froude number); Bekleme süresi (Residence Time); kesme gerilimi (Shear stress); Enerji Derinliği (Energy Depth); Enerji Yüksekliği (Energy Elevation); varış zamanı (arrival time); Varış süresi (maks) Arrival time (max); Çekilme (Recession); taşkın süresi (flood duration);

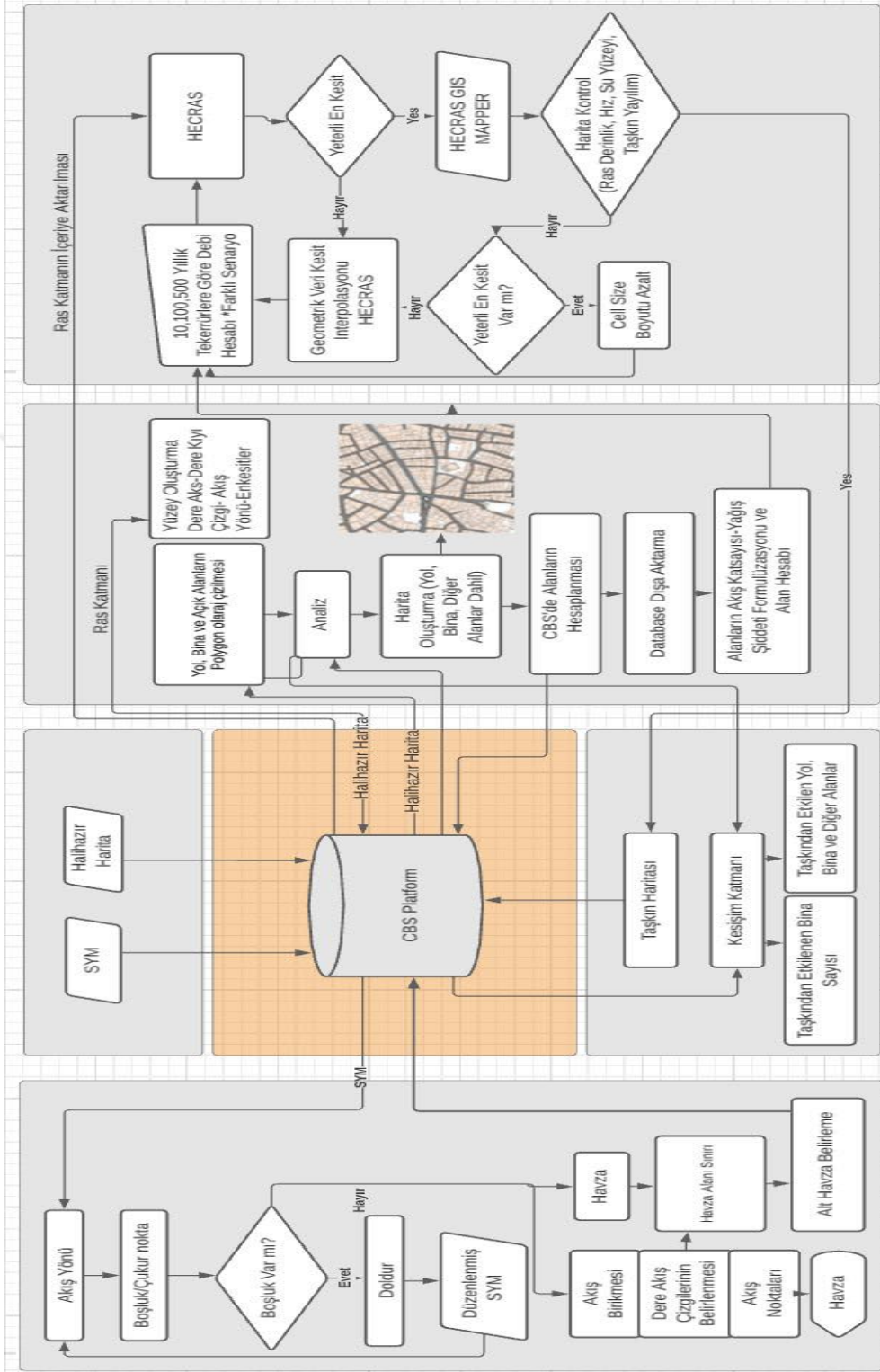
- Hesaplanan model sonuçlarının dinamik olarak görüntülenmesi veya statik (diske depolanan) bir harita katmanı/derinlik grid dosyasına yazdırılmasını yapabilir.
- Hesaplanan model sonuçları animasyon yapılabilir (dinamik haritalama) veya zaman içinde belirli bir örnek için gösterilebilir. Ayrıca tüm lokasyonlarda maksimum (Max) ve minimum (Min) değerlerin görselleştirilmesi için seçenekler mevcuttur.
- Zaman serisi grafikleri ve tabloları, bir harita katmanı sonucunun olduğu herhangi bir yerde doğrudan RAS Eşleştiricisinden 1D ve 2D çıktı için görüntülenebilir. Zaman serisi çizimleri ve tabloları su yüzeyi yüksekliği; derinlik; ve hız (2D yüzey hızları, 2D ortalama yüzey hızları ve 1D hızlar), vb. içerir.
- Kullanıcılar, fare işaretçisini harita üzerinde hareket ettirerek herhangi bir aktif harita katmanı değerini sorgulayabilir.
- Web görüntüleri, shapefile uzantılı dosyalar ve nokta katmanları, hesaplanan sonuçların arkasında arka plan katmanları olarak görüntülenebilir. Şekil dosyaları ve Nokta katmanları, üste çizilmek üzere "Özellikler" katmanına da eklenebilir.
- Kullanıcı, enine kesitlerden (yalnızca kanal veya tüm kesitler), nehir ve kıyı çizgilerinden ve enine kesit interpolasyon yüzeyinden bir arazi modeli yapabilir. Enine kesitler arasındaki yükselmeler, enterpolasyon yüzeyi ve enine kesit yükseklikleri kullanılarak enterpolasyon yapılır. Bu arazi modeli daha sonra kanal/kesit verilerinin genel arazi modeline yazıldığı yeni bir arazi modeli yapmak için diğer arazi verileriyle (bank üstü/taşkın yatağı) birleştirilebilir.
- Kullanıcılar, Kullanıcı Tanımlı Profil Çizgileri oluşturabilir, ardından bu profil çizgileri boyunca, su yüzeyi yüksekliği ve arazi, hız, derinlik, akış, vb. talep edebilir.
- Kullanıcı, modelinin bir alanını yakınlaştırabilir ve ardından bu konumu Kullanıcı Tanımlı Görünüm olarak saklayabilir. Daha sonra herhangi bir Kullanıcı tanımlı görünüme tıklayarak ve o konuma ve görünüme atayabilir.

Bu tez kapsamında HEC-RAS analiz adımlarından sonra taşkın haritalarının görselleştirilmesi RAS Mapper ile sağlanmıştır. HEC-RAS program çalışmasını gösteren akış diyagramı Şekil 24’te açıklanmıştır.



Şekil 24: HEC-RAS akış diyagramı.

HEC-RAS'da hazırlanan taşkın risk haritalarının CBS platformu ile bu tez kapsamında entegre çalışma biçimini göstermek için hazırlanan akış diyagramı Şekil 25'te açıklanmıştır.



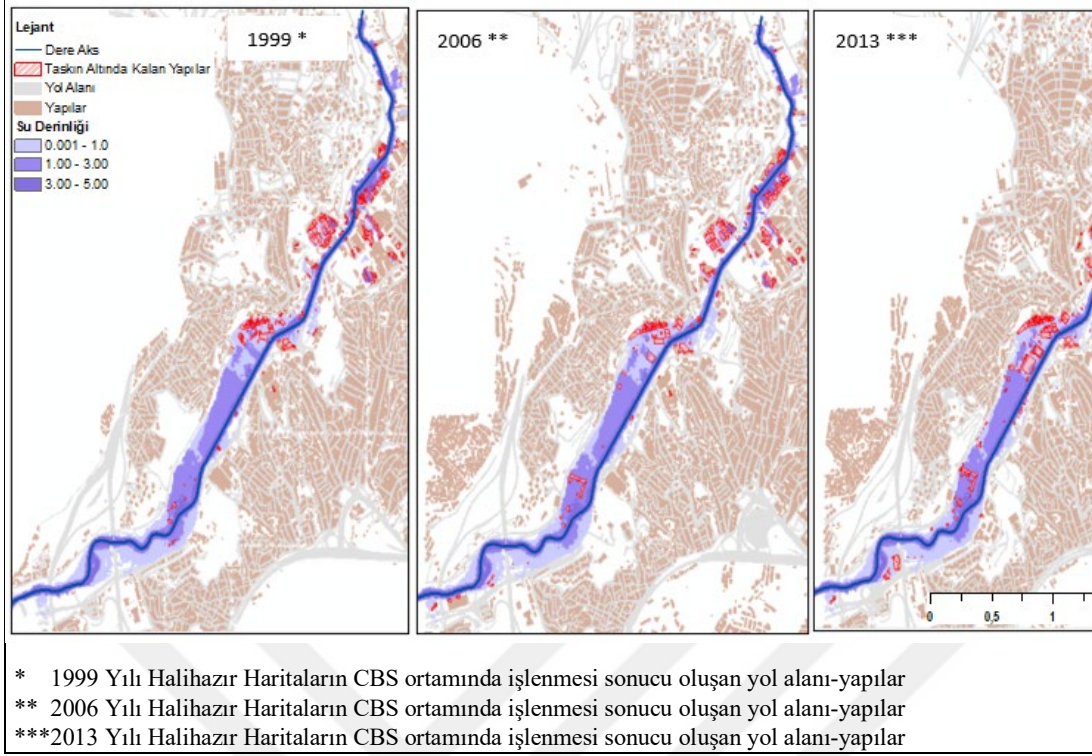
*Farklı Senaryo: Bu frekans analizi tüm senaryolar için tekrarlanır .

Şekil 25: CBS platformu akış diyagramı.



5. TAŞKIN RİSK HARİTASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, CBS platformunda oluşturulan taşkın haritalarının değerlendirilmesi yer almaktadır. Tez kurgusunda, farklı yıllara göre geçmişten bu zamana şehirleşmenin ne oranda arttığını ve bunun taşkına nasıl etkisi olduğunu değerlendirmek hedef alınmıştı ancak nüfus artışı ve yapılaşmanın yıllara göre çok fazla değişmediği yapılan analizler ile belirlenmiş olup, taşkın altında kalan yapıların değerlendirmesi yıllara göre yapılmış ancak şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisi farklı senaryolar ile yansıtılmıştır. Çizelge 3'te yıllara göre alan değişim yüzdeleri detaylı olarak gösterilmektedir. Yıllara göre alansal değişimin az olması taşkından etkilenen yapıların olmayacağı anlamına gelmediği için kurulan CBS platformunda 2013 yılı altlığı esas alınarak hazırlanan taşkın haritasına göre, yıllara göre ne kadar yapının taşkın altında kalabileceği hesaplanmıştır. Bu kapsamda, 1999 yılında 482 adet, 2006 yılı 315 adet, 2013 yılı 292 adet yapının taşkın altında kalabileceği belirlenmiştir. Yapı alanı 1999 yılından 2006 yılına kadar alansal olarak % 1.26'lık artış göstermesine rağmen yapı adedinde azalma olmuştur. Bunun sebebi bazı münferit yapılar yerine daha büyük tek yapıların yapılmış olması olarak yorumlanmaktadır. Yapı anlamında taşkından etkilenen yapı adedi az olmasına rağmen, etkilenecek insan sayısı bu değerden daha fazla olabilir. Aynı zamanda 1999 yılından 2006 yılına geçişte yol alanı gibi geçirimsiz alanların artması ve geçirimli açık alan yüzdesinin azalması taşkın risk değerlendirmesinin yalnızca yapı adedi ile sınırlandırılmadığını göstermektedir. 1999 yılından 2013 yılı, 2006 yılından 2013 yılında geçişte yapı ve yol alanlarında ortalama %10'luk artış olması yani geçirimsiz alanların artması, açık alanların ortalama %12 azalması şehirleşmenin artmış olduğuna buna bağlı olarak da taşkın riskinin arttığı olarak yorumlanmaktadır. Ancak taşkın altında kalan yapı adedinin azalmış olması taşkının etkileyeceği yapı sayısını azaltsada etkilediği insan sayısını azaltacağı anlamına gelmemelidir. 1999-2006-2013 yıllarına ait taşkın haritasını ve yapı altında kalan alanların gösterildiği harita Şekil 26'da gösterilmiştir.

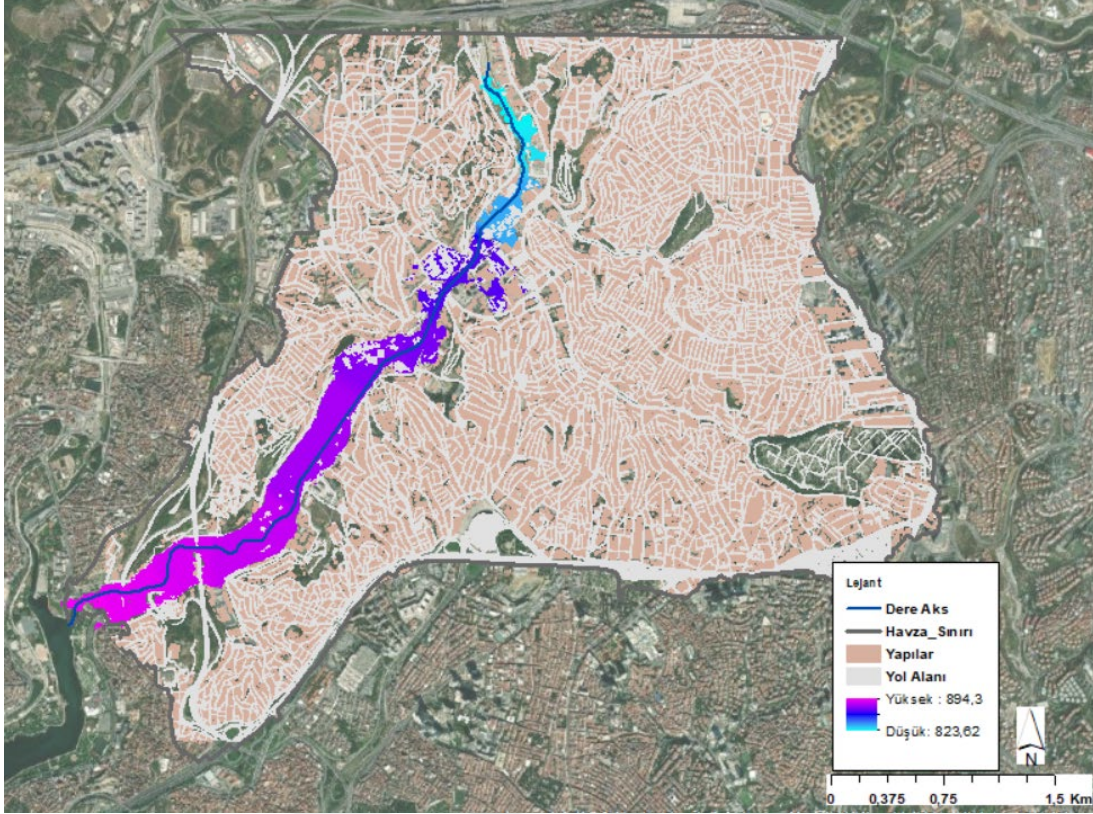


Şekil 26: 1999-2006-2013 yılı taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.

Yukarıdaki bölümlerde de bahsedildiği gibi 1999-2006 yıllarından 2013 yılına geçişte şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisinin incelenmesinde çok büyük farklar oluşturmadığı için çalışmaya 2013 yılı verileri kullanılarak devam edilmiş ve aşağıda bunun sonucunda farklı senaryolara göre hazırlanan haritalar gösterilmiştir.

Senaryo 1

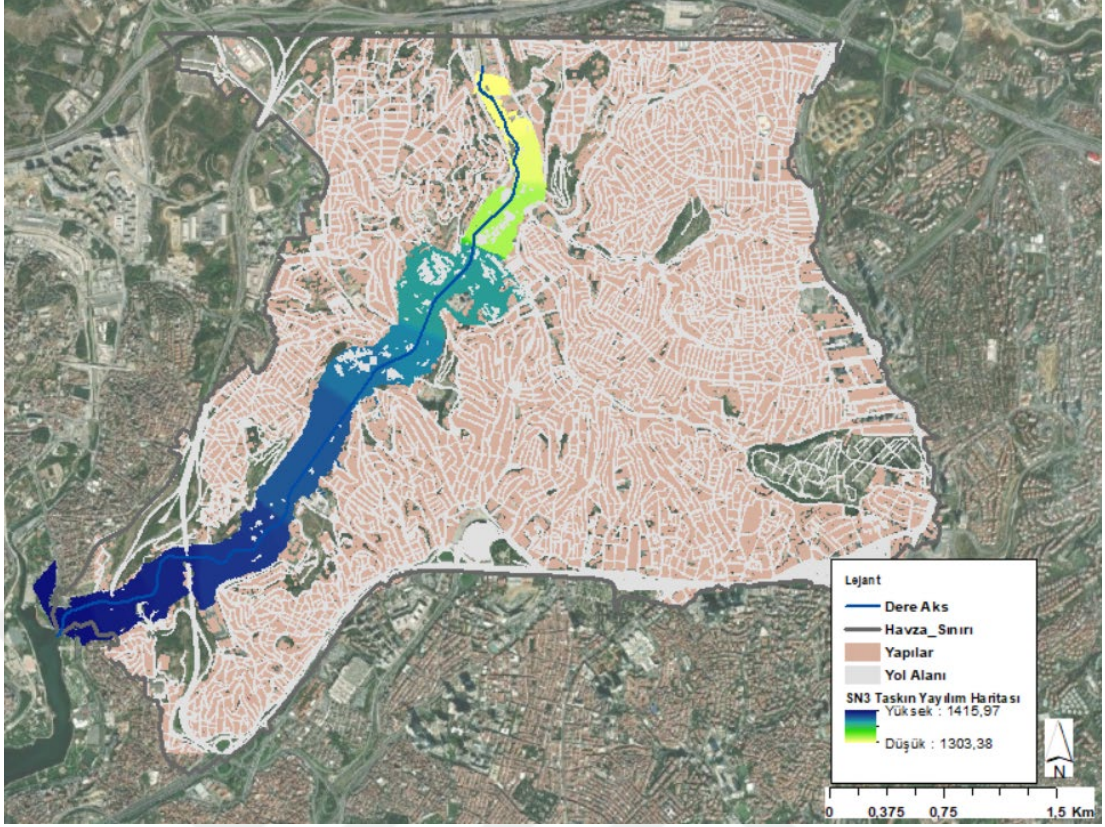
Mevcut arazi kullanımını dikkate alarak CBS'nin veri tabanında oluşturulan yapı alanı, yol alanı ve açık alanlardan oluşturulan detaylı harita ile, 500 yıllık yağış tekerrürü esas olarak oluşturulan aynı zamanda en yüksek ve en düşük debi üzerinden gösterim yapılan taşkın risk haritasının birleşimi Şekil 27'de gösterilmiştir.



Şekil 28: 2013 Yılına ait 500 yıllık yağış tekerrürlü taşkın haritası (Senaryo 2).

Senaryo 3

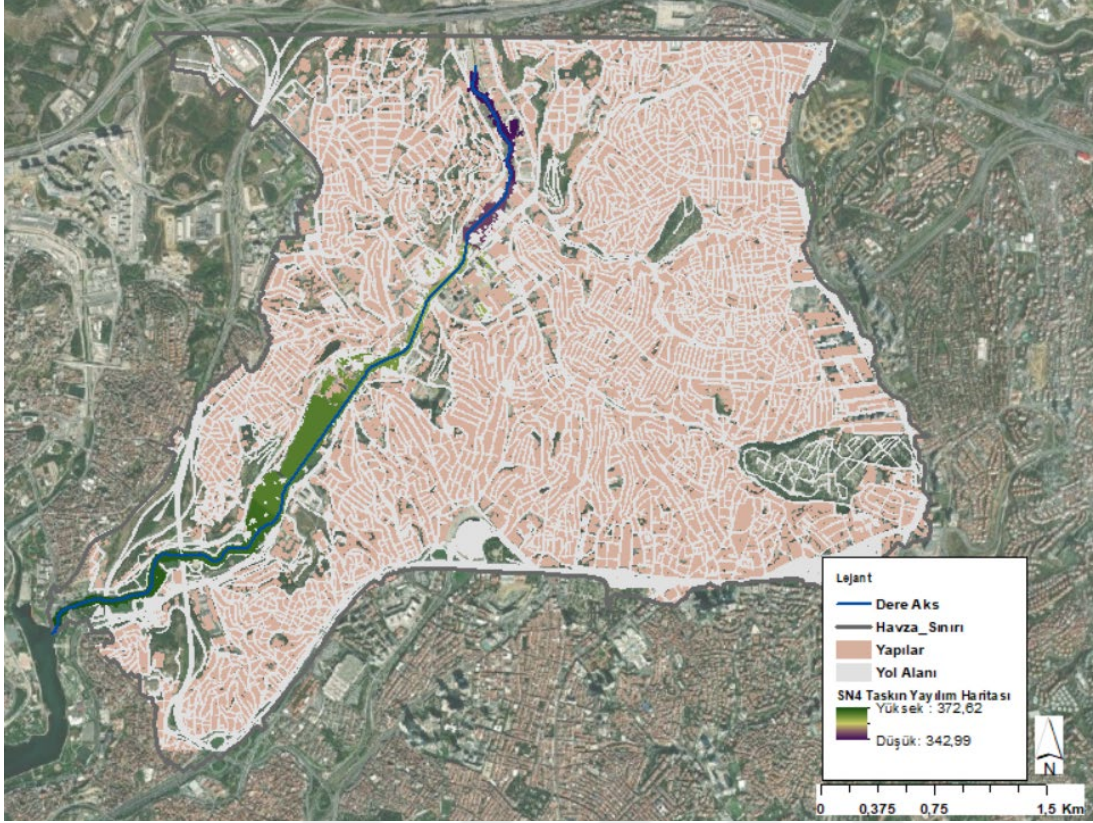
Mevcut arazi kullanımında tam şehirleşmenin olacağı varsayılarak oluşturulan Senaryo 2’de, CBS’nin veri tabanında oluşturulan yapı alanı, yol alanı ve açık alanlardan oluşturulan detaylı harita, 500 yıllık yağış tekerrürü esas alarak oluşturulan aynı zamanda en yüksek ve en düşük debi üzerinden gösterim yapılan taşkın risk haritası ile birleştirilmiş olup Şekil 29’da gösterilmiştir.



Şekil 29: 2013 yılına ait 500 yıllık yağış tekerrürlü taşkın haritası (Senaryo 3).

Senaryo 4

Mevcut arazi kullanımında şehirleşmenin olmayacağı varsayılarak oluşturulan Senaryo 4'te, CBS'nin veri tabanında oluşturulan yapı alanı, yol alanı ve açık alanlardan oluşturulan detaylı harita, 500 yıllık yağış tekerrürü esas alarak oluşturulan aynı zamanda en yüksek ve en düşük debi üzerinden gösterim yapılan taşkın risk haritası ile birleştirilmiş olup Şekil 30'da gösterilmiştir.



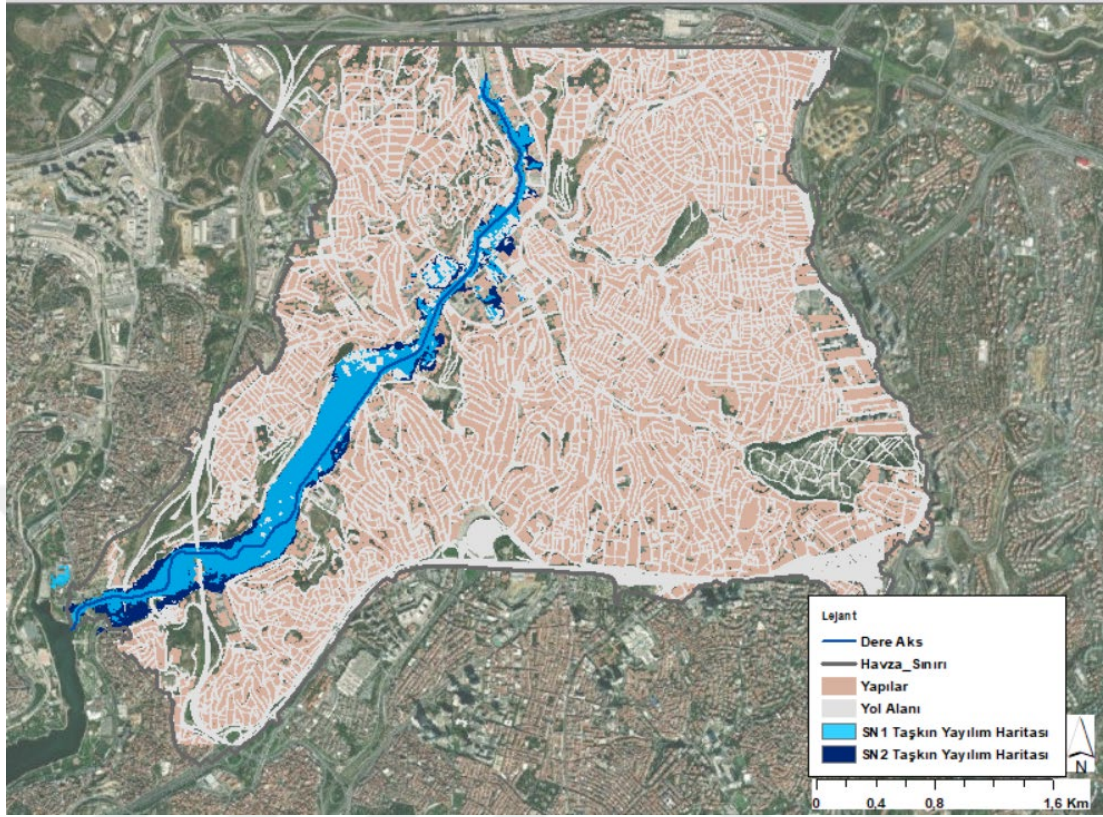
Şekil 30: 2013 yılına ait 500 yıllık yağış tekerrürlü taşkın haritası (Senaryo 4).

Senaryo 1 ve Senaryo 2 Değerlendirmeleri

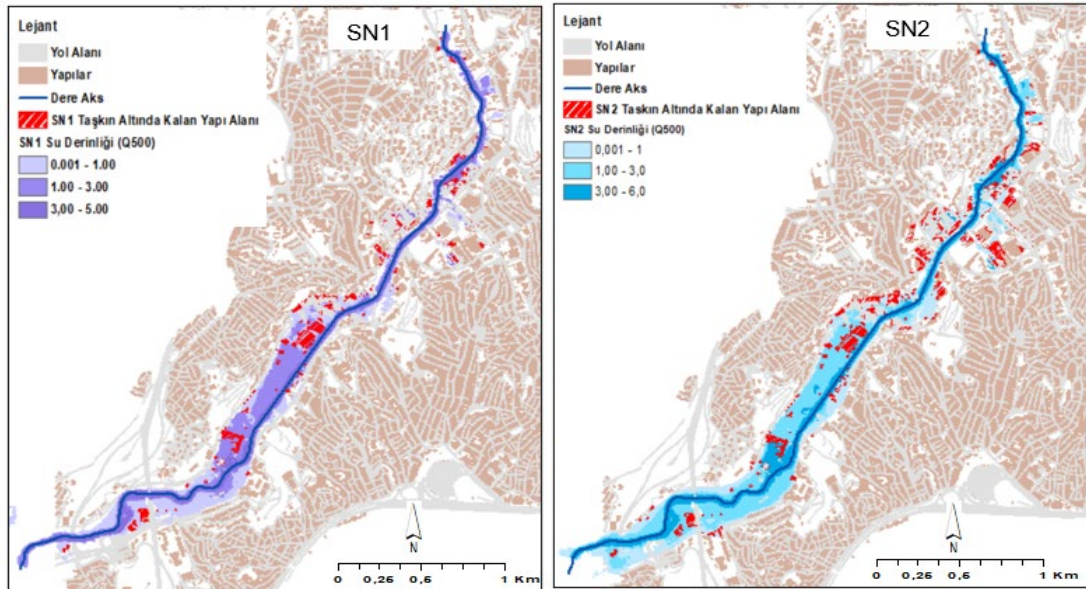
Senaryo 1 Kağıthane Dere Havza sınırları içerisinde bulunan arazi kullanımının gerçek durumunu yansıtmaktadır. Senaryo 2 ise gelecekte kısmi şehirleşme olma durumunu ele almaktadır.

Senaryo 1 ve Senaryo 2 taşkın risk haritaları karşılaştırıldığında alansal ve hacimsel farklar bulunmaktadır. Senaryo 1 taşkın alanı 86.58 hektar, Senaryo 2 taşkın alanı 102.76 hektardır. Senaryo 2 de taşkın alanının yüksek çıkması, açık alanlara ya da yerleşime açılmayan yerlerin yerleşime açılması durumunda geçirimsiz alan yüzdesinin artması olarak ifade edilebilir. Yağmursuyu yönetiminde geçirimsiz alanların artması, yağışın infiltre olmadan doğrudan yüzeysel akışa geçmesi ve buna bağlı olarak da taşkın riskinin artacağı durumu ortaya çıkarmaktadır. Şehirleşme açısından değerlendirildiğinde, havza sınırları içerisinde kısmi şehirleşme olması durumunda bile yani yarı geçirimli yarı geçirimsiz zemin yapısına göre inşaa edilecek şehir planlarında taşkın altında kalan alan %18.69 artmaktadır. Senaryo 1 taşkın altında kalabilecek yapı adedi 292 iken, Senaryo 2 taşkın altında kalabilecek yapı adedi 406'dır. Bu neden ile şehirleşme planları yapılırken kurumların elinde bu tez çalışmasındaki gibi bütüncül bir yaklaşımla hazırlanan CBS platformunun bulunması

önem arz etmektedir. Senaryo 1-2 taşkın yayılım haritası Şekil 31’de, taşkın haritaları ve taşkın altın kalan yapı adedi Şekil 32’de gösterilmiştir.



Şekil 31: Senaryo 1 ve Senaryo 2 taşkın yayılım haritası.

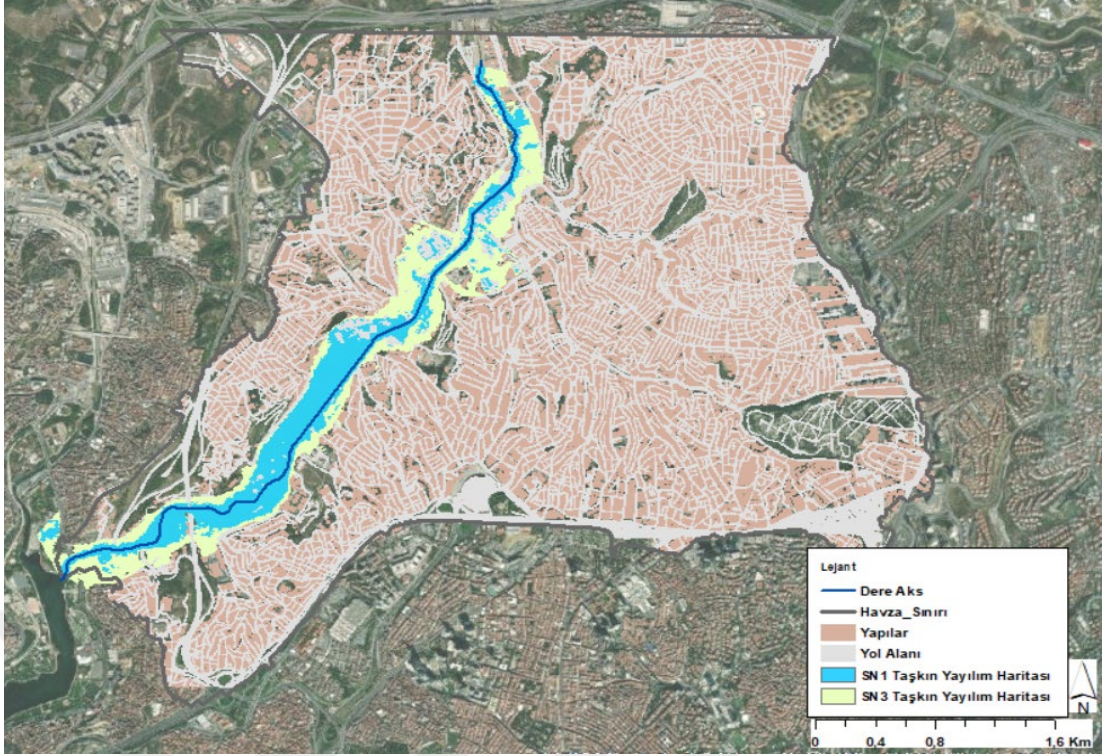


Şekil 32: Senaryo 1 ve Senaryo 2 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.

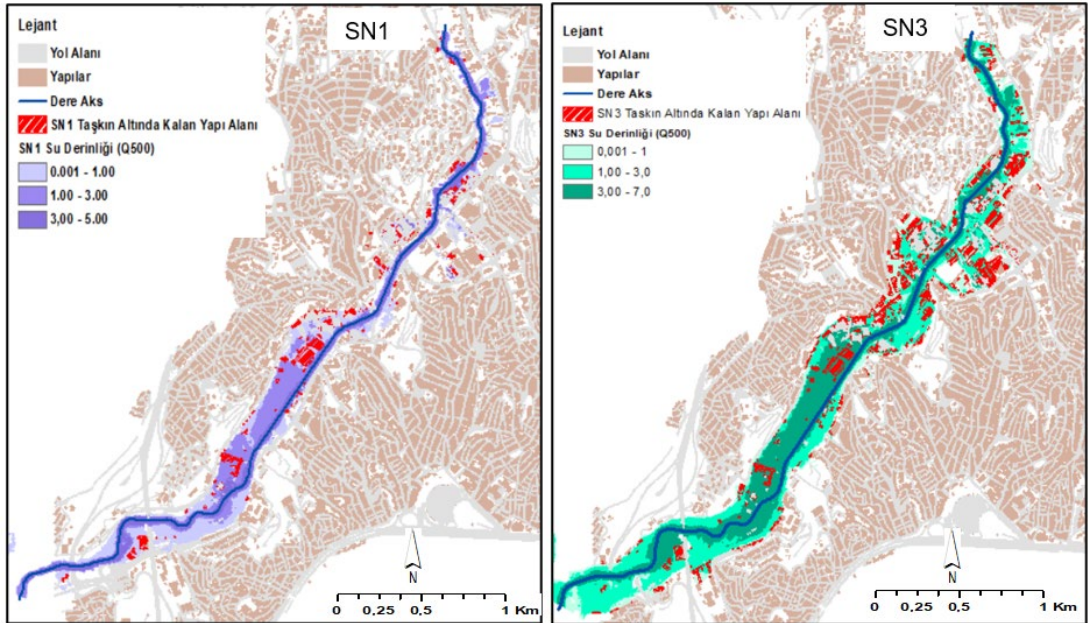
Senaryo 1 ve Senaryo 3 Değerlendirmeleri

Senaryo 1 Kağıthane Dere Havza sınırları içerinde bulunan arazi kullanımının gerçek durumunu yansıtmaktadır. Senaryo 3 ise gelecekte tamamen Şehirleşme olma durumunu ele almaktadır. Burada bahsi geçen Şehirleşme terimi açık alan ya da yerleşime açılması planlanan yerlerin tamamen geçirimsiz zemin yapısına göre planlanmasıdır. Bu kabullere göre hazırlanan Senaryo 3 taşkın risk haritası Senaryo 1 ile karşılaştırıldığında alansal ve hacimsel farklar bulunmaktadır. Senaryo 1 taşkın alanı 86.58 hektar, Senaryo 3 taşkın alanı 144.36 hektardır. Taşkın altında kalan alan tamamen Şehirleşme olması durumunda %66.74 artacağı sonucu hazırlanan model ile somut olarak ortaya konulmuŐtur. Buna ilave olarak taşkın altında kalabilecek yapı adedi, Senaryo 1 için 292 iken, Senaryo 3 için 600'tür.

Havza sınırları içerisinde sürdürülebilir olmayan Şehirleşme planları yapılması gelecekte hem taşkın riskini hemde su sıkıntısını oldukça fazla etkileyecektir. Geçirimsiz alanların artması, yağının yeraltına sızamamasını ve buna bağlı olarak yüzeysel akışa geçen su taşkın riskini artırmaktadır. Yağmursuyu yüzeysel akışa geçtiği için yeraltısuları yeteri kadar beslenememekte ve su stresi sorununda tamamen geçirimsiz zemin yapısı ile planlanan ŐehirleŐmede kaçınılmaz olacaktır. Senaryo 1-3 taşkın yayılım haritası Şekil 33'te, taşkın haritaları ve taşkın altın kalan yapı adedi Şekil 34'te gösterilmiştir.



Şekil 33: Senaryo 1 ve Senaryo 3 taşkın yayılım haritası.



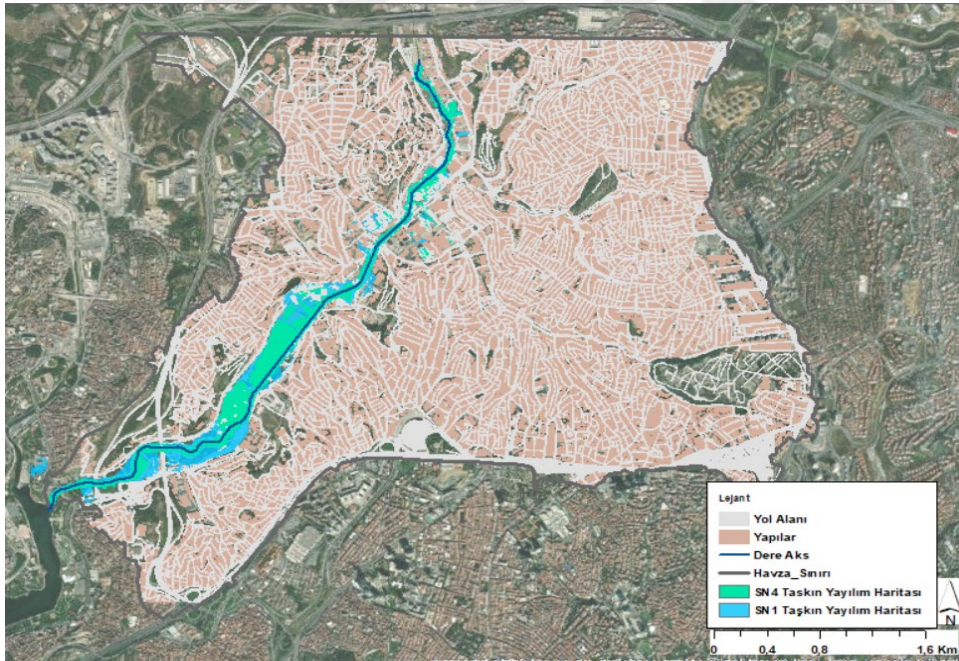
Şekil 34: Senaryo 1 ve senaryo 3 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.

Senaryo 1 ve Senaryo 4 Değerlendirmeleri

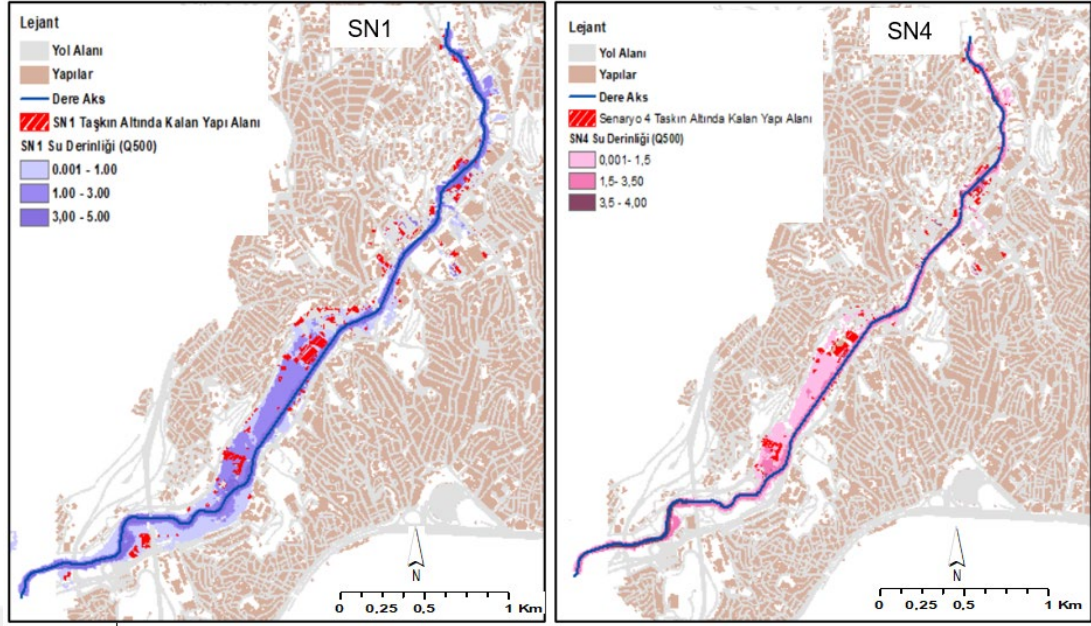
Senaryo 1 Kağıthane Dere Havza sınırları içerisinde bulunan arazi kullanımının gerçek durumunu yansıtmaktadır. Senaryo 4 ise havza sınırlarında hiç yapılaşma olmadığı durumunu ele almaktadır.

Senaryo 1 ve Senaryo 4 kabulüne göre hazırlanan taşkın risk haritaları karşılaştırıldığında alansal ve hacimsel farklar bulunmaktadır. Senaryo 1 taşkın alanı 86.58 hektar, Senaryo 4 taşkın alanı 44.88 hektardır. Geçirimli alan yüzdesinin artırıldığı bu senaryoda taşkın altında kalan alanının %48.16 azaldığı gözlemlenmektedir. Buna ilave olarak taşkın altında kalan yapı alanı değerlendirildiğinde, Senaryo 1 taşkın altında kalan yapı adedi 292 iken, Senaryo 4 taşkın altında kalan yapı adedi 177'dur. Şehirleşme açısından değerlendirildiğinde, planlanacak şehir planlarında geçirimsiz yapı alanlarının yanında geçirimli alanların yapılması ya da yağmursuyunun geri kullanılması taşkın riskini büyük ölçüde azaltacaktır. Senaryo 1-4 taşkın yayılım haritası

Şekil 35'te, taşkın haritaları ve taşkın altın kalan yapı adedi Şekil 36'da gösterilmiştir.



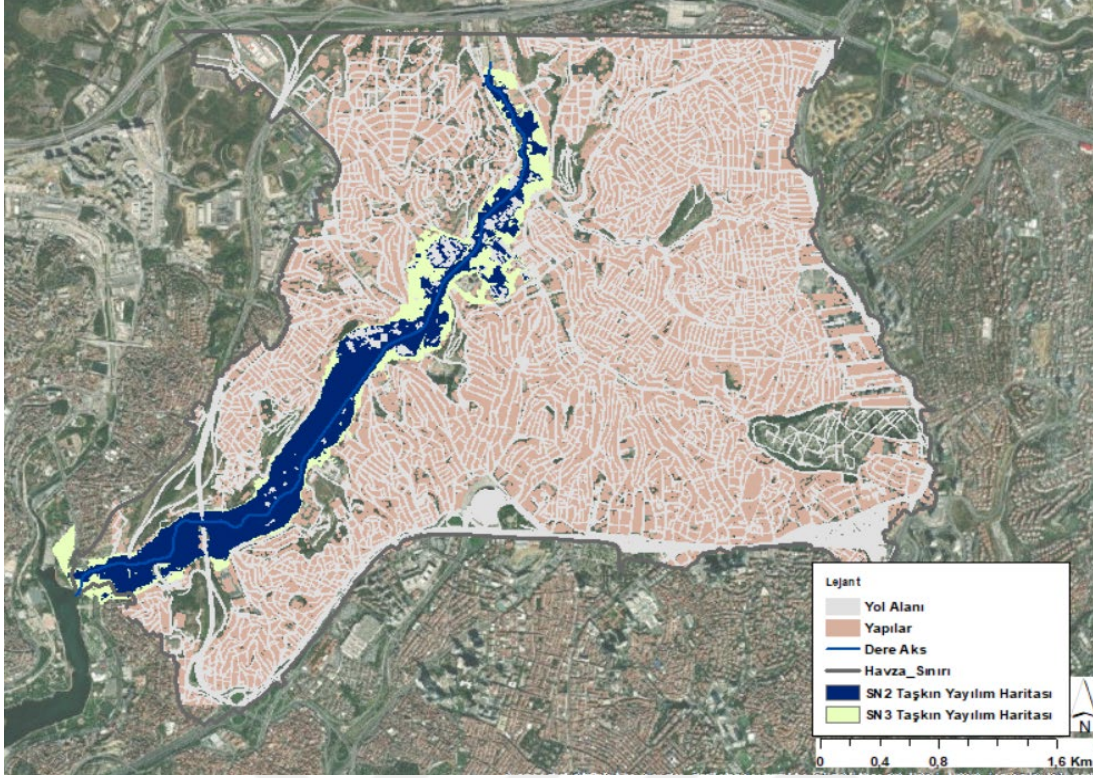
Şekil 35: Senaryo 1 ve Senaryo 4 taşkın yayılım haritası.



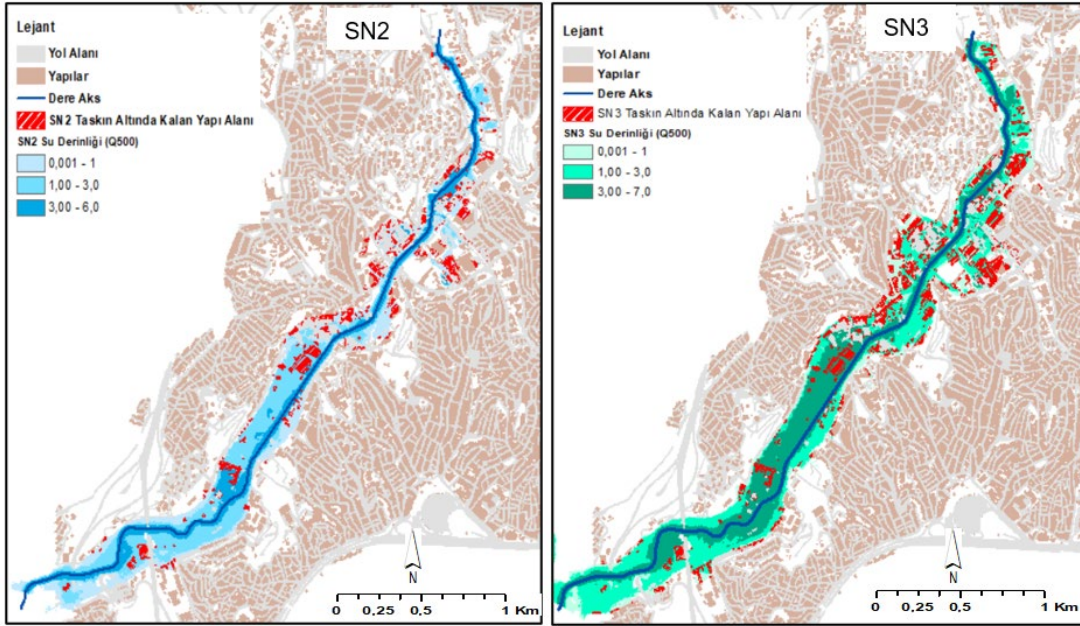
Şekil 36: Senaryo 1 ve senaryo 4 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.

Senaryo 2 ve Senaryo 3 Değerlendirmeleri

Senaryo 2 ve Senaryo 3 kabulüne göre hazırlanan taşkın risk haritaları karşılaştırıldığında alansal ve hacimsel farklar bulunmaktadır. Senaryo 2 taşkın alanı 102.76 hektar, Senaryo 3 taşkın alanı 144.36 hektardır. Senaryo 2'den Senaryo 3'e geçildiğinde taşkın altında kalan alanın %40.48 arttığı ve buna ilave olarak taşkın altında kalan yapı alanı değerlendirildiğinde, Senaryo 2 taşkın altında kalan yapı adedi 406 iken, Senaryo 3 taşkın altında kalan yapı adedi 600'tür. Bu artmaların sebebi kısmı şehirleşme yani yarı geçirimli zemin yapısından tamamen geçirimsiz zemin yapısı ile planlacak şehirleşmeye geçiş olduğu belirlenmiştir. Senaryo 2-3 taşkın yayılım haritası Şekil 37 'de, taşkın haritaları ve taşkın altın kalan yapı adedi Şekil 38 'de gösterilmiştir.



Şekil 37: Senaryo 2 ve senaryo 3 taşkın yayılım haritası.

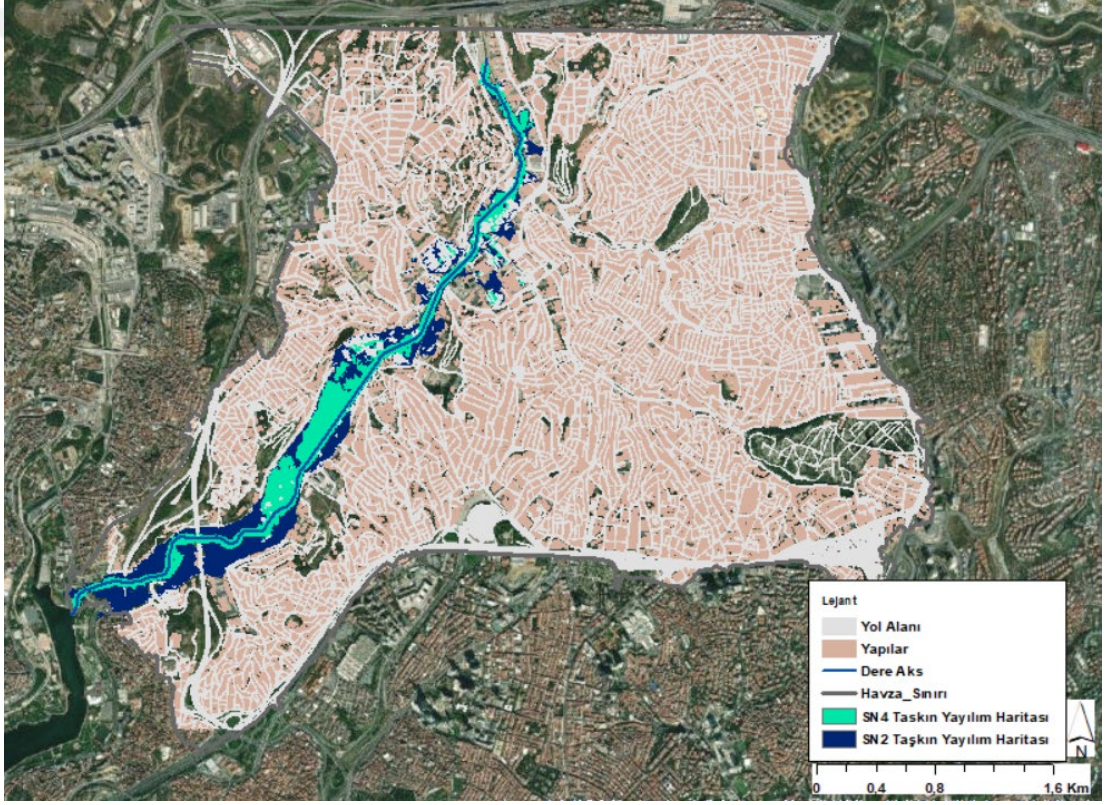


Şekil 38: Senaryo2 ve senaryo 3 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.

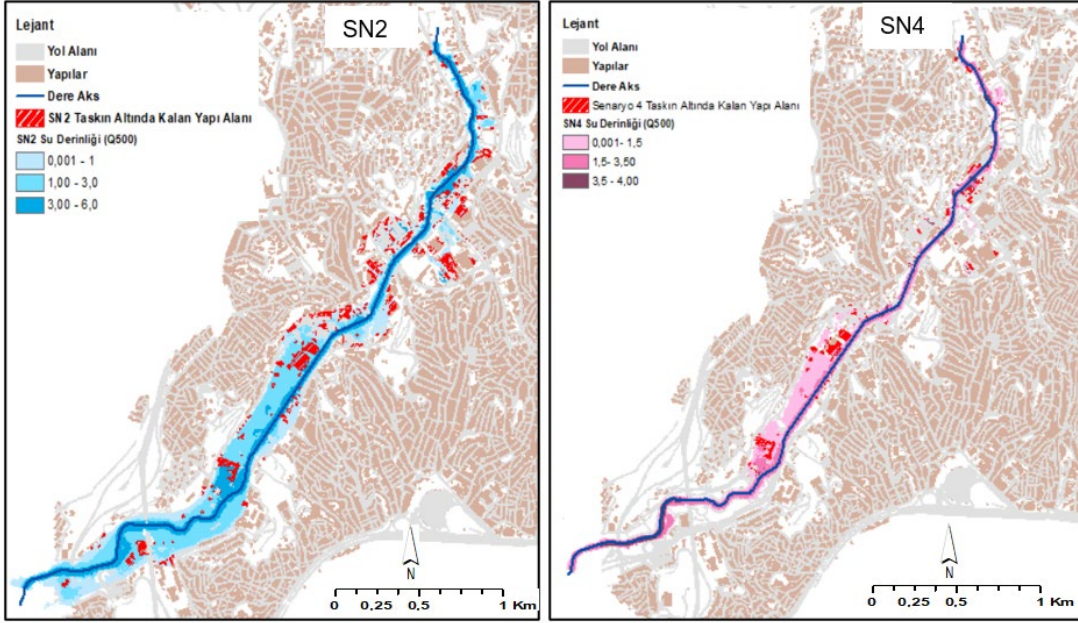
Senaryo 2 ve Senaryo 4 Değerlendirmeleri

Senaryo 2 ve Senaryo 4 kabulüne göre hazırlanan taşkın risk haritaları karşılaştırıldığında alansal ve hacimsel farklar bulunmaktadır. Senaryo 2 taşkın alanı 102.76 hektar, Senaryo 4 taşkın alanı 44.88 hektardır.

Senaryo 2'den 4'ye geçiş yapıldığında geçirimsiz alanların azaldığı buna bağlı olarak da taşkın altında kalan alanın %56.33 azaldığı belirlenmiştir. Buna ilave olarak taşkın altında kalan yapı alanı değerlendirildiğinde, Senaryo 2 taşkın altında kalan yapı adedi 406 iken, Senaryo 4 taşkın altında kalan yapı adedinin 177'ye azalmış olması taşkın riskinin azaldığının diğer somut göstergesidir. Senaryo 2-4 taşkın yayılım haritası Şekil 39'da, taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapı adedi Şekil 40'ta gösterilmiştir.



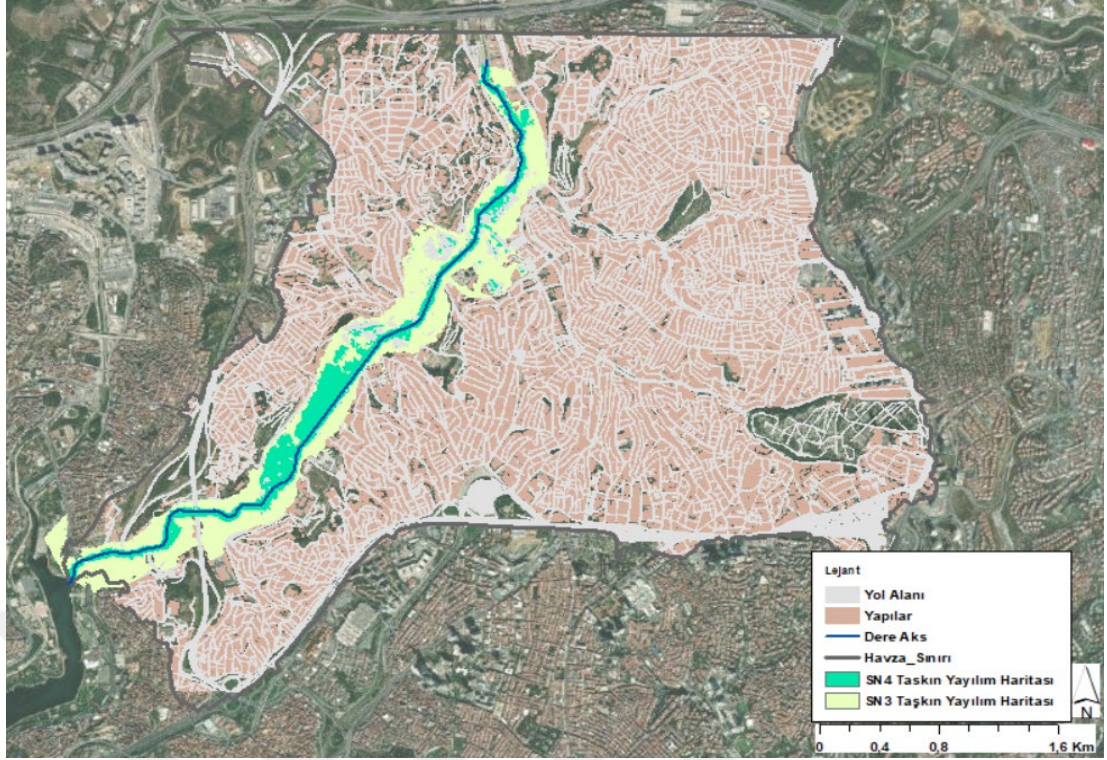
Şekil 39: Senaryo 2 ve senaryo 4 taşkın yayılım haritası.



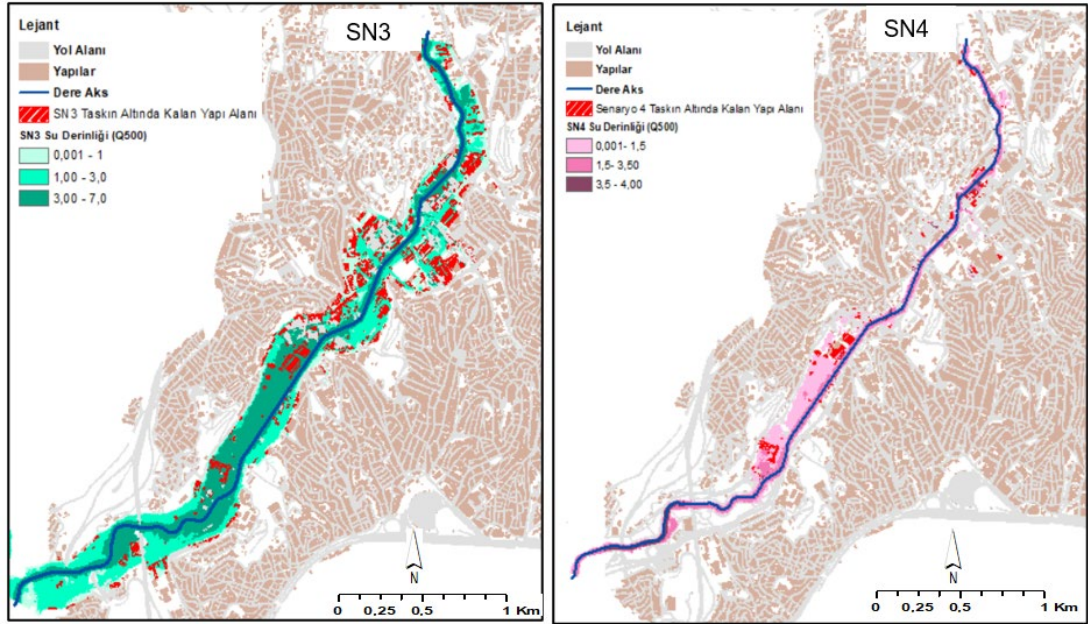
Şekil 40: Senaryo 2 ve senaryo 4 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.

Senaryo 3 ve Senaryo 4 Değerlendirmeleri

Senaryo 3 ve Senaryo 4 kabulüne göre hazırlanan taşkın risk haritaları karşılaştırıldığında alansal ve hacimsel farklar bulunmaktadır. Senaryo 3 taşkın alanı 144.36 hektar, Senaryo 4 taşkın alanı 44.88 hektardır. Senaryo 3'den Senaryo 4 ye geçiş yapıldığında geçirimli zemin yapısının arttığı ve taşkın risk alanınınun % 68.91 azaldığı belirlenmiştir. Buna ilave olarak taşkın altında kalan yapı alanı değerlendirildiğinde, Senaryo 4 taşkın altında kalan yapı adedi 177 iken, Senaryo 3 taşkın altında kalan yapı adedi 600'tür. Yapılan analizlerle ortaya çıkan sayısal verilerde şehirleşme oranının artışı ne kadar fazla olur ise taşkın riskinin de o oranda artacağını vurgulamaktadır. Senaryo 3-4 taşkın yayılım haritası Şekil 41'de, taşkın haritaları ve taşkın altın kalan yapı adedi Şekil 42'de gösterilmiştir.



Şekil 41 : Senaryo 3 ve senaryo 4 taşkın yayılım haritası.



Şekil 42: Senaryo 3 ve senaryo 4 taşkın haritaları ve taşkın altında kalan yapılar.

Tüm Senaryolarda taşkın altında kalan yapı adeti detayı Çizelge 12'de özetlenmiştir.

Çizelge 12: Senaryolara göre taşkın altında kalan yapı adedi.

Yapı Tipi	SN1	SN2	SN3	SN4
Konut	55	84	132	27
Fabrika	87	108	140	59
Ticari	82	116	192	42
İmalat	3	6	6	
Okul	3	10	13	
Dini Tesis	2	3	3	2
Spor Tesisi	20	20	21	12
Resmi	22	37	63	21
Harabe	6	8	10	4
İnşaat Halinde	12	14	20	10
Toplam	292	406	600	177

Senaryoların Genel Olarak Değerlendirmesi

Tez kapsamında hazırlanan senaryolar yağmursuyu akış katsayısı değerlerinin değiştirilmesi kurgusuna göre oluşturulmuştur. Senaryo 1 mevcut durumu ele alırken [65], Senaryo 2 kısmi şehirleşme, Senaryo 3 tam şehirleşme, Senaryo 4 ise havza sınırlarında toprağın doğal hali ile kaldığı yani geçirimli olduğu durumu ele almaktadır. Mevcut durumda şehirleşme olması durumunda yani havza sınırlarında bulunan arazi kullanımının geçirimsiz toprak yapısına doğru eğilim göstermesi taşkın riskini artırdığı, geçirimli arazi kullanım tercih edildiğinde ise taşkın riskinin azaldığı kurulan CBS platformu ile entegre çalışan hidrolik model ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar literatür araştırmaları ile örtüşmektedir ancak bunların çözümüne yönelik çok fazla çalışma yoktur. Bu tez kapsamında şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisini azaltmak için sürdürülebilir kentsel drenaj çözümleri kurulan modele entegre edilerek taşkın riskinin nasıl azaltılabileceği CBS platformunda değerlendirilmiştir. Bu kapsamda havza alanı için 3 farklı yeşil atyapı diğer bir ifade ile Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Çözümü (SKDÇ) 2013 yılı verilerine göre değerlendirilmiştir. Bunlar;

SKDÇ-I: Mevcut durumda yalnızca bina çatı alanlarının yeşil çatı yapılması kurgusunu ele almaktadır. Yeşil çatılar, çeşitli amaçlar için binaların tepesine kurulan canlı bitki örtüsü alanlarıdır. Görsel fayda, ekolojik değer, gelişmiş bina performansı ve yüzey suyu akışının azaltılması gibi avantajları bulunmaktadır. Yeşil çatı türleri iki ana kategoriye ayrılabilir:

- Geniş çatılar, düşük yüzey derinliklerine sahiptir (bina yapısı düşük yük), basit ekim ve düşük bakım gereksinimleri vardır.

▪ Yoğun çatılar (veya çatı bahçeleri) daha derin yüzeylere (ve dolayısıyla daha yüksek çok çeşitli ekimleri destekleyebilen ancak bina yapısındaki yüklerin fazla olması) daha yoğun bakım gerektirenler; genellikle erişilebilirdirler [75].

Tez kapsamında mevcut durumunun iyileştirilmesi senaryosu ele alındığı ve mevcut binalar olduğu için yeşil çatıların bitki örtüsünün ortalama yoğunlukta olduğu kabul edilmiş olup, akış katsayısı 0.40 alınmıştır.

SKDÇ-II: Bina çatı alanının kaplama tipi yeşil çatı olarak kabul edilmiştir. Yeşil çatı akış katsayısı, bitki örtüsü tipi, yeşil malzemelerin derinliği, toprağın nemi ve sızması ve ayrıca çatı eğimi ile değiştirilebilir. Farklı çalışmalara göre, taşkın azaltmanın belirlenmesi için akış katsayısı değeri farklı aralıklarda alınabilir. Uluslararası standart BS EN 16941-1:2018, yoğun yeşil çatı için 0,30 akış katsayısını, daha geniş ve yoğunluğu az yeşil çatı için ise 0,60 akış katsayısını önerir [76]. Bu çalışmada yeşil çatı uygulaması için akış katsayısı 0.40 olarak kabul edilmiştir.

Taşkınların en aza indirilmesi için yol alanlarının zemin tipi geçirimli/geçirgen kaplama olarak değerlendirildi ve literatür çalışmalarına dayanarak akış katsayısı yol alanları için 0.60 kabul edildi. Örneğin Zhu ve diğerleri, 2018 kentsel yüzey akış katsayısını ve taşkın pik akışını azaltmak için geçirgen kaplamanın simülasyonunu yapmış ve simülasyon sonuçlarına göre farklı geçirgen kaplama yapıları için akış katsayısı aralığı önerilmiştir; Drenaj yüzeyi: 0.70-0.85 yarı geçirgen kaplamalar, \leq 0.45, tamamen geçirgen kaplama olacağı sonucuna ulaşmışlardır [77].

Bu senaryoda açık alanın akış katsayısı değeri Senaryo 1 ile aynı kabul edilmiştir.

Uygulanan bu sürdürülebilir kentsel drenaj çalışmasındaki amaç, havza sınırları içerisinde şehirleşme kapsamında açık alanların tamamen korunduğu ancak bina ve yolların sürdürülebilirlik başlığı altında değerlendirilerek taşkın alanlarına etkisini ortaya çıkarmaktır.

SKDÇ-III: Bina alanının kaplama tipi geçirimsiz kabul edilmiş ve ayrıca yeniden kullanım ve taşkınların azaltılması için yağmuruyu hasadı değerlendirilmiştir. Buna göre çatı alanlarından gelen suyun %30'ünün kullanılacağı, %70 yağmur suyunun ise mevcut sisteme deşarj edileceği kurgusu değerlendirilmiştir.

Yol alanlarının klasik yağmursuyu boru hatları ile değil sürdürülebilir hendek drenaj kanalı (swale kanal) ile toplanacağı kabulü yapılmıştır. Hendek kanalları, toprak tipine,

yolun eğimine, iklim faktörlerine, bitki örtüsü tipine vb. bağlı olarak hem akış azalmasını hem de kirleticilerin giderilmesini sağlar. Barrett, 2005, hendeklerdeki akış hacminin yaklaşık %47'si kadar azaldığını belirlerken, Rushtan, 2001, hendeklerin ortalama akış miktarlarını %30 oranında azalttığını göstermektedir [78][79]. Bu çalışmada ise, yol alanının akış katsayısı değerinin 0,80 kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

Açık alan akış katsayısı bu senaryoda mevcut durumdaki ile aynı alınmıştır.

CBS Platformu ile entegre çalışan hidrolik model adımları şehirleşme kapsamındaki gibi buradaki senaryolarda uygulanmış olup debi sonuçları Çizelge 13'te özetlenmiştir.

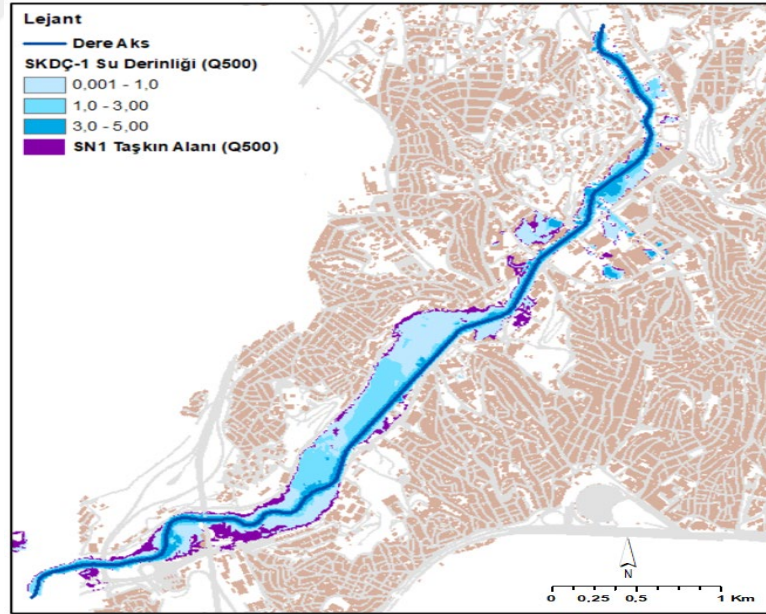
Çizelge 13: Farklı tekerrür sürelerine ait debi hesabı [65].

Alt Havza Numara	Mevcut Debi			SKDÇ 1 Debi			SKDÇ 2 Debi			SKDÇ 3 Debi		
	Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı		
	10	100	500	10	100	500	10	100	500	10	100	500
	(m ³ /sn)			(m ³ /sn)			(m ³ /sn)			(m ³ /sn)		
1	2.3	3.5	4.4	1.7	2.5	3.2	1.5	2.3	2.8	1.6	2.3	2.9
2	0.5	0.7	0.9	0.3	0.5	0.6	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
5	0.4	0.6	0.7	0.3	0.4	0.5	0.2	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
6	2.8	4.3	5.4	1.8	2.8	3.6	1.6	2.5	3.1	1.6	2.3	2.9
7	1.0	1.6	2.0	0.7	1.0	1.3	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1
8	0.9	1.4	1.7	0.6	0.9	1.1	0.5	0.8	1.0	0.5	0.7	0.9
9	0.8	1.2	1.5	0.6	0.9	1.1	0.5	0.8	0.9	0.5	0.7	0.9
10	0.3	0.4	0.6	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4
11	0.6	1.0	1.2	0.5	0.7	0.9	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7
12	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
13	0.5	0.8	1.0	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	0.7
14	1.2	1.9	2.3	0.8	1.3	1.6	0.7	1.1	1.4	0.7	1.1	1.3
15	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
16	1.0	1.5	1.9	0.7	1.0	1.3	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1
17	1.2	1.8	2.2	0.8	1.2	1.5	0.7	1.0	1.3	0.6	0.9	1.1
18	0.4	0.6	0.7	0.3	0.4	0.5	0.2	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
19	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1

Çizelge 13 (devam): Farklı tekerrür sürelerine ait debi hesabı [65].

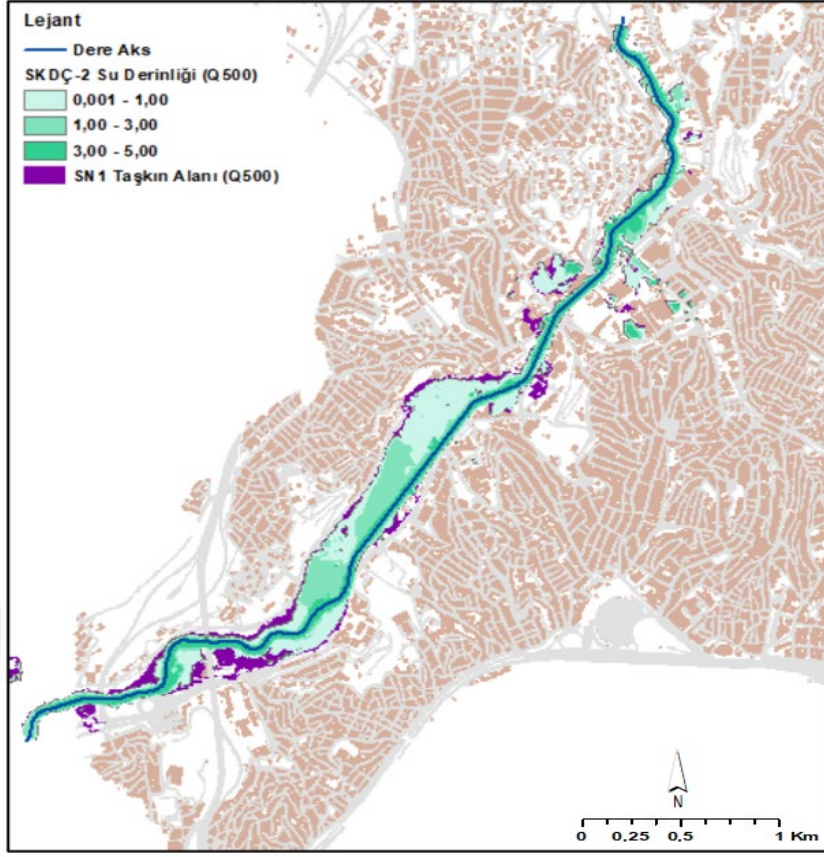
Alt Havza Numara	Mevcut Debi			SKDÇ 1 Debi			SKDÇ 2 Debi			SKDÇ 3 Debi		
	Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı			Tekerrür Yılı		
	10	100	500	10	100	500	10	100	500	10	100	500
	(m3/sn)			(m3/sn)			(m3/sn)			(m3/sn)		
20	2.1	3.2	4.1	1.4	2.2	2.7	1.2	1.9	2.3	1.2	1.7	2.1
21	21.8	33.5	41.8	13.2	20.3	25.4	11.4	17.5	21.9	10.7	15.6	19.5
21A	1.9	3.0	3.7	1.4	2.1	2.6	1.1	1.7	2.2	1.0	1.5	1.8
22	0.5	0.8	1.0	0.4	0.6	0.7	0.3	0.5	0.6	0.4	0.6	0.7
23	0.5	0.7	0.9	0.3	0.5	0.6	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
24	4.9	7.5	9.4	3.2	4.9	6.1	2.7	4.2	5.2	2.6	3.8	4.8
25	1.0	1.5	1.9	0.7	1.0	1.3	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1
26	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
Toplam	47.3	72.7	90.8	30.7	47.2	59.0	26.5	40.7	50.9	25.7	37.7	47.0
Uç Debi	141	354	501	126	313	441	118	293	413	140	333	468
Toplam	189	427	592	157	360	500	144	333	464	166	371	515

SKDÇ 1’de binalara sadece SKDÇ uygulanmış ve mevcut duruma göre sel riskinin %15,45 oranında azaldığı tespit edilmiştir. SKDÇ-1 su derinlik haritası Şekil 43’te gösterilmiştir.



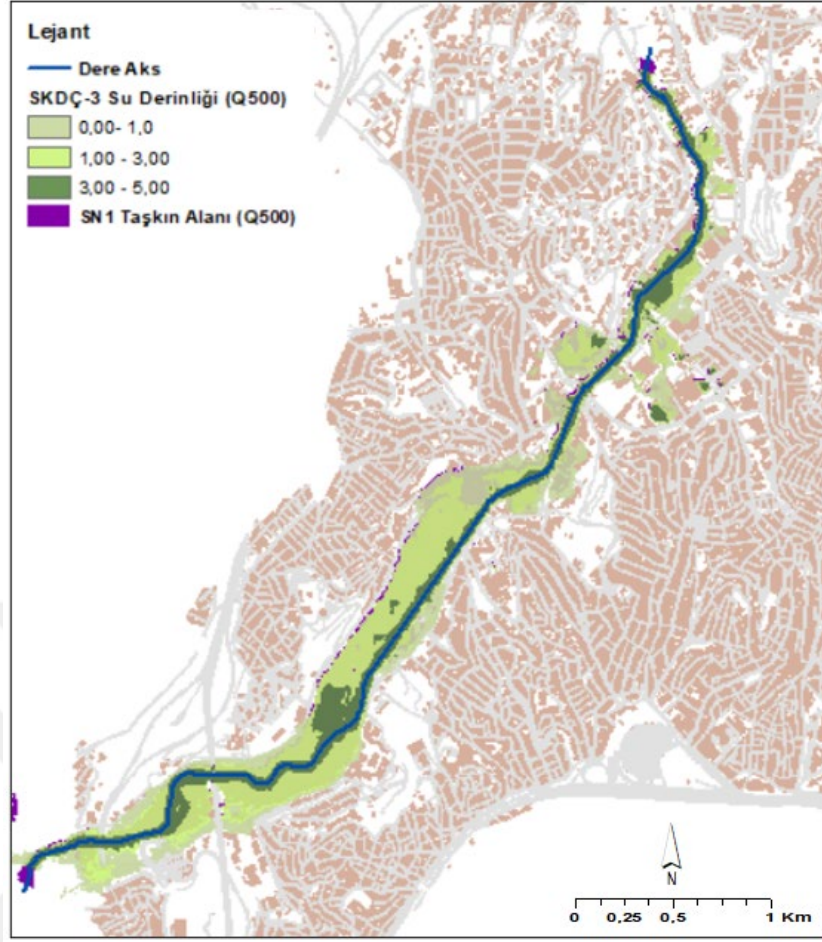
Şekil 43: SKDÇ-1 su derinlik haritası.

SKDÇ 2’de binalara ve yollara SKDÇ çözümü uygulanmış ve mevcut sel risk alanı %18,93 oranında azaltılmıştır. SKDÇ-2 su derinlik haritası Şekil 44’te gösterilmiştir.



şekil 44: SKDÇ-2 su derinlik haritası.

SKDÇ 3’de hem yollara hem de binalara SKDÇ uygulanmıştır. Bu çözümler SKDÇ 1’e göre daha iyi bir sürdürülebilir drenaj çözümleri olarak gözükmesine rağmen seçilen katsayı değeri ve alan oranından dolayı SKDÇ 1’e göre taşkını azaltma verimi daha azdır. SKDÇ-3 su derinlik haritası şekil 45’te gösterilmiştir.



Şekil 45: SKDÇ-3 su derinlik haritası.

Elde edilen sonuçlara göre, havzanın memba kısmında yer alan bazı yerleşim dışı alanlarda dahi kentleşme olması durumunda, SKDÇ uygulaması sadece yeni yerleşim yerlerinde değil mevcut alanlarda da uygulanarak olası taşkın risklerinin önüne geçilecektir. Buna ilave olarak, SKDÇ çözümlerinin uygulanması şehir yağmursuyu altyapı sisteminde katkı sağlayacaktır. Örneğin mevcut durumda %80 doluluk oranı ile çalışan boru, SKDÇ1 uygulandığında boru doluluk oranı %57, SKDÇ2’de %52, SKDÇ3’de %69’a kadar azalmaktadır. Bu hem altyapının iyileşmesi hemde daha önce iklim faktörü dikkate alınmadan döşenen boruların güvenliği ve şehir sellerinin azaltılması bakımından avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

Böyle detaylı bir hidrolik değerlendirme yapabilmek içinde CBS platformunun ve hidrolik modelin kurumlarca bu tezdeki çalışmaya benzer bir çalışmayı işleme almış olmaları gerekmektedir. Tez çalışma kapsamında veri tabanının oluşturulması uzun zaman olsa da daha sonraki yapılan işlemler sistem düzgün olduğu için daha hızlı ve doğru olarak ilerlemiştir.

Tüm senaryoların karşılaştırılmasına ilave olarak daha önceki yıllarda İBB, İSKİ, Plan Proje Dairesi Başkanlığı adına özel bir firmanın yapmış olduğu “Kağıthane Deresi”ne ait “Dere Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması” işi kapsamında hazırlanan Taşkın Haritası detaylı olarak incelenmiştir. Burada firma altlık olarak 2006 yılı tarihli halihazır veriyi kullandığı için, hazırlanan veritabanında 2006 yılına göre karşılaştırma yapılmıştır.

Aynı yıllar esas alınarak karşılaştırılan taşkın haritaları arasında farklılıkların oluşma sebebi;

Özel firma, altlık olarak kullanılan yüzeyi çalışma alanı içerisinde kalan dere güzergahı boyunca dere sağ ve sol kenar çizgilerinden itibaren minimum 30’ar metre genişliğindeki yersel alımlar 1:1000 ölçekli 2006 tarihli halihazır uçuş planları ile süperpoze ederek kullanmıştır.

Tez kapsamında ise yersel alımlar firma arşivinden temin edilmesine rağmen alım kotlarında eksik/hatalı olduğu noktalar gözlemlenmiş olup bunun sorgulanması yerinde yapılamamıştır.

Taşkın haritası modellemesinde firma MIKE programını, tez kapsamında ise ücretsiz bir yazılım olan HEC-RAS programı kullanılmıştır.

Havza sınırı içerisinde kalan yol, yapı alanı ve açık alanlar ArcGIS ortamında veritabanı oluşturduğu için girilen akış katsayı değerleri daha gerçekçidir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışma, farklı senaryolar altında şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisinin Coğrafi Bilgi Sistemi aracılığı ile değerlendirmesinin yanı sıra taşkın riskini azaltmak için sürdürülebilir kentsel drenaj sistemi uygulamalarının da CBS ortamında nasıl efektif olarak değerlendirildiğini açığa çıkarmaktadır. Tezde yapılan iki kurgu için de farklı senaryolar oluşturulmuştur. Şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisini incelemek için CBS ortamında hazırlanan senaryolar: Senaryo 1 mevcut durumun değerlendirmesi, Senaryo 2 kısmi şehirleşme, Senaryo 3 tam şehirleşme, Senaryo 4 ise şehirleşmenin olmaması durumunu içermektedir. Sürdürülebilir kentsel drenaj kapsamında oluşturulan senaryolar ise; SKDÇ-I, mevcut durumda yalnızca bina çatı alanlarının yeşil çatı yapılması; SKDÇ-II, bina çatı alanının kaplama tipi yeşil çatı, yol alanlarının zemin tipi geçirimli/geçirgen kaplama yapılması; SKDÇ-III, bina alanının kaplama tipi geçirimsiz kabul edilmiş ve ayrıca yeniden kullanım ve taşkınların azaltılması için yağmuruyu hasadı, yol alanlarının klasik yağmursuyu boru hatları ile değil sürdürülebilir hendek drenaj kanalı (swale kanal) ile toplanacağı kabul edilmiştir.

Şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisini incelemek için oluşturulan senaryoların sonuçları senaryo bazlı sonuçlar ve genel sonuçlar olarak özetlenecek olursa;

Senaryo Bazlı Sonuçlar;

Senaryo 1-2-3-4 için hazırlanan taşkın risk haritaları arasında alansal ve hacimsel farklar bulunmaktadır. Örneğin Senaryo 1 mevcut durum senaryosundan Senaryo 2 mevcut durumun kısmi şehirleşmesi ele alındığında taşkın risk alanının arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışın sebebi, açık alanların ya da yerleşime açılmayan yerlerin yerleşime açılması durumunda geçirimsiz alan yüzdesinin artması ve suyun toprakla buluşmadığı ve taşkın riskinin artacağı durumu ortaya çıkarmaktadır. Mevcut durumda taşkın altında kalan yapı adedi 292 iken, kısmi şehirleşme olması durumunda bu sayı yaklaşık %40 artarak 406 adet yapının taşkın altında kalacağı ve taşkın riskinin de %18.69 arttığı belirlenmiştir. Şehirleşme açısından Senaryo 2'den daha yüksek risk taşıyan Senaryo 3 ün Senaryo 1 ve Senaryo 2'ye göre nasıl bir değişim gösterdiği incelendiğinde, Senaryo 1'den Senaryo 3'e geçişte taşkın altında kalan yapı adedi

yaklaşık %100 artarak 600 adet yapının taşkın altında kaldığı ve taşkın riskinin de %66.74 arttığı, Senaryo 2'den Senaryo 3'e geçişte taşkın altında kalan yapının yaklaşık %50 ve taşkın riskinin de %40.48 arttığı belirlenmiştir.

Mevcut durumun şehirleşmesi durumunda incelenen Senaryo 3'ün tam tersi olan şehrin şehirleşmemesi durumu da Senaryo 4 ile incelenmiştir. Bu kapsamda da taşkın azaltımı açısından alansal ve hacimsel farklar gözlemlenmiştir. Örneğin Senaryo 1 den Senaryo 4'e geçildiğinde taşkın risk alanının %48.16 azaldığı, Senaryo 2 den Senaryo 4'e geçildiğinde taşkın risk alanının %56.33 azaldığı, Senaryo 3 den Senaryo 4'e geçildiğinde taşkın risk alanının %68.91 azaldığı belirlenmiştir.

Tüm bu senaryoların değerlendirilmesi CBS platformunda hazırlanan mekansal veritabanı ve taşkın analizlerinin yapıldığı HEC-RAS programının birbirine entegre edilmesi ile sağlanmıştır. Eğer CBS platformu tez çalışması kapsamında kullanılmayıp çalışma münferit olarak yapılsaydı süre, depolama, analiz, yönetim açısından burada yapılan bütünlük sağlanmayacaktı.

Şehirleşme riskinin taşkın riskini artırdığı kurgulanan senaryolar yardımı ile CBS ortamında belirlenmiş olmasının yanı sıra aynı veritabanı kullanılarak bu taşkın riskinin nasıl azaltılacağı sürdürülebilir kentsel drenaj çözümleri ile de değerlendirilmiştir. Bu kapsamda ele alınan senaryolarda SKDÇ 1'de binalara sadece SKDÇ uygulanmış ve mevcut duruma göre sel riskinin %15.45 oranında, SKDÇ 2'de binalara ve yollara SKDÇ çözümü uygulanmış ve mevcut sel risk alanı %18.93 oranında azalma olmuştur. SKDÇ 3'de hem yollara hem de binalara SKDÇ uygulanmış olsa da, SKDÇ 1 in taşkın azaltma oranı daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni yol alanını ve bina alanı gibi geçirimsiz alanların yüzde oranları ve seçilen akış katsayısı değerinden kaynaklanmaktadır. Bu tür yorumların yapılabilmesi bize CBS nin karar-destek konusunda da yardımcı olacağını ortaya çıkarmaktadır.

CBS ortamında kurulan modelin esnekliğinden yararlanarak mevcut altyapı değerlendirilmeside yapılarak mevcut altyapıya etkisi de yorumlanmıştır. Bu kapsamda mevcut yağmursuyu altyapı sistemine SKDÇ uygulandığında boruların taşıma kapasitesinin azaldığı sonucunda ulaşılmıştır. Bu bulgu hem altyapının iyileşmesi hemde daha önce iklim faktörü dikkate alınmadan döşenen boruların güvenliği ve şehir sellerinin azaltılması bakımından avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

CBS platformunda kurulan modelin esnekliği ile hem Şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisi hemde taşkın riski iēin önerilen kentsel drenaj zmlerinin sonucu senaryoların somut sonuēlarına göre yukarıda aēıklanmıŐ olup, genel değerlendirmesinde aşağıdaki paragrafta özetlenmiştir.

Genel Sonuēlar;

- Taşkın tekerrür yılının artması ile birlikte taşkın altında kalan alanlar artmaktadır.
- Şehirleşmenin artması sonucu taşkın alanları artmaktadır.
- Taşkın yönetimi stratejisine sürdürülebilir kentsel drenaj sisteminin dâhil edilmesi taşkın riskini azaltmaktadır.
- İklim değerliğiği karşısında kapasiteleri yetersiz olacağı öngörülen mevcut yağmursuyu altyapısı sürdürülebilir kentsel drenaj zmleri ile iyileŐmektedir.
- CBS'nin mekansal veri işleme ve yönetim yetenekleri nedeniyle hidrolojik ve hidrolik analize çok yönlülük kattığı belirlenmiştir.
- Taşkın risk alanlarının belirlenmesi iēin CBS destekli mekansal veritabanı kurulması taşkın risk alanlarının hızlı, dinamik ve güvenilir olarak ortaya çıkartılmasını sağlamıştır.

Bu çalışma kapsamında edinilen tecrübelerle göre aşağıda özetlenen öneriler dikkate alınarak çözüm bekleyen sel ve taşkın konusu CBS'nin aktif kullanılması ile daha kontrollü bir şekilde değerlendirilebilir.

- Kağıthane gibi şehirleşmenin yoğun olduğu bölgelerde yeni yerleşimler inşa edilirken, taşkın risk bölgeleri farklı senaryolara göre incelenerek olası taşkın riskleri en aza indirilebilir. Bunun için bu tez çalışmasında gibi hidrolik ve arazi kullanım modellerinin CBS platformuna oturtulması gerekmektedir. İlgili çalışmaların Belediye, Devlet Su İşleri (DSİ) ve diğer kurumların yanı sıra Kent Bilgi Sistemleri ile de paylaşımı sağlanmalıdır. Bu erişebilir veri sistemi ile emlakçılar dahil yapı inşa edecek kişi, kurum ya da kuruluşlar taşkın risk bölgelerine rahatça ulaşmalıdır. Yasal olarak proje aşamasında, taşkın risk alanı ve yapının aynı planda gösterildiği koordinatlı onay projesi, erişebilir CBS platformu ile hızlı bir şekilde hazırlanmalıdır. Eğer yapı/yapılar inşa edilecek bölge taşkın risk sınırı içerisinde ise, kurum burada bodrum katı yapılmasına izin vermemeli ve taşkın riski olan yerler için önlem alıp, sigorta yaptırmalıdır. Proje başlamadan önce CBS ile bütünleşmiş olan bu sistem kullanılırsa ve açık kaynak olarak paylaşılır ise taşkın afeti önlemek için büyük bir adım atılmış olacaktır.
- Çarpık şehirleşme yani geçirimsiz alanların artması mevcut altyapı hatlarının kapasitesini yetersiz kılacaktır. İlgili kurumlarda da CBS platformu halihazırda kurulu ve aktif çalışıyor olur ise şehirleşme planları kentsel drenaj çözümleri ile entegre değerlendirilerek şehirleşmenin artmasının altyapıya negatif etkisi CBS platformunda hızlıca analiz edilip, çözüm önerileri geliştirilebilir.
- Dere havza sınırı içerisinde topoğrafyanın değiştirilmesi de sel ve taşkın riskine etki edeceği için topoğrafya değiştirilmemelidir. Bu tarz değişimler günümüz koşullarında ne yazık ki kaçınılmaz olduğu için geçmiş topoğrafya verilerinin de CBS'ne entegre edilmesi önem arz etmektedir. Eğer topoğrafya CBS'de kayıtlı olur ise sistemde kayıtlı hidrolik model ile hızlı çözüm önerileri getirilebilir.

- Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak yapılan çalışmalarda veri kalitesi geliştirilmelidir. Bu tez kapsamında halihazır haritalar, oluşturulan veri tabanına belirli düzenleme işlemleri yapıldıktan sonra işlenmiş olup, önemli ölçüde zaman kaybına neden olmuştur. Kurumlar tarafından hazırlanan verilerde, ortak bir dosya uzantısı, projeksiyon, ölçek, birim, katman sistemi, vektör veri çizim formatı belirli bir standartta olmalıdır.
- Dereler için karar destek sistemi olarak da hizmet edecek dinamik bir Coğrafi Bilgi Sistemi kurulmalıdır. Bu dinamiklik otomasyon sistemleri ile de desteklenmelidir. Havza sınırları içerisinde bulunan bilgiler sürekli güncel tutulmalı, bu alanlardaki yapılaşma ve meydana gelen değişim CBS'ne güncel olarak aktarılarak sel ve taşkın kontrolü her zaman yapılmalıdır.
- Taşkın risk haritalarının değerlendirilmesi yapılırken çevre mühendisi, inşaat mühendisi, geomatik mühendisi, bilgisayar mühendisi, harita mühendisi, jeoloji mühendisi, geoteknik mühendisi, şehir planlamacıları ve deneyimli CBS uzmanları koordineli bir şekilde çalışmalıdır.
- İklim değişikliği son yıllarda yağış miktarlarında ani değişiklikler oluşturmaktadır. Özellikle ani ve şiddetli yağışlar sonucunda sel ve taşkın olayları artmaktadır. Bu neden ile taşkın risk değerlendirilmesi yapılan çalışmalarda iklim faktörü dikkate alınarak modele entegre edilmelidir.

- Taşkın risk haritalarının güncel ve doğru değerlendirilmesi ve somut sonuçlar alınabilmesi için hidrolojik ve hidrolik model ile entegre çalışan mekansal veritabanı kurulmalıdır. Bunun için büyükşehir belediyelerinden 1:1000 ölçekli halihazır haritalar temin edilmelidir. Bu haritaların mekansal veritabanına uyum sağlaması için CBS’de etkin kullanılacak format yapısında temin edilmesi önem arz etmektedir. Eğer format bu yapıya uygun değil ise yapı alanları ve yolların özellikle polygon formatında olması taşkın debisi hesaplamalarında büyük katkı sağlayacaktır. Havza sınırlarının belirlenmesi için 1:1000 ölçekli haritaya ilave olarak 1:5000 ölçekli haritalar da temin edilmelidir. Haritaların mekansal veritabanına entegre edilmesinin yanı sıra arazi kullanım tipleri de temin edilmelidir. Su ve Kanalizasyon idarelerinden mevcut altyapı hatları çap, kot, eğim ve kapasite bilgisi içerecek şekilde koordinatlı olarak ortaya konulmalıdır. Aynı zamanda bu idarelerden dere ile ilgili yapılmış/yapılacak çalışmalar mekansal olarak hazır olmalıdır. Meteoroloji istasyonlarından yağış verileri temin edilmeli ve iklim değişikliği faktörü de dikkate alınarak değerlendirilmesi yapılmalıdır. Hidroloji analizlerinin yapılabilmesi için raster formatta yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik verisi temin edilmelidir.
- Havza tabanlı planlamalar yapılırken sürdürülebilir hidrolik modeller eklenerek bütüncül çözüm önerileri sunulmalıdır.
- Bu çalışma kapsamında kurulan 1D hidrolik modelde köprü, menfez gibi sanat yapıları veri kısıtlamalarından dolayı modele yansıtılmamıştır. Çalışmanın 2D yapılması ve hidrolik olarak daha spesifik sonuçlar elde edilmek istenilir ise bu sanat yapılarının mutlaka modele entegrasyonu yapılmalıdır.
- Kurulan modelde verinin CBS’de etkin kullanılacak formata uygun olmaması, verinin yıl olarak güncel olarak temin edilememesi de modelde karşılaşılan kısıtlamalar olarak çıkmaktadır. Bu neden ile kurumların verileri uygun formatta ve güncellikte tutması çalışmaların güvenilirliği için önem arz etmektedir. Güncel verilerin kurum sistemlerinde olması durumunda bu çalışmaya verilerin güncel durumu entegre edilerek son yıllarda meydana gelmiş şehirleşmenin taşkın alanlarına etkisi tekrar değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **URL-1**<https://www.who.int/health-topics/floods#tab=tab_1>, erişim tarihi 17.09.2021
- [2] **URL-2**<http://www.mgm.gov.tr/arastirma/dogal_afetler.aspx?s=taskinlar>, erişim tarihi 17.09.2021
- [3] **Demirci, A., & Arı, Y.** (2013). Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı, Fatih Üniversitesi, İstanbul,19-21 Haziran
- [4] **Bosello, F., Iglesias, A., Termansen, M., Jeuken, A., Winsemius, H., De Cian, E., ... & Garrote, L.** (2018). Economy-Wide Impacts of Climate Mitigation and Adaptation Strategies Across European Regions. In *Adapting to Climate Change in Europe* (pp. 245-271). Elsevier.
- [5] **T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.** (2017). Taşkın Yönetimi,
- [6] **URL-3**<<https://public.wmo.int/en/resources/world-meteorological-day/previous-world-meteorological-days/climate-and-water/floods>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [7] **URL_4**<<https://birimler.dpu.edu.tr/app/views/panel/ckfinder/userfiles/2/files/program/arcgis.pdf>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [8] **Kahraman, S; Unsal Ö.** (2014). ArcGIS for Desktop Spatial Analiz
- [9] **URL-5**<<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-georas/>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [10] **USACE (US Army Corps Engineers).** (2002). HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Davis, USA.
- [11] **URL-6**<<https://www.afad.gov.tr/afadem/dogal-afetler>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [12] **URL-7** <<http://floodlist.com>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [13] **URL-8**<https://en.wikipedia.org/wiki/2009_Turkish_flash_floods>, erişim tarihi 20.09.2021
- [14] **Sensoy, S.,1, Demircan, M., Ulupınar, Y., 1, Balta, İ.** (2008). Türkiye İklimi, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye
- [15] **URL_9**<https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27deki_iklim_%C3%A7e%C5%9Fitleri#Akdeniz_iklimi>, erişim tarihi 12.10.2021
- [16] **URL-10**<<https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2015alansal.pdf>> , erişim tarihi 04.10.2021
- [17] **Özcan, E.** (2006). Sel Olayı ve Türkiye, *Floods and Turkey*, GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 26, Sayı 1, 35-50

- [18] **Orman ve Su İşleri Bakanlığı.** (2013-2017). Yukarı Havza Sel Kontrolü Eylem Planı, Anonim.
- [19] **URL-11** <<https://www.ick.org.tr/istanbul-dereleri>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [20] **İSKİ** .(2010). Kağıthane Deresi Taşkın Risk Haritası Çalışması Hidrolik Model Raporu , 28.04.
- [21] **T.C.Tarım Ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü.** (2021). 2020 Yılı Yağış Değerlendirmesi, Araştırma Dairesi Başkanlığı Hidrometeoroloji Şube Müdürlüğü, Ocak
- [22] **Özcan, O.** (2008). ‘‘Sakarya nehri alt havzasının taşkın risk analizinin uzaktan algılama ve CBS ile belirlenmesi’’ Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İstanbul.
- [23] **URL-12**<<https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/ders/hidrografya/10/index.html>>, erişim tarihi 11.10.2021
- [24] **URL-13**<<https://tr.wikipedia.org/wiki/Havza>>, erişim tarihi 12.10.2021
- [25] **URL-14** <<https://ourworldindata.org>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [26] **URL-15**<<https://un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [27] **URL_16**<https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2018&locations=TR&most_recent_year_desc=true&start=1960&view=chart&year=1960>, erişim tarihi 20.09.2021
- [28] **Sanyal, J., Lu, X.** (2004). Application of remote sensing in flood management with special reference to monsoon asia: a review. Nat. Hazard,15 (2), 283–301.
- [29] **Welch, H.E.; P.E.K. Symons and D.W.**(2015). Narver. Some Effects of Potato Farming and Forest Clear Cutting on New Brunswick Streams, Fisheries and Marine Service. Environ. Can. Technical Report, No. 745.
- [30] **Alam, S.; Willems, P.; Alam, M.** (2014). Comparative Assessment of Urban Flood Risks due to Urbanization and Climate Change in the Turnhout Valley of Belgium, ABC Journal of Advanced Research, Volume 3, No 1
- [31] **Elhamid, H, A.; Zelenáková, M.; Vranayová, z.; Fath, I.** (2020). Evaluating the Impact of Urban Growth on the Design of Storm Water Drainage Systems, Water.
- [32] **Lee, Y.; Brody Damuel, D.** (2018) Examining the impact of land use on flood losses in Seoul, Korea, *Land Use Policy*, 70, 500–509.
- [33] **Shi, P.; Ge, Y.; Yuan, Y.; Guo, W.**(2005). Integrated Risk Management of Flood Disasters in Metropolitan Areas of China’, Water Resources Development, Vol. 21, No. 4, 613–627, December.

- [34] **Sanne, M.; Burak,G.;Brenden,J.; Jeroen,A.;Philip,W.**(2015). Flood risk and adaptation strategies under climate change and urban expansion: A probabilistic analysis using global data, Institute for Environmental Studies (IVM), VU University Amsterdam, The Netherlands, Department of Geography, Texas A&M University, College Station, USA, August
- [35] **Sönmez, M. E., & Kesici, Ö.** (2012). İklim değişikliği ve plansız şehirleşmenin Kilis şehrinde yol açtığı sel felaketleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, (28), 57-77.
- [36] **Bae, Sunhak.; Chang, H.** (2019); Urbanization and floods in the Seoul Metropolitan area of South Korea: What old maps tell us, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 37 (2019) 101186
- [37] **Fox, D.M.; Witz, E.; Blanc V.** (2012). Soulié, C.; Penalver-Navarro, M.; Dervieux, A.; A case study of land cover change (1950-2003) and runoff in a Mediterranean catchment, *Applied Geography*, 32 ,810–821.
- [38] **F, Luino.; L, Turconi.; C, Petrea.** (2012). G, Nigrelli.; Uncorrected land-use planning high-lighted by flooding: The Alba case study (Piedmont, Italy), *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, 12, 2329–2346
- [39] **URL-17**<<http://mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=taskinlar>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [40] **Adelye, A.; R. Rustum.** (2011). Lagos (Nigeria) flooding and influence of urban planning. *J. Urban Design and Planning (ICE)*, 164(3): 175-187.ISSN: 1755-0793, E-ISSN: 1755-0807
- [41] **Meng, T.; Hsu, David.** (2019) Stated preferences for smart green infrastructure in stormwater management, *Landscape and Urban Planning*,187, 1–10
- [42] **Lucas, W. C.; Sample, D. J.** (2015) Reducing combined sewer overflows by using outlet controls for Green Stormwater Infrastructure: Case study in Richmond, Virginia. *Journal of Hydrology*, 520, 473–488. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.029>.)
- [43] **URL-18**<<https://biodiversity.europa.eu/countries/luxembourg/green-infrastructure>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [44] **URL-19**<<https://worldgreeninfrastructurenetwork.org>>,erişim tarihi 20.09.2021
- [45] **URL_20**<https://seattle.gov/Documents/Departments/OSE/GSI_Strategy_Nov_2015.pdf>, erişim tarihi 20.09.2021
- [46] **URL-21** <www.ci.seattle.wa.us>, erişim tarihi 20.09.2021
- [47] **URL-22**<<https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo> >, erişim tarihi 20.09.2021
- [48] **Liu, W.** (2014). Chen, W.; P, Chi. Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: A community scale study, *Ecological Modelling*, 291, 6–14

- [49] **Schubert, E. Jochen.; Burns, J. Matthew.; Fletcher, D, Tim.; Sanders, F, Brett. A.** (2017). Framework for the case-specific assessment of Green Infrastructure in mitigating urban flood hazards, *Advances in Water Resources*, 108 ,55–68
- [50] **Mobilia, M., Longobardi, A., & Sartor, J. F.** (2014). Impact of green roofs on stormwater runoff coefficients in a Mediterranean urban environment. *Recent advances in urban planning, sustainable development, and green energy*, 100-106.
- [51] **URL-23**<https://tr.wikipedia.org/wiki/Co%C4%9Frafî_bilgi_sistemi>, erişim tarihi 20.09.2021
- [52] **Stillwell John and Clarke Graham.** (2004). *Applied GIS and Spatial Analysis*. West Sussex : John Wiley and Sons.
- [53] **Burrough, P.A.** (1987). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment*. Oxford : Claredon Press.
- [54] **Aronoff, S.** (1989). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa, Canada : WDC Publications
- [55] **Yomraloğlu, Tahsin.** (2009). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramla ve Uygulamalar*.
- [56] **Maguire, D. J.** (1991). An overview and definition of GIS. *Geographical information systems: Principles and applications*, 1, 9-20.
- [57] **Delice, Yavuz.** (2004). *Ulaştırma Altyapı Bilgi Sistemleri: Sarıyer İlçesi İçin Ulaştırma Altyapı Bilgi Sisteminin Oluşturulması.(Yüksek Lisans Tezi)*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık.
- [58] **Bank, Emin.** (2013). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Bütünleşik Entegrasyon Kavramı ve Önemi*, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, Ankara.
- [59] **Ali, E.** (2020). *Geographic Information System (GIS): Definition, Development, Applications & Components*. Department of Geography, Ananda Chandra College. India.
- [60] **URL_24**<<https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap0490/p0490.htm>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [61] **Waghwal, R. K., & Agnihotri, P. G.** (2019). Flood risk assessment and resilience strategies for flood risk management: A case study of Surat City. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40, 101155.
- [62] **Suriya, S., & Mudgal, B. V.** (2012). Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed–A case study. *Journal of hydrology*, 412, 210-219.
- [63] **Karadayılar, T., Öge, C., Tezel, G., Tarı, T. (t.y).** *Kağıthane Deresinin Islahına Yönelik Geoteknik ve Hidrolojik Etüdler Raporu*. İstanbul: Zetaş A.Ş.
- [64] **Güreşçi,N.G. Seyrek, K & Sargın, A. H.** (2012).*Coğrafi Bilgi Sistemleri ile hidroloji uygulamaları*. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknoloji Dairesi Başkanlığı, CBS Şube Müdürlüğü.

- [65] **Ertan S., Çelik R. N.** (2021). The Assessment of Urbanization Effect and Sustainable Drainage Solutions on Flood Hazard by GIS, *Sustainability*, 13, 2293.
- [66] **URL-25**<<https://mdl.library.utoronto.ca/technology/tutorials/working-digital-elevation-models-arcgis>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [67] **Sharma,A.; Tiwari,K,N.** (2019). Sink Removal from Digital Elevation Model– A Necessary Evil for Hydrological Analysis,ResearchGate.
- [68] **Sargın,H,A.** (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşkın Riski Ön Değerlendirmesi.Teknoloji Dairesi Başkanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- [69] **Apollonio, C.; Bruno,M,F.; Lemmolo, G.; Molfetta,M,G.; Pellicani,R.** (2020). Flood Risk Evaluation in Ungauged Coastal Areas: The Case Study of Ippocampo (Southern Italy), *Water*, 12(5), 1466.
- [70] **URL-26**<<http://drdbthompson.net/writings/rational.pdf>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [71] **Pellicani, R.; Parisi, A.; Lemmolo, G.; Apollonio, C.**(2018). Economic Risk Evaluation in Urban Flooding and Instability-Prone Areas: The Case Study of San Giovanni Rotondo (Southern Italy), *Geosciences*
- [72] **URL-27**< <https://en.wikipedia.org/wiki/HEC-RAS>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [73] **Usul N.**(2008). Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanılarak Taşkın Risk Haritalarının Çıkarılması, *Taşkın Konferansı*, Edirne
- [74] **URL-28**<<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/r2dum/latest/viewing-2d-or-1d-2d-output-using-hec-ras-mapper/overview-of-ras-mapper-output-capabilities>>, erişim tarihi 20.09.2021
- [75] **CIRIA SuDS Manual**, 2015
- [76] **BS EN 16941-1.** (2018). *Rainwater Harvesting System*, European Standard
- [77] **Zhu, H.; Yu, M.; Zhu, J.; Lu, H.; Cao, R.; Zhang, L.** (2018). Simulation study on effect of permeable pavement on reducing flood risk of urban runoff, *Int. J. Transp. Sci. Technol.*
- [78] **Barrett, M.E.** (2015). Performance comparison of structural stormwater best management practices. *Water Environ. Res*, 77 (1), 78e86.
- [79] **Rushton, B,T.** (2001) Low-impact parking lot design reduces runoff and pollutant loads. *J. Water Resour. Plan. Manage*, ASCE 127 (3), 172e179.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Seda (KÖROĞLU) ERTAN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** :2008, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** :2010, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Seda Ertan, 14 yıllık deneyime sahip kıdemli çevre yüksek mühendisidir.

İş deneyimi boyunca çok disiplinli altyapı projelerinde tasarım, yönetim ve koordinasyon konusunda çalışmış ve son yıllarda teknik ekip lideri olarak görev almaktadır.

Uzmanlık alanları muhtelif altyapı hatları tasarımı (yağmursuyu, atıksu, su temini, yangın suyu) ve koordinasyonu, hidroloji ve hidrolik, taşkın, dere ıslah projeleri, otoyol, raylı sistem ve havalanı gibi özel projelerin drenaj sistemleri tasarımı, sürdürülebilir drenaj sistemi uygulamaları ve Coğrafi Bilgi Sistemleridir.

Seda, Türkiye, İngiltere, Türkmenistan, Özbekistan, Etiyopya, Birleşik Arap Emirlikleri, Pakistan, Karadağ, Bangladeş ve Suudi Arabistan gibi farklı ülkelerde bulunan birçok projede görev almıştır. Farklı ülke standartları ve normları hakkında ayrıntılı bilgi sahibidir.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Ertan S., Çelik R. N. (2021).** The Assessment of Urbanization Effect and Sustainable Drainage Solutions on Flood Hazard by GIS, *Sustainability*, 13, 2293.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Koroglu S., Zengin G.E., Yagcı N., Artan N. (2013).** COD Fractionation and Denitrification Potential of Sonicated Waste Activated Sludge Liquids, *Environmental Technology*, Vol.33, Issue 13.

