



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



KONYA İLİ BÜYÜKŞEHİR CADDESİNDE
YAĞMUR HASADI UYGULAMASI

Bilgin YILDIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Bilgin YILDIZ tarafından hazırlanan “Konya İli Büyükşehir Caddesinde Yağmur Hasadı Uygulaması” adlı tez çalışması 24/09/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU
(Necmettin Erbakan Üniversitesi)

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ONÜÇYILDIZ
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Doç. Dr. Alpaslan YARAR
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Bilgin YILDIZ

Tarih: 24/09/2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA İLİ BÜYÜKŞEHİR CADDESİNDE YAĞMUR HASADI UYGULAMASI

Bilgin YILDIZ

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ONÜÇYILDIZ

2025, 91 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU

Doç. Dr. Alpaslan YARAR

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ONÜÇYILDIZ

Bilindiği üzere aşırı ve ani yağışlar dünyamızın bazı noktalarında özellikle yerleşim alanlarında su baskınlarına sebep olmakta, ciddi sıkıntılar meydana getirmekte, altyapı hatlarını büyük oranda zarara uğratmakta kısmen çalışamaz hale getirmektedir. Yerleşim yerlerinde görülen kısa süreli şiddetli yağışlar, yanlış planlama, yetersiz altyapı, yeşil alan eksikliği ve betonlaşma gibi sorunlar sebebiyle zeminin sızma kapasitesinde görülen azalma sonucunda su baskınlarına sebep olmaktadır. Yağış sırasında akışa geçmesi muhtemel su önceden belirlenen yeşil alanlarda tutularak, yapay gölet gibi bazı alanlara yönlendirilerek, depolanarak yeraltına sızması zamana yayılarak sızma miktarının artırılması işlemleri Yağmur Hasadı olarak adlandırılmaktadır. İlk olarak Çin Halk Cumhuriyeti'nde uygulamaya konulan yağmur hasadı projelerinde günümüz itibarıyla önemli aşamalar kaydedilmiştir. Bu sayede depolanan suların tekrar kullanılması ile iklim değişikliği ve su kıtlığının yaşandığı dünyamızda önemli kazanımlar elde edilmekte ve yeraltı sularının zenginleşmesine ciddi katkılar sağlanmaktadır.

Yağmur sularının yüzey akışına geçmesini engelleyen sistemlere sahip şehirler, sünger şehir olarak adlandırılmaktadır. Bu yaklaşımda, yağmur sularının toprak tarafından emilmesi ve tekrar kullanılmak üzere depolanması esas alınmaktadır. Sünger şehirler yağmur sularını emen geçirimsiz yüzeylere sahiptirler. Bu sayede yeşil alan sulamalarında kullanılacak su ile hayvanların su ihtiyacının bir kısmı hasat edilen bu yağmur sularından karşılanabilmektedir. Böylelikle su baskınlarının yol açacağı can ve mal kayıplarının da büyük ölçüde önüne geçilebilmektedir.

Bu çalışmada; yağmur hasadı ile ilgili olarak Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik ve Ekleri esas alınacaktır. Yağmur hasadı uygulamalarının geliştirilmesine yardımcı olmak amacıyla, Konya İli Selçuklu İlçesi Yazır Mahallesi Büyükşehir Caddesi'nde bulunan kanalizasyon ve yağmur suyu (birleşik sistem) hattı göz önüne alınarak su baskınlarını önleyici yağmur suyu hasadı çalışması yapılacaktır. Bu amaçla belirlenen bölgede ayırık sisteme uygun yağmur suyu şebekesi, bölgedeki park alanlarının su depolamaya uygun kotta planlaması ve belirlenen yerlerde yeraltı depolaması yapılması planlanacaktır. Ayrıca hasadı yapılan yağmur suyunun ihtiyaç olan noktalarda kullanılmasının sağlanması amacıyla çeşitli önerilerde bulunulacaktır. Bu tesislerin yapımının gerçekleşmesi durumunda Büyükşehir Caddesi'ne çalışma bölgesinden yağmur suyu iletimi en aza indirgenerek caddede sel oluşumu önlenecektir.

Anahtar Kelimeler: Yağmur Hasadı, Sünger Şehir, Gri Su, Konya Büyükşehir Caddesi

ABSTRACT

RAIN HARVESTING APPLICATION ON BÜYÜKŞEHİR AVENUE IN KONYA

Bilgin YILDIZ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Assist. Prof. Mustafa ONÜÇYILDIZ, PhD

2025, 91 Pages

Jury

**Prof. Şerife Yurdagül KUMCU, PhD
Assoc. Alpaslan YARAR, PhD
Assist. Prof. Mustafa ONÜÇYILDIZ, PhD**

As is well known, excessive and sudden rainfall causes flooding, especially in urban areas, leading to serious problems, significantly damaging infrastructure, and rendering it partially inoperable. In urban areas, short-term intense rainfall, due to issues such as improper planning, insufficient infrastructure, lack of green spaces, and overbuilding, results in a decrease in the soil's infiltration capacity, leading to flooding. During rainfall, water that is likely to flow off the surface can be collected in designated green spaces, directed towards artificial ponds, stored, and allowed to infiltrate the ground over time. This process is referred to as Rainwater Harvesting. Initially implemented in the People's Republic of China, significant progress has been made in rainwater harvesting projects globally. By reusing stored rainwater, significant gains have been achieved, particularly in addressing climate change and water scarcity, while also contributing to the enrichment of groundwater resources.

Cities with systems that prevent rainwater from flowing off the surface are referred to as sponge cities. This approach emphasizes the absorption of rainwater by the soil and its storage for later use. Sponge cities feature permeable surfaces that absorb rainwater. As a result, harvested rainwater can be used for green space irrigation and partly to meet the water needs of animals. In this way, the risk of loss of life and property due to floods can be significantly reduced.

This study will focus on rainwater harvesting, based on the Regulation on Rainwater Collection, Storage, and Discharge Systems and its annexes. In order to contribute to the development of rainwater harvesting applications, a study will be conducted to prevent flooding in the Yazır Neighborhood, located on Büyükşehir Avenue in the Selçuklu District of Konya. The current combined sewage and stormwater system in the area will be considered as a reference. For this purpose, a stormwater network suitable for a separate system will be planned, including stormwater storage areas at appropriate levels within local parks, as well as underground storage in designated locations. Additionally, recommendations will be made for the efficient use of harvested rainwater at areas where needed. In the event that these facilities are constructed, the transmission of rainwater from the study area to Büyükşehir Avenue will be minimized, thereby preventing the formation of floods on the avenue.

Keywords: Rain Harvest, Sponge City, Grey Water, Konya Metropolitan Street

ÖNSÖZ

Bu çalışmamda bana her türlü desteği sağlayan Danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ONÜÇYILDIZ' a, beni çalışmam sırasında yalnız bırakmayan sevgili eşim ve çocuklarıma, tüm imkânlarını seferber eden kurumum KOSKİ' ye sonsuz teşekkürler ediyorum.

Bilgin YILDIZ
KONYA-2025



İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Şehirlerdeki Su Baskınları, Sebepleri ve Sonuçları	5
2.2. Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik ve Eklerine Uygun Yapılan Çalışmalar	13
2.3. Sünger Şehirler ve Uygulamaları	15
2.4. Yağmur Suyu Hasadı	22
2.5. Yağmur suyu hasadına ilişkin mevzuat	38
3. 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	41
3.1. Çalışma Alanı	41
3.2. Yöntem.....	46
3.2.1. Kullanılan yazılım programları.....	46
3.2.2. Yağmur Suyu Debinin Hesaplanması	53
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	56
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	72
5.1. Sonuçlar	72
5.2. Öneriler	73
KAYNAKLAR	80
EKLER	84
EK-1. Yağmur Suyu Toplama Hattı Proje Görseli	84
EK-2. Yağmur Suyu Şebeke Hattına Ait Hesap Tablosu (Çatı Alanları Dahil).....	85
EK-3. Yağmur Suyu Şebeke Hattına Ait Hesap Tablosu (Çatı Alanları Hariç).....	86
EK-4. Çalışma Alanına Ait Bazı Resimler	87

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ad	: Adet
f	: Bitki tarafından tüketilmesine izin verilen topraktaki su miktarının yüzdesi
Fs	: Suyun birim fiyatı
Gks	: Geri kazanılan yıllık su miktarı
h	: Su yüksekliği (mm)
ha	: Hektar
Ht	: Bitkinin bulunduğu toprak için gereken su miktarı (mm)
i	: İskonto oranı
İB	: Yıllık işletme ve bakım gideri
KSUB	: Kullanılmış suyun uzaklaştırma bedeli
lt	: Litre
mm	: Milimetre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
n	: Yıl
NBD	: Net bugünkü değer
NF	: Net fayda
Y ₀	: İlk yatırım maliyeti

Kısaltmalar

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
KOSKİ	: Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
PVC	: Polivinil Klorür
Rega	: Resmî Gazete
YHD	: Yağmur Suyu Hasat Rehber Dokümanı

1. GİRİŞ

Dünyamızda yaşayan tüm canlılar için en önemli ve başlıca doğal kaynak elbette ki sudur. Bu kaynak oldukça kısıtlı bulunmakta toplam miktarda değişim gözlenmemektedir. Yerkürede görülen su kaynaklarının sadece % 2,5'i tatlı su kaynaklarından oluşmakta, tatlı suların % 70'i ise buzullarda bulunmaktadır. Dünya üzerindeki suların tamamı 5 litrelik bir kaba konulsa, insanların ulaşabileceği tatlı su miktarı, yalnızca bir yemek kaşığına denk gelmektedir. Kısaca insanoğlunun erişebileceği tatlı su miktarı dünyadaki toplam suyun % 1'inden daha azdır. Bu sebeple tatlı su kaynaklarını korumak hayati bir öneme sahiptir. Kaliteli ve yeterli miktardaki suyun varlığı, gıda güvencesinin ve sürdürülebilir kalkınmanın yanı sıra insanlığın geleceği için de en önemli koşullardan biridir.

Bulunduğumuz yüzyılda karşımıza çıkan en önemli sorun, kısıtlı olan su kaynaklarının amaçlarımıza yönelik bilinçsizce ve hoyratça tüketimidir. Bu sorun sadece ülkeleri değil su döngüsü dikkate alındığında tüm dünyayı ilgilendirir. Bir ürünün bütün yaşam döngüsü boyunca (üretim ve tüketim süreçlerinde) kullanılan ve/veya kirletilen su miktarına (doğrudan ve dolaylı olarak sarf edilen toplam su miktarı) **Su Ayak İzi** olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde kişi başına düşen Su Ayak İzi yaklaşık 5.500 litre olarak tahmin edilmektedir (WWF, 2020).

Giyilen pamuklu bir tişörtün su ayak izi 2.500 litredir. Pamuk bitkisinin su tüketim değeri yüksek olup, fazla sulama suyu, gübre ve kimyasal ilaç kullanımı yeraltı sularının kirlenmesini dolayısıyla bitkinin su ayak izini artırmaktadır. Hayvanların yetiştirilmesinde kullanılan yemlerin üretim sürecinde de oldukça fazla su kullanılması sebebiyle etin Su Ayak İzi artmakta ve bir adet hamburger köftesinin Su Ayak İzi 2.400 litreye ulaşabilmektedir. Yine bir bardak kahvenin Su Ayak İzi 130 litre hesaplanmakta bu değer 0,5 litre hacminde 260 adet pet şişe suya denk gelmektedir.

Türkiye'nin nüfusu TÜİK verileri dikkate alındığında 2024 yılı sonu itibarıyla 85 milyon 664 bin 944 kişi olarak belirlenmiştir. DSİ kaynaklarına göre Ülkemizin toplam kullanılabilir su miktarının 112 milyar m³ olduğu bilinmektedir. Bu değerlere göre Ülkemizde kişi başına düşen su miktarı 1.307 m³ olmaktadır. Konutlarda günlük kişi başı su tüketimi ortalama 150 litre civarındadır. WWF verilerine göre dünyada yaşamakta olan bir kişinin günlük su tüketimi, su ayak izi dikkate alındığında 5.500 litre değerine ulaşabilmektedir.

Veriler göz önüne alındığında ülkemizde bulunan su kaynaklarının tamamı kullanıldığında bile insanların su kullanımı yaklaşık yılın 260 gününde karşılanacak ve yılın geri kalan günlerinde su sıkıntısı yaşanabilecektir. Sonuç olarak ülkemizin **Su Stresi** altında olduğu kabul edilmekte ve araştırmalar bu durumu iyileştirmeye yönelik olmaktadır. Nüfusumuzun yaklaşık olarak 100 milyona ulaşacağı 2030 yılında kişi başına düşen yıllık su miktarının 1.120 m³'e gerileyeceği öngörüsü dikkate alındığında, ülkemizin her türlü su kaynağına ihtiyacı olduğu, elimizde bulunan kaynakların sürekliliğinin önemli olduğu dolayısıyla ulaşılabilen her tür su kaynağının verimli kullanımının gerektiği bilinmektedir. Sonuç olarak Su Ayak İzini azaltmak zorunda olduğumuz anlaşılmakta ve bu konuda yapılan araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır.

Dünyamızda yaşanan iklim değişiklikleri nedeniyle ciddi kuraklıkların yaşanması, ani şiddetli sağanak yağışların olacağı tahmin edilmektedir. İklimde gözlenen bu tip olumsuzluklar, nüfus artışı, şehirleşme ve sonucu yaşam kalitesinin artması, teknikte meydana gelen gelişmeler sonucunda suya ulaşımın kolaylaşması gibi nedenlerle su kullanımının da artacağı bilinmelidir. Bu nedenle birçok ülkede su kıtlıklarının yaşanacağı tahmin edilmektedir. Kısıtlı su kaynaklarına sahip olan Ülkemiz Su Stresi altında olduğundan önümüzdeki yıllarda Su Kıtlığı kaçınılmaz olarak yaşam için en önemli tehditlerden birisi durumuna gelecektir.

Su kaynaklarından birisi olarak bilinen yağmur suyunun derlenerek (Yağmur Suyu Hasadı) çeşitli şekillerde kullanımının oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır. Su kıtlığının olacağı dönemlerin etkisini azaltmak amacıyla hasat sonucu depolanan suyun tekrar kullanılmasının hayati bir öneme sahip olacağı değerlendirilmektedir.

Konya şehrinde rekreasyon alanları, yeşil alanlar ve geniş bahçeli (genellikle otopark olarak kullanılan) konut alanları mevcuttur. Bu alanlar Yağmur Suyu Hasadı konseptine gayet uygun ve kullanılabilir alanlar olarak görülmektedir. Konya ilinde ani sağanak yağışlar, yağışın süresine de bağlı olarak ciddi sıkıntılar meydana getirmekte özellikle altgeçitlerde ve çevrede bulunan konutların alçak kotlu kısımlarında su baskınlarına sebebiyet vermektedir. Konya İl'inde yağmursuları ya kanalizasyon hattı ile arıtma tesisine taşınmakta ya da Konya merkezinden geçen Keçili Deresi, Selbasan Çayı, Coşandere, Saraçoğlu tarafındaki 1. ve 2. Kanallar vasıtasıyla uzaklaştırılmaya çalışılmaktadır. Bu şekilde uzaklaştırılan yağmur sularının derlenerek tekrar kullanımı mümkün bulunmamaktadır.

Kanalizasyon sistemi ile toplanan yağmur suları kanal akımından basınçlı akıma geçmekte ve piyezometrik kotun yükselmesi sebebiyle alt kotları su basabilmektedir. Ayrıca yağmur suyu atık su arıtma tesisine aşırı yük olarak etki etmektedir.

Yaşadığımız süreçte iklim değişikliği ve su kıtlığı sürekli gündemde olup araştırmacılar bu konular üzerine birçok çalışma gerçekleştirmektedirler. İklim değişikliğinin etkisiyle ani sağanak yağışların daha çok görülebileceği iddia edilmektedir. Ülkemiz su stresi altında olan bir ülke konumunda bulunduğundan, özellikle yağışın az görüldüğü bölgelerde suyun önemi gittikçe artmakta dolayısıyla yağmur suyunun depolanıp tekrar kullanımı sık sık gündeme gelmektedir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 23 Haziran 2017 tarihli 30105 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik ve Ekleri, bu uygulamaların yapılması gerektiğini vurgulayarak zorunlu hale getirmiştir. İmar kanunu ve imar yönetmelikleri uyum süreci devam ettiğinden ilgili yönetmeliğin uygulamasına ait örnek bulunmamaktadır. Konu ile ilgili çeşitli araştırmalar mevcut olup sınırlı uygulama bulunmaktadır.

Konya İli Selçuklu İlçesi Yazır Mahallesi Büyükşehir Caddesi bölgesinde yapılacak çalışmada Üniversite ve Konya Su Kanalizasyon İdaresi (KOSKİ) ile koordinasyon sağlanacaktır. Çalışma ile Ülkemizde ilk defa yağmur hasadı ve yönetmeliğin sahada uygulanışı ve yağmur suyu hasadının alt yapı ve altyapı inşaatına olumlu etki yapıp yapmadığı araştırılacaktır. Ayrıca Ülkemizin diğer bölgelerinde gerçekleştirilmesi muhtemel araştırma ve çalışmalara da örnek teşkil edecektir.

Çalışmada seçilen bölgede; hâlihazır altyapı yeterliliği dikkate alınarak su baskınlarının sebepleri, sonuçları, nasıl önlenebileceği üzerinde durulmaktadır. Çalışma bölgesinde KOSKİ (Konya Su ve Kanalizasyon İşletmesi) tarafından ayırık sisteme dönüş planlaması yapılmaktadır. Çalışmada ayırık sisteme uygun olarak 10 yıllık tekerrür süresinde görülen 5 ve 15 dakika süreli sağanak yağışların sularının toplanabilmesi amacıyla yağmur suyu şebekesi Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik ve Eklerine uygun olarak boyutlandırılmıştır. Şebeke ilk önce yağmur suyunun hiç derlenmemesi dikkate alınarak daha sonra ise çatıdan gelen yağmur sularının yönetmelik gereği konut sahipleri tarafından derlendiği dikkate alınarak iki ayrı şekilde boyutlandırılmıştır. Her iki boyutlandırma arasında ortaya çıkan farklar teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilerek çeşitli öneriler yapılmaya çalışılacaktır.

Çalışma sonucunda seçilen bölgede daha önceleri meydana gelen yağmursuyu taşkınlarının önüne geçmek amacı ile geciktirme yapıları, depolama yapıları, uzaklaştırma hatları, yağmursuyu hasadı yapılması ve hasat edilen suyun bitki, hayvan ve yangın söndürme gibi suyun ihtiyaç olduğu alanlarda kullanılabilirliği araştırılacaktır. Belirlenen park alanlarında suyun depolanması durumunun boru çaplarında ve kazı hacminde olası etkileri incelenecektir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Dünyada ve ülkemizde iklim değişikliği ile birlikte kuraklığın yanı sıra ani ve şiddetli yağış geçişleri olmakta ve bunlar da ciddi su baskılarına sebebiyet vermektedir. Bu yağışlar sırasında olabildiğince yağmursuyu hasadı yapabilmek ve kalan yağış sularını da taşkınlara sebebiyet vermeden uzaklaştırmak en büyük çaba gerektiren çalışmalardan biridir. Bunun için halkın, özel ve devlet kuruluşlarının bilinçlenerek çeşitli yöntemler tesis etmesi oldukça önemlidir.

2.1. Şehirlerdeki Su Baskınları, Sebepleri ve Sonuçları

İnsanoğlu için su taşkınları, problem oluşturan ve hiçbir zaman tamamen yok edilemeyen, doğal ya da insan müdahalesi sonucu oluşan afetlerdendir. Dünyanın hemen hemen her bölgesinde taşkın olayları görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde can ve mal kayıplarına sebep olan bu olayların tesiri daha fazladır. Nüfusun artmasıyla beraber ortaya çıkan çarpık kentleşme ve buna bağlı olarak doğan alt yapı sorunları taşkın olayının etkisini daha da artırmaktadır. Yapılan çalışmada (Serencam, 2013), plansız gelişen yerleşim alanlarında yağmur sularının yeraltı suyu olarak depolanamamakta olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebi olarak kent merkezlerinde doğal bitki örtüsünün plansız bir şekilde tüketilmesi ve geçirimli yüzey miktarının azalmasının olduğu ileri sürülmüştür. Bölgelerdeki akış hızı oldukça yüksek olduğu için yağmur sularının hemen tahliye edilemediği ve ani baskınlara neden olduğu tespiti yapılmıştır.

Nüfus artışlarının ve kentleşmedeki artışın yeni yerleşim alanlarının oluşmasında önemli bir rol oynadığı, yerleşim alanlarının hem yatay hem de dikey olarak da büyüyerek çevre üzerindeki değişimleri de beraberinde getirdiği Dölek (2016) tarafından yapılan çalışmada belirlenmiştir.

Toplumlar 17. yüzyıldan önce geçimlerini tarımdan sağlamakta ve dünya nüfusunun çok büyük bir kısmı kırsal alanlarda yaşamakta iken Sanayi Devrimi ile birlikte tarımın yanında sanayi ve ticaret sektörü de ön plana çıkmış ve bu nedenle kent nüfuslarında ciddi artışlar meydana gelmiştir. 20. Yüzyılın başlarında ise şehirler yatay genişlemenin yanı sıra dikey yönde de gelişmeye başlamış sonuç olarak minimum alanlarda maksimum nüfusun yaşamasına olanak tanınmıştır. Şehirlerde yaşayan kişi sayısı arttıkça yaşanacak kentsel alan miktarı da artış göstermiştir. Kentsel alanların

artmasından dolayı iklim değışikliklerinin etkilerinin daha fazla hissedileceği, bölgenin kentleşmesi sonucunda o bölgenin hidrolojik dengesinde değışim gözleneceği ve bu değışimlerin su baskınlarının yaşanma ihtimalini artırdığı 2002 yılında Karakuyu tarafından gerçekleştirilen çalışma ile ortaya konulmuştur (Karakuyu, 2002). Şehirlerde meydana gelen taşkınların yaşama etkisi Şekil 2.1 ve 2.2’de ki resimlerle açıklanmaktadır (DSİ, 2017).



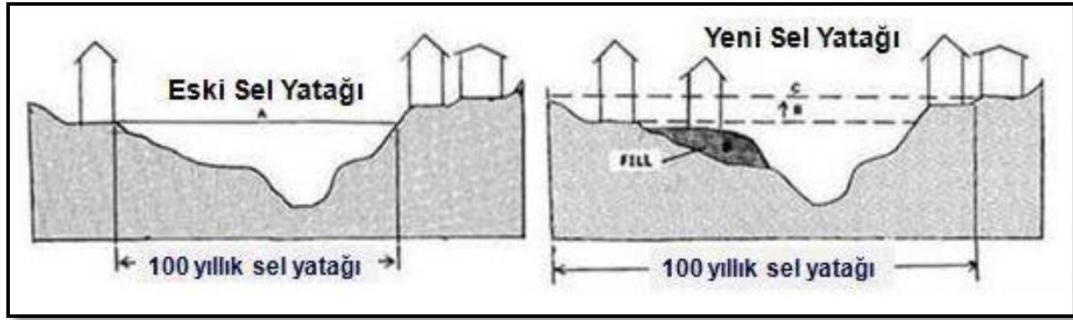
Şekil 2.1. Edirne İli Meriç Nehri Taşkını



Şekil 2.2. 2016 yılında Pakistan’ da yaşanan taşkının etkisi

Tamer tarafından 2016 yılında yapılan çalışmada, arazi kullanım kararlarının taşkın riski ile birlikte düşünülmesi, oluşabilecek olan hasarlara karşı riskin mekânsal olarak etki alanlarının belirlenip sele dirençli yerleşimler için önlem alınmasına olanak sağlanması gerektiği vurgulanmaktadır.

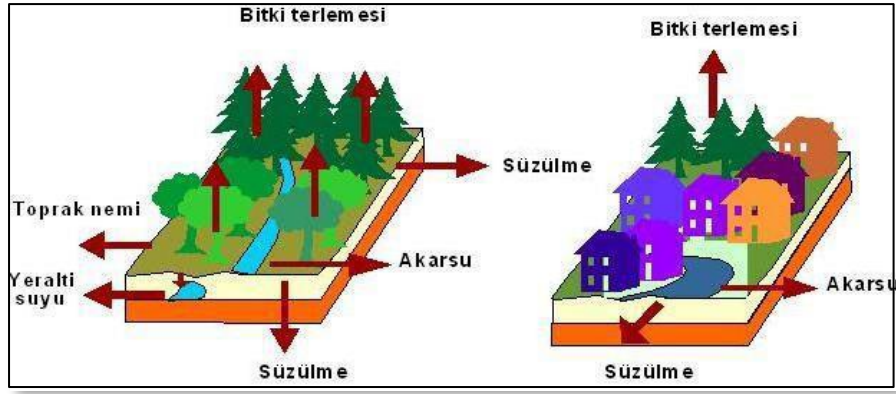
Çarpık kentleşmenin olduğu alanlarda sağanak yağışların kısa sürede dere yataklarında nadir görülen pik seviyeye ulaşarak yakında bulunan yapılara zarar verebildiğini ileri süren Kadioğlu, bunun en önemli sebeplerinden birinin çarpık kentleşmenin yanında eski dere (sel) yataklarına yapılan bina ve dolguların (Şekil 2.3) olduğunu ileri sürmektedir (Kadioğlu, 2019).



Şekil 2.3. Sel yatağına verilen yapılaşma ile değişen sel yatağı

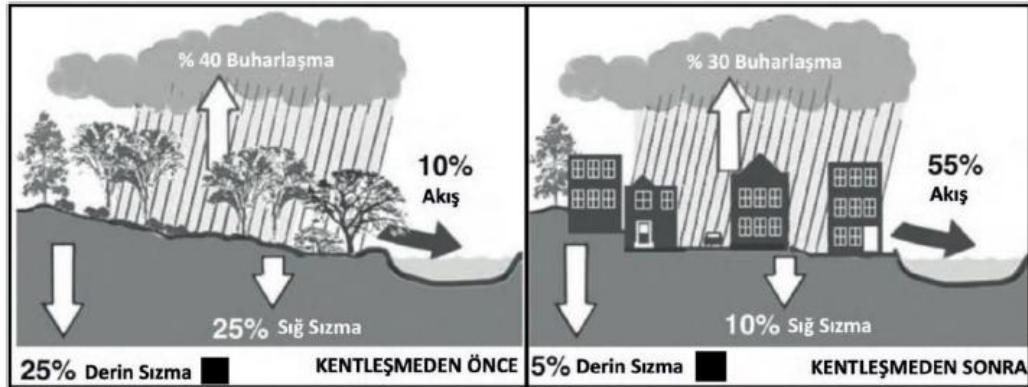
Dere yataklarının kesitlerinin yapılaşma olmayan alanlarda akışa geçen suyun zarar vermeden ve herhangi bir sorun yaşanmadan iletilmesi için yeterli olduğunu ancak sel yataklarındaki yapılaşmalar ile birlikte mevcut kesitlerin daraltılması ile su seviyesinin yükselerek sel yataklarının genişlemesine ve çevredeki diğer yapıları zarara uğratabileceği şekilde yüzey akışlarında artış meydana gelebileceğini Sepetçioğlu 2013 tarihli araştırmada konu edinmiştir (Sepetçioğlu, 2013).

Kentsel büyümenin, şehir drenaj kapasiteleri üzerinde olumsuz etkileri üzerine Kadioğlu (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, yerleşim alanlarının genişlemesi sonucu geçirimsiz yüzeylerin arttığı ve sonrasında yerel fırtınalarda şehir sellerinin oluşmasına sebep olduğu belirlenmiştir. Yağmur suyu drenaj sistemine sahip eski ve az gelişmiş kent merkezlerinin bu yoğunluğa yetersiz kaldığı ve aşırı yüklenmeye maruz kaldığı ileri sürülmektedir. Ayrıca bunların yanı sıra yüzeysel su akışlarının ve baskınlarının gerçekleşmesindeki bir diğer sebep olarak yeşil alanların ve ormanların hızla yok olması olarak gösterilmektedir. Bu durum kentleşmeden önce ve sonra hidrolojik çevrim elemanlarındaki olası değişimlerin (Şekil 2.4) etkisi olarak açıklanmaktadır.



Şekil 2.4. Kentleşmeden önce ve sonra hidrolojik çevrim elemanlarındaki olası değişimlerin şematik gösterimi

Sepetçioğlu (2013) gerçekleştirdiği çalışmada, arazi kullanım türlerine göre akarsuların akım miktarlarında değişiklik olduğu göstermiştir. Yapılaşmanın artışı sonucu geçirimli yüzey oranının azaldığı, yeraltına sızan su miktarında düşüş görüldüğü, yeşil alan miktarlarının azaldığı ve akarsuların rejimlerinin de değişime uğradığı ileri sürülmektedir. Çalışmada doğal ortam ve şehir ortamında su döngüsü arasındaki farklara dikkat çekilmektedir.



Şekil 2.5. Doğal ortam ve şehir ortamında su döngüsü (Sepetçioğlu, 2013)

Taşkınlar karşı alınacak önlemler belirlendiği takdirde meydana gelen hasarlardan korunmak ya da bu hasarları minimize etmenin mümkün olduğunu belirten Akman (2021), yerleşimlerin topoğrafik yapısı ve iklim koşullarına müdahale edilemeyeceği için iyi planlama yapılma zorunluluğu ve teknolojik imkânların kullanılması gerektiğini vurgulamıştır. Böylelikle baskınların sebep olacağı can ve mal kayıplarının da önlenilebileceği belirtilmiştir.

Uşıkay ve Aksu birlikte gerçekleştirdiği çalışmada; Taşkınların neden olduğu zarar ve hasarların önüne geçilmesi ve en aza indirilmesi için alınması gereken tedbirleri:

- Taşkın riski taşıyan alanları önceden belirlenerek afet planları hazırlanması,
 - Bu alanlardaki altyapı standartları için gerekli düzenlemelerin yapılması,
 - Merkezi ve yerel yönetimler arasında iş birliği ve görev dağılımı yapılması,
 - Dere yataklarının dengesini bozabilecek kum ve çakıl ocaklarının açılmasının ve kontrolsüz malzeme alımlarının önüne geçilmesi,
 - İmara açılmış veya açılacak olan alanlarda taşkın önleyici tesislerin projelendirilmesi,
 - İmar planları taşkın alanlarını göz ardı etmeden hazırlanması ve dere yataklarına ve taşkın tesislerine müdahalelere izin verilmemesi,
 - Halkın bilinçlendirilmesi,
- olarak sıralanmaktadır.

Kerim ve Süme (2019) su baskınları ile ilgili yaptığı araştırmada aşağıdaki sonuçları ortaya koymaktadır.

- Dere yatakları kirlenmemelidir. Temizliğinin kolaylıkla yapılabilmesi için açık kanallar inşa edilmelidir.
- Akarsu yataklarına yakın ve çukur alçak alanlarda yapılaşma izni verilmemelidir.
- İmar planlarında mekânsal kararlar üretilirken yinelenen taşkın debileri esas alınmalıdır.
- Ormanlık alanlar çoğaltılmalı ve araziler üzerinde teraslama yöntemi uygulanmalıdır.
- Akarsular üzerine su kütlelerini tutması için bentler, sekiler, barajlar veya göletler inşa edilmelidir.
- Suyun taşınabilmesi için gerekli altyapı çalışmaları yapılmalıdır.
- Ulaşım güzergâhları üzerinde suların birikmesini önleyecek giderler yapılmalıdır.
- Her zaman hazırlıklı olunmalı, gerekli tüm ekip ve teçhizat acil müdahaleler için hazır olmalıdır.

Toplumların su baskınlarından korunabilmek, suları yönetebilmek için geçmiş yüzyıllardan beri taşkın koruma ve kontrol yapılarını kullandığı belirten Akman (2021) ve Kadioğlu (2019) isimli araştırmacılar, bu önlemlerin hem yapısal hem de yapısal

olmayan projeler olduğunu belirtmektedir. Araştırmacılar, taşkınları önlemek için alınan tedbirleri; yapısal ve yapısal olmayan olmak üzere iki ayrı grupta değerlendirmişlerdir. Barajlar, sel kapanları, ıslah sekileri, menfezler, dere ıslahları, seddeler, köprüler, tersip bentleri, istinat ve sel duvarları yapısal önlemlerin başlıcaları olarak sıralanmaktadır. Bunun yanı sıra kanalizasyon, drenaj ve yağmur suyu şebeke altyapısının geliştirilmesi, kaldırım ve yolların geçirimli malzeme ile yapılması da alınabilecek yapısal önlemlerden şeklinde belirtilmektedir. Ayrıca bir başka yapısal önlem olarak da yağmur suyu hasadı tavsiye edilmektedir. Yağmur suyu hasadı daha az enerji ve masraf ile yağmur suyunun basit bir arıtmadan geçirilerek kullanıma uygun hale gelmesi şeklinde tanımlanmış ve binaların su basman seviyelerinin yüksek yapılarak zeminden yükseltilmesi de alınabilecek tedbirler arasında gösterilmiştir.

Aynı araştırmacılar, geçirimli yüzey miktarının artırılması, bitki örtüsünün çoğaltılması, yeşil çatıların tercih edilmesi, tahmin ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, tahliye planlarının yapılması, planlama, kayıtların tutulması, risk alanlarının belirlenmesi, sigorta yapılması ve halkın bilinçlendirilmesinin de yapısal olmayan önlemler olarak sıralanabileceğini ileri sürmüşlerdir.



Şekil 2.6. Yeşil çatı uygulaması (DSİ, 2017)

İmar planlarının, afetler göz önüne alınarak hazırlanması gerektiğini savunan Erdin (2017), arazi kullanım kararları oluşturulurken, doğru yer seçimi ve yoğunluk kararlarının oluşturulması ve doğru bir şekilde yapılandırmanın oldukça önemli olduğunu vurgulamaktadır. Bu kararların, kentlerin afet sırasında etkilenme düzeyini belirleyen, afet sonrasında da ihtiyaçlarının karşılanmasında en önemli etkenler olduğunu belirtmektedir.

Mekânsal planlar hazırlanırken sürdürülebilir bir kentsel altyapı düşüncesi ile kararlar üretilmesi gereklidir. Altyapı, bölgenin topoğrafyası ile uyum içerisinde çalışmalı, geçirgen bir yapıya sahip olmalı, ulaşım altyapısı ve güzergâhları uygun bir şekilde düzenlenmiş bir yapı olmalıdır. Bunun yanı sıra taşkın riski taşıyan alanlardaki dere kenarları boyunca geçirgen ve yeşil alan bağlantıları oluşturularak ve yağmursularının burada tutularak hemen akışa geçmesine izin verilmemelidir. Bir şehir için üretilen arazi kullanım kararları ve kentsel gelişme politikaları, su planlaması ile birlikte düşünülmelidir.

Su kaynakları (içme suyu, atık su, vb.) sürdürülebilir bir kentsel planlama ve ekonomik kalkınma için oldukça önemlidir. Suyun sürdürülebilirliği doğal hidrolojik ve ekolojik döngünün tamamlanmasıyla meydana geldiğini Tamer (2016) tarihli çalışması ile vurgulamıştır.

Su baskınları ve şehir selleri önlenmesi kolay olmayan doğal olaylar olarak nitelendirilmelidir. Ancak can ve mal kaybına neden olan bir afet haline dönüşmesi, çoğu zaman insanların yaptığı yanlış uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Akarsu havzaları içerisindeki yapılaşmalar, azalan geçirimli yüzey miktarı, taşkın riski taşıyan alanların ve dere yataklarının yapılaşmaya açık olması insanların yanlış uygulamaları şeklinde sıralanabilir.



Şekil 2.7. İstanbul - Unkapanı, Beyoğlu'nda 2013 yılında yaşanan taşkın (DSİ, 2017)



Şekil 2.8. 2012 Samsun Taşkını (DSİ, 2017)

Taşkın alanlarındaki yerleşimler için imar planları afete duyarlı olacak şekilde yenilenmelidir. Hazırlanan mekânsal planlarda alınacak olan kararlar ile bu olumsuz etkilerin minimuma indirgenmesi hedeflenmelidir. Bölgenin meteorolojik ve coğrafik yapısı göz önüne alınarak gelecekteki taşkınlar için senaryolar üretilmelidir. Bu sayede, taşkın yataklarının önceden belirlenip önlemler alınması, gerekli uyarıların önceden yapılması için erken uyarı sistemleri geliştirilebilecektir. Bölgedeki her kurum, kuruluş, özel sektör ve kent sakinleri bir araya gelerek taşkın öncesi ve sonrası çalışmalar yapmalıdır (eğitim, bilgilendirme vb.).

Şehir plancılarının, mühendislerin, mimarların yani farklı meslek disiplinleri ve yerel/ulusal yöneticilerin kentsel büyüme için uygun alanların belirlenmesinde taşkın risk haritalarını kullanmaları gereklidir. Koç (2021), çalışmasında; Bu sayede, yerleşimin gelişme yönü, mekânsal kullanım kararları ile ilgili kalıcı kararlar üretilirken taşkın riski altındaki hassas alanların göz ardı edilmeyeceğini belirtmektedir.

Su baskınlarına dirençli kentler için, sürdürülebilir plan ve çalışmaların yapılması gereklidir. Derelerin doğal yapısı korunmalı, yanlış arazi kullanım kararlarının önüne geçilmeli, su kaynaklarının kirlenmesinin önüne geçilerek maksimum fayda sağlanmalı ve afete duyarlı bir planlama yaklaşımı benimsenmelidir. Binalarda, yeşil alanlarda ve uygun alanların tamamında yağmur suyu hasatları yapılmalı, suyun depolanarak tekrar kullanımı sağlanmalı, taşkın önleyici veya geciktirici yapılar yapılmalı ve en önemlisi şehrin kanalizasyon ve yağmur suyu şebekelerinin ayrı ayrı inşa edilerek süreklilik prensibi ile hizmet vermesi sağlanmalıdır.

2.2. Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik ve Eklerine Uygun Yapılan Çalışmalar

Cem DEĞİRMENCİ tarafından “Üniversite Yerleşkesinde Gri Suyun Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin Araştırılması” isimli 2023 tarihli çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada SDÜ ve ISUBÜ Merkez Yerleşkesinde bulunan binaların çatı yüzeylerinde toplanabilecek yağmur suyu hasadı hacmi hesaplanmıştır. Öğrenci ve personel sayıları dikkate alınarak SDÜ ve ISUBÜ Merkez Yerleşkesinde gri su miktarı tespit edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda gri su ve yağmur suyu toplam hacimlerinin Merkez Yerleşkedeki yeşil alan sulamasında yeterli olup olmadığı araştırılmıştır.

“Alışveriş Merkezi Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı” çalışması ise Melike YALILI KILIÇ ve Sümeyye ADALI tarafından 2022 tarihinde bilim dünyasının görüşüne sunulmuştur. Çalışmada Bursa ilinde yeralan bir alışveriş merkezine kurulması planlanan yağmur suyu toplama sisteminin maliyet hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda yağmur suyu toplama sisteminin maliyetinin 39.473 \$ olduğu, kurulan sistemle yıllık 2.006 m³ değerinde yağmur suyunun hasat edilebileceği belirlenmiştir.

Doğukan KARATAŞ ve Kutluğ SAVAŞIR’ın “Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu Özelinde Sürdürülebilir Bir Retrofit Önerisi: Yağmur Suyu Toplama Sistemi” çalışması, 2023 yılında yayınlanmıştır. Gökhan Ekrem ÜSTÜN ve arkadaşlarının “Binalarda Yağmur Suyu Hasadı” çalışması ise 2020 tarihinde derleme olarak yayınlanmıştır. Araştırmada, İzmir ili Konak ilçesinde bulunan Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu’nun sürdürülebilirliğini geliştirmeye yönelik yağmur suyu toplama sisteminin olası imkânları ve önemi vurgulanmaktadır. Stadyum çatısından toplanabilecek yağmur suyu verimi ile seyirci, oyuncu ve çalışan kullanımına ek olarak çim saha sulaması sonucunda oluşan yıllık su tüketimi değeri hesaplanmış bu doğrultuda yağmur suyu toplama sisteminin etkinliği değerlendirilmiştir.

Cengiz KOÇ, “Bodrum Yarımadası Kent Taşkınlarının Nedenleri ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Çalışma” ismi ile bir yayını ortaya çıkarmıştır. Çalışmada, Türkiye’nin önemli turizm merkezlerinden biri olan Bodrum yarımadasında yeralan beş dereye ait su toplama havzasının mansabında giderek artan kentleşme, mevcut taşkın ve drenaj tesislerine kentsel gelişim amaçlı yapılan müdahaleler ve iklim değişikliğinden kaynaklanan ani taşkın olayları incelenmiştir. CBS ile yarımadaanın kentsel büyümesinin

1985-2020 yılları arasında %11.36 oranında arttığı belirlenmiştir. Yarımada da Aliyan deresi yıllar içerisinde taşkın oluşturma riskinin en fazla büyüme gösterdiği havza olarak dikkat çekmiştir. Aliyan deresinin ardından riskli havzalar olarak Çukur, Gökçeler ve Gaz havzaları gelmektedir. Çalışma sonucunda, kentleşmedeki artışın taşkın debilerinin büyümesine ve taşkın riski altındaki alanların artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Yarımada da inşa edilen taşkın tesislerine yapılan müdahaleler, arazi kullanımındaki değişiklikler, kentsel büyüme ve çarpık kentleşmenin yarattığı taşkın sorunları belirlenerek oluşabilecek taşkın zararlarını en aza indirmek ya da ortadan kaldırmak için beş dere havzasının memba ve mansabında alınması gereken önlemler ortaya konulmuştur.

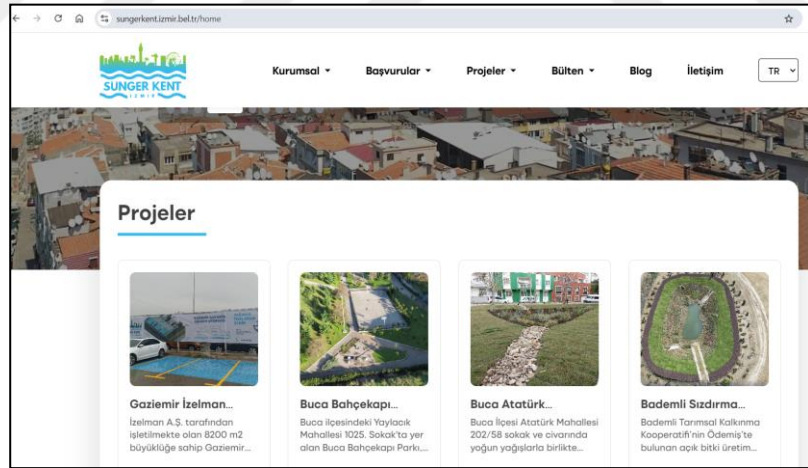
İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Ayşegül TANIK' ın "Yağmur Suyu Toplama, Biriktirme ve Geri Kullanımı" konulu çalışması, Kahramanmaraş'ta düzenlenen 25-27 Ekim 2017 tarihindeki Su Kaynakları ve Kentler Konferansında sunulmuştur. Çalışma yağmur suyunun sürdürülebilir biçimde yönetilmesinin ve kentlerde su tasarrufu sağlamanın önemine odaklanmaktadır. Araştırmada, tarihsel olarak Anadolu'da yaygın şekilde kullanılan sarnıç sistemlerinin, günümüzde artan su kıtlığı koşullarında yeniden değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Yağmur suyu toplama sistemlerinin düşük maliyetli, çevresel açıdan sürdürülebilir ve kolay uygulanabilir çözümler sunduğu; aynı zamanda sel riskini azaltarak mevcut şehir şebekesi üzerindeki baskıyı hafiflettiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte, düzensiz yağış rejimi, toplumda farkındalık eksikliği ve yasal teşviklerin yetersizliği, bu sistemlerin yaygınlaşmasının önündeki temel engeller olarak gösterilmiştir. Çalışmada, geleneksel sarnıçlar, sızdırma ve yüzey toplama yöntemleri ile modern modüler sistemlerin teknik özellikleri karşılaştırılmış, ayrıca dünya genelindeki uygulama örnekleri incelenmiştir. Özellikle yeşil bina sertifikasyon sistemleri bağlamında yağmur suyu kullanımının entegre çevre politikalarıyla ilişkilendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Sonuç olarak, Türkiye'nin iklim koşulları ve yağış rejimi dikkate alındığında, yağmur suyu hasadı ve yeniden kullanımının hem bireysel hem de bölgesel düzeyde sürdürülebilir su yönetimi açısından stratejik bir zorunluluk olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Abobakar Himat, Mustafa ONÜÇYILDIZ ve Selim DOĞAN'ın "Türkiye Yağmur Suyu Hasat ve Bertaraf Yönetmeliğine Göre Kentsel Drenaj Tasarımı" konulu çalışması ise uluslararası dergide yayınlanmıştır. Çalışmada Rasyonel Yöntem kullanılarak yağmursuyu drenaj tasarımı için Konya ili Selçuklu ilçesinde bulunan Barış

Caddesi seçilmiştir. Çalışma alanı inşa edilen binalar açısından oldukça gelişmişliği ve yeşil altyapı eksikliği bulunduğundan su baskınlarına maruz kalmaktadır. Yoğunluk tespiti için Yoğunluk-Süre-Frekans (IDF) eğrileri kullanılmıştır. Yağmursuyu şebekesi tasarımı için 15 dakikalık yağış süresi 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 200 yıllık tekerrürler seçilmiştir. Her tekerrür için yağmur verimi hesaplandı. Drenaj sistemi için boru çapı, seçilen dönemler için %60'lık kısmen dolu boru debisine göre hesaplanmıştır. Sonuç olarak; Konya'nın Selçuklu ilçesindeki Barış Caddesi'ne 600 mm boru çapı kullanılarak gerçekleştirilen yağmur suyu şebekesinin kapasitesinin 200 yıl tekerrürlü yağış miktarını taşımaya yeterli olacağı belirlenmiştir.

2.3. Sünger Şehirler ve Uygulamaları

Ülkemizde sünger şehir konseptini resmi olarak ilk başlatan şehirlerden biri İzmir'dir. İzmir Büyükşehir Belediyesi bu konu hakkında bir web sitesi kurmuş, yönetmelik çıkartarak bazı örnek projeleri gerçekleştirilmek üzere planlamasını yapmaya devam etmektedir.



Şekil 2.9. İzmir Büyükşehir Belediyesi Web Sitesi (URL-1, 2024)

Çin'de aşırı yağışlar, kentsel seller ve tayfunlar oldukça sık yaşanmaktadır. Buna karşı Çin Halk Cumhuriyeti sünger şehir programını ciddi riskler taşıyan 30 pilot şehirde uyum stratejisi adı altında uygulamaya koymuştur. Yunfei Qui (2020), ülkede doğaya dayalı çözümler sunmak için mavi-yeşil-gri altyapı sistemleri bütünleşik olarak uygulanmaktadır. En büyük hedef şiddetli yağışlarda oluşan taşkınları ve yüzey suyu

akışlarını azaltmaktır. Bunu yaparken de borulu drenaj sistemleri, barajlar ve taşkın duvarlar gibi sürdürülebilir drenaj sistemleri kullanılmaktadır.

Şehirlerde genelde gri altyapı sistemleri kullanılmaktadır. Akış sırasında suyun emilmemesi ve başka yere aktarılması su baskınlarına neden olmaktadır. Bununla başa çıkmak için yeşil çatılar, geçirgen kaldırım ve yüzeyler kullanılabilir. Böylelikle depolama ve emmenin artması sağlanabilir. Ayrıca yapay göletler, hendekler artırılarak da önlemler alınabilir. Sünger şehir kavramı ile su yönetimi ve mekânsal planlama birleştirilebilir kavramlardır. Yağmur sularını depolayan, akışını emen aynı zamanda şehir sellerine karşı esnek bir uyum sağlayan şehirler, sünger şehir olarak tanımlanmaktadır (Shao ve Ark., 2016). Yağış suları depolanmakta ve gerektiğinde kullanılabilir.



Şekil 2.10. Sünger şehir örnek kent görünümü (URL-2, 2024)

Doğru, 2023 tarihli yayınında, bitki yağmur hendeği, sel riskini azaltmak amacıyla şiddetli yağışlar esnasında veya sonrasında genellikle kentsel bölgelerde yollara yakın bulunan içinde bitki olan, doğrusal içe doğru eğimli bir çukur olarak tanımlamaktadır. Bu hendeğin, akışa geçen ve kaçak sızan suları emeceği, tutacağı ve ileteceğini söylemektedir. Ayrıca içindeki bitki örtüsü ve toprak sızma esnasında kirletici maddeleri ve tortuları da temizleyeceğini belirtmekte, bitki yağmur hendeği için bitki örtüsü seçeneğinin farklılık gösterebileceğini ancak derin köklü yerli bitkilerin tercih edilmesinin oldukça yaygın olduğunu belirtmektedir.



Şekil 2.11. Sünger şehir örnek su biriktirme alanları (URL-2, 2024)



Şekil 2.12. Sünger şehir örnek bitki dokusu (URL-2, 2024)



Şekil 2.13. Sünger şehir örnek bitki yağmur hendeği (Doğru, 2023)

Doğru (2023), yeşil altyapı teknolojileri, yağmur suyunun toprak tarafından emilmesi için toprağın daha fazla geçirgenliğini arttıracak konuları içerdiğini ileri sürmektedir. Kentsel yeşil altyapı alanları aşağıda belirtilmektedir.

- Açık alanlar ve rekreasyon alanları
- Spor alanları
- Araç yolları ve otopark alanları
- Yaya yolları ve kaldırımlar
- Yağmur bahçeleri
- Sarnıçlar
- Yeşil çatılar
- Yeşil duvarlar
- Kent tarımı alanları
- Kent bina stoku çatı alanları

Araştırmacı, bir kentte yeşil altyapının iyi planlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Yeşil altyapıya yatırım yapmanın basit bir iş olarak görülmemesi ve kuralları olan hesaplı uygulamaların tercih edilmesini tavsiye etmektedir. Yerel yönetimlerdeki farklı birimlerin yetki alanlarını birleştiren bir yaklaşımın gerekli olduğu, bu nedenle kentteki su sorununa sürdürülebilir su yönetimi kavramı ile yaklaşılması gerekliliği dolayısıyla konuya imar, çevre, atık, altyapı, baskın, enerji, vb alanlar ile beraber çözüm aranması gerektiği tespitleri yapılmıştır. Tüm bu nedenlerden dolayı sünger şehir projesi uzun vadede özenle ele alınması gereken bir plan olduğu göz önüne alınarak yerel yönetimler tarafından Su Koordinasyon Merkezi gibi halka açık yazılımları olan bir sistem tasarlanmasının zorunlu olduğu belirtilmektedir.

Sünger şehirler, sel ve su baskını risklerini azaltmakla kalmadığı gibi suyun kalitesi üzerinde de fayda sağlar. Kentsel alanlara her yağın yağmur damlası çeşitli nedenlerden dolayı kirlenmekte, iyi bir yağmur suyu şebekesi olan şehirlerde bile arıtılmak zorunda kalınmaktadır. Türkiye'mizin hemen hemen tüm şehirlerinde her yağış arıtma sistemine yük olarak gelmektedir. Arıtma tesisleri kendi enerjisini kısmen kendi üretse de enerjisinin çoğunu fosil yakıtları tüketerek kullanmakta, bu durumun iklim değişikliğine de olumsuz katkı yaptığı bir gerçektir. Dolayısıyla şehirlerin geçirimli olması kent emisyonlarını da düşürdüğü bir gerçektir. Yukarıda da bahsedildiği gibi gelen her yağış kentlerde arıtma yükü getiriyor ise, gelen her m³ su toplanan para ile arıtıldığından önemli bir gider de olmaktadır. Çoğu zaman bu giderler

ihmal edilmektedir. Ancak bilinmelidir ki kentte arıtılan suyun yarısı teorik olarak yağışlar ile arıtma tesislerine ilave yük olarak gelmektedir.

Yağmur suyunu kirlenmeden kullanmak, şehirde erozyon olmaması ve daha da temiz hale gelmesini sağlar. Toprağın korunması ile birlikte tarımın ve bitkilerin değerlendirilerek fayda sağlar. Isı adaları ile mücadelede yeşil alanların etkisi oldukça fazladır. Kentte biyoçeşitlilik veya ekolojik çeşitlilik artmaktadır. Kentsel nüfusa boş zamanlarında kent tarımı yapmalarına imkân sağlanabilmektedir. Mikro iklimin iyileştirilmesi, kentsel alanların iyileştirilmesini de sağlar. Bundan dolayı sünger şehirler için kısa vadede üzerinde çalışılması gereken zorlu bir süreç olsa da uzun vadede şehirlerimiz için verimli hatta kaçınılmaz bir yatırım olarak değerlendirilmelidir.



Şekil 2.14. Kentlerde su yönetimini zorlayan dinamikler (Doğru, 2023)

Temel olarak kentsel alanlar üzerine düşen yağmur suyunu yeşil altyapı teknikleri kullanarak yönetme işleminin ana fikri, yağmur suyunun mümkün olduğunca düştüğü alanda toplanması, depolanması ve sızdırılmasıdır. Böylece yollardaki yüzey akışı azaltılarak mevcutta bulunan altyapı sistemlerinin yükü azaltılır ve taşkınlar önlenir. Bunun yanı sıra uygulanan yeşil altyapı teknikleri sayesinde ekolojik çevre gelişir, biyo-çeşitlilik artar ve kentsel ısı adası etkileri azaltılmış olur (Doğru, 2023).



Şekil 2.15. Kentsel bağlamda su döngüsünün bileşenleri (Doğru, 2023)

Şehirler üzerine değişen iklim koşulları nedeni ile yağışlar, kısa süreler içerisinde daha yüksek miktarlarda düşmekte, bu durum şehrin mevcut kanal ve yağmur suyu altyapısını ciddi oranlarda zorlamaktadır. “Sünger Şehir Projesi; biyolojik hendekler, yağmur bahçeleri, yer altı ve yer üstü depoları, geçirimli yollar, sızma göletleri gibi çeşitli yeşil altyapı tekniklerinin uygulanması ile altyapılarda meydana gelen streslerin ortadan kaldırılmasını amaç edinmiştir (Doğru, 2023).



Şekil 2.16. Yağmursuyu hasadı örneği (Doğru, 2023)

Sünger şehir uygulamasında yağmur sularını toplamak, temizlemek, kullanmak ve yeraltı sularını beslemek en önemli amaçlardır. Bu konseptin şehir selleri ve su taşkınları için de çözüm olabileceği düşünülmelidir. Yağmur suyu hasadı sünger şehir konseptinde en önemli başlıktır. Sünger şehirler bazı ülkelerde, “yeşil altyapılar” gibi başka isimlerle de anılmaktadır. Akıllı şehirler, sünger şehirler, sürdürülebilir şehirler gibi. Bu yaklaşımların çoğu çeşitli şehircilik fikirlerine dayanmaktadır. Sünger şehirler

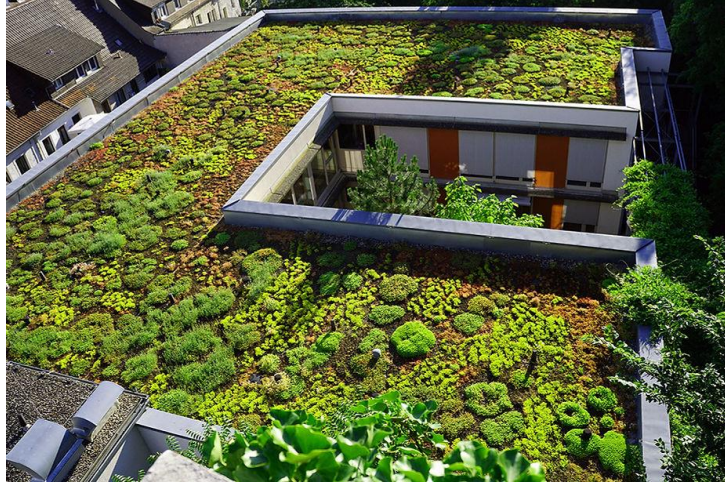
aslında doğayı taklit etmeye benzemektedir. Su doğal olarak doğaya müdahale edilmediği sürece toprakla ve yeraltı sularıyla kendiliğinden buluşmaktadır. Aynı zamanda doğa, bu suları çeşitli su yüzeylerinde, göllerde ve sulak alanlarda toplamakta, bitkilerin ve hayvanların kullanımına sunmaktadır. Şehri tasarlarken doğayı taklit etmek aslında yüksek teknolojili bir gerekliliktir (Doğru, 2023).

Sünger şehir konsepti şu anda ülkemizde yaygın değildir. Çin Halk Cumhuriyeti'nde uygulamaya konan sünger şehir uygulamaları Amerika, Hollanda ve Almanya' da uzun süredir başlamıştır. Sünger şehir uygulamalarının farklı şekillerde uygulanabilmesi mümkündür. Bu uygulamada genellikler şehirler suyu bütün halde emmek üzere tasarlanmaktadır. Eskiden geçirimli olmayan asfalt kaplamalı yollar ve kaldırımlar geçirgen hale getirilmektedir. Bu sular bazen yağmur bahçelerinde veya bitki su hendeklerinde bazen geciktirme yapılarında bekletilmektedir. Bu uygulamayla birlikte yeraltı suyuna karışan su miktarı üç-dört katına çıkartılabilmektedir. Bir başka uygulama da şehir içinde kurulan açık kanallar ve su toplama havuzlarıdır. Bu alanlar hem suyun toplanmasında hem de taşkınları önlemede yeşil altyapı olarak kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 2.17. Yağmursuyu hasadı örneği (Doğru, 2023)

Yeşil alanlar, yeşil çatılar ve dikey bahçeler sünger şehir tasarımlarında çok önemlidir. Dikey bahçeler şehirdeki biyotop alanların önemli bir kısmıdır. Zeminde yer kalmadığı zaman dikey yüzeylerin kullanımı oldukça kritik olmaktadır. Bu alanlar suyu yakalayan ve kullanan alanlardır. Ayrıca kentin yeşil ihtiyacını da karşılamaktadır. Bir başka yönden de çatılarda toplanan sular drenaj kanalları yardımıyla yeraltına ulaştırılabilmektedir.



Şekil 2.18. Yeşil çatı örneği (Doğru, 2023)

Şehirlerin nüfusları arttıkça yapılaşma da artmaktadır. Sünger şehir kavramı; yapı alanlarının yapılaşma kuralları içinde iklim değişikliğinin etkilerini azaltım ve uyum bağlamı çerçevesinde mutlaka yer almalıdır. Kentlerde su döngüsü ve planlama bağlamları yapılaşma alanlarında birbirinden ayrı tasarlanmaktadır. Yeni kent planları su döngüsünü, plan notlarına ve kararlarına, altyapı alanları ile yeşil alan mantığına uyarlamalıdır.

2.4. Yağmur Suyu Hasadı

Bitkilerin, hendeklerin, çeşitli alt ve üst yapıların kullanılmasıyla, yağmurun yağdığı veya uygun görülen bir alanda tutulmasını sağlama işlemlerinin tamamına “yağmur suyu hasadı” diyebiliriz. Bir nevi su yönetimi kapsamında depola-kullan modeli de denebilir. Yoğun yağış dönemlerinde suyu depolama, yağışsız veya suyun az olduğu dönemlerde de suyun kullanılmasına yarayan bir işlemdir. Çatılardan hasat edilen yağmur suyu, kolay bir şekilde arıtılarak kullanılması halinde temiz su kaynaklarına erişim imkânı da sağlanmış olur. Yağmur suyu hasadında ana strateji; yağmurun hidrolojik çevrimde kalması için suyu yavaşlatmak, suyu yayarak toprağa emdirmek veya suyu depolamaktır. Bu da teknolojiyi kullanmak ve gerekli yapıları yapmak suretiyle mümkün olacaktır. Şekil 2.19 da milattan sonra 6. yüzyılda Gürcistan’ın Küçük Kafkas Dağlarında yağmur suyu hasadı ile ilgili el ile yapılan kanal ve depolama alanı görülmektedir.



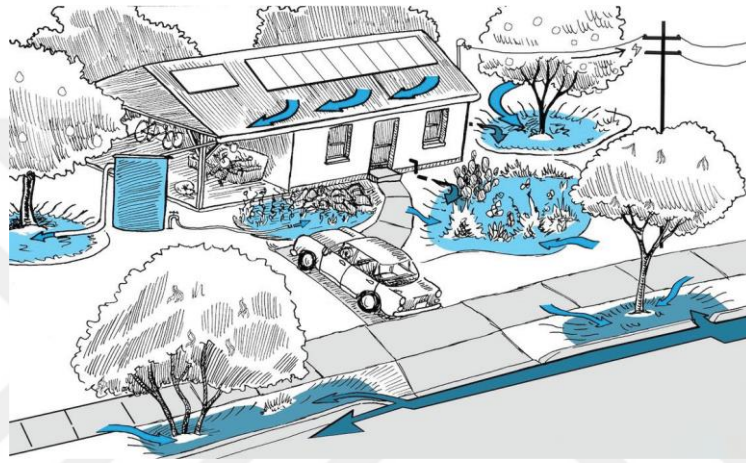
Şekil 2.19. 6. Yüzyıl yağmur suyu hasadı örneği (YHD, 2022)

Yağmur suyu hasadının faydaları;

- 1- Suyun korunması
- 2- Ücretsiz olması
- 3- Toprak ve üstündeki bitki örtüsünü beslemesi
- 4- Erozyonun önlenmesi
- 5- Su baskınları riskini azaltarak sel oluşumunu engellemesi
- 6- Suyun sulama, yangın vb. yerlerde kullanılması
- 7- Kuraklıkla mücadele
- 8- Nem oranının korunması ve serinlik
- 9- Tarımsal sulamaya yardımcı olarak kırsal kalkınmayı desteklemesi
- 10- Tatlı su kaynaklarının korunması ve gelişmesine katkı sağlaması
- 11- Taşkınların getireceği kirliliğin önüne geçilmesi
- 12- Farkındalığın artmasına yardımcı olması
- 13- Bilinçli su tüketimine katkıda bulunması
- 14- Bitki seçimi
- 15- Akışa geçen su miktarının azaltılması ve suyun yeraltına sızmasının sağlanması ve daha da fazla sayıda maddeler halinde sıralanabilir.

Yağmur suyu hasadında; yüzeylerin geçirimsiz olması nedeni ile akışa geçen yağış sularının yerinde biriktirilmesi, depolanması ve tekrar kullanılması ana esastır. Yeşil alanların azalması, betonlaşmanın artması gibi nedenlerle geçirimsiz yüzeyler artmaktadır. Bu nedenle de yağış suları toprakla birlikte yeraltına sızmamakta ve direkt

olarak akışa geçmektedir. Yağmur suları mevcut altyapı sistemlerinde ya ayırık sistemle ya da birleşik sistem yolu ile şehirlerden uzaklaştırılmaya çalışılmaktadır. Maalesef bu durum hidrolojik döngüyü etkilemekte ve yağış sularının yağdığı alana sızmasını da engellemektedir. Aynı zamanda şiddetli yağışlar oluştuğunda bu fazla sular birleşik sitemlerde kanalizasyon hatları ile taşınmakta ve arıtma tesislerine de ciddi yükler getirmektedir. Bu hususlardan dolayı yağışın olduğu alanda yağmur suyu hasadı ile değerlendirilmesi ve daha sonra kullanıma alınması oldukça önemlidir. Tüm bunlar dünyamızda yağmur suyu hasadı uygulamalarının artmasına yol açmıştır (YHD, 2022).



Şekil 2.20. Yağmur suyu hasadı (YHD, 2022)

Depolanan yağmur suları yeşil alanların sulamasında, arıtılması halinde hayvanların ve bitkilerin su ihtiyaçlarının karşılanmasında, araç yıkama, yangın söndürmede, temizlik işlerinde, yapay göletlerde kullanılabilir.

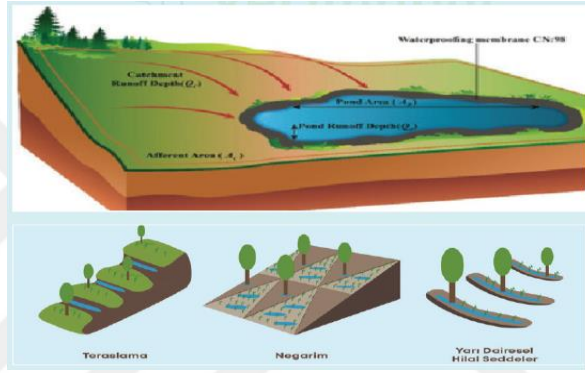


Şekil 2.21. Hasat edilen yağmur suyunun kullanım alanları (YHD, 2022)

Yağmur suyu hasadı şehir içi ve şehir dışında toplama havzası büyüklüğüne göre makro ve mikro ölçekte yapılabilir. Makro ölçek için tarımsal kullanım, mikro ölçek için ise şehir içinde kullanımdan bahsedilebilir (Oweis ve Ark., 2001).

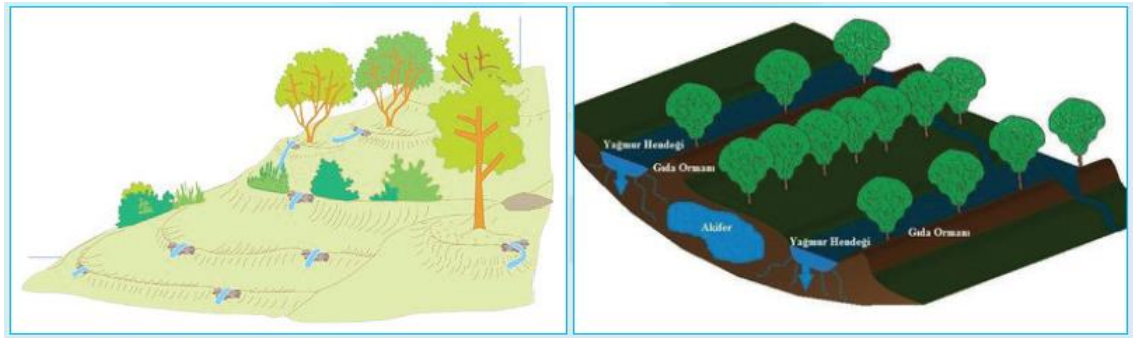
Makro Ölçekte Su Toplama Alanları, nispeten büyük bir havzadan ve özellikle sel sularından toplanır. Akış suyuna göre vadi yatağı ve vadi dışı sistemler olarak iki türe ayrılırlar (Oweis ve Ark., 2001). Genellikle vadi yatağında su akışının engellenmesiyle birlikte zemin yüzeyinde depolama sistemine vadi yataklı sistem denilir. Küçük çiftlik göletleri/ rezervuarları, vadi yatağı tarımı ve teraslama gibi sistemler bu sisteme örnek olarak verilebilir. Vadi yatağının dışına uygulanan sistemlere de vadi dışı sistemler denir. Bunlara seddeler, sarnıçlar ve yamaç kanal sistemleri örnek

olarak verilebilir.



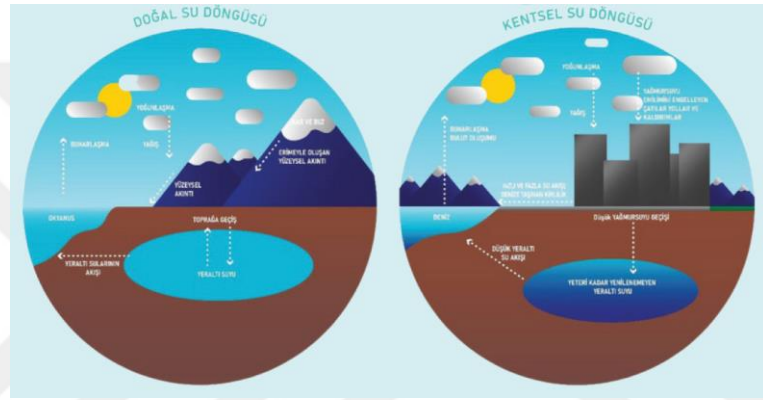
Şekil 2.22. Makro su toplama alanları (YHD, 2022)

Mikro Su Toplama Alanları, genellikle küçük yüzey akışlarının toplandığı ve genellikle kısa mesafe boyunca tabaka akışı olan sistemlerin bulunduğu alanlardır. Çoğunlukla kentsel alanlarda kullanılan sistemlerdir. Hendekler, yağmur bahçeleri, drenaj kanalları, geçirimli yüzeyler, çatı depo sistemleri ve teraslar bu sisteme verilebilecek bazı örneklerdir (Oweis ve Ark., 2001).



Şekil 2.23. Mikro su toplama alanları (YHD, 2022)

Şehirlerde betonlaşma, yağışın tutulacağı yeşil alan azlığı, yeraltına sızmanın olacağı toprak yüzeylerin azlığı nedeniyle geçirimsiz yüzeyler oluşmakta ve yağışın çoğu akışa geçerek taşkın, kirlilik, cana ve mala zara verme gibi birçok problemi beraberinde getirmektedir. Bunların önüne geçebilmek için sürdürülebilir bir su yönetim planlaması yapılması kaçınılmazdır. Bu planın en önemli parçalarından birisi de elbette yağmur suyu hasadıdır. Kentlerde yağmur suyu hasadı, yeşil çatı, bitki hendekleri, geciktirme havuzları, su geçiren yüzey kaplamaları, depolama, sulak alanlar ve yağmur bahçeleri gibi yöntemlerle gerçekleştirilebilir.



Şekil 2.24. Mikro su toplama alanları (YHD, 2022)

Özellikle kentlerin tasarımında sünger şehir konseptine uygun tasarımlara yer verilmesi ve kentin sünger kent olarak davranış sergilemesi, yağmur suyu hasadının yanı sıra şehir sellerinin de önüne geçilmesinin sağlanması adına büyük katkılar sunacaktır (Abbott ve Ark., 2013).



Şekil 2.25. Kentsel yağmur suyu hasadı (Abbott ve Ark., 2013)

Yağmur suyunun en temiz şekli ile hasat edildiği yöntemlerden bir tanesi, çatılarda biriken yağış sularının, borular vasıtası ile yeraltı veya yerüstünde depolanabilmesidir. Ülkemizde yağış suları çatı olukları ve bu oluklara bağlı borulardan gelişi güzel olarak alıcı ortama (kanalizasyon şebekesine) deşarj edilmekte ve herhangi bir depolama yoluna gidilmemektedir. Ancak hem yasal mevzuatın (yönetmelik) zorunlu kılması hem de bilinçlenme sonucunda bu sular oluştuğu alanlarda depolanmalı ve daha sonra ihtiyaca göre kullanılmalıdır. Bu sistemle yağmur sularının toplanması adına ciddi bir enerji tasarrufu da sağlanmaktadır.

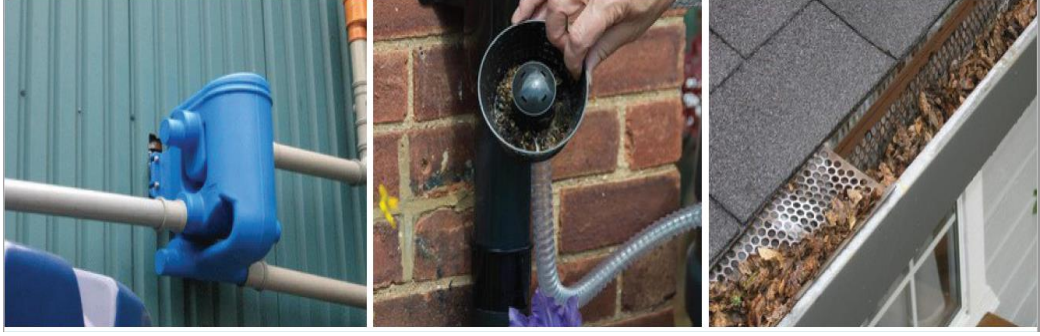


Şekil 2.26. Çatı yağmur suyu hasadı (YHD, 2022)

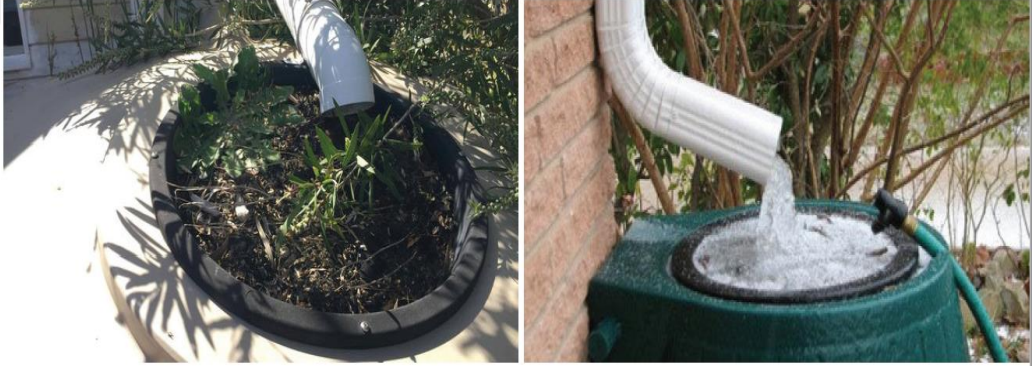
Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğünce hazırlanan Yağmur Suyu Hasadı Rehber Dokümanında (YHD), çatılardan yağmur suyu hasadının verimli yapılabilmesi için aşağıdaki bazı hususlara dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bunlar;

- Çatılarda kullanılan malzemelerin kolay bir şekilde akışı sağlayacak sağlığa zararlı olmayan malzemelerden seçilmesi gerekir,
- Çatı eğiminin suyun akışına ve bulunduğu iklim şartlarına göre olması sağlanmalı,
- Çatı yüzeylerinin kolay temizlenebilir olması gerekir,
- Çatı yakınında engel ağaçların bulunmaması gerekir,
- Kuşların yuva yapacağı şekilde olmaması ve kuşların yuva yapmalarının engellenmesi gerekir,
- Olukların tıkanmaması için tel örgü vb. gerekli tedbirler alınmalıdır,

- Periyodik olarak gerekli bakımlarının yapılması ve insan sağığına ve kimyasal sonuçlar doğuracak boyama vb. uygulamalardan kaçınılmalıdır.



Şekil 2.27. Çatı yağmur suyu hasadı sistem detayları (YHD, 2022)



Şekil 2.28. Çatı yağmur suyu hasadı sistem detayları (YHD, 2022)

Çatı yağmur suyu hasadı uygulama aşamaları aşağıda verilmektedir.

1. Potansiyel olarak toplanabilecek yağmur suyu hasadı
2. İhtiyaç olan su miktarının hesabı
3. Gerekli depo hacmi tespiti
4. Arıtma işlemi ihtiyacı tespiti
5. Maliyet
6. Fayda/Maliyet Analizi



Şekil 2.29. Çatı yağmur suyu hasadı sistemi (YHD, 2022)

Potansiyel olarak toplanabilecek yağmur suyu miktarı: Hasat sistemlerinin tasarlanmasında en önemli unsurlar yağmurun alansal dağılımı ve miktarıdır. Hasat edilebilecek toplam yağışın hesaplaması bölgeye en yakın meteoroloji istasyonunun aylık ortalama yağış verileri ile gerçekleştirilmelidir. Bu hesaplamada üç ana unsur ön plana çıkmaktadır. Bunlar çatı alanı, akış katsayısı ve yağış miktarıdır. Aylık ortalama yağışın kar veya yağmur olmasına dikkat edilmelidir. Özellikle kış aylarında biriken karların bahar ayında erimesi sonucu yağış yüksekliğini artıracaktır. Çalışma bölgelerine göre yağış verilerine kar suyunun etkisinin olup olmadığının incelenmesi gerekir. Aylık ortalama yağış verileri ölçülerek verilmekte fakat bölgede daha önceki yağış sonrası birikimler dikkate alınmamaktadır.

Çatılardan yağmur suyu hasadı ile elde edilen su miktarı aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanabilmektedir (Dadhich ve Ark., 2016).

$$\text{Toplanabilir Su Miktarı, } lt = \text{Toplam Çatı Alanı (m}^2\text{)} * \text{Ortalama Yağış Miktarı } \left(\frac{lt}{m^2}\right) * \text{Akış Katsayısı} \quad (2.1)$$

Akış katsayısı, yağan yağmurun tamamının kullanılamayacağını ifade eder ve çatıda kullanılan malzemelerin tipine göre farklılık gösterebilir. Hasat edilen suyun depoya girmeden önce yağış dışında gelebilecek diğer maddelerden dolayı filtre edilmesi de dikkate alınmalıdır. Bu kapsamda 0,90 filtre etkinlik katsayısının kullanılması gereklidir (Temizkan ve Ark., 2020). Potansiyel yağmur suyu miktarı belirlendikten sonra ihtiyaç olan su miktarına geçilebilir.

Çizelge 2.1. Çatı malzemesine göre yağmur suyu toplama yüzeyinin akış katsayıları (YHD, 2022)

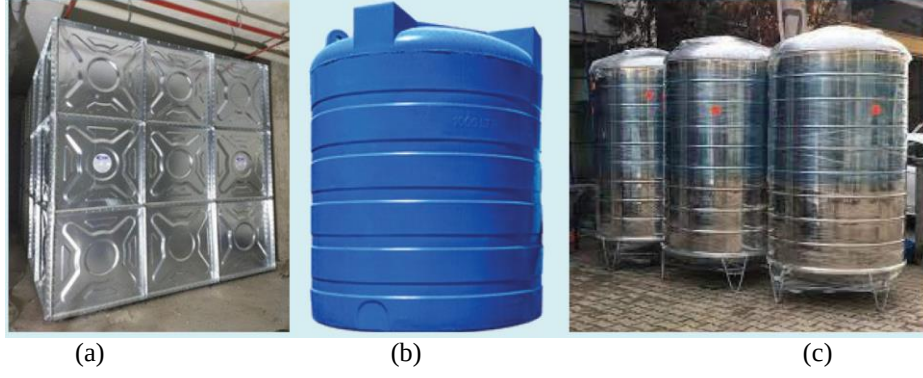
Su Tutma Yüzeyi Akış Katsayısı	Su Tutma Yüzeyi Akış Katsayısı
Kiremitler	0,75-0,90
Eski kiremit	0,75-0,80
Yeni kiremit	0,80-0,90
Metal Çatılar	0,70-0,90
Eski metal çatı	0,70-0,80
Yeni metal çatı	0,80-0,90
Kaplamalar	0,50-0,80
Beton Kaplama	0,60-0,80
Tuğla Kaplama	0,50-0,60
Zeminler	0,01-0,30
%10'dan az eğimli toprak zemin (sıkıştırılmamış)	0,01-0,10
%10'dan az eğimli toprak zemin (sıkıştırılmış)	0,15-0,30
Doğal kaya döşemeler	0,20-0,50
Yeşil sahalarda	0,05-0,10

İhtiyaç olan su miktarının hesabı: Öncelikle depolanan suyun nerelerde kullanılacağını tespit edilmesi gerekmektedir. Tuvalet rezervuarları, yeşil alanların sulanması, araç yıkama, iç mekân ısıtma, temizlik ve endüstriyelde kullanılacak proses suları gibi kullanılacak alanlardaki ihtiyaç miktarı hesaplanmalıdır. Bunların dışında kalan fazla ve depolanamayan yağış suları da yağmur veya kanalizasyon sistemi ile deşarj edilmelidir. Yağış miktarının az olması hâkinde şebeke ve diğer kaynaklardan sisteme su takviyesi de yapılacak şekilde depo hacmi belirlenir.

Gerekli depo hacminin tespiti: Deponun, yukarıda bahsedilen ve öngörülen su ihtiyaçları kadar kapasiteye sahip olması beklenir. Ancak depo kapasitesi hesaplanırken en az 3 günlük su depolayacak şekilde olmasına dikkat edilmelidir. Çizelge 3.2 de hesap detayına yer verilmiştir.

Çizelge 2.2. Depo hacmi hesaplaması

Günlük yağış potansiyeli ($m^3/gün$)	Maksimum yağış potansiyeli, $\frac{m^3}{ay}$ 30 gün	
Günlük su ihtiyacı ($m^3/gün$)	Kullanım alanında günlük maksimum su ihtiyacı, ($m^3/gün$)	
Depo Hacmi (m^3)	Günlük yağış potansiyeli < Günlük su ihtiyacı	(3 gün) * (Günlük yağış potansiyeli)
	Günlük yağış potansiyeli > Günlük su ihtiyacı	(3 gün) * (Günlük su ihtiyacı)



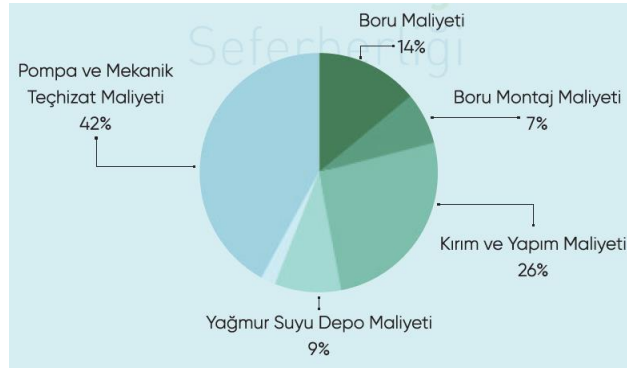
Şekil 2.30. Galvaniz modüler su deposu (a) Plastik polietilen su deposu (b) Paslanmaz çelik su deposu (YHD, 2022)

Arıtma işlemi ihtiyacı tespiti: Hava kalitesi, çatı malzemesi ve yağmur suyunun kullanım alanı, yağmur suyunun arıtılması ihtiyacını belirleyen faktörlerdir. Eğer çevresel faktörlere bağlı olarak kimyasal veya ağır metaller içeren suların hasat edilmesi kaçınılmaz ise mutlaka arıtma sistemi kullanılmalıdır. Tuvaletlerde kullanılan sifon suyu, bina içi temizlik suyu, araç yıkama ve bahçe sulama gibi suların kullanılmasında sağlanması gerekli herhangi bir kriter bulunmamaktadır. Ancak toplama alanlarından gelebilecek katı maddelerin tutulması için depo girişlerine filtrasyon sistemlerinin kurulması sonucu pompaya yabancı madde girişi önlenmelidir. Hatta pompa seçimi yaparken parçalayıcı bıçaklı pompa seçilmesi durumunda tıkanma riski en az seviyeye indirgenmiş olacaktır (YHD, 2022).



Şekil 2.31. Arıtma sistemi (YHD, 2022)

Maliyet: Yağmur suyu hasadının maliyeti hesaplanırken, toplama, iletim, arıtma, depolama ve dağıtım bölümleri olarak ele alınmalıdır. İlk olarak projelendirme maliyeti daha sonra toplama ve iletim işlemlerinde borulamanın yanı sıra kazı, dolgu, nakliye, dolgu malzemesi maliyetleri, depolama maliyeti, depolamadan sonra dağıtımında pompa ve enerji maliyetleri, arıtma ve diğer maliyetler olarak dikkate alınmalıdır. Bu maliyeler de hesaplanırken yerel fiyatlardan faydalanmak daha doğru bir sonuca ulaşmak için faydalı olarak değerlendirilir.



Şekil 2.32. Yağmur suyu sistemi maliyet kalemleri yüzdeleri (YHD, 2022)

Yağmur suyu hasadı ile ilgili çeşitli ülkelerde gerçekleştirilen örnek uygulamalardan bazıları aşağıda verilmektedir.

Birleşik Krallık: Birleşik krallık yıl boyunca yağışın etkisinde kalmasına rağmen yaşam tarzlarındaki değişiklik, nüfus artışı ve diğer etkenlerden dolayı su kaynaklarında baskılar oluşmaktadır. Sutton & East Surrey Water-Preston su verimliliği girişimi projesinde su tasarruf planları ve buna bağlı eğitim programları kullanılarak sosyal konutlarda su ihtiyacı azaltılmaya çalışılmaktadır. Ülkede bir başka uygulama da Londra'daki Rafayel Otelinde uygulanan ters şemsiye yöntemidir. Bu yöntemle binaların çatısından ve otopark örtüsü kullanılarak alınan yağmur suları ile ekili alanların sulanması sağlanmaktadır (YHD, 2022).



Şekil 2.33. Preston su verimliliği girişimi kapsamında yağmur suyu tankı yerleşimi (YHD, 2022)



Şekil 2.34. Londra'daki Rafayel Hotel'den yağış toplama ve depolama sistemi (YHD, 2022)

Danimarka: Danimarka'da miktar olarak az olsa da yıl boyunca iyi bir sıklık ve dağılımda yağmur yağmaktadır. Burada Nyborg'daki Upcycle Evinde yağmursuyu hasadından elde edilen sular kullanılmakta ve uygulamanın bu kapsamda uygulanan ilklerden olması dikkat çekmektedir (YHD, 2022).

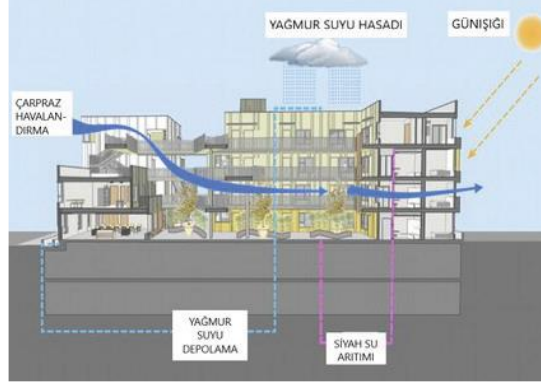
ABD- New York: Amerika Birleşik Devletleri'nin şehirlerinden New York'un iklimi karasaldır. Burada yağış ortalaması 1.260 mm civarındadır. Şehirde bulunan Solaire rezidansında yağış suları hasat edilmekte ve 1., 17. ve 27. katlarda bulunan yeşil alan ve çatı sulamasında kullanılmaktadır. Yağış suları kapasitesi 38 m³ olan bir depoda biriktirilerek çökeltme ve arıtma işlemlerinden geçirilmektedir (YHD, 2022).



Şekil 2.35. Kuzey Amerika'daki ilk yüksek katlı yeşil konut-Solaire Rezidans (YHD, 2022)

ABD-Kaliforniya: Kaliforniya eyaletinde iklim geniş ölçüde değişkenlik gösterir. Bunu nedeni kıyıya yakınlık, yükseklik, çöl ortamı gibi değişkenliklerin bulunmasıdır. Eyalette genel olarak su sıkıntısı yaşanmaktadır. İklim ıslak ve kuru olmak üzere iki farklı şekilde kendini gösterir. Islak sezonda yağışların kuru sezondan fazla olmasına karşı bu sezondaki yağışların tutulması mevcut arazi kullanımlarından dolayı

pek mümkün değildir. Yağışların tutulması ile ilgili farklı stratejiler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Santa Monica’da bulunan Pico Housing binasında çatıdan hasat edilen yağış sularının kendi içinde kullanılmaktadır (YHD, 2022).



Şekil 2.36. California-Pico Evleri (YHD, 2022)

Asya–İran: İran’da ortalama yıllık yağış miktarı 252 mm olup dünya ortalamasının 1/3’ünden azdır. Ülkedeki birçok şehir aynı zamanda hem su kıtlığı hem de su baskınları yaşamaktadır. Kurak iklimlerde Şekil 2.37 te gösterilen iç bükey çatı modelleri kullanılarak yağış suları toplanmaktadır. Ayrıca bu yapılar gölge görevi de yaparak bina içine verilen yağış sularının soğuk tutulması için de önemli faydalar sağlamaktadır (YHD, 2022).



Şekil 2.37. İç bükey çatı modeli (YHD, 2022)

Geçirimli beton uygulaması ile yüzeyde geçirimli bir tabaka oluşturularak yağış sularının alt tarafa yerleştirilen drenaj borularına ulaşması sağlanmakta ve buradan da suyun hem geri kullanımı hem de uzaklaştırılması imkânı bulunmaktadır.



Şekil 2.38. İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü Yağmur Bahçesi Uygulaması (YHD, 2022)

Türkiye: Osmangazi Belediyesi Panorama 1326 Bursa Fetih Müzesi Binasında yeşil çatı uygulaması yapılmış ve buradan alınan yağmur suları depolanmakta, arıtılmakta ve tekrar kullanılmaktadır.



Şekil 2.39. Osmangazi Belediyesi Panorama 1326 Bursa Fetih Müzesi Yeşil Çatı (YHD, 2022)

Yeşil çatı uygulaması Diyarbakır Yenişehir Belediyesi tarafından uygulanmış, toplanan yağmur suyu yeraltında depolanarak yeşil alan sulamasında kullanılmaktadır.



Şekil 2.40. Diyarbakır Yenişehir Belediyesi Ekolojik Bina (YHD, 2022)

İzmir Marmariç Yağmur (Sulama) Göleti 900 tonluk su tutma kapasitesine sahip olup damla sulama yöntemiyle yaklaşık 10 dönüm alan sulanabilmektedir.



Şekil 2.41. İzmir Marmariç Yağmur (Sulama) Göleti (YHD, 2022)

Kocaeli Siemens Gebze Tesisleri otoparkında delikli taşlar ve yeşil alan kullanımı artırılarak yağmur sularının toprağa sızması artırılarak yeraltı su kaynaklarının gelişmesine yardımcı olunmakta ve aynı zamanda da su kalitesinin korunması amaçlanmaktadır.



Şekil 2.42. Kocaeli Siemens Gebze Tesisleri Yeşil Binası (YHD, 2022)

İstanbul Tuzla Piri Reis Üniversitesinde gri sular ve yağış suları yeşil alan sulamasında ve tuvalet klozetlerinde kullanılmakta ve su tasarrufuna katkıda bulunmaktadır.



Şekil 2.43. İstanbul Tuzla Piri Reis Üniversitesi Yeşil Kampüsü (YHD, 2022)

Ankara'nın Tekke Kuyumcu köyünde sağlıklı içme suyuna erişim sorunları nedeniyle köyde bulunan evlerin çatılarından toplanan yağış suları filtrasyonlardan geçirilerek depolanmakta ve evsel ihtiyaçlar için kullanılmaktadır.



Şekil 2.44. Ankara Tekke Kuyumcu Köyü Yağmur Suyu Hasadı (YHD, 2022)

Ordu Büyükşehir Belediyesi tarafından da Altınordu Bahçelievler Mahallesi'ndeki Doğa Kafe'de yağış suları toplanmakta ve depolanmaktadır.



Şekil 2.45. Ordu Doğa Kafe Çatı Yağmur Suyu Hasadı (YHD, 2022)

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından Kuzeyşehir'de yapılan 23 Nisan Parkında geçirimli beton sistemi kullanılarak yağış suları sızdırma yöntemi ile

toplanmakta ve daha sonra tekrar kullanmak amacıyla borular vasıtası ile depolanmaktadır. Bu sayede su birikintilerinin önüne geçilmekte ve yağışlı zamanlarda yapılan hasattan kurak zamanlarda faydalanılmaktadır.



Şekil 2.46. Gaziantep Büyükşehir Belediyesi Kuzeyşehir 23 Nisan Parkı (URL-4, 2025)

2.5. Yağmur suyu hasadına ilişkin mevzuat

“Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik”, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 23 Haziran 2017 Cuma Günü 30105 Sayılı Resmî Gazetede (RG) yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Şekil 2.47).

Bu yönetmelik ve eklerinde yağmursuyu toplama, depolama ve deşarj sistemlerinin planlamasına, tasarımına, projelendirilmesine, yapımına ve işletilmesine ilişkin usul ve esaslar düzenlenmiştir.

Ayrıca yönetmeliğin;

Ek-1’inde “Yağmursuyu Kanalizasyon Sistemlerinin Etüt, Planlama ve Projelendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslar”,

Ek-2’sinde “Yağmursuyu Sistemlerinin Yapımına İlişkin Usul ve Esaslar” ile

Ek-3’ünde “Yağmursuyu Sistemlerinin İşletme ve Bakımına İlişkin Usul ve Esaslar” ayrıntılı olarak düzenlenmiştir.

23 Haziran 2017 CUMA	Resmî Gazete	Sayı : 30105
YÖNETMELİK		
Çevre ve Şehircilik Bakanlığından:		
YAĞMURSUYU TOPLAMA, DEPOLAMA VE DEŞARJ SİSTEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK BİRİNCİ BÖLÜM Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar		
Amaç		
MADDE 1 – (1) Bu Yönetmeliğin amacı; yağmursuyu toplama, depolama vedeşarj sistemlerinin planlanmasına, tasarımına, projelendirilmesine, yapımına ve işletilmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.		
Kapsam		
MADDE 2 – (1) Bu Yönetmelik; halk sağlığını ve güvenliğini, çevrenin korunmasını, sistemin sürdürülebilir olmasını, içmesuyu kaynaklarının suyla taşınan kirliliklerden korunmasını esas alarak yağmursuyu toplama, depolama vedeşarj sistemlerinin planlanmasına, tasarımına, projelendirilmesine, yapımına ve işletilmesine ilişkin usul ve esasları kapsar.		
Dayanak		
MADDE 3 – (1) Bu Yönetmelik, 29/6/2011 tarihli ve 644 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 11 inci maddesi hükümlerine dayanılarak hazırlanmıştır.		
Tanımlar		
MADDE 4 – (1) Bu Yönetmelikte geçen;		
a) Akış süresi: En uzaktaki kanaldan, toplanma noktasına kadar suyun gelmesi için kanallar içinde geçen süreyi, aynı zamanda kanal uzunluğunu kanaldaki akış hızına bölerek bulunan değerleri toplamak suretiyle hesaplanan süreyi,		
b) Alıcı ortam: Yağmursuyunundeşarj edildiği veya dolaylı olarak karıştığı her türlü ortamı,		
c) Ayrık sistem: Atıksuyun ve yağmursuyunun iki ayrı kanalla toplanarak uzaklaştırıldığı kanalizasyon sistemini,		
ç) Bakanlık: Çevre ve Şehircilik Bakanlığını,		
d) Basınçlı sistem: Suyun cazibeyle iletilmediği, emme veya basma prensibine dayalı sistemleri,		
e) Birleşik sistem: Hem atıksuyu hem de yağmursuyunu aynı borularda taşımak için tasarlanmış kanalizasyon sistemini,		
f) Boru gömlekleme: Boruları darbelerden korumak ve boşlukları doldurmak için boruların etrafının uygun		

Şekil 2.47. Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik (Rega, 2017)

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği değiştirilmiş ve 11.07.2021 tarih ve 31538 sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Buna göre;

2000 m²'den büyük parsellerde yapılacak yapıların mekanik tesisat projelerinin; çatı yüzeyinden toplanacak yağmur sularının gerekmesi halinde filtre edilerek bir tankta toplanması ve bina tuvalet sifonlarında kullanılması amacıyla yağmur suyu toplama sistemi içermesi zorunludur. Toplama tankının hacmi; yapının bulunduğu ilin aylık m²'ye düşen en fazla ortalama yağış miktarı ile binanın çatı alanı esas alınarak hesaplanır. Toplanan yağmur suyunun bina tuvalet sifonlarının ihtiyacından fazla olan kısmı, tesisat projesinde gösterilmek suretiyle bahçe veya diğer ortak alanlarda kullanılabilir. İlgili idarelerce yağmur suyu toplama sisteminin daha küçük parsellerde yapılmasına, toplama tankı hacim hesap yöntemine ve ilave kullanım alanlarına ilişkin de zorunluluk getirilebilir. Yağmur suyu toplama tankı, bina bünyesinde veya çekme mesafelerini ihlal etmemek kaydı ile ön, yan ve arka bahçelerde ya da bahçe zemini altında konumlandırılabilir. Toplama tankı tahliye hattı varsa yağmur suyu şebekesine bağlanır, atık su şebekesine bağlanamaz. Gri su sistemi de bulunan binalarda toplanan yağmur sularının bu sisteme verilmesinin mümkün olması halinde yağmur suyu için ayrıca bir toplama tankı yapılma zorunluluğu aranmaz.” hükmü bulunmaktadır.

25.02.2022 tarih ve 31761 sayılı resmî gazete ile yönetmelikte (Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği) ilave değişiklikler yapılmış ve yürürlüğe girmiştir.

Yeni yapılacak binalarda yağmur suyu hasadı projeleri (depo ve sıhhi tesisat), yapı projeleri ile birlikte yapı ruhsatı başvurusunda bulunulan kuruma (ilgili belediye, OSB’de ise OSB) onaya sunulması gerekmektedir. Yeni yapılacak binalarda yapı projeleri, Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği’nin 57. maddesinde belirtilmektedir. Mevcut binalarda ise yağmur suyu hasadına yönelik proje uygulanması halinde ise bu iş esaslı tadilat olarak tanımlanmadığından yapı ruhsatı alınması ve projenin onaylatılması zorunlu olmamaktadır.

Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından 04.03.2022 tarih 31768 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına dair Yönetmelik” 46. maddesine ilave yapılarak 2.000 m²’den büyük olan ada ve parsellere yapılan binalarda bahçe sulamalarında kullanılmak üzere yağmur suyu depolama sisteminin yapılması zorunlu hale getirilmiştir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 20.05.2018 tarih 30426 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “İstanbul İmar Yönetmeliği” 40.maddesinde 1.000 metrekarenin üzerindeki parsellerde, binaları zemin suyundan korumak, bahçe sulamak, oto yıkama vb. işlerde kullanmak üzere bir drenaj sistemi oluşturularak çatı ve zemin yüzeyi sularının tabii zemin altında tesis edilecek bir sarnıçta toplanmasının sağlanması belirtilmiştir.

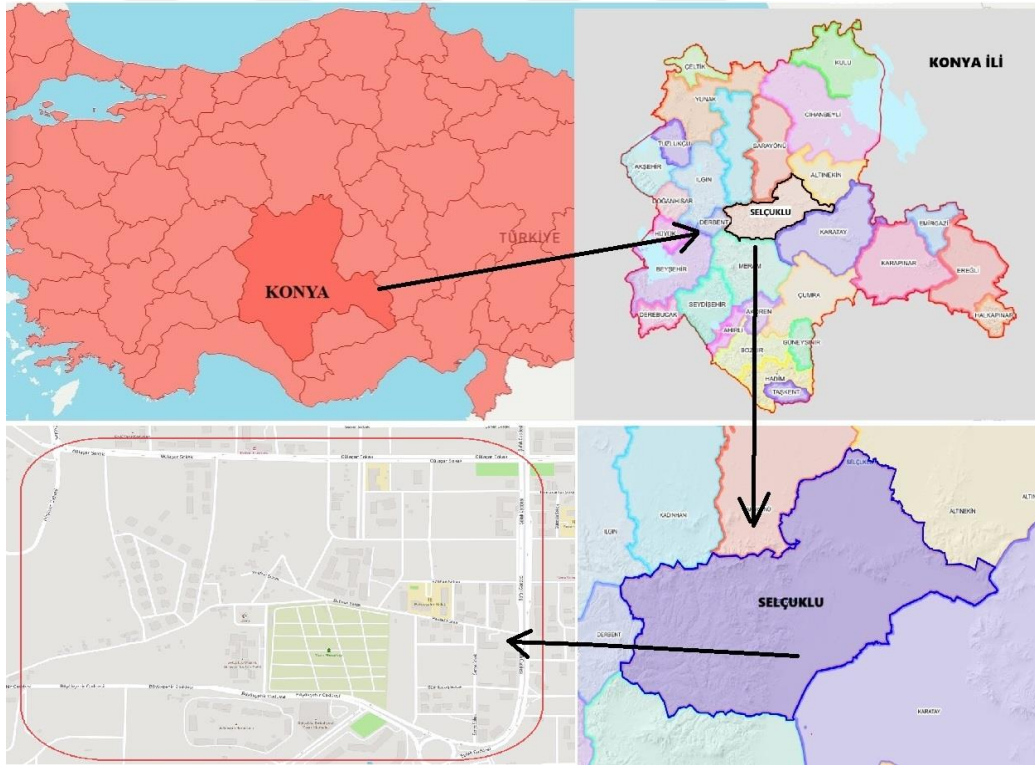
İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından 03.06.2021 tarih 31500 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği” 39. maddesinde 1.000 metrekarenin üzerindeki parsellerde, bahçe sulama, oto yıkama ve benzeri işlerde kullanılmak üzere bir drenaj sistemi oluşturularak çatı ve zemin yüzeyi sularının tabii zemin altında tesis edilecek bir sarnıçta veya yağmursuyu tankında toplanması ve gerekmesi halinde arıtılarak yeniden kullanımının sağlanması gerektiği belirtilmiştir.

3.3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak çalışma alanı ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü 8. Bölge Müdürlüğü tarafından hazırlanan yağış verileri yer almaktadır.

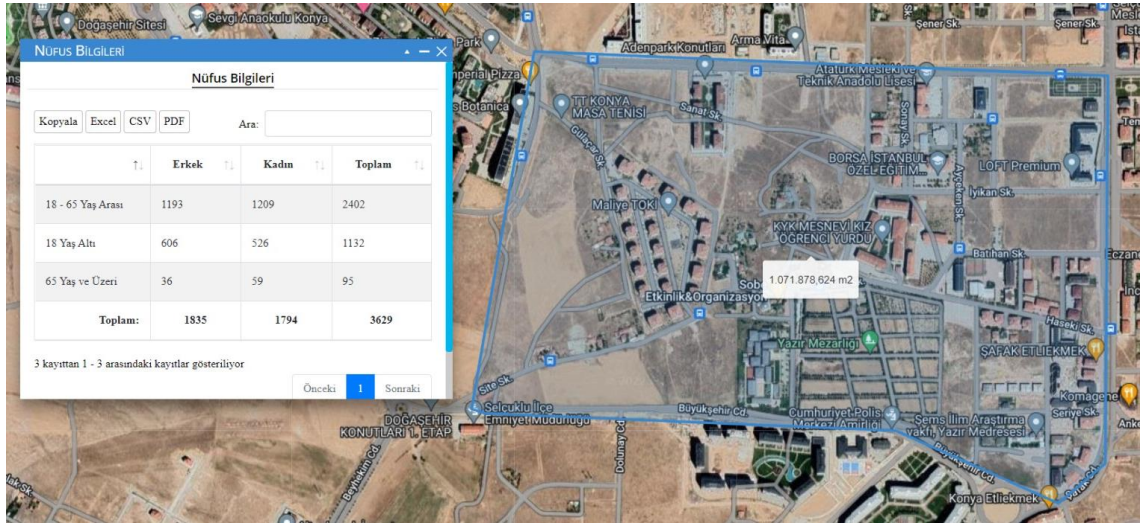
3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Konya İli Selçuklu İlçesi Yazır Mahallesi Büyükşehir Caddesi üst kotunda yer alan bölge olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Çalışma alanı olarak belirlenen bölge toplamda 98,66 hektarlık bir büyüklüğe sahiptir. Bölgede inşaat faaliyetleri devam etmekte olup günümüzde biten ve ruhsatlandırılan binalarda oturma söz konusu olup adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre 3.629 kişilik nüfus bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı

Çalışma alanının adrese dayalı nüfus kayıt sisteminde kayıtlı kişilerin sayısal bilgilerine ait ekran görüntüsü Şekil 3.2’de, yine bölgenin imar planına ait ekran görüntüsü Şekil 3.3’te gösterilmektedir. İmar planındaki kullanım bilgileri de Çizelge 3.1’de yer almaktadır.



Şekil 3.2. Çalışma alanı nüfus bilgileri



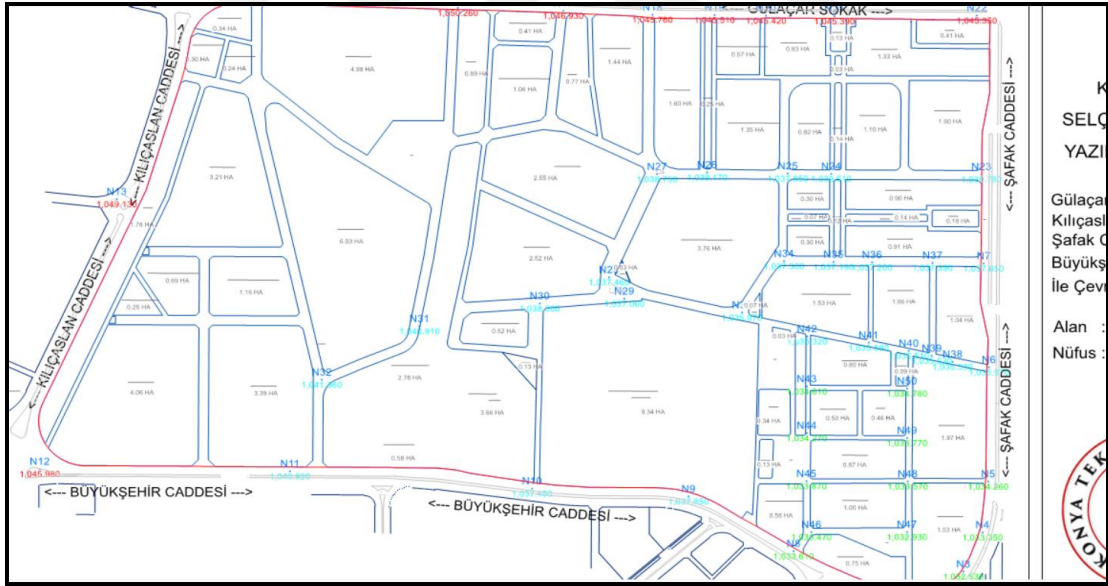
Şekil 3.3. Çalışma alanı imar plan görüntüsü

Çalışma alanında tesis edilen imar adalarının, imar planındaki nitelikleri ve toplam alana oranları detaylı olarak Çizelge 3.1’de görülmektedir. Bu bilgiler KOSKİ’ye ait CBS yazılımının imar planları menüsünden faydalanılarak Netcad programında alan sorgulamaları hesaplamaları yapılmış ve çizelgeye işlenmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışma alanının imar planındaki ada bazlı kullanım bilgileri

BÖLGEDEKİ ALANLARIN İMAR PLANINDAKİ KULLANIM ŞEKİLLERİ	ALAN (HA)	BÖLGEYE ORANI (%)
Konut Alanı	45,97	46,59
Eğitim Tesisleri Alanı	10,13	10,26
Dini Tesis Alanı	1,77	1,79
Ticaret Alanı	2,91	2,95
Park	6,32	6,40
Yol	15,72	15,94
Rekreasyon Alanı	2,78	2,82
Sosyal Tesis Alanı	3,66	3,71
Mezarlık Alanı	9,33	9,46
Trafo Alanı	0,07	0,07
TOPLAM	98,66	100

Çizelge 3.1’de verilen bilgiler Netcad programında Şekil 3.4’te görülen çalışma alanı paftasına işlenmiştir.



Şekil 3.4. İmar planına göre çalışma alanının ada bazlı kullanım bilgileri

Çalışma alanı Konya Büyükşehir Selçuklu Belediyesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Atıksu hattı birleşik sistem olarak faaliyetini sürdürmektedir. Ani ve şiddetli yağışlar meydana geldiğinde bölgedeki düşük kotlu alanlar ve ulaşım yolları özellikle Büyükşehir Caddesi su altında kalmaktadır. Çeşitli tarihlerde görülen su taşkını sonucu caddelerin kullanılmadığı fotoğraflanarak Şekil 3.5 olarak verilmektedir.



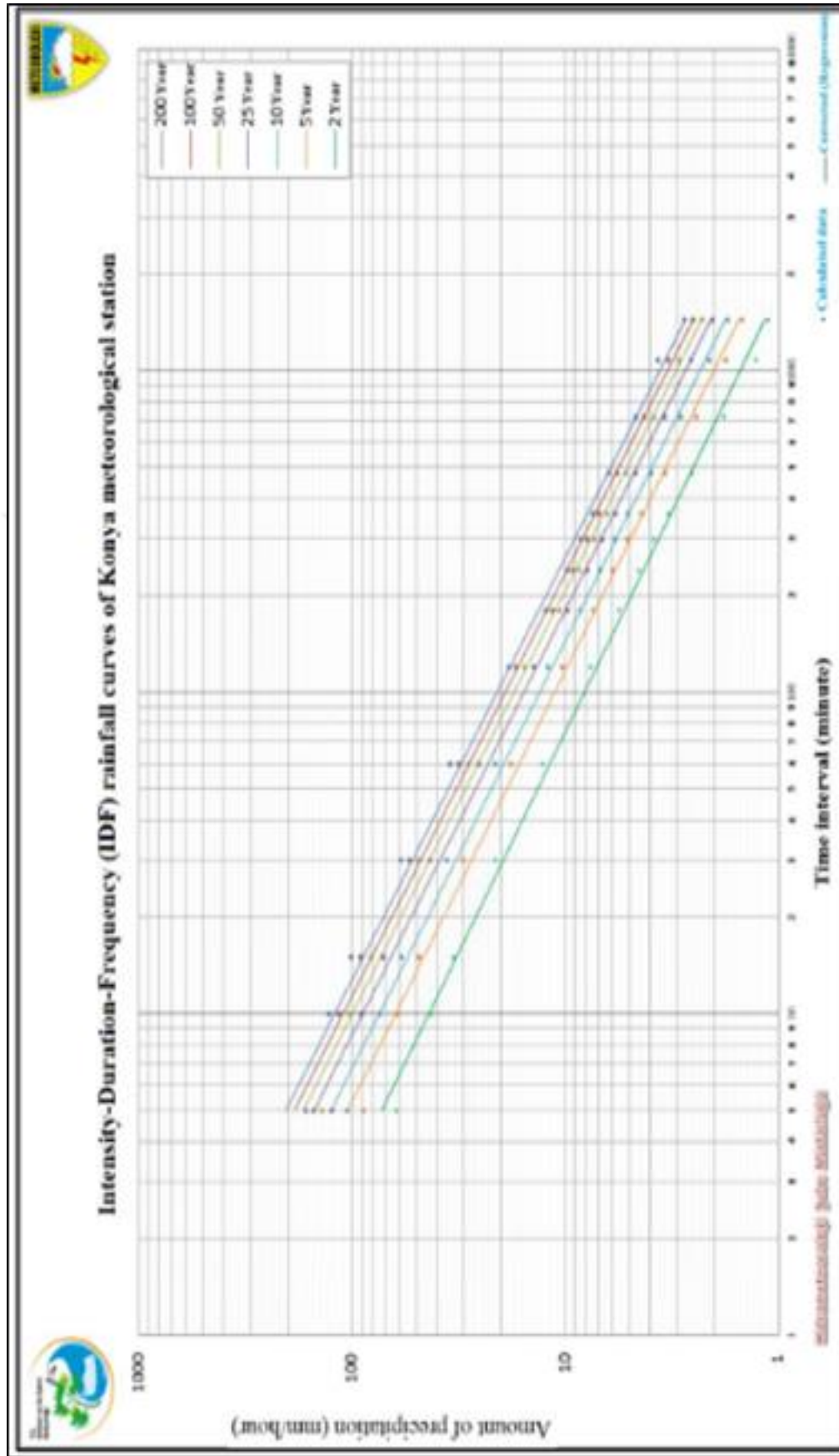
Şekil 3.5. Çalışma bölgesindeki çeşitli tarihlerde görülen su baskınları

Konya İl’inde Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 8. Bölge Müdürlüğü olarak faaliyetini sürdürmekte ve Meteoroloji Gözlem İstasyonundan ilgili verileri derlemektedir. Konya İli Meteoroloji Gözlem İstasyonunda ölçülen ve Konya İl’ine ait olan aylık toplam yağış miktarı ortalama değerleri Çizelge 3.2’de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Konya iline ait aylara göre Toplam Yağış Miktarı Ortalamaları (URL-3, 2025)

KONYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9,88	8,27	8,96	8,91	10,44	6,78	2,21	1,49	3,17	6,00	6,53	10,06	82,7
Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	38,0	28,6	29,3	31,4	43,5	25,7	7,7	6,2	13,6	29,3	32,0	42,3	327,6

Çizelge 3.2’de’ verilen değerler 1929-2024 yılları arasını kapsamaktadır. Bu gözlem periyodunda gözlenen Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı 22 Şubat 1945 tarihinde 73,7 mm olarak belirlenmiştir. 8. Bölge Müdürlüğü tarafından hazırlanan Konya İl’ine ait Yağış-Şiddet-Süre Tekerrür eğrileri Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Konya meteoroloji istasyonunun yağış, süre, tekrerr eğrileri

3.2. Yöntem

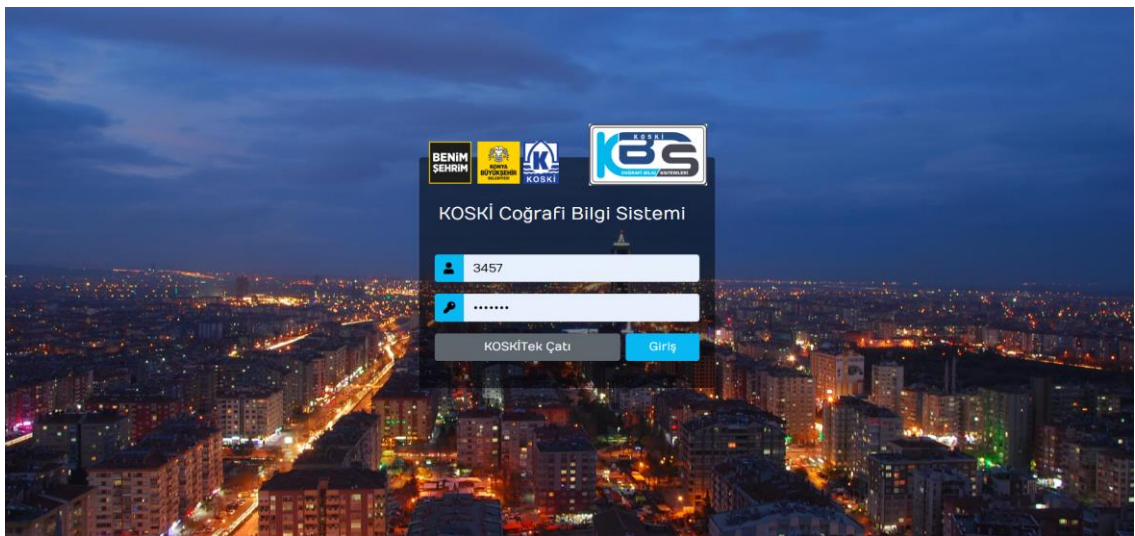
Bu bölümde çalışmada kullanılan yöntemlere yer verilmiştir. Bu amaçla bölgenin topoğrafik ölçümleri yapılarak Yağmur suyu şebekesi oluşturulmuş daha sonra çatı alanlarından gelen sular hasat edilerek şebekeye etkisi incelenmiştir. Bu işlemler için kullanılan yazılımlar hakkında aşağıda bilgi verilmektedir.

3.2.1. Kullanılan yazılım programları

KOSKİ Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS): KOSKİ (Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü) tarafından geliştirilen, web portalı ile kurumsal veriler, konuma dayalı olarak KOSKİ' nin birimleri ve bu birimlerdeki personelleri tarafından efektif olarak kullanılan bir uygulamadır.

Kurumlarda altyapı projelerinin planlanması, yapımı ve işletilmesi süreçlerinde en önemli unsur verilerdir. KOSKİ Coğrafi Bilgi Sistemi, verilerin toplanması, analizi ve depolanması gibi önemli ihtiyaçlara çözüm üretmek üzere tamamen yerli ve milli olarak KOSKİ tarafından geliştirilen bir yazılım olmasının yanı sıra akıllı şehir uygulaması olarak kullanılmaktadır.

Kurumda altyapı çeşidine göre (örneğin; içme suyu, kanalizasyon, kuyu, depo, terfi vb.) tüm veriler kayıt altına alınmış ve CBS ortamına aktarılarak kullanıcılarının hizmetine sunulmuştur. Kullanıcılar ilgili altyapıya ait tüm bilgilere online olarak ulaşabilmektedir (URL-5, 2025).



Şekil 3.7. Koski CBS giriş ekranı (URL-6, 2025)



Şekil 3.9. Koski CBS altlık görünümü (URL-7, 2025)

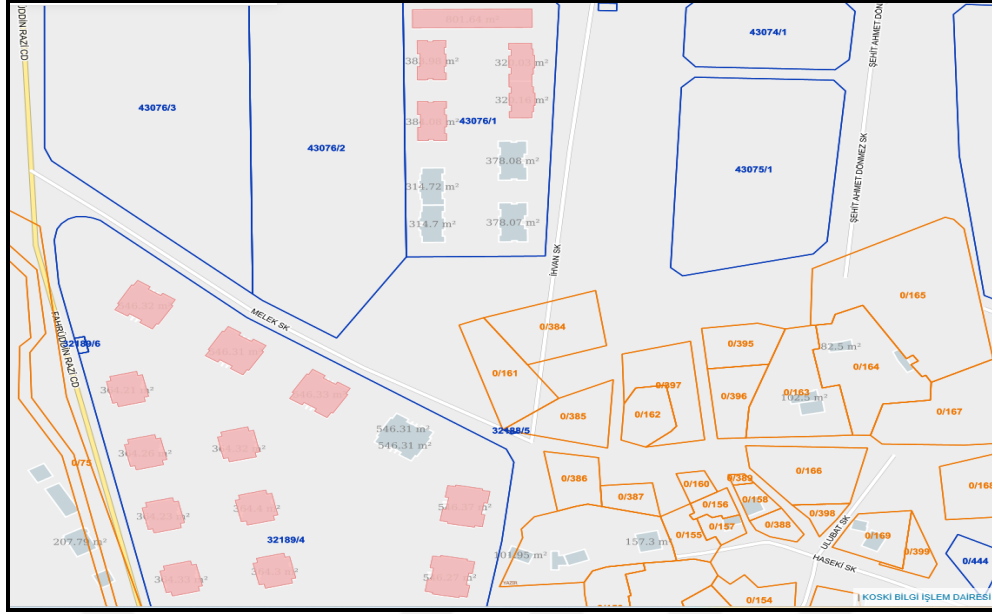
Çalışma alanında yukarıdaki bilgiler ışığında projelendirme çalışmalarına başlanacak olup çözüm ortağı olan KOSKİ tarafından da kullanılan msKanal, Netcad ve AutoCAD programları kullanılacaktır.

Öncelikle alanın topoğrafik durumun bilinmesi ve projelendirme aşamasında kullanmak üzere GPS GNSS aleti yardımı ile Şekil 3.10'da görüldüğü gibi çalışma alanından 50 adet noktanın kot ve koordinatları alınmıştır.



Şekil 3.10. Bölgenin Kot ve koordinat alım çalışması

Bölgedeki binaların çatı alanları, yağış hasadı için KOSKİ CBS yardımı ile hesaplanacaktır (Şekil 3.11). Binaların bulunduğu alanlarda müsait yerlere yüzey veya gömme depolar konularak yağış suları depolanabilecek ve tekrar kullanımı sağlanabilecektir.



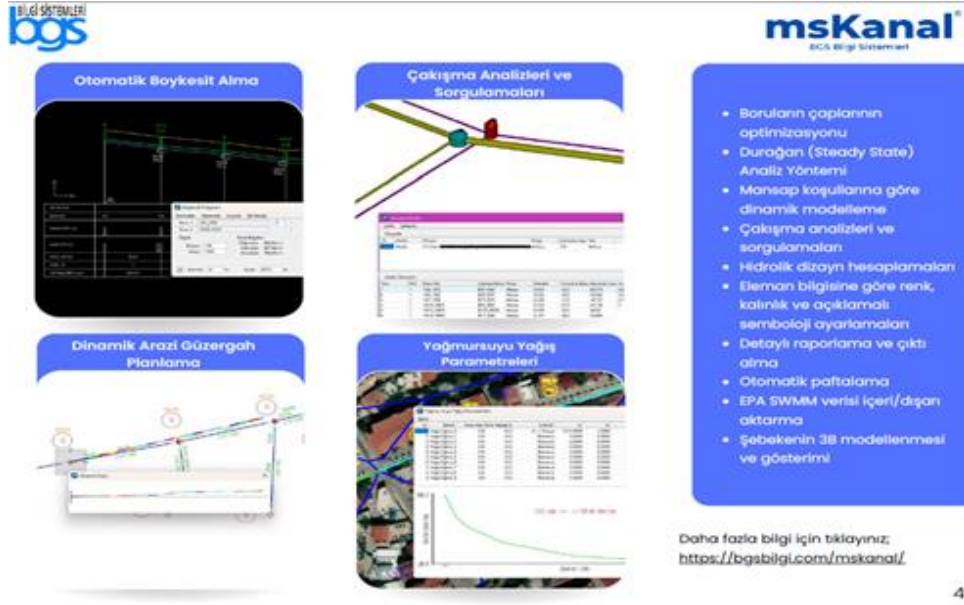
Şekil 3.11. Bina çatı alanları (Koski CBS, 2025)

msKanal: BGS Bilgi Sistemleri yazılım sektöründe 1996 yılında Bilgi Yönetim Sistemleri – GIS Grubu (BYS-GIS) olarak faaliyetlerine başlayan ve 1998 yılında BGS Bilgi Sistemleri adını alarak kuruluşunu tamamlayan ve halen çalışmalarını sürdürmekte olan bir firmadır. GIS, altyapı, inşaat gibi alanlarda çözümler sunan BGS Bilgi Sistemleri, başta GIS, harita, imar, planlama, altyapı ve enerji olmak üzere ilgili mühendislik disiplinlerinde dünyanın önde gelen firmalarıyla iş birliği halinde faaliyetlerine devam etmektedir.

Yazılım geliştirme çalışmalarını sürdüren BGS Bilgi Sistemleri kendi geliştirmiş olduğu msKanal, msSu, msSu.Net, msGAZ-GIS gibi paket programlarının yanı sıra, konusundaki bilgi birikimi ve deneyim ile özel ve genel uygulama yazılımları geliştirmektedir. Programın yaptığı işlemler Şekil 3.12 ve Şekil 3.13’te gösterilmektedir.

Atıksu ve yağmur suyu şebekeleri projelendirme yazılımı olan msKanal hem planlama hem de mevcut şebeke hatlarının tahkiki ve hidrolik modellemesi için kullanılmaktadır. Altyapı Su ve Kanal İdareleri, proje ve müteahhit firmalarının tercih ettiği ve yaygın kullanımı olan msKanal yazılımı ile proje tasarımının başından sonuna kadar gerekli olan analizler ve modelleme çalışmaları yapılabilmektedir (URL-8, 2025).

Çalışmada projelendirilmesi planlanan yağmur suyu şebeke hatlarının, hidrolik modellemeleri ve proje çizimleri için yukarıda bahsedilen msKanal programı kullanılacaktır.



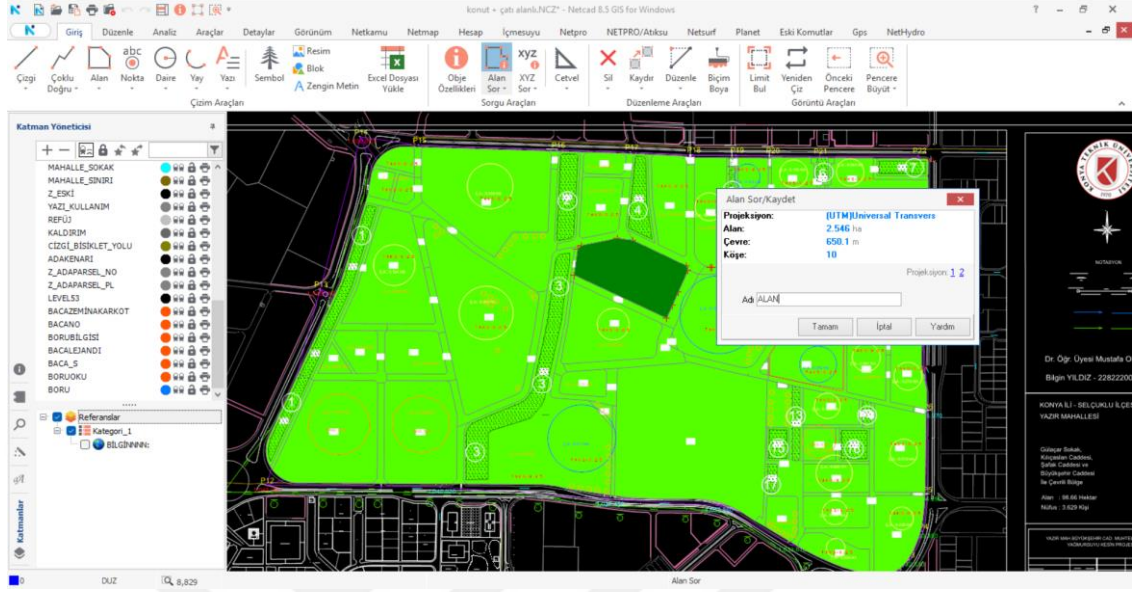
Şekil 3.12. msKanal programının yaptığı işlemler



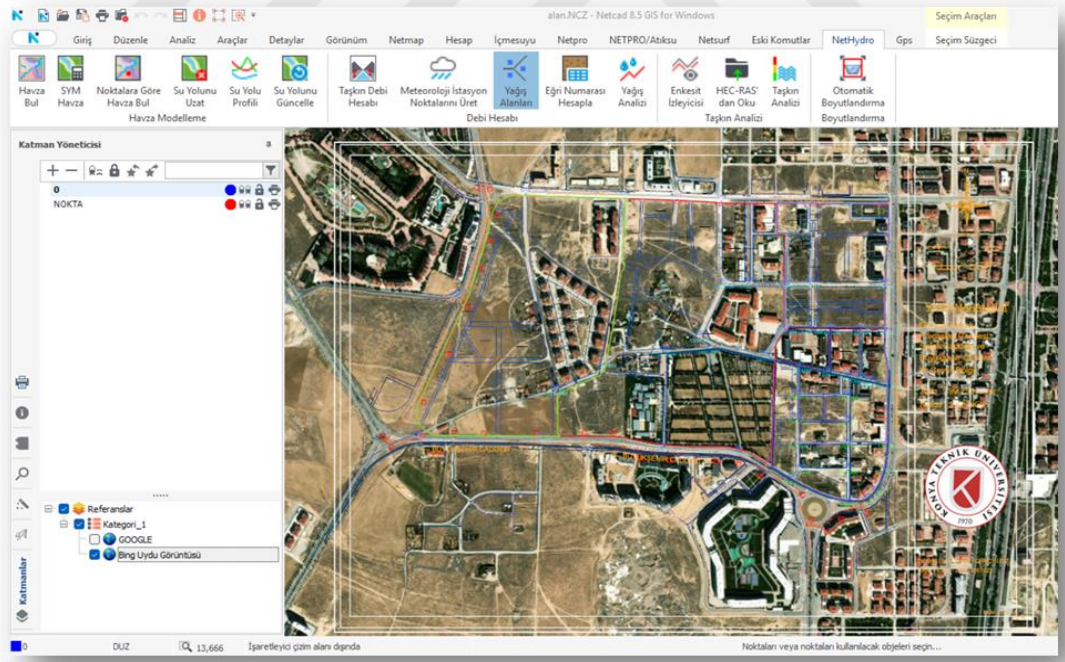
Şekil 3.13. msKanal programının yaptığı işlemler

Netcad: 1989 yılında Serdar AK ve Sarper AK kardeşler tarafından kurulan Netcad, bugün mekânsal içerikli imar kadastro, planlama, mühendislik yazılım, ürün, proje ve eğitim hizmetleri alanında ülkemizin en yaygın kullanılan ve bilinen yazılım programıdır (URL-9, 2025). Bu programda yağmursuyu projelendirme süreçleri; yağmursuyu proje dosyasının oluşturulması, yağmursuyu boru hatlarının tasarımı, havzaların çizilmesi, hidrolik hesapların gerçekleştirilmesi, proje çıktılarının alınması şeklinde ilerlemektedir. Programa ait bazı ekran görüntüleri Şekil 3.14, 3.15, 3.16 ve 3.17 şeklinde aşağıda verilmektedir.

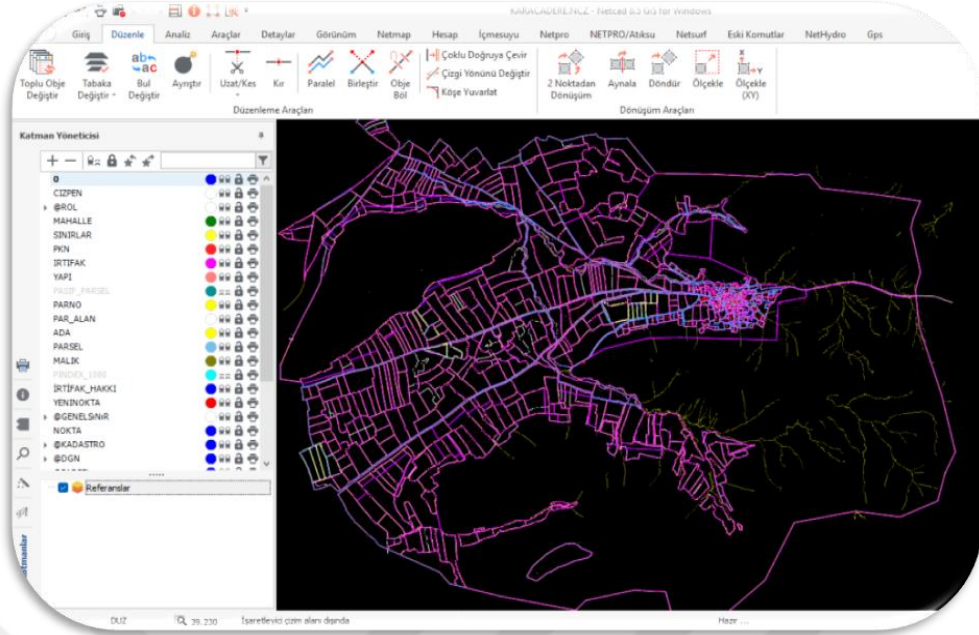
Gerçekleştirilen çalışmada imar ve kadastro planları, alan hesaplamaları, proje çıktıları gibi işlemlerde Netcad programı kullanılmıştır.



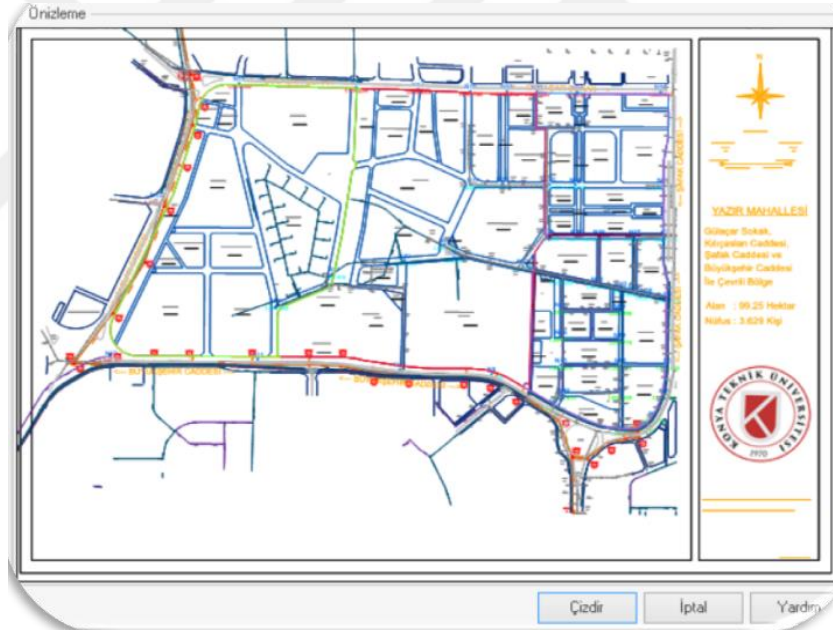
Şekil 3.14. Projelerde tabaka sorguları, alan hesaplamaları, ölçüler vb. işlemler



Şekil 3.15. Google ya da diğer kayıtlı uydu görüntülerinin projelerde altlık olarak açılması suretiyle gerçek görüntüler üzerinde çalışma

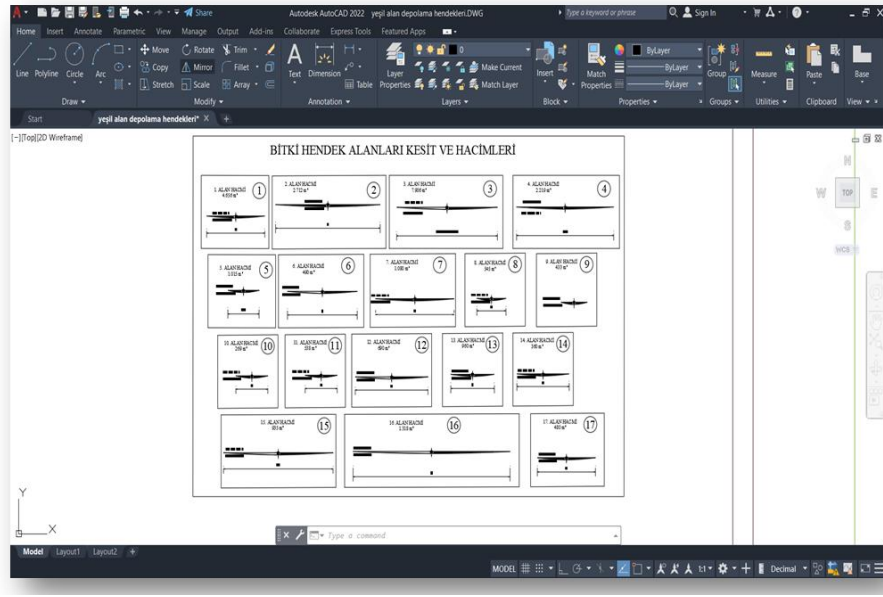


Şekil 3.16. Hâlihazır haritalar üretme ve geliştirme



Şekil 3.17. Proje çıktıları alma vb. işlemler

AutoCAD: AutoCAD, Amerika Birleşik Devletleri merkezli Autodesk şirketinin 1980'lerin başından beri geliştirdiği bir bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımı. Teknik resim çizmek için kullanılan diğer programlar gibi vektör tabanlıdır. Yani CAD programı; çözünürlükten bağımsız, 2-boyutlu ve 3-boyutlu geometrik nesnelerin oluşturulduğu bir veri kümesidir. Bu alandaki ilk vektörel çizim programlarından biridir.



Şekil 3.18. AutoCAD programının görünümü

3.2.2. Yağmur Suyu Debisinin Hesaplanması

Çalışma bölgesinde bulunan atıksu uzaklaştırma hattı, birleşik sistem olarak hizmet etmektedir. Çalışma sonucunda günümüzdeki sistem sadece evsel atıkların uzaklaştırılmasında kullanılacak olup yeni bir ayırık sisteme uygun olarak planlanan **Yağmur Suyu Toplama Hattı** inşası gündeme taşınacaktır. Yağmur suyu hattının planlanmasında “Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik” hükümleri dikkate alınacaktır.

Yönetmelik herhangi bir alandan gelen yağmur suyu debisinin hesabında Rasyonel Yöntemi önermektedir.

Bu yöntemde;

$$Q = C r A \quad (3.1)$$

şeklinde verilen debi denklemi kullanılmaktadır.

Bu denklemde;

Q: Debi (L/sn)

C: Yüzeysel Akış Katsayısı

r: Yağmur Verimi (L/sn.ha)

A: Drenaj Alanı

Çizelge 3.1 ve Şekil 3.4'te verilen ada bazlı kullanım bilgileri dikkate alınacaktır. Kullanım alanları için Çizelge 3.3 ve 3.4'ten alınacak yüzeysel akış katsayıları belirlenmiştir. Daha sonra ise;

$$r=166,7 \dot{I} \text{ (L/sn.ha)} \quad (3.2)$$

denklemleri kullanılarak yağmur verimi değerleri elde edilmiştir. Bu denklemde:

i : Yağış şiddeti (mm/dk)

r : Yağmur verimi (L/sn.ha)

Çizelge 3.3. Yüzeysel akış katsayıları (DSİ, 2024)

Alan tarifi	Akış katsayısı	Alan tarifi	Akış katsayısı
İş yeri		Gelişmemiş bölgeler	0.10-0.30
Şehir merkezinde	0.70-0.95	Yollar	
Çevre alanlarda	0.50-0.70	Asfalt	0.70-0.95
Yerleşim bölgeleri		Beton	0.80-0.95
Tek tek evler	0.30-0.50	Taş parke	0.70-0.85
Ayrık çoklu evler	0.40-0.60	Gezi yolu	0.75-0.85
Bitişik çoklu evler	0.60-0.75	Çatılar	0.75-0.95
Kenar mahalleler	0.25-0.40	Çimen; Kumlu toprak:	
Apartman grupları	0.50-0.70	Düz, % 2	0.05-0.10
Sanayi		Orta, % 2-7	0.10-0.15
Hafif	0.50-0.80	Dik, % 7	0.15-0.20
Ağır	0.60-0.90	Çimen; Ağır toprak:	
Demiryolu alanları	0.20-0.40	Düz, % 2	0.13-0.17
Park ve mezarlıklar	0.10-0.25	Orta, % 2-7	0.18-0.22
Oyun alanları	0.20-0.35	Dik, % 7	0.25-0.35

Çizelge 3.4. Yönetmelikteki bazı alanlara ait yüzeysel akış katsayıları

Alan tipi	C katsayısı
Ticari alanlar	
Şehir merkezleri	0,70 – 0,95
Tali merkezler	0,50 – 0,70
İkamet alanları	
Tek katlı konut alanları	0,30 – 0,50
Çok katlı ayırık nizam konut alanları	0,40 – 0,60
Çok katlı bitişik nizam konut alanları	0,60 – 0,75
Mücadir alanlar	0,25 – 0,40
Çok katlı apartman alanları	0,50 – 0,70
Endüstriyel alanlar	0,50 – 0,80
Hafif sanayi alanları	0,50 – 0,80
Ağır sanayi alanları	0,60 – 0,90
Parklar	0,20 – 0,35
Oyun alanları	0,20 – 0,40
Gelişmemiş alanlar	0,10 – 0,30

Şekil 3.6’da verilen grafik yardımıyla çalışma alanı için 5 dakikalık 10 yıl tekerrür süreli yağış miktarı hesaplanmıştır. Bu değerler belirlendikten sonra Denklem 3.1’deki Rasyonel Yönteme göre yağış suyu miktarı hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda bölgenin Topografik bilgileri ışığında, imar planına göre kullanım alanlarından toplanan yağmur sularının hangi noktaya doğru akışa geçeceği göz önüne alınarak Yağmur Suyu Toplama Hattı oluşturulmuştur. Yağmur sularının yüzey akışa geçerek toplama hattına giriş yapacağı noktalar belirlenerek bu noktalardaki giriş debileri (Quç debileri) ve şebeke ile taşınacak debiler hesaplanarak toplama hatlarının planlama ve boyutlandırma çalışmaları yapılmıştır.

Akışa geçen yağış sularının planlanan ve boyutlandırılan şebeke hatları vasıtası ile toplanması ve Büyükşehir Caddesinde bulunan ana kolektör hattına bağlanması hedeflenmektedir. Bu hesaplamalar uygulama proje çizimleri msKanal, Netcad ve AutoCAD gibi programlar yardımı ile yapılmıştır.

Daha sonra KOSKİ CBS yardımı ile çatı alanları hesaplanmış ve bu alanlardan gelebilecek debiler hesaplanarak bu debilerin sahanın uygun yerlerinde depolanması için uygun alanlar belirlenmiştir. Çatı alanlarından gelen debiler daha önce hesaplanan debi değerlerinden çıkartılarak şebeke hatları yeniden boyutlandırılmıştır. İki hesaplama sonucu, debi ve boyut olarak karşılaştırılarak maliyete ve KOSKİ’ nin Büyükşehir Caddesinden geçirmeyi planladığı ana kolektöre olan etkisi incelenmiştir.

Ayrıca olası maksimum yağış sonrası gelen debilerin bölgede yönlendirilebileceği depolama veya bitki hendekleri olarak kullanılabilecek alanlar tespit edilmiştir.

İlk etapta depolama olmadan bölgedeki yağış sularını Büyükşehir Caddesine taşıyacak şekilde projelendirme yapılması, bu projeye göre boru çapları ve maliyetlerin hesaplanması daha sonra ise çatı sularının depolama yapılması halinde geriye kalan yağış sularının Büyükşehir Caddesine taşınmasını projelendirerek yeniden hesaplanan boru çaplarında ve maliyetlerde düşme yaşanıp yaşanmayacağı irdelenmiştir.

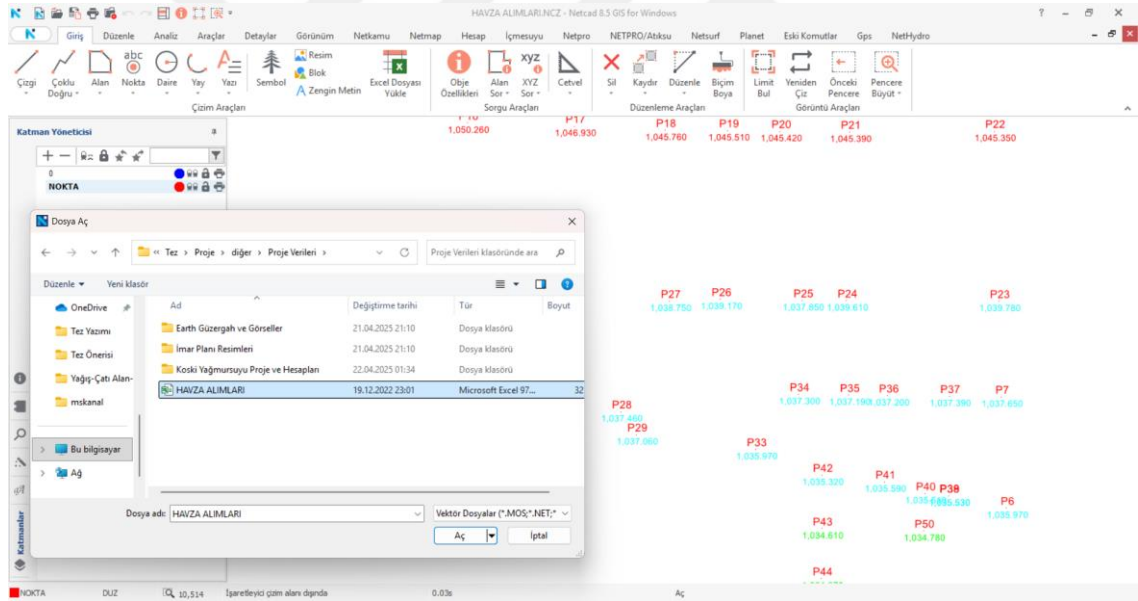
Projede ana toplama hatları için dayanıklı, ekonomik, hızlı temin edilmesi ve kolay uygulanabilir olması ve KOSKİ’deki yaygın kullanımı sebebi ile beton ve betonarme borular kullanılmıştır. Maliyet hesaplamalarında büyük oranda resmi fiyatlara dayandırılarak tarafımızdan hazırlanan özel pozlar dikkate alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Şekil 3.1’de gösterilen çalışma alanının sınırları belirlenmiştir. Bu alanın seçilmesinde öne çıkan üç ana faktör aşağıda verilmiştir.

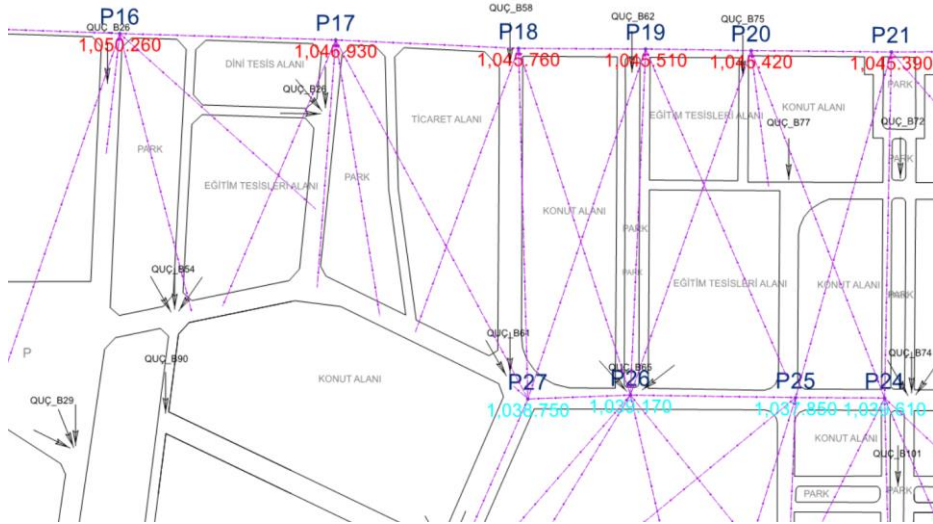
- a- Yeni yerleşim alanı olarak imara açılması,
- b- Yağış sonrası bu bölgeden gelen suların Büyükşehir Caddesinde ciddi su baskınlarına sebep olması,
- c- Belediyenin bölgede ayrık şebeke olarak yeniden yapma isteği.

İlk önce çalışma alanında topoğrafyanın durumu hakkında bilgi edinilmek üzere ve projelendirme aşamasında kullanmak üzere alanda GPS GNSS aleti yardımı ile 50 adet noktanın kot ve koordinatları alınmıştır. Öncelikle sahadan alınan kot ve koordinatlar, alım yapan ölçüm cihazı bilgisayara bağlanarak Netcad programına nokta dosyası açma vasıtası ile Şekil 4.1’de görüldüğü üzere Netcad ortamına aktarılmıştır.



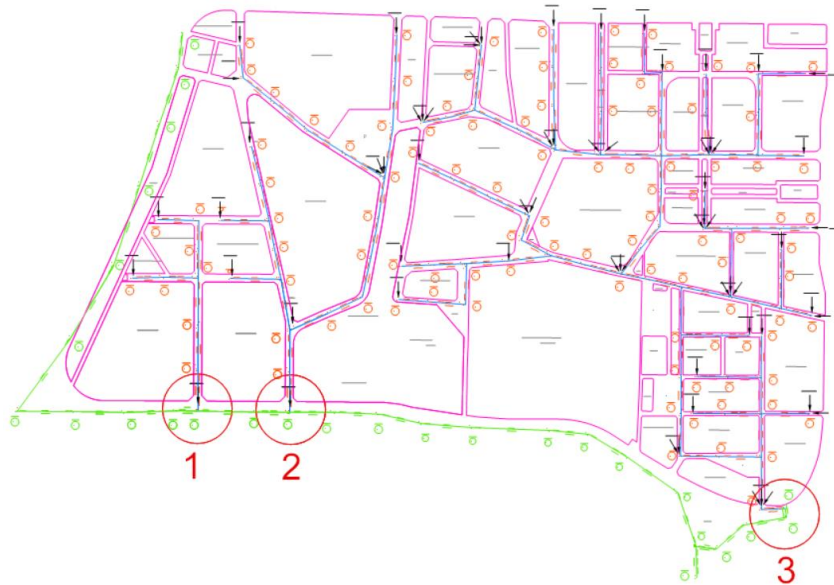
Şekil 4.1. Sahada alınan kot ve koordinatların Netcad programına aktarılması

Bu noktalar sayesinde bölgenin son topoğrafik bilgileri elde edilmiş ve projede gerekli olan eğimler bu noktalar ışığında hesaplanarak verilmiştir. Toplama kanalları cazibeli akan bir sistem olacağı için akış yönü bu noktalardaki kotlara göre belirlenmiştir (Şekil 4.2).



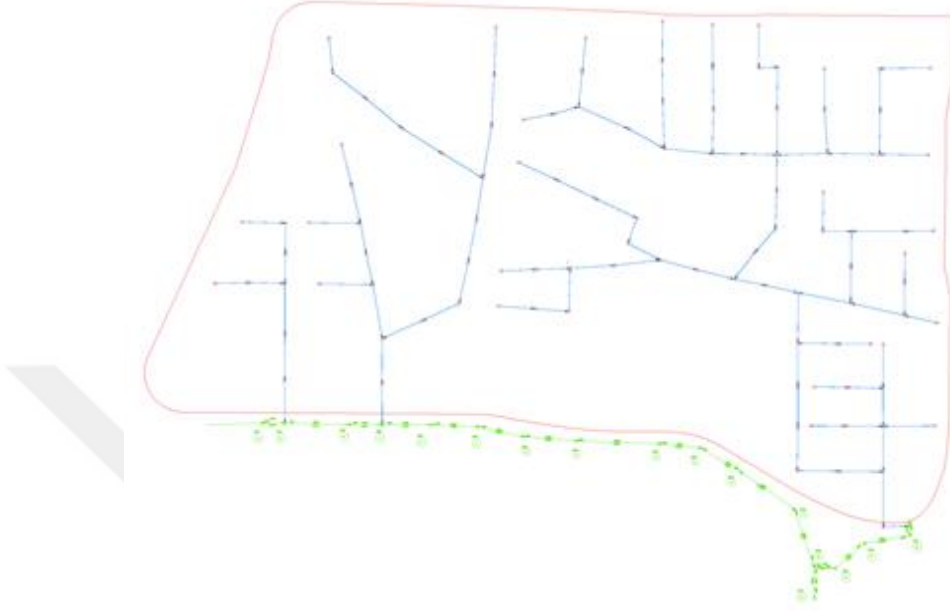
Şekil 4.2. Zemin Kotları ve Eğim Yönleri

Alanın topoğrafyası göz önüne alındığında arazi eğiminin Büyükşehir Caddesine doğru olduğu açıkça görülmekte ve yağış sularının toplama hatları ile cazibeli olarak bu caddeye iletilerek uzaklaştırılabileceği belirlenmiştir. Çalışma alanı Gülaçar Sokak, Şafak Caddesi, Kılıçaslan Caddesi ve Büyükşehir Caddesi ile sınırlandırılmıştır. Gülaçar Sokak yukarı bölgeden gelen suları, Şafak Caddesi ve Kılıçaslan Caddesi yan bölgelerden ve yukarı bölgeden gelen suları Büyükşehir Caddesine taşımaktadır. Çalışma alanındaki yağmur suları ise tarafımızdan belirlenen şebeke hattı ile yine Büyükşehir Caddesi'nde bulunan kolektöre Şekil 4.3'te gösterildiği gibi 3 ayrı noktadan bağlanmıştır.



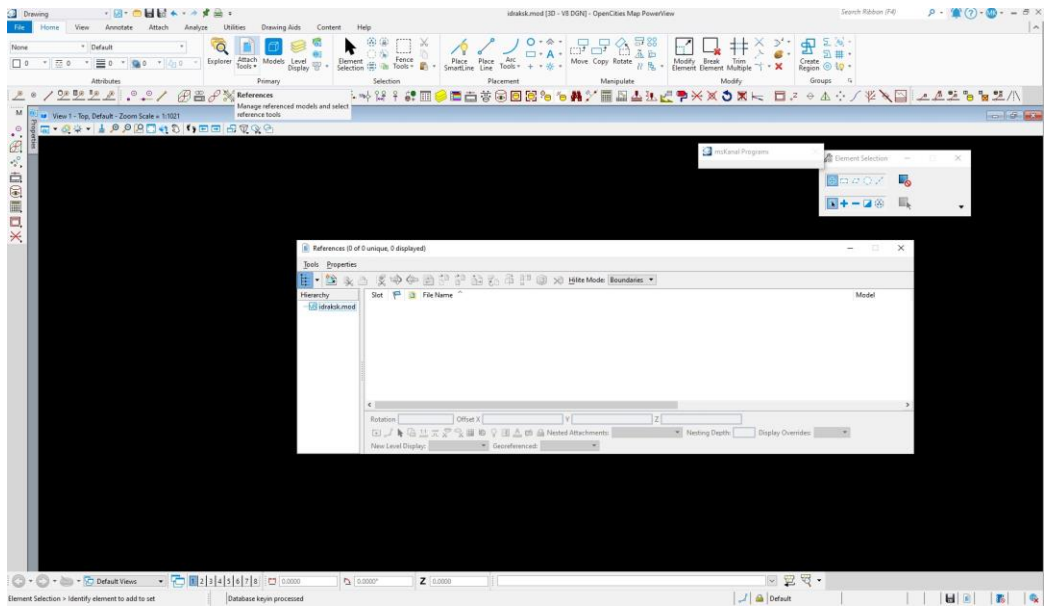
Şekil 4.3. Büyükşehir Caddesine bağlantı noktaları

Şekil 3.3'te verilen araştırma alanı imar durumu, arazi yapısı ve kot oluşumu dikkate alınarak yağmur suyu toplama amacıyla bir şebeke planı oluşturulmuş ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Şebeke Planı

Daha sonra Netcad yardımı ile hali hazır haritalar, mevcut su ve kanal şebekeleri vb. içeren altlıklar hazırlanarak Şekil 4.5'te görüldüğü gibi msKanal programına Attach Tools sekmesi kullanılarak aktarılmış ve projelendirme safhasına geçilmiştir.



Şekil 4.4. Netcad programında hazırlanan altlıkların msKanal programına aktarılması işlemi

Yağmur sonucu bölgede oluşacak ve Yağmur Suyu Toplama Hatları aracılığı ile taşınacak su miktarının belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple ilk önce imar planına göre kullanım şekilleri belirtilen alanların Yüzeysel akış katsayıları (C), yönetmelik ekinde bulunan ve Çizelge 3.4 ile Çizelge 3.3'teki DSİ tarafından verilen değerlerin üst sınırları kullanılarak tayin edilmiş ve Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Alanların kullanım durumuna göre seçilen akış katsayıları (c)

ALANLARIN İMAR PLANINDAKİ KULLANIM ŞEKİLLERİ	SEÇİLEN AKIŞ KATSAYISI (C)
Konut Alanı	0,75
Eğitim Tesisleri Alanı	0,80
Dini Tesis Alanı	0,50
Ticaret Alanı	0,95
Park	0,35
Yol	0,95
Rekreasyon Alanı	0,30
Sosyal Tesis Alanı	0,40
Mezarlık Alanı	0,25
Trafo Alanı	0,40

Denklem 3.1'deki Akış katsayıları (C) belirlendikten sonra yağmur veriminin ($r=166,7 \cdot i$) hesaplamasına geçilmiştir. Bu formülde kullanılan Yağış Şiddeti (i), Birim zamanda düşen ortalama yağış yüksekliğidir. Aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$i = \Delta P / \Delta t \quad (4.1)$$

Burada;

i : Yağış şiddeti (mm/dk)

ΔP : Düşen yağış yüksekliği (mm)

Δt : Zaman aralığı (dk)

Yağış şiddeti hesaplandıktan sonra yağmur verimi hesaplanır:

$$r = 166,7 \times i \quad (4.2)$$

Burada;

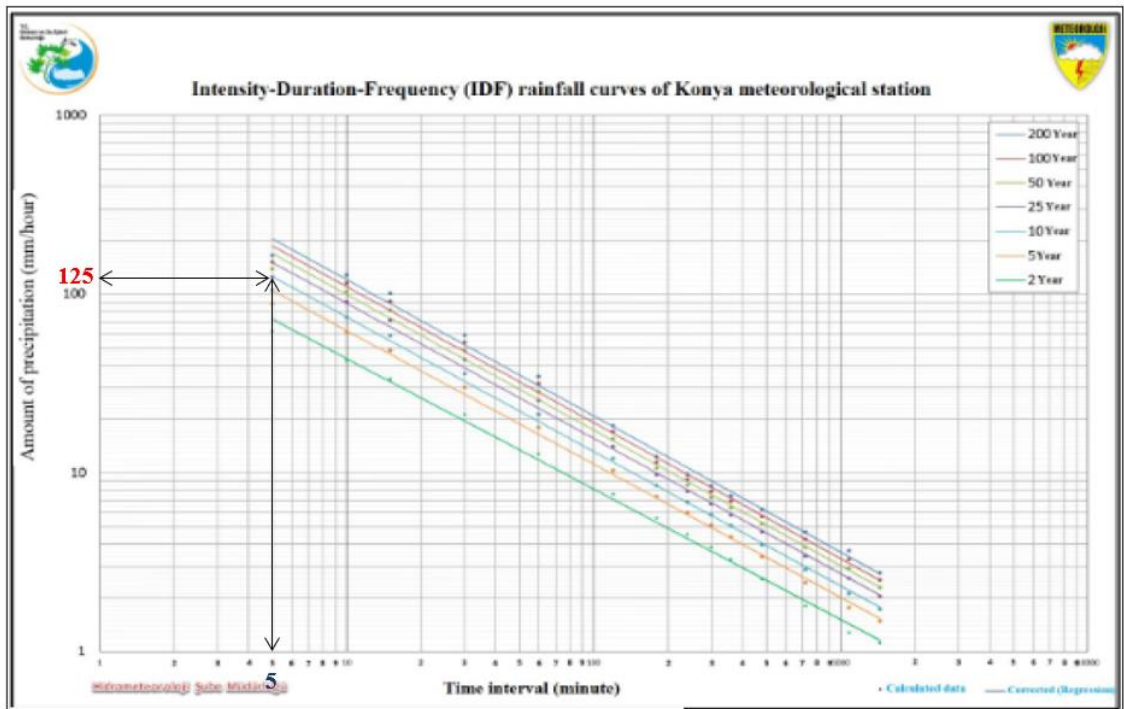
r : Yağmur verimi (L/sn.ha)

Yağışın tekerrür sayısı (n); F yağışın periyodu olmak üzere, $n=1/F$ olarak ifade edilir.

Yağışın şiddetini belirlemek için tekerrür periyodunun ve yağış süresinin bilinmesi gerekir. Tekerrür sayısı veya dikkate alınacak yağmurun periyodu; proje alanındaki trafik yoğunluğu ve sosyo-ekonomik faaliyetlere göre seçilir. Tekerrür sayısı büyük şehirlerde $n= 0,1-0,5$ aralığında alınması tavsiye edilmektedir. Bu proje kapsamında n değeri 0,1 olarak alınmıştır.

$n=1/F$ formülünde yerine konulursa $0,1=1/F$ ise $F= 10$ yıl olarak bulunur.

Yapılacak hesaplamalarda yönetmelik hükümleri dikkate alınmış ve $F=10$ yıllık süre için Şekil 4.5'te görülen 10 yıl tekerrürlü 5 dakikalık yağışa karşılık gelen 125 (mm/sa) veya 2,0833 (mm/dk) değeri kullanılmıştır.



Şekil 4.5. Konya meteoroloji istasyonunun yağış-şiddet-tekerrür eğrileri

Böylece yağmur verimi:

$$r = 166,7 \times i$$

$$r = 166,7 \times 2,083$$

$$r = 347,492 \text{ (L/sn.ha) olarak hesaplanır}$$

Debi hesabı için bu değerler Denklem 3.1'de verilen Rasyonel Yöntemde yerine konularak; çalışma alanında 5 dakika 10 yıl tekerrür süreli yağış sonucu meydana gelecek debi hesaplanır. Hesaplanan debiler Çizelge 4.2'de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Çalışma alanından toplanacak yağış miktarı hesabı

ALANLARIN İMAR PLANINDAKİ KULLANIM ŞEKİLLERİ	ALANI (HA)	ALANI (m ²)	SEÇİLEN KATSAYI (c)	5 DAKİKA 10 YIL TEKERRÜR YAĞIŞ YÜKSEKLİĞİ (mm/sa)	5 DAKİKA 10 YIL TEKERRÜR YAĞIŞ YÜKSEKLİĞİ (mm/dk)	r=166,7x _i (L/sn.ha)	Q= C.r.A (l/s)
KONUT ALANI	45,97	459.700,00	0,75	125,00	2,083	347,292	11.973,748
EĞİTİM TESİSLERİ ALANI	10,13	101.260,00	0,80	125,00	2,083	347,292	2.813,340
DİNİ TESİS ALANI	1,77	17.700,00	0,50	125,00	2,083	347,292	307,353
TİCARET ALANI	2,91	29.070,00	0,95	125,00	2,083	347,292	959,098
PARK	6,32	63.180,00	0,35	125,00	2,083	347,292	767,966
YOL	15,72	157.240,00	0,95	125,00	2,083	347,292	5.187,773
REKREASYON ALANI	2,78	27.810,00	0,30	125,00	2,083	347,292	289,745
SOSYAL TESİS ALANI	3,66	36.620,00	0,40	125,00	2,083	347,292	508,713
MEZARLIK ALANI	9,33	93.340,00	0,25	125,00	2,083	347,292	810,405
TRAFO ALANI	0,07	720,00	0,40	125,00	2,083	347,292	10,002
TOPLAM	98,66	986.640,00					23.628,14

Bölgede kısmi toplama alanlarına ait hesaplamalar aşağıda Çizelge 4.3'te verilmektedir. Çizelge incelendiğinde her bir uç noktasına su iletecek alanların dağılımı görülmektedir.

Çizelge 4.3. Kısmi toplama alanlarına ait alan hesapları örnek tablosu

S.N O	NO	ALANI (ha)	ALAN DETAYI (ha)									
			KONUT ALANI	EĞİTİM TESİSLERİ ALANI	DİNİ TESİS ALANI	TİCARET ALANI	PARK	YOL	REKREASYON ALANI	SOSYAL TESİS ALANI	MEZARLIK ALANI	TRAFO ALANI
1	QUÇ B97	4,412		3,757				0,616				0,039
2	QUÇ B90	0,059						0,059				
3	QUÇ B93	3,177	2,546					0,631				
4	QUÇ B89	3,220	2,524					0,663				0,033
5	QUÇ B86	0,183						0,183				
6	QUÇ B83	0,900			0,523			0,377				
7	QUÇ B34	0,198						0,198				
8	QUÇ B41	6,738	6,031					0,707				
9	QUÇ B36	3,588	3,208					0,380				
10	QUÇ B39	1,518		1,159				0,359				
11	QUÇ B43	10,591	3,393			0,582	0,125	0,048	2,781	3,662		
12	QUÇ B11	1,221					0,863	0,358				
13	QUÇ B14	1,809		0,689	0,253		0,342	0,525				
14	QUÇ B19	4,823	4,064				0,571	0,188				
15	QUÇ B116	12,052			0,581		0,749	1,388			9,334	
16	QUÇ B127	3,999	3,278					0,721				
18	QUÇ B111	0,937	0,797					0,140				
18	QUÇ B120	0,147					0,094	0,053				
19	QUÇ B122	0,971	0,870					0,101				
20	QUÇ B118	1,109	0,498				0,459	0,152				

Her uç noktasına gelen debiler hesaplanarak Çizelge 4.4'te, Çatı alanları çıkartılarak geri kalan alanlardan gelecek debilerin hesabı ise Çizelge 4.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Kısmi toplama alanlarının alan ve debi hesapları (çatı alanları dâhil)

S.NO	NO	ALANI (ha)	AKIŞ ALANLARI (ha) VE SEÇİLEN "C" KATSAYILARI										5 DAKİKALIK 10 YILLIK TEKERRÜRLÜ YAĞIŞ YÜKSEKLİĞİ (mm/sa)	5 DAKİKALIK 10 YILLIK TEKERRÜRLÜ YAĞIŞ YÜKSEKLİĞİ (mm/dk)	r =166,7xi (L/sn.ha)	Q= C.r.A (L/sn)	Q= C.r.A (m³/sn)
			KONUT ALANI (0,75)	EĞİTİM TESİSLERİ ALANI (0,80)	DİNİ TESİS ALANI (0,50)	TİCARET ALANI (0,95)	PARK (0,35)	YOL (0,95)	REKREASYON ALANI (0,30)	SOSYAL TESİS ALANI (0,40)	MEZARLIK ALANI (0,25)	TRAFO ALANI (0,40)					
19	QUÇ_B67	0,030						0,030					125,00	2,083	347,292	9,898	0,010
20	QUÇ_B68	1,855	1,327				0,408	0,120								434,827	0,435
21	QUÇ_B70	2,137	1,603					0,534								593,712	0,594
22	QUÇ_B72	0,340					0,151	0,189								80,711	0,081
23	QUÇ_B74	2,728	1,917				0,139	0,672								737,925	0,738
24	QUÇ_B75	0,015						0,015								4,949	0,005
25	QUÇ_B77	0,999	0,835					0,164								271,599	0,272
26	QUÇ_B83	0,900			0,523			0,377								215,199	0,215
27	QUÇ_B86	0,183						0,183								60,377	0,060
28	QUÇ_B89	3,220	2,524					0,663			0,033					880,749	0,881
29	QUÇ_B90	0,059						0,059								19,466	0,019
30	QUÇ_B93	3,177	2,546					0,631								871,337	0,871
31	QUÇ_B97	4,412		3,757				0,616			0,039					1.252,473	1,252
32	QUÇ_B99	0,051						0,051								16,826	0,017
33	QUÇ_B101	0,066					0,066									8,022	0,008
34	QUÇ_B102	3,832	2,402				0,441	0,989								1.005,548	1,006
35	QUÇ_B105	0,037						0,037								12,207	0,012
35	QUÇ_B107	1,071	1,039					0,032								281,185	0,281
36	QUÇ_B109	3,135	1,065	1,534				0,536								880,436	0,880
37	QUÇ_B111	0,937	0,797					0,140								253,783	0,254
38	QUÇ_B116	12,052			0,581		0,749	1,388		9,334						1.460,275	1,460
39	QUÇ_B118	1,109	0,498					0,459	0,152							235,655	0,236
40	QUÇ_B120	0,147					0,094	0,053								28,912	0,029
41	QUÇ_B122	0,971	0,870					0,101								259,930	0,260
42	QUÇ_B124	2,012	1,989					0,023								525,661	0,526
43	QUÇ_B127	3,999	3,278					0,721								1.091,694	1,092
TOPLAM			98,663	45,970	10,126	1,769	2,907	6,318	15,724	2,781	3,662	9,334	0,072				23.627,970

Çizelge 4.5. Kısmi toplama alanlarının alan ve debi hesapları (çatı alanları hariç)

S.NO	NO	ALANI (ha)	AKIŞ ALANLARI (ha) VE SEÇİLEN "C" KATSAYILARI										5 DAKİKALIK 10 YILLIK TEKERRÜRLÜ YAĞIŞ YÜKSEKLİĞİ (mm/sa)	5 DAKİKALIK 10 YILLIK TEKERRÜRLÜ YAĞIŞ YÜKSEKLİĞİ (mm/dk)	r =166,7xi (L/sn.ha)	Q= C.r.A (L/sn)	Q= C.r.A (m³/sn)
			KONUT ALANI (0,75)	EĞİTİM TESİSLERİ ALANI (0,80)	DİNİ TESİS ALANI (0,50)	TİCARET ALANI (0,95)	PARK (0,35)	YOL (0,95)	REKREASYON ALANI (0,30)	SOSYAL TESİS ALANI (0,40)	MEZARLIK ALANI (0,25)	TRAFO ALANI (0,40)					
20	QUÇ_B68	1,523	0,995				0,408	0,120				125,00	2,083	347,292	348,351	0,348	
21	QUÇ_B70	1,736	1,202					0,534							489,265	0,489	
22	QUÇ_B72	0,340					0,151	0,189							80,711	0,081	
23	QUÇ_B74	2,248	1,437				0,139	0,672							612,900	0,613	
24	QUÇ_B75	0,015						0,015							4,949	0,005	
25	QUÇ_B77	0,790	0,626					0,164							217,161	0,217	
26	QUÇ_B83	0,769			0,392			0,377							192,452	0,192	
27	QUÇ_B86	0,183						0,183							60,377	0,060	
28	QUÇ_B89	2,590	1,894					0,663			0,033				716,654	0,717	
29	QUÇ_B90	0,059						0,059							19,466	0,019	
30	QUÇ_B93	2,540	1,909					0,631							705,419	0,705	
31	QUÇ_B97	3,642		2,987				0,616			0,039				1,038,541	1,039	
32	QUÇ_B99	0,051						0,051							16,826	0,017	
33	QUÇ_B101	0,066					0,066								8,022	0,008	
34	QUÇ_B102	3,529	2,099				0,441	0,989							926,626	0,927	
35	QUÇ_B105	0,037						0,037							12,207	0,012	
35	QUÇ_B107	0,795	0,763					0,032							209,295	0,209	
36	QUÇ_B109	2,587	0,799	1,252				0,536							732,803	0,733	
37	QUÇ_B111	0,771	0,631					0,140							210,546	0,211	
38	QUÇ_B116	11,907			0,436		0,749	1,388		9,334					1,435,096	1,435	
39	QUÇ_B118	0,984	0,373				0,459	0,152							203,096	0,203	
40	QUÇ_B120	0,147					0,094	0,053							28,912	0,029	
41	QUÇ_B122	0,885	0,784					0,101							237,530	0,238	
42	QUÇ_B124	1,493	1,470					0,023							390,477	0,390	
43	QUÇ_B127	3,184	2,463					0,721							879,412	0,879	
TOPLAM		84,967	36,353	7,987	1,327	1,926	6,318	15,724	2,781	3,145	9,334	0,072			20,056,527	20,055	

Çatı alanları hesaplanırken bina oturma alanları göz önüne alınmıştır. Yapı yapılan imar adalarında taban alanı katsayısı oranından daha az alan kullanıldığı, bunun dışında kalan alanların parsel içerisinde ulaşım yolu, otopark, yeşil alan vb. (sızdırmaz alanlar) olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu sızdırmaz alanlardan gelen yağışlar günümüzde belediyenin döşediği birleşik sistem hatlarına verilmekte ve yük artışına sebep olmaktadır. Yönetmelik sadece çatılardan gelen suyun hasadını önermekte olduğundan çalışmada bu öneri dikkate alınmıştır.

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği” nin 57. Maddesinin 7. Fıkrasının a bendinin 1. maddesinde

1) Yağmur suyu toplama sistemleri için TS EN 16941-1 Yerinde içilemez su sistemleri - Bölüm 1: Yağmur suyu kullanımı için sistemler standardına uyulur. Yağmur suyu yalnızca çatı yüzeylerinden elde edilir ve parsel bahçelerinin sulanmasında veya tuvalet rezervuarlarında/sifonlarında kullanılır. Depolama hacmi; binanın bulunduğu ilin m²'ye düşen yıllık toplam yağış miktarı ortalaması, çatının yüzey tipi ve izdüşüm alanına göre hesaplanan yıllık toplanabilir yağmur suyu miktarının en az %6'sını karşılayacak şekilde, TS EN 16941-1 standardının EK-A'sında verilen yöntemlerden uygun olanı kullanılarak belirlenir. Depolama tankı tahliye hattı, varsa yağmur suyu şebekesine bağlanır. Yağmur suyu toplama sistemi tahliye hattının, aynı binada bulunan gri su depolama tankına bağlanması halinde tahliye edilen yağmur suyu gri su olarak değerlendirilir.” İfadesi yer almaktadır.

Aynı yönetmeliğin 57/A maddesinin 5. Fıkrasında ;

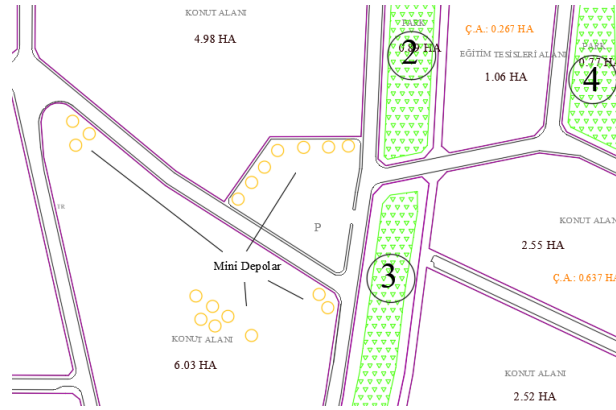
“a) Yağmur suyu toplama sistemlerinin;

1) Depo hacmi ihtiyacı 7 m³'ün üzerinde olması kaydıyla; parsel alanı 2.000 m²'den büyük alanlardaki yapılarda veya parseldeki toplam çatı izdüşüm alanı 1000 m²'den büyük yapılarda,

2) Depo hacmi ihtiyacı 7 m³'ü geçen kamu yapılarında, tesis edilmesi zorunludur.” ifadesi yer almaktadır.

Bu maddelere istinaden çatılardan gelen debilerin parsel alanı içerisinde depolanması gerektiğinden çatı alanları hesaplanarak, şebeke girecek olan yağmur suyu debisine dahil edilmeden de şebeke debi hesaplamaları yapılmıştır ve çatı alanları dahil şebeke debisi ile karşılaştırılmıştır.

Yönetmelik uyarınca çatı alanlarından gelen yağmur suları parsel içerisindeki yeşil alan vb. müsait alanlara gömülü mini depolar konulmak suretiyle depolanması için örnek depo alanları belirlenerek Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Depo adetleri ve hacimleri çatı alanları dikkate alınarak hesaplanmalıdır.



Şekil 4.6. Çalışma alanında gömülü mini depolar için belirlenen örnek alanlar

“Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik” ve yönetmeliğin Ek-1’inde “Yağmursuyu Kanalizasyon Sistemlerinin Etüt, Planlama ve Projelendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslar” ve Ek-2’sinde “Yağmursuyu Sistemlerinin Yapımına İlişkin Usul ve Esaslar” dikkate alınarak araştırma bölgesi yağmur suyu şebeke boyutlandırması yapılmıştır.

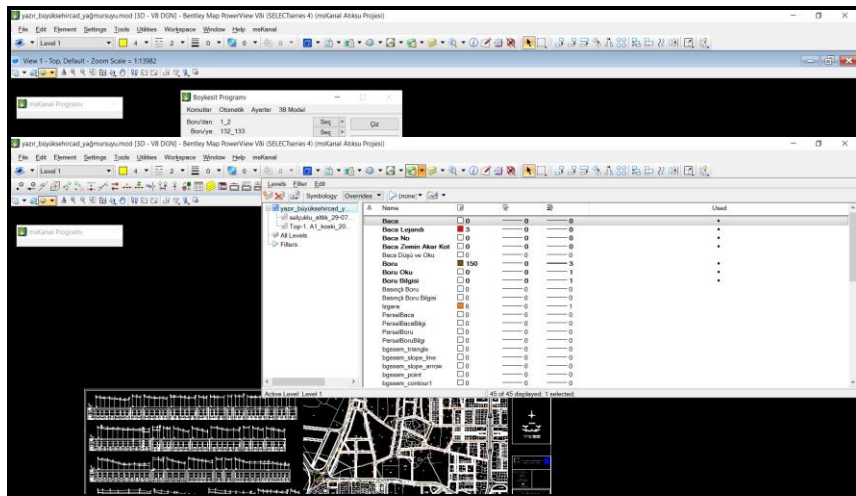
Yönetmeliğe göre yağmursuyu kanallarında çökelmeleri engellemek için hız 0,5 m/sn'nin altına düşmemelidir. Ayrıca hız 5 m/sn'yi geçmemelidir. Eğim değerleri olarak yönetmelikteki ve Çizelge 4.5'te gösterilen değerler aralığında kalınmasına dikkat edilecektir.

Çizelge 4.6. Farklı boru çapları için beton kanallara verilebilecek minimum ve maksimum eğim sınırları

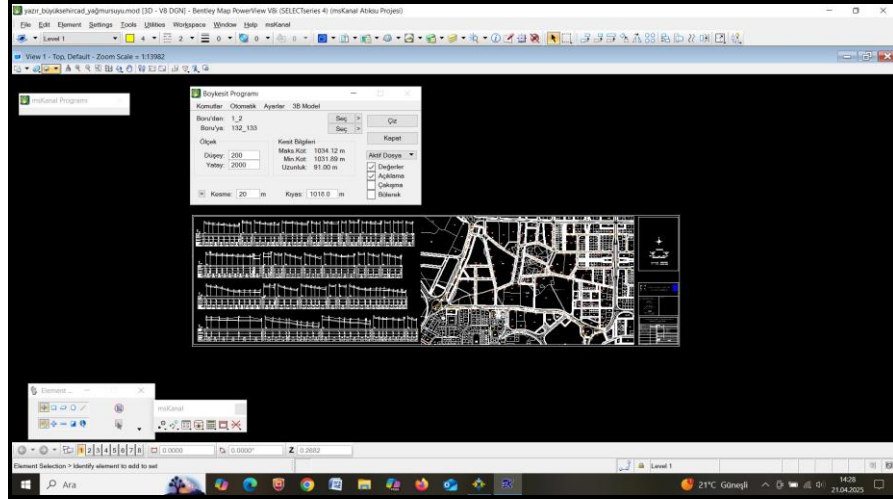
Çap (mm)	Minimum Eğim (A)	Minimum istisnai eğim (A)	Maksimum eğim (A)
200	300	----	7
300	500	----	7
400	600	900	25
500	800	1000	25
600	1000	1500	25
700	1000	1500	50
800	1200	1800	50
900	1500	1800	50
1000	2000	2500	75
1200	2050	2500	75
1400	2100	2500	75
1600	2150	2500	75
2000	2250	2500	75
3000	2500	2500	75

Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te hesaplanan değerler, her bir kısmi alandan gelen uç debilerini göstermektedir. Daha sonra hız ve eğimler dikkate alınarak şebeke planı ve boru çapı belirlenmesine geçilmiştir.

Tasarlanan projede; Ø200-Ø2000 mm çap aralığında 7.609,00 m yağmur suyu toplama şebeke hattı ve bu hatlara ait 106 adet muayene bacası yapımı planlanmıştır. Proje çizim ve hesaplama adımları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

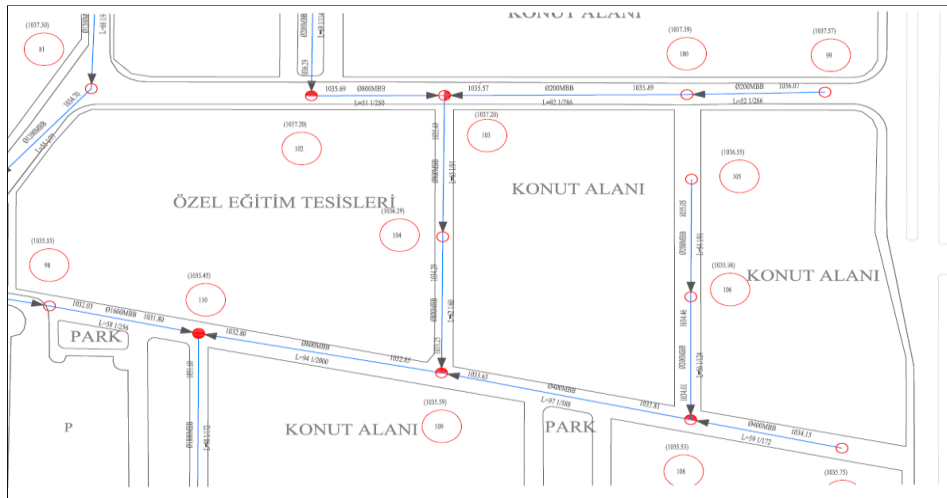


Şekil 4.7. Mskanal programında yağmur suyu şebeke çizimi



Şekil 4.8. Mskanal programında yağmur suyu şebeke çizimi

msKanal programında projesi tamamlanan (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8) yağmur suyu toplama hatlarının boru çapları, uzunlukları ve ortalama derinlik gibi bilgileri programa girilmiş ve şebeke çizimi bu bilgiler ışığında gerçekleştirilmiştir. Programdan bu şebekelere ait bilgiler Excel tablosu olarak raporlanabilmektedir (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8). Bu bilgiler ışığında gerekli metraj hesabı yapılarak çoğunlukla resmi fiyatlardan faydalanmak suretiyle projenin maliyet hesabı yapılmıştır. Ayrıca msKanal programında çizilen proje, çıktı ve diğer işlemler için Netcad ve AutoCAD programlarına aktarılmıştır (Şekil 4.9). Proje paftaları ve hesap detayları Ek olarak sunulmaktadır.



Şekil 4.9. Netcad'e aktarılan yağmur suyu şebeke projesinden bir kesit

Çizelge 4.7. Yağmur suyu toplama hattı örnek hesap tablosu(çatı alanları dahil))

Baca No		Boru Uzunluk	Debi	Seçilen Çap	$V=1/n.R^{2/3}.j^{1/2}$	Eğim	Kot Farkı	Zemin Kotu		Akar Kot		Akar Derinlik		
			m ³ /sn		n= 0,013 beton			Baş	Son	Baş	Son	Baş	Son	Ortalama
Baş	Son	m	Q	mm	m/sn	1/A	m	m	m	m	m	m	m	m
11	12	77	0,223	400	3,9	45	1,69	1046,950	1045,25	1045,35	1043,66	1,60	1,59	1,60
12	13	56	0,223	400	2,35	125	0,45	1045,250	1044,85	1043,66	1043,21	1,59	1,64	1,61
13	16	51	0,223	400	2	172	0,30	1044,850	1044,7	1043,21	1042,91	1,64	1,79	1,71
14	15	61	0,450	600	5,97	33	1,83	1048,400	1046,55	1046,6	1044,77	1,80	1,78	1,79
15	16	62	0,450	600	5,97	33	1,86	1046,550	1044,7	1044,77	1042,91	1,78	1,79	1,78
16	17	91	0,673	600	2,44	200	0,46	1044,700	1044,25	1042,91	1042,46	1,79	1,79	1,79

Çizelge 4.8. Yağmur suyu toplama hattı örnek hesap tablosu (çatı alanları hariç)

Baca No		Boru Uzunluk	Debi	Seçilen Çap	$V=1/n.R^{2/3}.j^{1/2}$	Eğim	Kot Farkı	Zemin Kotu		Akar Kot		Akar Derinlik		
			m ³ /sn		n= 0,013 beton			Baş	Son	Baş	Son	Baş	Son	Ortalama
Baş	Son	m	Q	mm	m/sn	1/A	m	m	m	m	m	m	m	m
11	12	77	0,223	400	3,9	45	1,69	1046,950	1045,25	1045,35	1043,66	1,60	1,59	1,60
12	13	56	0,223	400	2,35	125	0,45	1045,250	1044,85	1043,66	1043,21	1,59	1,64	1,61
13	16	51	0,223	400	2	172	0,30	1044,850	1044,7	1043,21	1042,91	1,64	1,79	1,71
14	15	61	0,359	600	5,97	33	1,83	1048,400	1046,55	1046,6	1044,77	1,80	1,78	1,79
15	16	62	0,359	600	5,97	33	1,86	1046,550	1044,7	1044,77	1042,91	1,78	1,79	1,78
16	17	91	0,582	600	2,44	200	0,46	1044,700	1044,25	1042,91	1042,46	1,79	1,79	1,79

Çizelge 4.9. Yapılacak Hat Bilgileri (çatı alanları dâhil)

Çapı (Ø)	Ortalama Derinlik (m)	Uzunluk (m)	Baca Sayısı (adet)	Boru Cinsi
200 mm	1,50	1.880,00	26	Muflu Beton Boru
300 mm	1,51	273,00	4	Muflu Beton Boru
400 mm	1,64	1.216,00	18	Muflu Beton Boru
600 mm	1,89	2.131,00	29	Muflu Betonarme Boru
800 mm	2,51	499,00	6	Muflu Betonarme Boru
1000 mm	2,61	488,00	7	Muflu Betonarme Boru
1200 mm	2,67	246,00	4	Muflu Betonarme Boru
1400 mm	3,61	153,00	2	Betonarme Boru
1600 mm	3,52	115,00	2	Betonarme Boru
1800 mm	3,20	316,00	4	Betonarme Boru
2000 mm	3,19	292,00	4	Betonarme Boru
TOPLAM		7.609,00	106	

Çizelge 4.10. Yapılacak Hat Bilgileri (çatı alanları hariç)

Çapı (Ø)	Ortalama Derinlik (m)	Uzunluk (m)	Baca Sayısı (adet)	Boru Cinsi
200 mm	1,50	1.880,00	26	Muflu Beton Boru
300 mm	1,51	273,00	4	Muflu Beton Boru
400 mm	1,64	1.216,00	18	Muflu Beton Boru
600 mm	1,92	2.228,00	30	Muflu Betonarme Boru
800 mm	2,45	776,00	10	Muflu Betonarme Boru
1000 mm	3,00	114,00	2	Muflu Betonarme Boru
1200 mm	2,98	399,00	6	Muflu Betonarme Boru
1400 mm	3,52	115,00	2	Betonarme Boru
1600 mm	3,20	316,00	4	Betonarme Boru
1800 mm	3,18	248,00	3	Betonarme Boru
2000 mm	3,23	44,00	1	Betonarme Boru
TOPLAM		7.609,00	106	

Maliyet hesaplamalarında, hatlarda kullanılacak boru cinsi olarak entegre contalı muflu beton ve betonarme borular seçilmiştir. Zemin klas oranları ise bölgede KOSKİ tarafından daha önce yapılan çalışmalardan faydalanılarak %80 toprak, %20 küskülük, %20 kaya seçilmiştir. Kazı malzemesi nakliyesi için yoğunluk klaslar ışığında 1,70 m³/ton olarak alınmıştır.

Kazı, dolgu, nakliye, dolgu malzemesi, iksa kullanımı vs. hesapları yapabilmek için Çizelge 4.9 ve 4.10'da bulunan bilgilerden faydalanılmıştır. Bu çizelgelerdeki ortalama derinlik bilgileri borunun boş akar derinliği olup bu derinliklere Ø200-Ø400 mm çaplı boru ve bacalar için 20 cm, Ø600-Ø800 mm çaplı boru ve bacalar için 30 cm ve diğer boru çapları ve bacaları için de 40 cm yataklama yüksekliği eklenmiştir.

Gerekli iş kalemlerinin tespiti yapılarak birim fiyatlı iş için gerekli analiz ve fiyat çalışmaları yapılmış ve maliyet hesabında kullanılmak üzere özel pozlar oluşturulmuştur. Projenin çıktılarına göre metraj ve maliyet hesabı Excel programına her çap için ayrı ayrı hesap ettirilerek çıkan sonuçlar iş kalemi bazında birleştirilerek Çizelge 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Yapılacak yağmur suyu hatlarının tüm metrajı (çatı alanları dâhil)

SN	POZ NO	İMALATIN ADI	MİKTARI	BİRİMİ
1	Özel-01	Makine İle Yapılan Serbest Toprak Kazısı	24.612,740	m ³
2	Özel-02	Makine İle Yapılan Serbest Küküklük Kazısı	3.076,592	m ³
3	Özel-03	Makine İle Yapılan Serbest Kaya Kazısı	3.076,592	m ³
4	Özel-04	Yataklama Yapılması	13.130,051	m ³
5	Özel-05	Asfalt Sökümü	1.238,560	m ³
6	Özel-06	Hendek Dolgusu	12.315,670	m ³
7	Özel-07	İksa Yapımı	31.399,24	m ²
8	Özel-08	Kot ve Koordinatlandırma	106	ADET
9	Özel-09	Dolgu İçin Mıdır Malzeme Temini	25.272,765	m ³
10	Özel-10	Kazılan Malzemenin Nakledilmesi	54.113,978	TON
11	Özel-11	Kalıp Yapılması	640,850	m ²
12	Özel-12	Nervürlü İnşaat Demiri Yapımı	21,893	TON
13	Özel-13	Ø 200 mm Çaplı Muflu Beton Boru	1.880,00	m
14	Özel-14	Ø 300 mm Çaplı Muflu Beton Boru	273,00	m
15	Özel-15	Ø 400 mm Çaplı Muflu Beton Boru	1.216,00	m
16	Özel-16	Ø 600 mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	2.131,00	m
17	Özel-17	Ø 800 mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	499,00	m
18	Özel-18	Ø 1000 mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	488,00	m
19	Özel-19	Ø 1200 mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	246,00	m
20	Özel-20	Ø 1400 mm Çaplı Betonarme Boru	153,00	m
21	Özel-21	Ø 1600 mm Çaplı Betonarme Boru	115,00	m
22	Özel-22	Ø 1800 mm Çaplı Betonarme Boru	316,00	m
23	Özel-23	Ø 2000 mm Çaplı Betonarme Boru	292,00	m
24	Özel-24	Beton Konik	106	ADET
25	Özel-25	Beton Kapak	106	ADET
26	Özel-26	Ø 200'lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	26	ADET
27	Özel-27	Ø 300'lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	4	ADET
28	Özel-28	Ø 400'lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	18	ADET
29	Özel-29	Ø 600'lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	29	ADET
30	Özel-30	Ø 800'lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	6	ADET
31	Özel-31	Ø 1000'lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	7	ADET
32	Özel-32	Ø 1200'lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	4	ADET
33	Özel-33	C16/20 Hazır Beton	12,286	m ³
34	Özel-34	C30/35 Hazır Beton	141,536	m ³

Çizelge 4.12. Yapılacak yağmur suyu hatlarının tüm metrajı (çatı alanları hariç)

SN	POZ NO	İMALATIN ADI	MİKTARI	BİRİMİ
1	Özel-01	Makine İle Yapılan Serbest Toprak Kazısı	23.483,298	m ³
2	Özel-02	Makine İle Yapılan Serbest Küskülük Kazısı	2.935,414	m ³
3	Özel-03	Makine İle Yapılan Serbest Kaya Kazısı	2.935,414	m ³
4	Özel-04	Yataklama Yapılması	12.180,824	m ³
5	Özel-05	Asfalt Sökümü	1.201,444	m ³
6	Özel-06	Hendek Dolgusu	12.713,329	m ³
7	Özel-07	İksa Yapımı	31.235,72	m ²
8	Özel-08	Kot Ve Koordinatlandırma	106	ADET
9	Özel-09	Dolgu İçin Mıcır Malzeme Temini	24.721,193	m ³
10	Özel-10	Kazılan Malzemenin Nakledilmesi	51.661,761	TON
11	Özel-11	Kalıp Yapılması	480,999	m ²
12	Özel-12	Nervürlü İnşaat Demiri Yapımı	14,096	TON
13	Özel-13	Ø 200 Mm Çaplı Muflu Beton Boru	1.880,00	m
14	Özel-14	Ø 300 Mm Çaplı Muflu Beton Boru	273,00	m
15	Özel-15	Ø 400 Mm Çaplı Muflu Beton Boru	1.216,00	m
16	Özel-16	Ø 600 Mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	2.228,00	m
17	Özel-17	Ø 800 Mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	776,00	m
18	Özel-18	Ø 1000 Mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	114,00	m
19	Özel-19	Ø 1200 Mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	399,00	m
20	Özel-20	Ø 1400 Mm Çaplı Betonarme Boru	115,00	m
21	Özel-21	Ø 1600 Mm Çaplı Betonarme Boru	316,00	m
22	Özel-22	Ø 1800 Mm Çaplı Betonarme Boru	248,00	m
23	Özel-23	Ø 2000 Mm Çaplı Betonarme Boru	44,00	m
24	Özel-24	Beton Konik	106	ADET
25	Özel-25	Beton Kapak	106	ADET
26	Özel-26	Ø 200 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	26	ADET
27	Özel-27	Ø 300 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	4	ADET
28	Özel-28	Ø 400 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	18	ADET
29	Özel-29	Ø 600 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	30	ADET
30	Özel-30	Ø 800 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	10	ADET
31	Özel-31	Ø 1000 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	2	ADET
32	Özel-32	Ø 1200 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	6	ADET
33	Özel-33	C16/20 Hazır Beton	9,237	m ³
34	Özel-34	C30/35 Hazır Beton	95,736	m ³

Çizelge 4.14. Yapılacak yağmur suyu hatlarının toplam metraj ve maliyeti (çatı alanları hariç)

SN	POZ NO	İMALATIN ADI	MİKTARI	BİRİMİ	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
1	Özel-01	Makine İle Yapılan Serbest Toprak Kazısı	23.483,298	m³	54,78	1.286.415,06
2	Özel-02	Makine İle Yapılan Serbest Küskülük Kazısı	2.935,414	m³	80,58	236.535,66
3	Özel-03	Makine İle Yapılan Serbest Kaya Kazısı	2.935,414	m³	393,58	1.155.320,24
4	Özel-04	Yataklama Yapılması	12.180,824	m³	486,31	5.923.656,52
5	Özel-05	Asfalt Sökümü	1.201,444	m³	468,51	562.888,53
6	Özel-06	Hendek Dolgusu	12.713,329	m³	231,10	2.938.050,33
7	Özel-07	İksa Yapımı	31.235,72	m²	368,04	11.495.994,39
8	Özel-08	Kot Ve Koordinatlandırma	106	ADET	468,89	49.702,34
9	Özel-09	Dolgu İçin Mıcır Malzeme Temini	24.721,193	m³	545,15	13.476.758,36
10	Özel-10	Kazılan Malzemenin Nakledilmesi	51.661,761	TON	37,20	1.921.817,51
11	Özel-11	Kalıp Yapılması	480,999	m²	705,75	339.465,04
12	Özel-12	Nervürlü İnşaat Demiri Yapımı	14,096	TON	38.470,04	542.273,68
13	Özel-13	Ø 200 Mm Çaplı Muflu Beton Boru	1.880,00	m	761,64	1.431.883,20
14	Özel-14	Ø 300 Mm Çaplı Muflu Beton Boru	273,00	m	1.119,04	305.497,92
15	Özel-15	Ø 400 Mm Çaplı Muflu Beton Boru	1.216,00	m	1.564,65	1.902.614,40
16	Özel-16	Ø 600 Mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	2.228,00	m	4.442,89	9.898.758,92
17	Özel-17	Ø 800 Mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	776,00	m	7.164,63	5.559.752,88
18	Özel-18	Ø 1000 Mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	114,00	m	10.471,76	1.193.780,64
19	Özel-19	Ø 1200 Mm Çaplı Muflu Betonarme Boru	399,00	m	14.385,79	5.739.930,21
20	Özel-20	Ø 1400 Mm Çaplı Betonarme Boru	115,00	m	19.329,23	2.222.861,45
21	Özel-21	Ø 1600 Mm Çaplı Betonarme Boru	316,00	m	25.715,03	8.125.949,48
22	Özel-22	Ø 1800 Mm Çaplı Betonarme Boru	248,00	m	32.889,70	8.156.645,60
23	Özel-23	Ø 2000 Mm Çaplı Betonarme Boru	44,00	m	41.836,44	1.840.803,36
24	Özel-24	Beton Konik	106	ADET	4.772,59	505.894,54
25	Özel-25	Beton Kapak	106	ADET	1.297,00	137.482,00
26	Özel-26	Ø 200 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	26	ADET	7.697,66	200.139,16
27	Özel-27	Ø 300 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	4	ADET	7.990,41	31.961,64
28	Özel-28	Ø 400 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	18	ADET	8.377,53	150.795,54
29	Özel-29	Ø 600 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	30	ADET	10.950,95	328.528,50
30	Özel-30	Ø 800 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	10	ADET	27.281,38	272.813,80
31	Özel-31	Ø 1000 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	2	ADET	11.710,39	23.420,78
32	Özel-32	Ø 1200 'Lük Beton Muayene Bacası Taban Elemanı	6	ADET	11.572,34	69.434,04
33	Özel-33	C16/20 Hazır Beton	9,237	m³	2.901,28	26.799,12
34	Özel-34	C30/35 Hazır Beton	95,736	m³	3.401,28	325.624,94
TOPLAM (TL)						88.380.249,80

Yapılan hesaplamalara göre yağmur suyu toplama hatlarının 2025 yılı fiyatları ile KDV hariç maliyeti çatı alanları dahil **97.318.561,38 TL.**, çatı alanları hariç **88.380.249,80 TL.** olmaktadır (Çizelge 4.13 ve 4.14).

Çalışmanın gerçekleştirildiği alanda bulunan yapıların çatı sularından gelen yağmur sularının parsel içerisinde depolanması durumunda 8.938.311,58 TL KDV dâhil edildiğinde 10.725.973,90 tasarruf sağlanacaktır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

İklim değişikliğinin gözlemlendiği günümüzde özellikle kurak dönemlerde bir damla içme ve kullanma suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Kentlerde yaşayan insanların suya ulaşımı kolaylaştıkça kent yaşamında su tüketimi hızla artmaktadır. Bu durum su israfı üzerinde dikkatlerin toplanmasına sebep olmaktadır. Kentlerde gelişmişlik düzeyi arttıkça çevre düzenlemelerine ve yeşil alanlara daha çok önem verilmektedir. Bilinçsiz tercihler sebebiyle bu alanlarda aşırı suya ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan su miktarı gittikçe artmakta fakat buna karşılık su kaynaklarında artış olmamaktadır.

Yeraltı sularının aşırı kullanımı sebebiyle su seviyesi hızla alçalmakta ve bu su kullanıma sunulurken daha fazla maliyet gerektirmektedir. Yağışın az olarak gözlemlendiği bölgelerde kuraklık da söz konusu ise su ihtiyacı gündemi işgal etmektedir. Ülkemizde artık havzalar arası su transferi konusu daha çok konuşulmaktadır. Hâlbuki yağış sularının çok büyük bir kısmı boşa akarak değerlendirilmemektedir. Kentlerimizde konutlarda ve endüstride kullanılan suyun bir miktarı tekrar kullanılabilir olduğu bilinmekte, kullanılan suların tekrar kullanımı teşvik edilmeli ve değerlendirilmelidir. Ayrıca kentlerde yeşil alanlar oluştururken suya daha az ihtiyaç duyan bitkiler seçilmelidir.

Bu noktadan hareket ederek, Konya bölgesinin kurak bir iklime sahip olması nedeni ile yeşil alan sulamasında yeraltı içme suyundan ziyade yağış sularının kullanılmasının hayati öneme sahip olduğu dikkate alınmalıdır. Kullanılabilecek yüzey su kaynağı çok yetersizdir. Her ne olursa olsun imkânlar dâhilinde mikro veya makro düzeyde yağış suları hasat edilmeli ve ihtiyaç halinde tekrar kullanılmalıdır. Bu suların tekrar kullanım için miktar açısından yetersiz olması durumunda bile yeraltı su kaynaklarının beslenmesi amacıyla kullanılabileceği bilinmelidir.

Bu çalışmada, Konya Selçuklu İlçesi Yazır Mahallesi Büyükşehir Caddesi'nde meydana gelen taşkınların önlenmesi amacı ile bu caddeye gelen yağmur suyunun kaynaktan hasadı yapılabilirliği kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, bölgede toprak yapısı ve altyapı durumu, yağmur suyu hasadı için oldukça uygundur. Topografik veriler ve mevcut bina yapıları, suyun doğru şekilde yönlendirilip depolanabilmesi için yeterli imkânı sağlamaktadır.

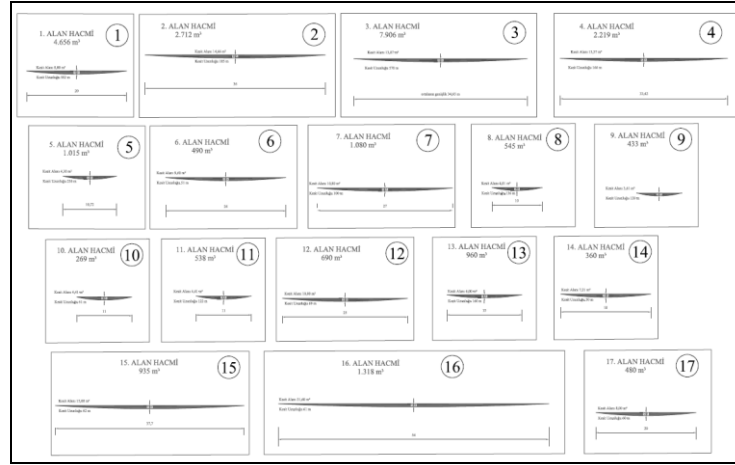
Çalışma alanında bulunan yapıların çatılarından gelen yağmur sularının yönetmeliğe uygun şekilde depolanmasının (Şekil 4.6) şebeke maliyetinde yaklaşık %10 azalma getireceği belirlenmiştir. Konut alanlarında yağmur suyu depolama alanlarının uygunluğu da görülmektedir. Bölgede tesisi düşünülen yeşil alanların su toplama hendeği şeklinde düzenlenmesi sonucunda bölgeden Büyükşehir Caddesine taşkına sebep olabilecek yağmur suyu iletimi olmayacaktır. Özellikle aşırı yağış dönemlerinde taşkın ve yüzey su baskını riski azaltılmış olacaktır.

Toplanan suyun bitki hendeklerinde tutulması veya peyzaj sulamasında kullanılmasıyla yeraltı su kaynaklarına olan bağımlılık azalacaktır. Sistem, kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına, biyoçeşitliliğin desteklenmesine ve mikro iklimin iyileştirilmesine katkı sunacaktır. Sistemin kentsel estetiğe katkı sağlayacak yeşil altyapı öğeleri (yağmur bahçeleri, geçirgen yüzeyler vb.) ile bütünleştirilmesi de mümkün olabilecektir. Yağmur suyu kaynağında çevreye ve insanlara zarar vermeyecek şekilde tutulacağından belediyenin de yağmur suyu taşıma maliyeti çok düşecektir.

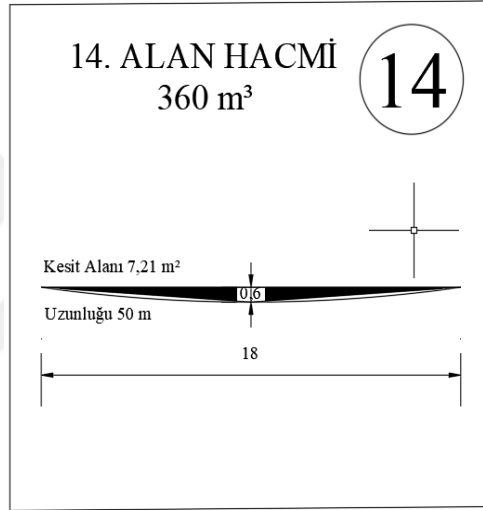
5.2. Öneriler

Çalışma alanı olarak belirlenen bölgede çatıdan inen yağmur sularının toplanması şebeke yükünü azaltacağı gibi az da olsa geri kullanımı sebebiyle yeraltı suyuna katkıda bulunulabilecektir. Son yıllarda yağış miktarının azalması her bir damla suya ihtiyaç duyulduğu günlerde bu suların toplanması işleminin önemi daha çok anlaşılmaktadır. Devlet ilgili yönetmeliği yayınlamış ve çatıdan gelen yağmur sularının toplanarak depolanmasını zorunlu kılmıştır. Konya BB Tip İmar Yönetmeliği bu yönetmeliğe göre gözden geçirilerek tekrar düzenlemeli, ruhsat almış olan binalarda da zorunlu hale getirilmelidir. Yönetmeliğe uygun şekilde depolanmayan ve çeşitli şekillerle tekrar kullanılmayan yağmur sularının şebekeye verilmesi önlenmelidir. Bu durum Yapı Kullanım İzin Belgesi verilmeden önce denetlenmelidir. Şebekeye yük teşkil edecek şekilde verilen yağmur suları için yüksek ücretler belirlenmelidir.

Ayrıca bölgede yüzey akışa geçen suların toplanıp şebeke ile taşınması işlemi yerine belirlenen alanlarda yüzey suyu depolanması önem arz etmektedir. Böylelikle şebeke maliyeti önemli oranda azalması kaçınılmazdır. Çalışma sonucunda yağmur sularının toplanarak uzaklaştırılması değil bölgede tutularak hiç değilse yeraltı suyu beslemesinde kullanımı önerilmektedir.



Şekil 5.2. Bitki hendek alanları kesit ve hacimleri (tamamı)



Şekil 5.3. Bitki hendek alanları kesit ve hacimleri (14 numaralı alan)

Çizelge 5.1. Bitki Hendeği alan ve hacim bilgileri tablosu

ALAN NO	KESİT ALANI (m ²)	UZUNLUK (m)	HACİM (m ³)
1	8,00	582,00	4.656,000
2	14,66	185,00	2.712,100
3	13,87	570,00	7.905,900
4	13,37	166,00	2.219,420
5	4,30	236,00	1.014,800
6	9,60	51,00	489,600
7	10,80	100,00	1.080,000
8	4,01	136,00	545,360
9	3,61	120,00	433,200
10	4,41	61,00	269,010
11	4,41	122,00	538,020
12	10,00	69,00	690,000
13	6,00	160,00	960,000
14	7,21	50,00	360,500
15	15,08	62,00	934,960
16	21,60	61,00	1.317,600
17	8,00	60,00	480,000
TOPLAM			26.606,470

Ayrıca Çalışma alanına ait Şekil 4.5'teki grafikten yararlanılarak 10-25-50-100-200 yıllık tekerrür süreli ve 5-15 dakika sonucunda oluşacak yağış hacimleri hesaplanarak Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Çalışma alanına ait 10-25-50-100-200 yıl tekerrürlü 5-15 dakikalık yağış miktarları

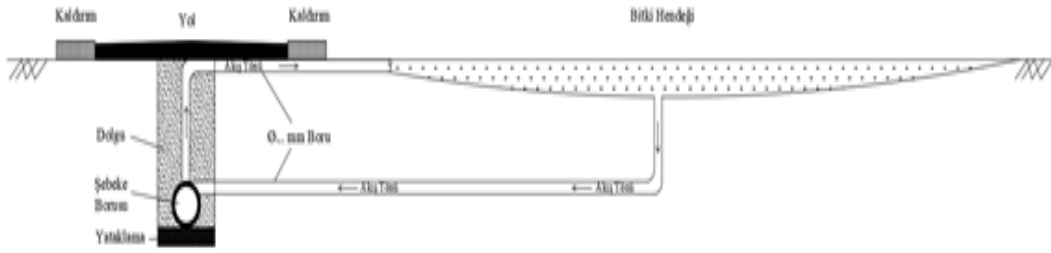
YAĞIŞ SÜRELERİ VE YÜKSEKLİĞİ		TEKERRÜR SÜRELERİ (YILLIK)				
		10	25	50	100	200
5 DAKİKA	mm/sa	125	150	170	185	205
	m ³ /s	23,628	28,354	32,134	34,970	38,750
	m ³	7.088	8.506	9.640	10.491	11.625
15 DAKİKA	mm/sa	58	70	78	87	95
	m ³ /s	10,963	13,232	14,744	16,445	17,957
	m ³	3.289	3.970	4.423	4.934	5.387

Çizelge 5.1'de hesaplanan toplam 26.606,470 m³.lük hacim kapasitesine sahip alanların, Çizelge 5.2'de hesaplanan 200 yıl tekerrürlü yağışlar sebebiyle meydana gelecek su hacmini karşılayacağı ve bölgede yağış sonrası tehlike yaratmayacağı belirlenmiştir.

Çatı yağmur sularının her parselde, yüzey akışa geçen yağış sularının ise belirlenen alanlarda depolanması sonucunda Büyükşehir Caddesinde bulunan altyapıya çalışma alanından herhangi bir su yükü iletilmeyecek veya çok az iletilecek dolayısıyla caddede sağınak yağış sonucu görülen su basması olayları artık meydana gelmeyecektir.

Yağış sularının tümünün bitki hendeklerinde depolanabilmesine rağmen yönetmelik gereği çalışma alanında yağmur suyu ve kanalizasyon şebekesi ayrı olarak teşkil edilmelidir. Önerilen bitki hendeklerinin dolu iken tekrarlanan yağış sularını uzaklaştırmak için mutlaka bölgeye belediye tarafından yağmur suyu uzaklaştırma şebeke hatları da yapılmalıdır. Bu hatların depolamadan sonra hesaplaması yapılmamakla birlikte bu çapların 1000 mm değerine ulaşmayacağı açıktır. Dolayısıyla gerçekleştirilen çalışma sonucunda önerilerin dikkate alınması ile bölge alt yapı yatırımında büyük bir tasarruf sağlanacaktır.

Akış kotlarının uygun olduğu yerlerde bitki hendekleri ile yağmur suyu şebeke hatları birbirine borulu olarak irtibatlandırılması durumunda şebekenin tam dolu halinde zemin üzerine taşması engellenerek yağış suları bitki hendeğine yönlendirilebilir. Bitki hendeğindeki suyun tahliye edilmek istenmesi halinde de bitki hendeğinin dip kotundan şebekeye bağlanacak boru sayesinde bu işlem gerçekleştirilebilir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Bitki hendeği ile yağmur suyu şebekesi bağlantısı

Çalışmada yapılanların yetersiz olabileceği de düşünülerek Büyükşehir Caddesinde toplanan yağış sularının imar planında uygun olan yerlerde yeraltı gömme depoları yapılarak bu depolara aktarımı da mümkün olmalıdır. Bu amaçla; Şafak Caddesi, Dr. Sıddık Özmerzifonlu Caddesi ve Büyükşehir Caddesinin kesiştiği noktada bulunan dönel kavşak 4.000,00 m² den fazla bir alana sahiptir. Burası yağmur suyunun depolama alanı olarak kullanılabilir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Potansiyel depo alanı olabilecek dönel kavşak (URL-7, 2025)

Yazır mezarlığının araç otoparkı da 2.800,00 m² den fazla alana sahiptir. Burası da yağış suyunun depolanması için uygun değerlendirilmelidir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Potansiyel depo alanı olabilecek otopark (URL-7, 2025)

Çalışma sonucunda Büyükşehir Caddesinde sağnak yağış sonrası görülen taşkınların önlenebilir olduğu yapılması önerilen sistem ile de ilgili belediyenin tasarruf sağlayacağı belirlenmiştir. Toplanan sular imkan dâhilinde tekrar kullanılacak dolayısıyla kısmen de olsa sulama suyu miktarında azalma olacaktır.

Ayrıca planlanan sistemde, su seviye sensörleri ve debimetrelerle sistemin performansı dijital olarak izlenmeli, gerektiğinde müdahale edilebilmelidir.

Suyun kalitesinin korunması için arıtma sistemlerinin kullanılması ve taşkın durumlarında deşarj kontrol mekanizmalarının kurulması önemlidir. Bu sayede, sistemin verimliliği artırılabilir ve olası aksaklıkların önüne geçilebilir.

Kentsel tasarım açısından, sistemin yalnızca altyapı bileşenleriyle sınırlı kalmaması, aynı zamanda çevresel unsurların da devreye girmesi gerektiği vurgulanmalıdır. Geçirimli kaldırımlar, biyolojik hendekler, yağmur bahçeleri gibi doğa-tabanlı çözümlerle sistem entegre edilmelidir. Bu çözümler, hem suyun doğru şekilde yönetilmesini sağlar hem de kentsel çevrenin estetik değerini artıracaktır. Ayrıca, Büyükşehir Caddesi üst kotunda bulunan bölgede uygulanacak bu pilot proje, çevredeki diğer sokak ve mahallelere yaygınlaştırılabilir.

Ekonomik açıdan, yağmur suyu hasadı sistemini kuran hane ve işletmelere finansal teşvikler sunulmalıdır. Örneğin, su faturası indirimi veya vergi teşvikleri gibi uygulamalarla sistemin yaygınlaştırılması sağlanabilir. Bu teşvikler, halkın bu tür sistemlere yatırım yapmasını teşvik edecek ve sürdürülebilirliği artıracaktır.

Kurumsal açıdan, yerel yönetimler projeyi izlemek ve yönetmek için özel bir ekip oluşturmalı, bu ekip eğitilmeli ve sistemin düzenli bakım ve izleme süreçleri belirli

aralıklarla yapılmalıdır. Bu şekilde, sistemin uzun vadeli işleyişi garanti altına alınacak sürdürülebilir ve yeşil şehir anlayışı kabul görecektir. Ayrıca, Avrupa Birliği ve diğer finansal destek mekanizmaları kullanılarak proje için ek kaynaklar da temin edilebilir.

Son olarak, eğitim ve farkındalık faaliyetlerine büyük önem verilmelidir. Sistemin çalışma prensibi ve faydaları hakkında bilgilendirici tabelalar yerleştirilerek halk bilgilendirilmelidir. Yağmur suyu hasadının faydalarını anlatan etkinlikler düzenlenmelidir. Ayrıca, yerel okullar ve üniversiteler ile iş birliği yapılarak, sistemin etkinliği bilimsel olarak izlenebilir ve topluma yönelik bilgilendirme artırılabilir.



KAYNAKLAR

- Abbot, J., Davies, P., Simkins, P., Morgan, C., Levin, D., & Robinson, P., 2013, Creating Water Sensitive Places– Scoping the Potential for Water Sensitive Urban Design in the UK. CIRIA Report C, 724.
- Akaydın, S., K., 2017, Yağış Sularının Konut Ölçeğinde Sürdürülebilir Tasarım Kapsamında İncelenmesi. *T.C Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Programı*, İstanbul.
- Akman, M. U., 2021, Taşkın Koruma ve Kontrol Yapılarının Değerlendirilmesi, *Türk Hidrolik Dergisi*, 5(1), 25-31.
- Archdaily, 2022, This Concave Roof System Collects Rainwater in Arid Climates.
- Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2018, *Yağmur Bahçesi Uygulama Kılavuzu*, https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/haberler/yagmur-bahces-_230718-20180724082855.pdf [Ziyaret Tarihi: 18 Kasım 2024].
- Dadhich, G., & Mathur, P., 2016. A GIS based Analysis for Rooftop Rain Water Harvesting. *International Journal of Computer Science & Engineering Technology*, 7(4), 129-143.
- Değirmenci, C., 2023, Üniversite Yerleşkesinde Gri Suyun Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin Araştırılması, Yüksek lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, Isparta.
- Doğru, M., 2023, LEED AP BD+C, Envision SP, <https://www.ecobuild.com.tr/post/s%C3%BCnger-%C5%9Fehir-veya-ya%C4%9Fmur-suyu-ge%C3%A7irimli-%C5%9Fehir-nedir-ve-nas%C4%B1-%C3%A7al%C4%B1%C5%9F%C4%B1r> [Ziyaret Tarihi: 13 Ekim 2024].
- DSİ, 2017, Taşkın Yönetimi, https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20Dairesi%20Sunum/Ta%C5%9Fk%C4%B1n_kitap.pdf [Ziyaret Tarihi: 10 Kasım 2024].
- DSİ, 2024, *Su Kaynakları Planlama Rehberi*, Cilt-1, aysa 2-51, https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/767/1115/DosyaGaleri/su_kaynaklari_planlama_rehberi__cilt_i.pdf [Ziyaret Tarihi: 05 Mayıs 2025].
- Environment Agency Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide, 2010, Erişim Adresi: <http://planning.highpeak.gov.uk/portal/servlets/AttachmentShowServlet?ImageName=372152>

- Erdin, H. E., 2017, Doğal Afetler ve Kent Planlaması, *İzmir ve Deprem Konferansı*, İzmir, https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/18038_15_26.pdf [Ziyaret Tarihi: 18 Kasım 2024].
- Förster, 1996, Patterns of roof runoff contamination and their potential implications on practice and regulation of treatment and local infiltration. ErişimAdresi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0273122396003290>
- Himat, A., Onüçyıldız, M., ve Doğan, S., 2019, Türkiye Yağmur Suyu Hasat ve Bertaraf Yönetmeliğine Göre Kentsel Drenaj Tasarımı, *Uluslararası J. of Environmental Pollution & Environmental Modelling*, Cilt: 2(4), 219-226.
- Kadıoğlu, M., 2019, Kent Selleri Yönetim ve Kontrol Rehberi, İstanbul: Kültür Yayınları.
- Karakuyu, M., 2002, Şehirleşmenin Küresel İklim Sapmaları ve Taşkınlar Üzerindeki Etkisi, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 97-108.
- Karataş, D., ve Savaşır, K., 2023, Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu Özelinde Sürdürülebilir Bir Retrofit Önerisi: Yağmur Suyu Toplama Sistemi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27 (2)
- Kerim, A. ve Süme, V., 2019, Taşkınlar, Taşkın Koruma ve Kontrol Yapıları; Rize İlinde Örnek Çalışmalar, *Türk Hidrolik Dergisi*, 3(1), 1-13.
- Koç, C., 2021, Bodrum Yarımadası Kent Taşkınlarının Nedenleri ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Çalışma, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 207-216
- Mendez vd., 2011, The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/publication/49753322_The_Effect_of_Roofing_Material_on_the_Quality_of_Harvested_Rainwater
- Oweis, T., Dieter P., Ahmed H., 2001, Water Harvesting Indigenous Knowledge for the Future of the Drier Environments., <https://mel.cgiar.org/reporting/downloadmelspace/hash/8822931d10e9b1436357e37cc0ad95ef/v/699ed9daff637546058c1c3544115468> [Ziyaret Tarihi: 15 Nisan 2025].
- Resmî Gazete, 2017, Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik, Resmî Gazete Yayın Tarihi ve Sayısı: 23.06.2017 – 30105
- Sepetçioğlu, M. Y., 2013, Şanlıurfa İli Taşkın Sorunları ve Çözüm Önerileri, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 8(1), 21-38.
- Serencam, U., 2013, Taşkın Zararları ve Zarar Görebilirlik Analizi: Trabzon Değirmendere Sanayi Mahallesi Örneği, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Trabzon.

- Shao W. vd, 2016, Data integration and its application in the sponge city construction of CHINA
- Tamer, N. G., 2016, Bugünden Yarına Kent ve Su Planlaması. *Kent ve Kentliler 21. Yüzyıl için Planlama Seminerleri*, Ankara.
- Tanık, A., 2017, Yağmur Suyu Toplama, Biriktirme ve Geri Kullanımı, *Su Kaynakları ve Kentler Konferansı*, Kahramanmaraş.
- Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2022, *Yağmur Suyu Hasadı Rehber Dokümanı*, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Su%20Kaynaklar%C4%B1%20%C4%B0klim%20Proje/Ya%C4%9Fmur%20Suyu%20Hasad%C4%B1%20Rehber%20Dok%C3%BCman%C4%B1.pdf> [Ziyaret Tarihi: 15 Nisan 2025].
- Temizkan S., ve Tuna Kayılı M., 2020, Yağmur Suyu Toplama Sistemlerinde Optimum Depolama Yönteminin Belirlenmesi: Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi Örneği, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt: 8, No: 14, 2021 (102-116).
- URL-1, 2024, <https://sungerkent.izmir.bel.tr/home> [Ziyaret Tarihi: 13 Ekim 2024].
- URL-2, 2023, <https://www.ekoyapidergisi.org/sunger-sehir-nedir-ve-nasil-calisir> [Ziyaret Tarihi: 13 Ekim 2024].
- URL-3, 2025, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KONYA> [Ziyaret Tarihi: 04 Mayıs 2025].
- URL-4, 2025, <https://www.pasurunsesi.com/gaziantep-te-su-tasarrufu-saglayan-gecirimli-beton-sistemli-park-hizmete-acildi/> [Ziyaret Tarihi: 04 Mayıs 2025].
- URL-5, 2025, <https://www.koski.gov.tr/akilli-uygulama/koski-cbs> [Ziyaret Tarihi: 04 Mayıs 2025].
- URL-6, 2025, cbs.koski.gov.tr [Ziyaret Tarihi: 04 Mayıs 2025].
- URL-7, 2025, <https://cbs.koski.gov.tr/loginPage> [Ziyaret Tarihi: 04 Mayıs 2025].
- URL-8, 2025, <https://bgsbilgi.com/mskanal/> [Ziyaret Tarihi: 04 Mayıs 2025].
- URL-9, 2025, <https://wiki.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=217392184> [Ziyaret Tarihi: 04 Mayıs 2025].
- URL-10, 2025, <https://www.koski.gov.tr/koski/su-fiyatlari> [Ziyaret Tarihi: 04 Mayıs 2025].
- Uşkay, S., ve Aksu, S., 2002, Ülkemizde Taşkınlar, Nedenleri, Zararları ve Alınması Gereken Önlemler, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, (420,421,422), 133-136.

WWF-Türkiye, 2020, Su Döngüsünü İyileştirmek İçin: Yağmur Suyu Hasadı, https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/ysh_web_ekim_2020_1.pdf [Ziyaret Tarihi: 15 Nisan 2025].

Yalılı Kılıç, M., ve Adalı, S., 2022, Alışveriş Merkezi Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı, *Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 27 (1)

Yunfei Qi vd, 2020, Addressing Challenges of Urban Water Management in Chinese Sponge Cities via Nature-Based Solutions



EK-2. Yağmur Suyu Şebeke Hattına Ait Hesap Tablosu (Çatı Alanları Dahil)

Baca No	Baca No	Boru Uzunluk	Debi m ³ /sn	Hesaplanan Boru Çapı	Seçilen Boru Çapı	Hız (m/s) V=1/n.R ^{2/3} .i ^{1/2} n= 0,013 (beton)	Eğim 1/A	Kot Farkı m	Zemin Kotu	Akar Kot	Akar Derinlik	Ortalama			
Baş	Son	m	m ³ /sn	mm	mm			m	Baş	Son	Baş	Son	Baş	Son	Ortalama
11	12	77	0,223	337	400	3,9	45	1,69	1046,950	1045,25	1045,35	1043,66	1,60	1,59	1,60
12	13	56	0,223	337	400	2,35	125	0,45	1045,250	1044,85	1043,66	1043,21	1,59	1,64	1,61
13	16	51	0,223	337	400	2	172	0,30	1044,850	1044,7	1043,21	1042,91	1,64	1,79	1,71
14	15	61	0,450	479	600	5,97	33	1,83	1048,400	1046,55	1046,6	1044,77	1,80	1,78	1,79
15	16	62	0,450	479	600	5,97	33	1,86	1046,550	1044,7	1044,77	1042,91	1,78	1,79	1,78
16	17	91	0,673	585	600	2,44	200	0,46	1044,700	1044,25	1042,91	1042,46	1,79	1,79	1,79
17	18	81	0,673	585	600	3,45	100	0,81	1044,250	1043,5	1042,46	1041,65	1,79	1,85	1,82
18	19	76	0,673	585	600	1,89	333	0,23	1043,500	1043,4	1041,65	1041,42	1,85	1,98	1,91
21	22	62	0,034	132	200	2,36	50	1,25	1049,250	1047,93	1047,75	1046,50	1,50	1,43	1,47
22	23	76	0,447	477	600	2,88	143	0,53	1047,930	1047,39	1046,1	1045,57	1,83	1,82	1,83
23	24	81	0,447	477	600	5,23	43	1,86	1047,390	1045,5	1045,57	1043,71	1,82	1,79	1,81
24	25	84	0,447	477	600	5,97	33	2,52	1045,500	1042,9	1043,71	1041,19	1,79	1,71	1,75
25	29	83	0,447	477	600	4,33	63	1,31	1042,900	1041,03	1041,19	1039,88	1,71	1,15	1,43
26	27	86	0,021	103	200	3,1	29	3,01	1047,620	1044,55	1046,02	1043,01	1,60	1,54	1,57
27	28	91	0,021	103	200	2,46	45	2,00	1044,550	1042,48	1043,01	1041,01	1,54	1,47	1,51
28	29	92	0,021	103	200	1,47	127	0,73	1042,480	1041,03	1041,01	1040,28	1,47	0,75	1,11
29	30	76	2,358	813	1000	5,08	91	0,84	1041,030	1040,86	1039,48	1038,64	1,55	2,22	1,88
30	31	76	2,358	813	1000	1,08	2000	0,04	1040,860	1041,2	1038,64	1038,60	2,22	2,60	2,41
31	32	74	2,358	813	1000	1,08	2000	0,04	1041,200	1040,91	1038,6	1038,56	2,60	2,35	2,47
32	33	72	2,358	813	1000	1,08	2000	0,04	1040,910	1041,05	1038,56	1038,52	2,35	2,53	2,44
33	41	76	2,358	813	1000	4,97	95	0,80	1041,050	1041,36	1038,52	1037,72	2,53	3,64	3,08
34	35	76	0,065	182	200	1,89	77	0,99	1045,900	1044,85	1044,3	1043,31	1,60	1,54	1,57
35	37	67	0,065	182	200	2,2	57	1,18	1044,850	1043,65	1043,31	1042,13	1,54	1,52	1,53
36	37	90	0,961	519	600	3,08	125	0,72	1044,350	1043,65	1042,35	1041,63	2,00	2,02	2,01
37	38	55	1,026	536	600	4,36	63	0,88	1043,650	1042,75	1041,63	1040,75	2,02	2,00	2,01
38	40	56	1,026	536	600	3,78	83	0,67	1042,750	1042,1	1040,75	1040,08	2,00	2,02	2,01
39	40	95	0,44	473	600	3,82	81	1,17	1043,050	1042,1	1041,25	1040,08	1,80	2,02	1,91
40	41	97	1,446	636	800	5,94	50	1,96	1042,100	1041,36	1039,88	1037,92	2,22	3,44	2,83
41	42	81	5,608	1253	1400	1,36	2000	0,04	1041,360	1041,12	1037,32	1037,28	4,04	3,84	3,94
42	43	72	5,608	1253	1400	1,36	2000	0,04	1041,120	1039,95	1037,28	1037,24	3,84	2,71	3,27
52	53	62	0,123	250	300	3,36	42	1,49	1044,050	1042,6	1042,55	1041,06	1,50	1,54	1,52
53	56	60	0,123	250	300	4,12	28	2,16	1042,600	1040,45	1041,06	1038,90	1,54	1,55	1,55
54	55	56	0,592	549	600	4,01	74	0,76	1041,470	1040,7	1039,67	1038,91	1,80	1,79	1,79
55	56	44	0,592	549	600	2,67	167	0,26	1040,700	1040,45	1038,91	1038,65	1,79	1,80	1,80
56	57	97	0,715	448	600	4,49	59	1,65	1040,450	1038,8	1038,45	1036,80	2,00	2,00	2,00
57	61	72	0,715	448	600	1,09	1000	0,07	1038,800	1038,83	1036,8	1036,73	2,00	2,10	2,05
58	59	71	0,011	75	200	2,77	36	1,99	1044,450	1042,49	1042,95	1040,96	1,50	1,53	1,51
59	60	72	0,011	75	200	2,51	43	1,66	1042,490	1040,85	1040,96	1039,30	1,53	1,55	1,54
60	61	83	0,011	75	200	2,57	42	1,99	1040,850	1038,83	1039,3	1037,31	1,55	1,52	1,54
61	65	85	1,556	660	800	0,93	2000	0,04	1038,830	1039,15	1036,53	1036,49	2,30	2,66	2,48
62	63	76	0,011	75	200	2,67	38	1,98	1044,500	1042,57	1043	1041,02	1,50	1,55	1,52
63	64	76	0,011	75	200	2,46	45	1,67	1042,570	1040,89	1041,02	1039,35	1,55	1,54	1,55
64	65	77	0,011	75	200	2,46	45	1,69	1040,890	1039,15	1039,35	1037,66	1,54	1,49	1,52
65	66	57	2,737	876	1000	1,08	2000	0,03	1039,150	1039,25	1036,29	1036,26	2,86	2,99	2,92
66	79	57	2,737	876	1000	1,08	2000	0,03	1039,250	1039,4	1036,26	1036,23	2,99	3,17	3,08
67	68	89	0,01	71	200	0,97	294	0,30	1042,660	1042,58	1041,16	1040,86	1,50	1,72	1,61
68	69	76	0,445	476	600	5,34	42	1,82	1042,580	1040,8	1040,86	1039,04	1,72	1,76	1,74
69	71	76	0,445	476	600	4,49	59	1,29	1040,800	1039,54	1039,04	1037,75	1,76	1,79	1,78
70	71	86	0,594	550	600	1,86	345	0,25	1039,800	1039,54	1038	1037,75	1,80	1,79	1,79
71	74	91	1,039	539	600	1,09	1000	0,09	1039,540	1039,6	1037,55	1037,46	1,99	2,14	2,07
72	73	75	0,081	203	300	3,07	50	1,50	1042,650	1041,15	1041,15	1039,65	1,50	1,50	1,50
73	74	76	0,081	203	300	3,07	50	1,52	1041,150	1039,6	1039,65	1038,13	1,50	1,47	1,48
74	79	89	1,858	721	800	0,93	2000	0,04	1039,600	1039,4	1037,26	1037,22	2,34	2,18	2,26
75	76	76	0,005	50	200	2,51	43	1,75	1044,160	1042,47	1042,66	1040,91	1,50	1,56	1,53
76	77	33	0,005	50	200	0,97	294	0,11	1042,470	1042,49	1040,91	1040,80	1,56	1,69	1,63
77	78	75	0,277	376	400	3,81	48	1,58	1042,490	1040,82	1040,8	1039,23	1,69	1,60	1,64
78	79	81	0,277	376	400	3,48	57	1,42	1040,820	1039,4	1039,23	1037,81	1,59	1,59	1,59
79	80	66	4,872	1168	1200	4,24	167	0,40	1039,400	1038,3	1035,83	1035,43	3,57	2,87	3,22
80	81	66	4,872	1168	1200	5,74	91	0,73	1038,300	1037,3	1035,43	1034,70	2,87	2,60	2,73
81	82	55	4,872	1168	1200	6,24	77	0,72	1037,300	1036,19	1034,7	1033,99	2,60	2,20	2,40
82	97	59	4,872	1168	1200	6,24	77	0,77	1036,190	1035,65	1033,99	1033,22	2,20	2,43	2,31
83	84	65	0,215	331	400	2,88	83	0,78	1040,110	1039,4	1038,51	1037,73	1,60	1,67	1,63
84	85	59	0,215	331	400	3,33	63	0,94	1039,400	1038,37	1037,73	1036,79	1,67	1,58	1,63
85	88	76	0,215	331	400	1,32	400	0,19	1038,370	1038,3	1036,79	1036,60	1,58	1,70	1,64
86	87	63	0,06	175	200	1,28	167	0,38	1039,980	1039,6	1038,48	1038,10	1,50	1,50	1,50
87	88	59	0,06	175	200	2,46	45	1,30	1039,600	1038,3	1038,1	1036,80	1,50	1,50	1,50
88	89	78	0,275	374	400	2,63	100	0,78	1038,300	1037,68	1036,8	1036,02	1,50	1,66	1,58
89	95	81	1,156	569	600	3,78	83	0,97	1037,680	1036,66	1035,62	1034,65	2,06	2,01	2,04
90	91	76	0,019	98	200	2,22	56	1,37	1039,950	1038,6	1038,45	1037,08	1,50	1,52	1,51
91	92	77	0,019	98	200	1,96	71	1,08	1038,600	1037,54	1037,08	1036,00	1,52	1,54	1,53
92	93	77	0,019	98	200	1,05	250	0,31	1037,540	1037,2	1036	1035,69	1,54	1,51	1,52
93	94	48	0,89	499	600	1,09	1000	0,05	1037,200	1037,43	1035,09	1035,04	2,11	2,39	2,25
94	95	64	0,89	499	600	2,69	164	0,39	1037,430	1036,66	1035,04	1034,65	2,39	2,01	2,20
95	96	67	2,046	757	800	4,18	100	0,67	1036,660	1035,95	1034,25	1033,58	2,41	2,37	2,39
96	97	67	2,046	757	800	2,95	200	0,34	1035,950	1035,65	1033,58	1033,25	2,37	2,41	2,39
97	98	57	8,17	1513	1600	4,14	256	0,22	1035,650	1035,55	1032,25	1032,03	3,40	3,52	3,46
98	110	58	8,17	1513	1600	4,14	256	0,23	1035,550	1035,45	1032,03	1031,80	3,52	3,65	3,58
99	100	52	0,017	93	200	0,98	286	0,18	1037,570	1037,39	1036,07				

EK-3. Yağmur Suyu Şebeke Hattına Ait Hesap Tablosu (Çatı Alanları Hariç)

Baca No	Baca No	Boru Uzunluk	Debi m³/sn	Hesaplanan Boru Çapı	Seçilen Boru Çapı	Hız (m/s) V=1/n.R ^{2/3} .i ^{1/2} n= 0,013 (beton)	Eğim 1/A	Kot Farkı	Zemin Kotu	Akar Kot	Akar Derinlik	Ortalama	
Baş	Son	m	Q	mm	mm			m	Baş m	Son m	Baş m	Son m	m
11	12	77	0,223	337	400	3,9	45	1,69	1046,950	1045,25	1045,35	1043,66	1,60
12	13	56	0,223	337	400	2,35	125	0,45	1045,250	1044,85	1043,66	1043,21	1,59
13	16	51	0,223	337	400	2	172	0,30	1044,850	1044,7	1043,21	1042,91	1,64
14	15	61	0,359	428	600	5,97	33	1,83	1048,400	1046,55	1046,6	1044,77	1,80
15	16	62	0,359	428	600	5,97	33	1,86	1046,550	1044,7	1044,77	1042,91	1,78
16	17	91	0,582	544	600	2,44	200	0,46	1044,700	1044,25	1042,91	1042,46	1,79
17	18	81	0,582	544	600	3,45	100	0,81	1044,250	1043,5	1042,46	1041,65	1,79
18	19	76	0,582	544	600	1,89	333	0,23	1043,500	1043,4	1041,65	1041,42	1,85
21	22	62	0,034	132	200	2,36	50	1,25	1049,250	1047,93	1047,75	1046,50	1,50
22	23	76	0,374	436	600	2,88	143	0,53	1047,930	1047,39	1046,1	1045,57	1,83
23	24	81	0,374	436	600	5,23	43	1,86	1047,390	1045,5	1045,57	1043,71	1,82
24	25	84	0,374	436	600	5,97	33	2,52	1045,500	1042,9	1043,71	1041,19	1,79
25	29	83	0,374	436	600	4,33	63	1,31	1042,900	1041,03	1041,19	1039,88	1,71
26	27	86	0,021	103	200	3,1	29	3,01	1047,620	1044,55	1046,02	1043,01	1,60
27	28	91	0,021	103	200	2,46	45	2,00	1044,550	1042,48	1043,01	1041,01	1,54
28	29	92	0,021	103	200	1,47	127	0,73	1042,480	1041,03	1041,01	1040,28	1,47
29	30	76	2,192	784	800	4,38	91	0,84	1041,030	1040,86	1039,48	1038,64	1,55
30	31	76	2,192	784	800	0,93	2000	0,04	1040,860	1041,2	1038,64	1038,60	2,22
31	32	74	2,192	784	800	0,93	2000	0,04	1041,200	1040,91	1038,6	1038,56	2,60
32	33	72	2,192	784	800	0,93	2000	0,04	1040,910	1041,05	1038,56	1038,52	2,35
33	41	76	2,192	784	800	4,28	95	0,80	1041,050	1041,36	1038,52	1037,72	2,53
34	35	76	0,065	182	200	1,89	77	0,99	1045,900	1044,85	1044,3	1043,31	1,60
35	37	67	0,065	182	200	2,2	57	1,18	1044,850	1043,65	1043,31	1042,13	1,54
36	37	90	0,752	459	600	3,08	125	0,72	1044,350	1043,65	1042,35	1041,63	2,00
37	38	55	0,817	478	600	4,36	63	0,88	1043,650	1042,75	1041,63	1040,75	2,02
38	40	56	0,817	478	600	3,78	83	0,67	1042,750	1042,1	1040,75	1040,08	2,00
39	40	95	0,36	428	600	3,82	81	1,17	1043,050	1042,1	1041,25	1040,08	1,80
40	41	97	1,177	574	600	4,9	50	1,96	1042,100	1041,36	1039,88	1037,92	2,22
41	42	81	4,927	1175	1200	1,22	2000	0,04	1041,360	1041,12	1037,32	1037,28	4,04
42	43	72	4,927	1175	1200	1,22	2000	0,04	1041,120	1039,95	1037,28	1037,24	3,84
52	53	62	0,105	231	300	3,36	42	1,49	1044,050	1042,6	1042,55	1041,06	1,50
53	56	60	0,105	231	300	4,12	28	2,16	1042,600	1040,45	1041,06	1038,90	1,54
54	55	56	0,518	514	600	4,01	74	0,76	1041,470	1040,7	1039,67	1038,91	1,80
55	56	44	0,518	514	600	2,67	167	0,26	1040,700	1040,45	1038,91	1038,65	1,79
56	57	97	0,623	563	600	4,49	59	1,65	1040,450	1038,8	1038,45	1036,80	2,00
57	61	72	0,623	563	600	1,09	1000	0,07	1038,800	1038,83	1036,8	1036,73	2,00
58	59	71	0,011	75	200	2,77	36	1,99	1044,450	1042,49	1042,95	1040,96	1,50
59	60	72	0,011	75	200	2,51	43	1,66	1042,490	1040,85	1040,96	1039,30	1,53
60	61	83	0,011	75	200	2,57	42	1,99	1040,850	1038,83	1039,3	1037,31	1,55
61	65	85	1,345	614	800	0,93	2000	0,04	1038,830	1039,15	1036,53	1036,49	2,30
62	63	76	0,011	75	200	2,67	38	1,98	1044,500	1042,57	1043	1041,02	1,50
63	64	76	0,011	75	200	2,46	45	1,67	1042,570	1040,89	1041,02	1039,35	1,55
64	65	77	0,011	75	200	2,46	45	1,69	1040,890	1039,15	1039,35	1037,66	1,54
65	66	57	2,355	812	1000	1,08	2000	0,03	1039,150	1039,25	1036,29	1036,26	2,86
66	79	57	2,355	812	1000	1,08	2000	0,03	1039,250	1039,4	1036,26	1036,23	2,99
67	68	89	0,01	71	200	0,97	294	0,30	1042,660	1042,58	1041,16	1040,86	1,50
68	69	76	0,358	427	600	5,34	42	1,82	1042,580	1040,8	1040,86	1039,04	1,72
69	71	76	0,358	427	600	4,49	59	1,29	1040,800	1039,54	1039,04	1037,75	1,76
70	71	86	0,489	499	600	1,86	345	0,25	1039,800	1039,54	1038	1037,75	1,80
71	74	91	0,847	487	600	1,09	1000	0,09	1039,540	1039,6	1037,55	1037,46	1,99
72	73	75	0,081	203	300	3,07	50	1,50	1042,650	1041,15	1041,15	1039,65	1,50
73	74	76	0,081	203	300	3,07	50	1,52	1041,150	1039,6	1039,65	1038,13	1,50
74	79	89	1,541	657	800	0,93	2000	0,04	1039,600	1039,4	1037,26	1037,22	2,34
75	76	76	0,005	50	200	2,51	43	1,75	1044,160	1042,47	1042,66	1040,91	1,50
76	77	33	0,005	50	200	0,97	294	0,11	1042,470	1042,49	1040,91	1040,80	1,56
77	78	75	0,222	336	400	3,81	48	1,58	1042,490	1040,82	1040,8	1039,23	1,69
78	79	81	0,222	336	400	3,48	57	1,42	1040,820	1039,4	1039,23	1037,81	1,59
79	80	66	4,118	1074	1200	4,24	167	0,40	1039,400	1038,3	1035,83	1035,43	3,57
80	81	66	4,118	1074	1200	5,74	91	0,73	1038,300	1037,3	1035,43	1034,70	2,87
81	82	55	4,118	1074	1200	6,24	77	0,72	1037,300	1036,19	1034,7	1033,99	2,60
82	97	59	4,118	1074	1200	6,24	77	0,77	1036,190	1035,65	1033,99	1033,22	2,20
83	84	65	0,192	313	400	2,88	83	0,78	1040,110	1039,4	1038,51	1037,73	1,60
84	85	59	0,192	313	400	3,33	63	0,94	1039,400	1038,37	1037,73	1036,79	1,67
85	88	76	0,192	313	400	1,32	400	0,19	1038,370	1038,3	1036,79	1036,60	1,58
86	87	63	0,06	175	200	1,28	167	0,38	1039,980	1039,6	1038,48	1038,10	1,50
87	88	59	0,06	175	200	2,46	45	1,30	1039,600	1038,3	1038,1	1036,80	1,50
88	89	78	0,252	358	400	2,63	100	0,78	1038,300	1037,68	1036,8	1036,02	1,50
89	95	81	0,969	521	600	3,78	83	0,97	1037,680	1036,66	1035,62	1034,65	2,06
90	91	76	0,019	98	200	2,22	56	1,37	1039,950	1038,6	1038,45	1037,08	1,50
91	92	77	0,019	98	200	1,96	71	1,08	1038,600	1037,54	1037,08	1036,00	1,52
92	93	77	0,019	98	200	1,05	250	0,31	1037,540	1037,2	1036	1035,69	1,54
93	94	48	0,724	450	600	1,09	1000	0,05	1037,200	1037,43	1035,09	1035,04	2,11
94	95	64	0,724	450	600	2,69	164	0,39	1037,430	1036,66	1035,04	1034,65	2,39
95	96	67	1,693	689	800	4,18	100	0,67	1036,660	1035,95	1034,25	1033,58	2,41
96	97	67	1,693	689	800	2,95	200	0,34	1035,950	1035,65	1033,58	1033,25	2,37
97	98	57	6,85	1385	1400	3,79	256	0,22	1035,650	1035,55	1032,25	1032,03	3,40
98	110	58	6,85	1385	1400	3,79	256	0,23	1035,550	1035,45	1032,03	1031,80	3,52
99	100	52	0,017	93	200	0,98	286	0,18	1037,570	1037,39	1036,07	1035,89	1,50
100	103	62	0,017	93	200	0,98	286	0,32	1037,390	1037,2	1035,89	1035,57	1,50
101	102	69	0,008	64	200	1,55	114	0,61	1038,400	1037,2	1036,9	1036,29	1,50
102	103	51	0,935	512	600	2,18	250	0,20	1037,200	1037,2	1035,69	1035,49	1,51
103	104	65	0,952	516	600	4,69	54	1,20	1037,200	1036,29	1035,49	1034,29	1,71
104	109	62	0,952	516	600	4,47	60	1,04	1036,290	1035,59	1034,29	1033,25	2,00
105	106	54	0,012	78	200	1,74	91	0,59	1036,550	1035,98	1035,05	1034,46	1,50
106	108	56	0,012	78	200	1,48	125	0,45	1035,980	1035,53	1034,46	1034,01	1,52
107	108	59	0,209	326	400	2	172	0,34	1035,750	1035,53	1034,15	1033,81	1,60
108	109	97	0,221	335	400	1,08	588	0,16	1035,530	1035,59	1033,81	1033,65	1,72
109	110	94	1,906	731	800	0,93	2000	0,05	1035,590	1035,45	1032,85	1032,80	2,74
110	113	90	8,756	1566	1600	5,05	172	0,52	1035,450	1034,64	10		

EK-4. Çalışma Alanına Ait Bazı Resimler







