

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**SÜRDÜRÜLEBİLİR KAMPÜSLERDE SU TASARRUFUNA
YÖNELİK ÇALIŞMALAR
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KANUNİ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UMUT BÜYÜKKURT

**EKİM 2019
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**SÜRDÜRÜLEBİLİR KAMPÜSLERDE SU TASARRUFUNA
YÖNELİK ÇALIŞMALAR
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KANUNİ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ**

UMUT BÜYÜKKURT

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“PEYZAJ YÜKSEK MİMARİ”**

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye verildiği Tarih : 16/09/2019

Tezin Savunma Tarihi : 04/10/2019

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Elif BAYRAMOĞLU

Trabzon 2019

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında

Umut BYÜRÜKKURT tarafından hazırlanan

SÜRDÜRÜLEBİLİR KAMPÜSLERDE SU TASARRUFUNA

YÖNELİK ÇALIŞMALAR

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KANUNİ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ

**Başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 14/ 06 / 2019 gün ve 1673
sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :

Üye :

Üye :

ÖNSÖZ

“Sürdürülebilir Kampüslerde Su Tasarrufuna Yönelik Çalışmalar: Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanunu Kampüs Örneği” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programında hazırlanmıştır.

Tez konusunun ve alanının belirlenmesinden sonuçlandırılmasına kadar yapılan bütün çalışmalarda maddi ve manevi desteğini ve kıymetli bilgilerini esirgemeyen kıymetli danışmanım Doç. Dr. Elif BAYRAMOĞLU’na teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Master eğitimin boyunca benden desteklerini esirgemeyen ve varlıklarıyla bana yardımcı olan Doç. Dr. Banu KURDOĞLU’na ve Doç. Dr. Ömer Lütfü ÇORBACI’ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu güne kadar geçen süreçte benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan bana güvenen canım anneme şükranlarımı sunarım.

Umut BÜYÜKKURT

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sürdürülebilir Kampüslerde Su Tasarrufuna Yönelik Çalışmalar: Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanunu Kampüs Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Elif BAYRAMOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 04/10/2019

Umut BÜYÜKKURT

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	IV
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÖZET.....	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLOLAR DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amaç, Kapsam ve Önemi	5
1.3. Çalışmanın Önemi	6
1.4. Dünyada ve Türkiye’de Su Potansiyeli.....	6
1.5. Dünyada ve Doğada Suyun Döngüsü	13
1.6. İklim Değişikliği ve Su İlişkisi	15
1.7. Kentsel Alanlarda Su.....	17
1.8. Kentsel Altyapı Sistemleri	19
1.8.1. Yağmur Bahçeleri	21
1.8.2. Peyzaj Kanalları (landscape swales).....	24
1.8.3. Bitkilendirilmiş (yeşil) Çatı Örtüleri (vegetated roofs)	25
1.8.4. Yapılandırılmış Sulak Alanlar (constructed wetlands).....	26
1.9. Su Tasarrufuna Yönelik Çalışmalar	28
1.9.1. Kurakçıl Peyzaj (Xeriscape)	29
1.9.2. Doğal Bitkilerin Tercih Edilmesi	31
1.9.3. Yağmur suyu hasadı.....	33
1.9.3.1. Yağmur hasadını etkileyen faktörler	36

1.10.	Dünyada ve Türkiye’de Sürdürülebilir Kampüsler	37
1.10.1.	Sürdürülebilir Kampüslerde Su Korunumu.....	39
1.10.2.	“UNEP” Sürdürülebilir Kampüs Planlama Süreç Yöntemi (SKPSY).....	40
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	42
2.1.	Materyal	42
2.1.1.	Çalışma Alanı	42
2.1.2.	KTÜ Kampüs Doğal Verileri.....	46
2.1.3.	Bitki Yapısı	46
2.1.4.	KTÜ Kampüs iklim yapısı.....	53
2.2.	Yöntem.....	55
3.	BULGULAR	57
3.1.	KTÜ Kanuni Kampüsü Yağmur Suyu Analizine Ait Bulgular.....	57
3.2.	Yağmur suyu hasadına ilişkin bulgular.....	61
4.	TARTIŞMA	64
5.	SONUÇLAR.....	68
6.	ÖNERİLER.....	70
7.	KAYNAKLAR	74

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİR KAMPÜSLERDE SU TASARRUFUNA YÖNELİK ÇALIŞMALAR KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ KANUNİ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ

Umut BÜYÜKKURT

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Elif BAYRAMOĞLU
2019,000 Sayfa, Ek Sayfa

20.yy başlarında nüfus artışına bağlı olarak kentsel alanlardaki yapılı çevreler artmış ve açık yeşil alanlar azalmıştır. Bu durumun sonucu olarak kentlerde ani iklimsel değişimler ve doğal afetler meydana gelmiştir. İnsanların yaşam kaliteleri olumsuz yönde etkilemiş, kentlerdeki değişim sonucu ekosistem zarar görmüş, kentler kırılgan bir hal almıştır. Özellikle son yıllarda bu olumsuz sonuçlara yönelik planlamacılar teknoloji ve çevresel etkilere bağlı olarak yeni yaklaşımlar geliştirmeye başlamıştır. Bu çalışmalardan en etkin olanı yağış sularının kontrol alınmasına yönelik ‘sürdürülebilir yağmur suyu’ modelidir.

Araştırma kentsel açık yeşil alanlarından küçük kent modelleri olarak da nitelendirilen kampüslerde kentsel alt yapı sistemleri olarak doğal peyzaj elemanları kullanılarak çözüm önerileri geliştirmek amacıyla yapılmıştır. Bu kapsamda çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi kampüs alanı sınırları içerisinde etüt, envanter, veri toplama, veri analizleme ve sentezleme yöntemleri ile ele alınmıştır. Alanda su korunumunun sağlanabileceği bölgeler analizler doğrultusunda belirlenerek yıllık yağış verileri kullanılarak bölgelerdeki her binadan toplanabilecek yağmur suyu hesaplanmış, toplanan suyun sürdürülebilir kampüs anlayışı içerisinde kampüs su ihtiyacının ne kadarını karşıladığı belirlenmiştir. Su toplama alanlarında suyu hem fonksiyonel hem de estetik amaçlı kullanımlarına dair öneriler getirilmiştir.

Anahtar kelimeler : Karadeniz Teknik Üniversitesi, geçirimli yüzey, yağmur suyu yönetimi, yağmur suyu hasadı, sürdürülebilir kampüs

Master Thesis

SUMMARY

**WATER SAVING WORKS ON SUSTAINABLE CAMPUSES
EXAMPLE OF KANUNI CAMPUS KARADENİZ TECHNICAL UNIVERSITY**

Umut BÜYÜKKURT

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Landscape Architecture Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Elif BAYRAMOĞLU

In the early 20th century, due to population growth, built environments in urban areas increased and light green areas decreased. As a result of this situation, sudden climatic changes and natural disasters occurred in the cities. The quality of life of the people affected negatively, the ecosystem was damaged as a result of the change in the cities and the cities became fragile. Especially in recent years, planners have started to develop new approaches to these negative results depending on technology and environmental impacts. The most effective of these studies is the yağmur sustainable rainwater 'model for controlling rainwater.

The research was carried out in order to develop solutions by using natural landscape elements as urban infrastructure systems in the campuses which are also described as small urban models from urban open green areas. In this context, study, inventory, data collection, data analysis and synthesis methods were handled within the campus area of Karadeniz Technical University. The regions where water conservation can be provided in the area are determined in accordance with the analyzes and rainwater data that can be collected from each building in the regions is calculated by using annual rainfall data. Recommendations have been made regarding the functional and aesthetic use of water in water collection areas.

Key Words : Karadeniz Technical University, permeable surface, rainwater management, sustainable campus.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Suların Yer Yüzünde Dağılışı (URL-1).....	8
Şekil 2. Suyun farklı alanlarda kullanım oranları (DSİ, 2007)	11
Şekil 3. Su kullanımının sektörlere ve Dünya ülkelerine göre oranı (URL-2)	12
Şekil 4. Doğada su döngüsü (URL-5).....	14
Şekil 5. Venedik-İtalya su kenti (URL-6)	18
Şekil 6. Kentsel alanlarında yol boyunca peyzajın alt yapı rolü (URL-7, URL-8).....	20
Şekil 7. Suyun geçirimli-geçirimsiz yüzeylerdeki davranışı (Sert, 2013).....	21
Şekil 8. Yağmur bahçesi örneği (URL-9, URL-10).....	22
Şekil 9. Yağmur Bahçesi Kesiti (Volkan ve Müftüoğlu, 2015).	23
Şekil 10. Bitkilerin seçimi ve düzenlemesine ait örnek (Dewald, 2007)	24
Şekil 11. Kentsel alanlarda peyzaj kanalı kesiti (URL-12)	25
Şekil 12. Minghu Wetland Park, Çin (URL-13).....	26
Şekil 13. Minghu Wetland Park, Çin (URL-13).....	27
Şekil 14. Çin'in Tianjin kentindeki Qiaoyuan Parkı (URL-14).....	27
Şekil 15. Kurakçıl peyzaj uygulama örneği (URL-15)	30
Şekil 16. Mikro Havza Su Hasadı Teknikleri (URL-16).....	33
Şekil 17. Yağmur suyu hasadı yöntemleri (Pamukmengü ve Akkuzu, 2008).....	34
Şekil 18. Yağmur suyu hasadı prensipleri (Mengü ve Akkuzu, 2008).....	34
Şekil 19. Çatı Yağmur Suyu Hasadı (URL-18)	35
Şekil 20. Çatı Yağmur Suyu Toplama Sistem kesiti (URL-19)	36
Şekil 21. Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüs (URL-20)	43
Şekil 22. Çalışma alanı ve sınırları.....	44
Şekil 23. Çalışma alanındaki 1. Bölge sınırları	44
Şekil 24. Çalışma alanındaki 2. Bölge sınırları	45
Şekil 25. Çalışma alanındaki 3. Bölge sınırları	45
Şekil 26. Çalışma alanındaki 4. Bölge sınırları	46

Şekil 27. KTÜ Kanuni Yerleşkesi bitki koruma zonları (URL, 22).....	47
Şekil 28. 2018 yılına ait aylara göre ortalama sıcaklık (Anonim, 2018)	53
Şekil 29. KTÜ Kanuni Kampüsü Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi önü	58
Şekil 30. KTÜ Kanuni Kampüsü Harita Mühendisliği Bölüm Binası önü	59
Şekil 31. KTÜ Kanuni Kampüsü Orman Mühendisliği Bölüm öğrenci ve Orman Fakültesi Dekanlık Binası önü	59
Şekil 32. KTÜ Kanuni Kampüsü Orman Fakültesi otopark alanı karşısı, araç yolu	60
Şekil 33. KTÜ Kanuni Kampüsü Fizik Mühendisliği Bölümü ve Fen Bilimleri Enstitüsü Bina önü	61
Şekil 34. Faik Ahmet Barbutçu Kütüphanesi önünde önerisi	70
Şekil 35. Harita mühendisliği bölüm önü önerisi	71
Şekil 36. Orman Fakültesi	72

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Dünyanın toplam su kaynakları dağılımı (TUSİAD, 2008).....	9
Tablo 2. Nüfus ve kullanılabilir su miktarları oranları.....	9
Tablo 3. Çatı materyaline göre kayıp katsayıları (Elke, 2008)	37
Tablo 4. KTÜ Kampüs bitki yapısı (Anonim, 2019)	47
Tablo 5. Aylara Göre Ortalama, En Yüksek ve En Düşük Sıcaklık Değerleri (C°) (Anonim, 2018).....	53
Tablo 6. Aylara Göre Ortalama Nispi ve En Düşük Nem Değerleri (Anonim, 2018)	54
Tablo 7. Aylara Göre Yağış ve Rüzgâr Değerleri (Anonim, 2018)	54
Tablo 8. Yıllık iklim verileri (Anonim, 2018).....	55
Tablo 9. Her bölgeye ait bina sayısı, bina çatı alanları (m ²) ve çatılardaki yıllık toplanabilecek yağmur suyu miktarı (m ³).....	62
Tablo 10. Belirlenen yeşil alan miktarlarının su ihtiyacı tek bir sulama için toplam sulama suyu ihtiyacı	62
Tablo 11. Bölgelere göre sulama suyu ihtiyaçları (haftada 2 kez, haftada 1 kez, her gün)	63

SEMBOLLER DİZİNİ

(AB)	: Avrupa Birliđi
(BM)	: Birleşmiş Milletler
(IPCC)	: Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli
(SYGM)	: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
(DPT)	: Devlet Planlama Teşkilatı
(AR5)	: Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli 5. Değerlendirme Raporu
(WEL)	: Su Etkin Peyzaj Düzenlemesi, (Water Efficiency Landscape)
(LWUL)	: Az Su Kullanımı (Low-Water Use in Landscape)
(WWG)	: Suyun Akılcı Kullanımı, (Water Wise Garden)
(BMİDÇS)	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
(İDÇS)	: İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
(UNESCO)	: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
(WMO)	: Dünya Meteoroloji Organizasyonu
(UNEP)	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
(ISCN)	: Uluslararası Sürdürülebilir Kampüs Ağı
(GHESP)	: Küresel Yüksek Öğretimde Sürdürülebilirlik İçin İşbirliği
(SKPSY)	: Sürdürülebilir Kampüs Planlama Süreç Yöntemi
(WWAP)	: World Water Assessment Programme

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Su canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli olan yapı taşlarının başında yer almaktadır. En küçüğünden en büyüğüne bütün canlı varlıkların biyolojik yaşam faaliyetlerini ayakta tutar. Su olmadan bir hayatın sürebilmesi mümkün değildir. Yaşam için olmaz olmaz olarak nitelendirebileceğimiz su aslında hayatın temel taşıdır aslında. Ayrıca insanlar ve geriye kalan bütün canlılar için vazgeçilmez olarak oluşmuş, canlı varlıkların hayatlarını sürdürebilmeleri için bütün fiziksel ve kimyasal özelliklerle yaratılmış bir maddedir. Dünya yüzeyinin geniş bir bölümünü oluşturan su aynı zamanda insan vücudunun da fazlaca bulunmaktadır (Saltürk, 2006; Sarıkoç, 2007).

Dünyanın var olmasıyla oluşan ve insanlık tarihinden çok eskilere dayanan su varlığı sıvı ve gaz halde bulunur. Her molekül iki hidrojen ve bir oksijen atomundan meydana gelir. Tatsız ve kokusuz bir maddedir. Özelliklerinden dolayı sadece canlılar üzerinde değil, cansız varlıklar içinde oldukça önemli bir maddedir (Ulusoy, 2007). Yeryüzündeki bulunan kaynakların hepsinden farklı, özel bir öneme sahip olan su Minibaş (2007)'nin vurguladığı üzere (Ulusoy, 2007);

- İkame edilemez ve insan kadar insanın yaşamını var eder. Ayrıca diğer canlıların yaşamı için de vazgeçilmez gereksinimlerin başında gelerek talebi sürekli kılar.
- Sürekliliği olmaması nedeniyle kullanım değeri oldukça yüksektir.
- Hızlı ve ani gelişen nüfus artışının ekşiyle talebi sürekli artmaktadır.
- Varoluşundan kullanıcıya ulaştırılmasına kadarki süreçte su kanalları, barajlar, arıtma tesisleri ile sürekli hizmet sağlamaktadır.
- Yaşamın vazgeçilmez bir gereksinimi olması sebebiyle tarım ve hayvancılık gibi birçok alanda kullanımı zorunludur. İmalattan, inşaata, madencilikten sağlığa, taşımadan enerji üretimine kadar üretimin çeşitli safhalarında girdi olarak kullanılmaktadır.
- Tarımsal ve peyzaj alanlarında sulama amaçlı kullanımının yanı sıra taşıma ve aydınlatmada bir enerji kaynağıdır (Ulusoy, 2007).

Dünyayı diğer gezenlerden ve yaşam ortamlarından ayıran, canlılar için yaşam alanı oluşturan en önemli nedenlerden biri suyun varlığıdır. Bu açıdan bakıldığında su, ekosistemlerin devamlılığı için vazgeçilmez bir olanaktır (Karakuş, 2014). Hayatın her döneminde sahip olduğu değer nedeniyle su, temel bir ihtiyaç unsudur. Kullanım alanın ikame olmaması ve yaygınlığı suyun değerini çok fazla arttırır. Fakat coğrafi alanda su kaynaklarının eşit dağılmamış oluşu, artan ihtiyaçlara cevap verememektedir. Azalan su miktarı geleceğimizde ve günümüzde sahip olduğu ekonomik, stratejik ve yaşamsal önemler nedeniyle büyük sorunlar oluşturabilir (Özsoy, 2009). Özellikle son yıllardaki ekstrem değişen iklim koşullarının getirdiği olumsuz durum çevreyi ve bütün dünyayı etkilemektedir.

Su, doğada hidrolojik bir döngü ile hareket eder. Bu hidrolojik döngünün sonucunda ise yenilenemeyen bir doğal kaynak olarak doğada çevre ile bütünleşir. Birleşmiş Milletler Ekonomik, Sosyal ve Kültürel Haklar Komitesi'ne göre doğanın ve canlıların su ihtiyacının karşılanması için gerekli önlemlerin alınması gerekliliği belirtilmiştir (Özbilen, 2005). Birleşmiş Milletler Millenyum Zirvesi'nde çevresel kalkınma için sürdürülebilir çevresel sağlanmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Bu kapsamda hedefler belirlenerek uygulanabilir su yönetim hedefleri ortaya konulmuştur. Belirlenen su yönetim hedeflerinde 9. Hedefe göre, sürdürülebilir kalkınma ülke politika ve programları ile bütünleşerek çevresel kaynak değeri oluşturmayı amaçlar. 10. Hedef ise, 2015 yılına kadar temiz içme ve kullanma suyunu temin edebilecek ülke sayısının yarıya ineceği öngörülmüştür (Evsahibioğlu vd., 2010).

Dünya geneline bakıldığında su varlığının azalması sosyal, ülkesel, kültürel alanda yıkıcı sonuçlarının olacağı belirtilmektedir. Yenilenemeyen ve sanayileşme, kentleşme ve üretim sistemlerinden kaynaklanan duyarsızlığa ilişkin sorunların hızla artmasıyla su kaynaklarının korunması sorunu hızla gündemde yerini almaya başlamıştır. Öte yandan ekonominin ve nüfustaki büyüme hem dünyanın ekolojik dengesini hem de su kaynaklarını tehdit eder hale gelmiştir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde su kaynaklarının azalmasını önlemeye yönelik politikalar giderek toplumların geleceğini belirleyen politikalar haline gelmiştir (Kılıç, 2008).

Günümüzde Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı 1.300 m^3 (günde yaklaşık 216 litre) olarak belirlenmiştir. İklim şartlarının günden güne değişmesi ile 2050 yılında Türkiye'de kişi başına düşen su miktarının 1.200 m^3 ile su fakiri bir ülke olacağımız öngörülmektedir (Kadioğlu vd., 2017). Su Yönetim Genel Müdürlüğü (SYGM) (2016)

yayınladığı raporunda, Türkiye'nin yüzeysel su potansiyelini 98 milyar m³ ve yeraltı suyu potansiyeli 14 milyar m³ olarak belirlemiştir. Rapora göre Türkiye'de kullanılabilir su miktarı ile su azlığı yaşayan ülkeler sınıfındadır (SYGM 2016). Bu değerlere rağmen Dünya'da kişi başına düşen su tüketimi 800 m³'tür. İnsan potansiyelinin 1,2 milyar insan olduğu düşünüldüğünde, 2,4 milyar insan ise sağlıklı su koşullarına ulaşmamaktadır. DPT (2007) raporlarına göre 2025 yılından itibaren 3 milyar insandan fazlası su kıtlığı çekeceği belirtilmiştir (Howell vd., 2001; DPT, 2007).

Yine Avrupa Çevre Ajansı'na göre Türkiye'nin bir çok bölgesinde 2030 yılında su sorunu yaşanabileceği belirtilmiştir (Bayramoğlu ve ark., 2013). 2050 yılında ise iklim şartları değişerek düzelse bile yalnızca nüfus artışı sebebiyle Türkiye'de bir kişinin düşen kullanabileceği su miktarı 1.200 m³ civarında olacağı tahmin edilmektedir. Farklı bir şekilde söylenirse iklim değişikliği ve nüfusun hızla artışı dikkate alındığında Türkiye'nin 2050 yılında su fakiri bir ülke olacağı öngörülmektedir (Kadıoğlu vd., 2017).

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC)) tarafından iklim değişikliğinin fiziksel temelleri ile etkileri üzerine 2013'te yayımlanan 5. Değerlendirme Raporu'nda (AR5) Türkiye'de iklim değişikliğine dair olması muhtemel değişikliklerin durumu ortaya konulmuştur. Kuraklık Türkiye için olası sonuçların başında gelerek dikkate alınmadığı dönemde insanların geleceğini tehdit eden en önemli küresel ve bölgesel çevre sorunlarının başında gelmektedir (Türkeş 2012; Turan, 2018).

2020 yılından itibaren su kıtlığı yaşayacak olan Türkiye'nin su kullanım oranlarına baktığımızda 112 milyar m³'lük su varlığının bulunmasına rağmen %16'sı içme suyu olarak, %12'si sanayi alanında ve %72'si tarım alanlarında sulama amaçlı tüketilmektedir. Beraberinde 2023 yılında nüfus artışına bağlı olarak kişi başına düşen su tüketiminin azalacağı ön görülmüştür (Aküzüm vd., 2010). Ancak bu değerler ülkeden ülkeye değişmekte ve oranlar farklılık göstermektedir. Afrika'da %88'i tarım, %5'i sanayi ve %7'si evsel amaçlı su kullanım oranlarındadır. Avrupa'da ise söz konusu oranlar sırasıyla, %33'ü tarım, %54'ü sanayi ve %13'ü evsel amaçlıdır (UNESCO, 2008).

Bu kapsamda değerlendirdiğimizde su kaynaklarının giderek tükenmesi insanlığı ve beraberinde ekolojik dengeyi de bozmaktadır. Doğal kaynakları dengeli kullanarak bu anlamda yeni tedbir ve önlemlerin alınması gereklidir. Bu amaçla özellikle son yıllarda su ile birlikte yaşam mücadelesi yönünde önemli adımlar atılmıştır. Kent ve bölge plancıları iklim değişikliğine ve bilinçsiz su kullanımına bağlı olarak suyun akılcı kullanımına

yönelik yeni planlama yaklaşımları geliştirmişlerdir (Barış, 2007; Bayramoğlu, 2016). Planlamacılar kentin olumsuz etkilerini azaltan ve bu etkileri başarılı bir şekilde tolere edebilen uygulamalar için etkin yeşil alanlar düzenler (Chiesura, 2004).

M.Ö. 4000'lü yıllarda bahçe düzenleme kavramı ilk zamanlar sadece kamu yararı düşünülerek sadece kullanıcıların beğeni ve zevklerine göre tasarlanmıştır. Ancak zamanla mevcut doğal kaynakların hızla tükenmesi sonucu bu durum değişerek doğanın lehine yönelik peyzaj mimarlığı hareketleri başlamıştır (Yazgan ve Özyavuz 2008). Kentlerde mekan tasarlayan peyzaj mimarlarının önceleri hedefi sadece çevre-mekan ilişkisini iyi kurgulayarak yaşam kalitesini arttırmakken, günümüzde iklim değişikliğine bağlı olarak oluşan sıkıntıları açık yeşil alanlarda gidermek olmuştur (Ertop, 2009). Özellikle son yıllardaki su kullanımının daha çok kentsel açık yeşil alanlarda olduğu düşünüldüğünde suyun akılcı ve planlı kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Benzer şekilde “Su Etkin Peyzaj Düzenlemeleri (Water Efficient Landscape) (WEL), Suyun Akılcı Kullanımı (Water Wise Garden) (WWG), Az Su Kullanımı (Low-Water Use in Landscape) (LWUL) ve Kurakçıl Peyzaj (Xeriscape)” gibi çalışmalar bu anlamda ortaya çıkmıştır (Barış, 2007).

Bu planlama yaklaşımlarının hepsinin ortak amacı suyu akılcı kullanarak açık yeşil alanlarda su tasarrufu sağlamaktır. Bu çalışmaların yanı sıra planlama ve tasarımda doğaya uyumlu canlı ve cansız materyal kullanımı, doğayı taklit eden oluşumlar, doğal malzeme kaplamaları ve geçirimli yüzey oluşturulan tasarım çalışmaları düzenlenebilir (Karagüzel ve Atik, 2007).

Doğal yaşamın sürekliliğinin devamı ve sağlıklı bir şekilde idare edilebilmesi için ekolojik döngülerin bozulmaması gereklidir (Westmacott, 1991; Li vd., 2005). Suyun en yoğun olarak kullanıldığı kentler su döngüsünün bozulmasından en etkilenen alanlar olmuşlardır. Çünkü kentsel doku ile kentsel altyapı tesisleri arasındaki ilişki kaçınılmazdır. Bu duruma paralel şekilde sürdürülebilir alt yapı sistemlerinin oluşturulmasında peyzajın yapı ve bileşenleri kullanılır. Kentsel doku organizasyonları ile alt yapı sistemleri arasındaki bu ilişki doğal suyu yöneterek sağlanabilir. Yağmur suyunu kontrol altına alarak suyu yönetmek, yavaşlatmak ve yönlendirmek için sistemlerden yararlanır. Bu amaçla oluşturulan yağmur bahçeleri, peyzaj kanalları, dikey bahçeler, yapay sulak alanlar, bitki su arkaları gibi birçok uygulama vardır (Sert, 2013).

Bu amaçla özellikle son yıllarda kentlerdeki suyun tutulması ve tekrar değerlendirilmesi adına ve sudan daha etkin bir şekilde yararlanmayı mümkün kılan su hasadı ve su hasadı teknikleri ele alınmaktadır. Yağmur suyu hasadı yöntemleri sulardan

maksimum fayda sağlayacak bir strateji ile geliştirilmeyi amaçlamaktadır. Yöntem, yağmur sularının ve yüzeysel akışa geçen suların toplanıp biriktirilmesi, bitkisel ve hayvansal üretim için gerekli olan suyun temini ile evsel tüketim için gerekli suyun sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Yöntem ayrıca yer altı suyu kullanımına alternatif olarak yağış ile birlikte yüzeysel akışa geçen suyun biriktirilip kullanılması için olanak tanır (Boers ve Ben-Asher, 1982; Oweis ve Hachum, 2000; Lancaster, 2008; Mengü ve Akkuzu, 2008).

1.2. Çalışmanın Amaç, Kapsam ve Önemi

Kentler yoğun kullanım baskısına maruz kalan kültürel ve doğal yapıların karşılıklı etkileşimi ile oluşan mekânlardır. Ancak yaşam sürecinde insanların sürekli olarak gelişen talepleri doğrultusunda değişmek zorundadır. Çünkü zamana ve mekâna ağılı olarak insanların istek ve beklentileri de değişim göstermektedir. Bu kapsamda gelişen teknoloji ve çevresel etkilere bağlı olarak özellikle kent planlamacıları da mekânları değiştirmek zorundadır. Ancak kentlerdeki doğal yapılar bu gelişen ve değişen süreç içerisinde bozulmakta ve her geçen gün zarar görmektedir. Özellikle de yenilenemeyen su kaynaklarından olan ve insanlığın yaşama sebebi olan su kaynakları çevresel değişimden etkilenmektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak gelişen ani ve kısa süreli yoğun yağışlar hem çevre kirliliği yaratırken hem de insanların yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Bu tez kapsamında kentsel açık yeşil alanlarından küçük kent modelleri olarak da nitelendirilen kampüslerde kentsel alt yapı sistemleri olarak doğal peyzaj elemanları kullanılarak çözüm önerileri geliştirmek amacıyla yapılmıştır. Altyapı sistemlerinin iklim değişim ile ortaya çıkan olumsuz etkilerini azaltmak için etkin bir çözüm önerisi olarak peyzajın canlı materyalleri ve geçirimli yüzeyler oluşturarak öneri getirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda naturalistik peyzaj yaklaşımlarından yağmur bahçeleri, planlanmış sulak alanlar, peyzaj kanalları, bitkisel örtüler, yönlendiriciler ve geçirgen yüzeysel malzemeler kullanarak su toplama yöntemleri su yönetiminde önerilmiştir.

Ayrıca tez çalışmasında belirlenen çalışma olan KTÜ Kanuni kampüsü 4 bölgeye ayrılarak her bir bölgenin binalarının çatı alanları hesaplanmış, meteorolojik veriler yardımıyla 2018 yılı yıllık yağış değerleri ile her binadan toplanacak yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Bu kapsamda bina çatılarındaki yağmur suyu hasadı yöntemi uygulanarak hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar doğrultusunda 4 bölge için yeşil alan

miktarı ve yeşil alanların su ihtiyaçları hesaplanarak yağmur hasadı ile toplanabilecek su miktarının ne kadarını karşıladığı değerlendirilmiştir. Ayrıca belirlenen bölgelerde toplanan suları rekreatif amaçlı olarak kullanılabilme durumu belirlenerek bu alanlar için görseller geliştirilerek öneriler sunulmuştur.

1.3. Çalışmanın Önemi

Dünyada su oranının % 3'ü tatlı ve erişilebilir su seviyesinde olduğu düşünüldüğünde aslında su kaynaklarının potansiyeli açısından kullanılabilir su miktarı çok olmamaktadır. Ancak değerlere bakıldığı zaman %3'lük oran dünya nüfusu için su kullanımına yetmektedir. Son zamanlarda nüfus artışına bağlı doğal kaynakların kirlenmesi ile su döngüsü bozulmakta, her geçen gün yenilenmeyen sular kirlenmektedir. Bu durum devam ettikçe literatür bilgilerine bakıldığında 2025 yılında tatlı su ihtiyacının artacağı belirtilmiştir. WWAP (2012)'ye göre Türkiye, Doğu Karadeniz Bölgesi hariç tüm bölgelerde "yaklaşan fiziksel su kıtlığı" kategorisinde bulunduğu belirtilmektedir.

Bu amaçla doğal su döngüsündeki dengeyi tekrar sağlamak adına temiz suları biriktirip tekrar kullanarak su hareketinin düzene sokulması gerekir. Yağmur suları yeryüzüne ulaşarak su ve besin temininde doğanın kendini yenilemesi ve doğanın döngüsünü devam ettirmesi için en kolay yöntemdir. Kentlerdeki su korunumunun sağlanması su kalitesini düzelterek daha sağlıklı yaşam ortamlarının oluşmasını sağlar, ekosistemleri düzeltir. Bu şekilde kentsel alan kullanımları tasarlayarak yeni etkinlik alanları oluşur, bozulan su döngüsü onarılmış olur. Yağmur suyu hasadı yöntemi ile oluşturulan su toplama alanları yer altı sularının beslenmesine, su döngüsünün normale ulaşması sağlar ve bu sayede hem kentsel alanda hem de kırsal alanda su kalitesi düzeltilir. Bu kapsamda bu çalışma küçük kent modelleri olarak nitelendirdiğimiz kampüs alanı pilot alan olarak seçilmiştir. Bundan sonraki çalışmalar içinde altlık oluşturarak tüm kent geneline uyarlanabilir.

1.4. Dünyada ve Türkiye'de Su Potansiyeli

Günümüzde su canlılara ev sahipliği yapabiliyorsa bunun en büyük sebebi su olarak görülmektedir. Çünkü suyu yok olmuş gibi düşünürsek yaşam da var olmaz (Kılıç, 2008). Su, varoluş sebebi ile yaşam döngüsü içerisindeki önemi hiç kuşkusuz vazgeçilmezdir. İlk

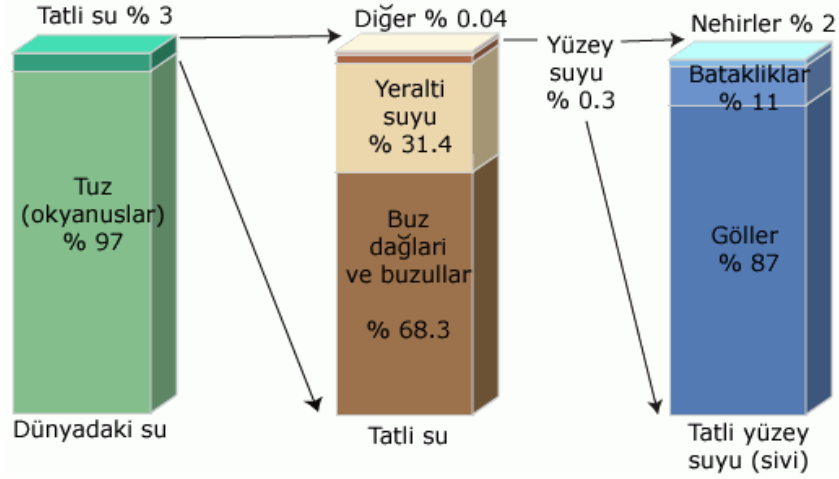
çağlarda su Sümerler döneminde Mezopotamya'da Dicle ve Fırat boyunca kanal projesi ile gündeme gelmiştir. Daha sonraları M.Ö 2000 yıllarında Asurlar ulaşım amaçlı, Abbasiler Samerra'da bir su merkezi oluşturmuşlardır (Memiş, 1997; Kayaer ve Çiftçi, 2018).

Dünyada yaşamı anlamlı kılan denizler, göller ve okyanuslar biyolojik çeşitliliğin en önemli varoluş sebebidir. Yaşayan canlıların, bitki ve hayvanların vücutlarının yaklaşık olarak %50 - %80'i su olduğu düşünüldüğünde suya olan bağımlılık ebediyen devam edecektir (Kılıç, 2008). Dünya üzerinde bulunan suyun yüzeysel olarak dağılımına bakıldığında neredeyse dünya yüzeyini kapladığı düşünülmektedir. Fakat bu aslında böyle değildir. Dünyadaki su miktarı sabittir ve hiçbir zaman değişmemektedir. Sadece tatlı su ve deniz suyu oranlarında bir değişim olmaktadır (Ulusoy, 2007). Hayatın tam kendisi olarak da değerlendirilen suya halen 1 milyar insan temiz bir şekilde ulaşamamaktadır. Araştırmacılar göre yılda yaklaşık olarak 5 milyon insan temiz su bulup kullanamadığı için çeşitli hastalıklara maruz kalıp ölmektedir (Yıldız vd., 2000).

Büyük kürenin yanında bulunan daha küçük küre ise, gezegenimizdeki tüm göllerde, nehirlerde ve yeraltı su kaynaklarının tamamını oluşturmaktadır. Bu tatlı su kaynakları yeryüzündeki bütün canlı yaşamının temelini oluşturan yapı taşlarından bir tanesidir. Bu küçük mavi kürenin çapı 273 kilometre, hacmi ise yaklaşık olarak 10,633,000 km³ tür. Ancak bu miktarın yaklaşık olarak % 99'undan fazlasını yeraltı su kaynakları oluşturmaktadır. (Özsoy,2009)

Dünya su kaynakları bakımından yaşamı barındıran ve su döngüsünün gerçekleştirildiği tek gezegen olarak nitelendirilir. Hidrosfer adı verilen tabakasında yaklaşık olarak 1.4 milyar m³ su bulundururken miktarının %97'si tuzlu olup insanların kullanabileceği değerde değildir (Scheckel, 2002). Yaşamın ve dünya ikamesinin en önemli kaynaklarından biri olarak tüm canlıların hayatta kalmasını sağlar.

Şekil 1'de Dünya üzerinde bulunan su miktarının oranlarına bakıldığında %97'lik oranda tuzlu su, okyanus suları ve geriye kalan %3'lük kısım ise kullanılabilir su olarak niteleyebildiğimiz tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır. Tatlı su kaynaklarının ise %0,5'lik kısmına insanlar erişebilir durumdadır (Al Madfaei, 2009; Vural, 2018). Tatlı su miktarının %31,4'ü yeraltı suyu ve %68,3'ü buz dağları ve buzullardan oluşmaktadır. %0,3'lük yüzey suyunun %11'lik kısmı bataklıklardan,%87'lik kısmı göllerden ve %2'lik kısmı ise nehirlerden oluşmaktadır.



Şekil 1. Suların Yer Yüzünde Dağılışı (URL-1)

Hızla artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılayabilmek için su kaynakları hızlı bir şekilde tüketilecektir. 2050 yılında su kaynakları 2,7 milyar insanı besleyen ve yaşam veren tarım sistemini desteklemek zorunda kalacaktır (Çakmak,2002). İklim değişikliklerinin sonucunda, Himalayalar'da buluna ve Asya'da tarım da kullanılan suyun büyük bir kısmını oluşturan buz ve kar tabakaları 2030 yılında yüzde 30 azalacağı belirtilmektedir. Dünya nüfusunun kişi başına düşen su tüketimi yılda 800 m³ olarak belirlenmiş, dünyada 800 milyon kişi gıda yetersizliği söz konusudur (Atalık 2008).

Dünyanın toplam su kaynakları dağılımına baktığımızda 43,750 km³ olduğu, Amerika toplam su kaynağının % 45'i, Asya % 28'i, Avrupa % 15,5'i ve Afrika % 9'una sahip olduğu anlaşılmaktadır. Kıtalara göre kişi başına düşen oran ise Amerika'da 24.000 m³; Asya'da 9.300 m³; Avrupa'da 5.000 m³ ve Afrika'da 3.400 m³'tür (TUSİAD, 2008; Karakuş, 2014). Tablo 1'de Dünyanın toplam su kaynakları dağılımı TUSİAD (2008)'e göre verilmiştir.

Tablo 1. Dünyanın toplam su kaynakları dağılımı (TUSİAD, 2008)

Bölgeler	Toplam Alan (km ²)	Toplam Nüfus	Dünya Kaynağına oran	Kişi başına düşen su (m ³ /kişi.yıl)
Kuzey Amerika	21.899.600	409.895.363	15,2	16.368
Orta Amerika ve Karayipler	749.120	72.430.000	1,8	10.867
Güney Amerika	17.853.960	345.737.000	28,3	35.808
Batı ve Orta Avrupa	4.898.416	510.784	5,0	4.270
Doğu Avrupa	18.095.450	217.051.000	10,2	21.622
Afrika	30.044.850	793.288.00	9,0	4.980
Yakın Doğu	6.347.970	257.114.000	1,1	1.909
Orta Asya	4.655.490	78.563.000	0,6	3.681
Güney ve Doğu Asya	21.191.290	3.331.958.000	26,8	3.518
Okyanusya-Pasifik	8.058.920	25.838.537	2,1	35.869
Dünya	133.795.066	6.042.188.900	100	7.243

Aslında yapılan incelemeler sonucunda Dünya tatlı su kaynaklarının miktarı incelendiğinde Asya Kıtasının %60'lık toprak varlığı barındırmasına karşın su kaynaklarının %36 olduğu belirlenmiştir. Tablo 2'de nüfus oranları ile kullanılabilir su miktarları görülmektedir (Yılmaz ve Peker, 2013).

Tablo 2. Nüfus ve kullanılabilir su miktarları oranları

Kıtalar	Nüfus (%)	Su Kaynağı (%)
Kuzey Amerika	8	15
Güney Amerika	16	26
Avrupa	13	8
Afrika	13	11
Asya	60	36
Avustralya ve Adalar	1	5

Dünya nehirlerinden 261 tanesi diğer ülkeler tarafından paylaşılmaktadır. Bu durum uluslararası düzeyde su kaynaklarının dünya tatlı rezervinin %60'lık kısmını oluşturmakta ve %40'lık kısmına ev sahipliği konumunda olmaktadır (Postel ve Wolf, 2001). TUSİAD

(2008)'in açıklamasına göre; Dünya yüzeyindeki toplam yenilenebilir su kaynaklarının %50'si diğer ülkelerin kaynaklarına bağlı olmasından dolayı 32 ülke bağımlıdır. Bu ülkeler, Arjantin, Azerbaycan, Bahreyn, Bangladeş, Benin, Bolivya, Botsvana, Kamboçya, Çad, Kongo, Cibuti, Mısır, Eritre, Gambiya, Irak, İsrail, Kuveyt, Litvanya, Moritanya, Mozambik, Namibya, Hollanda, Nijer, Pakistan, Paraguay, Portekiz, Moldova, Romanya, Senegal, Somali, Sudan, Suriye, Türkmenistan, Ukrayna, Uruguay, Türkmenistan, Vietnam ve Eski Yugoslavya şeklinde sıralanabilir.

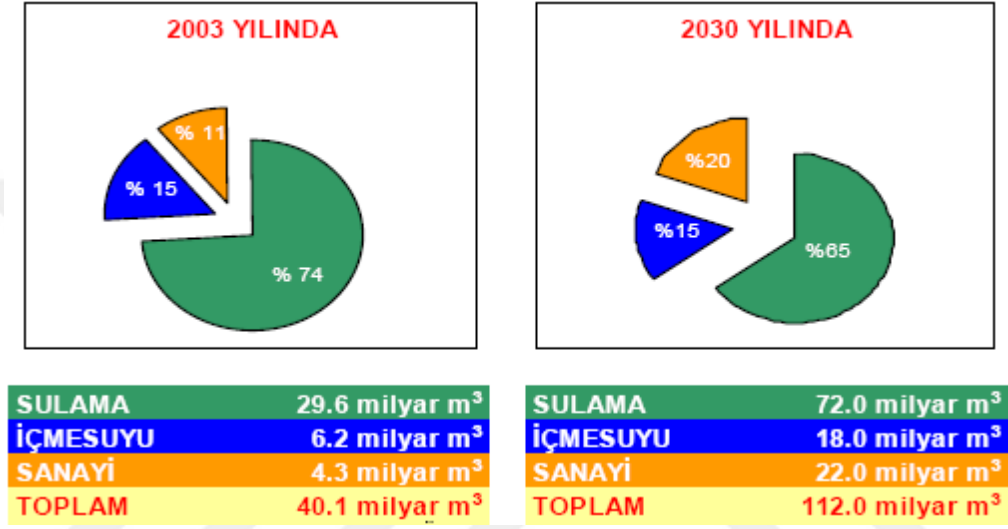
Bu değerler Dünyanın kullanılabilir su kıtlığı yaşadığını göstergesi bakımından önemlidir. Su varlığının değerlendirilebilmesi için kişi başına düşen su miktarının bilinmesi gereklidir. Bu sebeple nüfus, su potansiyelinin değerlendirmesinde önemli kriterler vardır. Tuğaç (2018)'in belirttiği üzere Falkenmark göstergesine göre kişi başına düşen su miktarı:

- 500 m³'ün altında olan ülkeler “yoğun su kıtlığı yaşayan”
- 500 m³ ile 1000 m³ arasında olanlar “su kıtlığı yaşayan”
- 1000 m³ ile 1700 m³ arasında olanlar “su stresi olan”
- 1700 m³'ün üzerinde olan ülkeler ise “su stresi olmayan” ülke olarak belirtilmiştir (Brown ve Matlock, 2013).

Değerlere bakıldığı üzere Türkiye 1500 m³ civarında su varlığı ile “su stresi yaşayan bir ülke” niteliğindedir. Suriye 1200 m³ civarında 1100 m³ oranında Irak da su sıkıntısı çeken ülkeler arasında yer almaktadır. Bu değerler günümüz için geçerlidir. İlerideki yıllar göz önüne alındığında yıllık kullanılabilir kişi başına düşen miktarın 1000 m³ olacağı tahmin edilmektedir. Bu açıdan bakıldığında Türkiye son yıllardaki iklim değişimine karşı azalan su kaynakları miktarını belirgin seviyede tutacak önlemler alınmalıdır (Yılmaz ve Peker, 2013). Ülkemiz su sıkıntısı yaşayan ülkeler arasında olmasa bile, hızlı nüfus artışı, kirlilik ve yıllık yağış ortalamasının dünya ortalamasından az olması ileride yaşanabilecek olan su sıkıntılara önlem alınması gerektiğini göstermektedir. 2050 yılına dair yapılan tahminler Dünyadaki 54 ülkenin su azlığı çekerek Orta Doğu, Kuzey Çin, Afrika'nın büyük bir bölümü ve Kaliforniya gibi ülkelerde su kaynaklarının şimdiden tükendiği belirtilmektedir. Dane (2009)'a göre Dünya üzerinde kullanılan temiz su kaynaklarının % 85'i, dünya nüfusunun % 12'si tarafından tüketilmektedir.

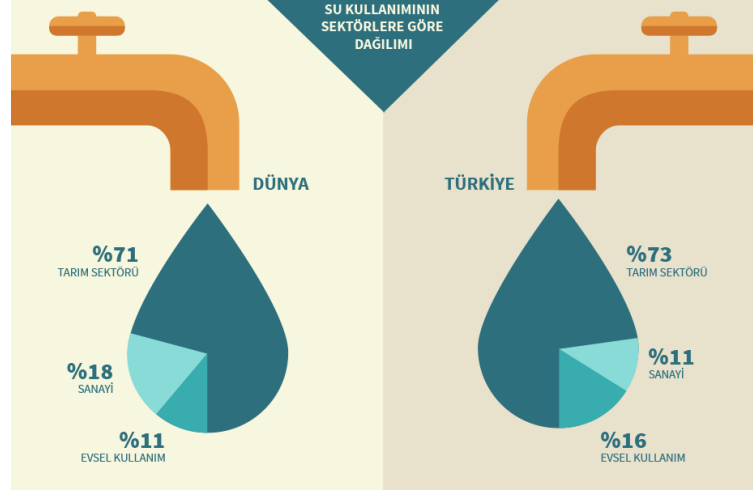
Türkiye'de toplam su varlığının %73'lik kısmı sulama amaçlı olarak kullanılmakta olduğu bilinmektedir (Fakıoğlu, 2012). 2030 yılı için Türkiye İstatistik Kurumu (TŞİ)'nin senaryolarına göre nüfusumuzun yaklaşık 100 milyon kişi, kişi başına düşen kullanılabilir

su miktarı 1.120 m³/yıl olacağı belirtilmiştir (dsi.gov.tr,2012). Durum böyle iken su kullanım oranımızın en fazla olan sektörü sulama amaçlı olması tedbir almak için önlem taşımaktadır. Şekil 2’de su kullanımının farklı alanlardaki oranı incelendiğinde sulama amaçlı 29.6 milyar m³, içme suyu 6.2 m³ ve sanayii alanında 4.3 m³ su harcandığı belirtilmiştir. Bu oranın 2030 yılında sulama amaçlı 72.0 milyar m³, içme suyu 18.0 m³ ve sanayii alanında 22.0 m³ olacağı tahmin edilmiştir (DSİ, 2007).



Şekil 2. Suyun farklı alanlarda kullanım oranları (DSİ, 2007)

AB’de ise toplam su varlığının ise %33’ü tarımsal alanlarda sulama amaçlı kullanılmaktadır. Benzer şekilde diğer ülkelere bakıldığında ise Güney Avrupa’da %75, Orta ve Batı Avrupa’da %57’lik kısmı soğutma amaçlı olarak enerji ve kentlerde içme-kullanma suyu olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2005). Şekil 3’de görüldüğü üzere Dünya ülkelerinde su kullanım oranları tarım sektöründe %71, sanayi sektöründe %18 ve evsel atıklarda %11 oranında kullanılmaktadır.



Şekil 3. Su kullanımının sektörlere ve Dünya ülkelerine göre oranı (URL-2)

Ülkemizde yıllık yağış miktarı ortalaması 643 mm ve bunun su olarak karşılığı yaklaşık olarak 501 milyar m³ tür. Çeşitli nedenlerle kaybolan suyun yaklaşık olarak 234 milyar m³'ü kullanılabilir. Teknik ve ekonomik olarak tüketilecek yeraltı ve yerüstü su miktarı 112 milyar m³ tür. Bunun 95 milyar m³'ü yurtiçinden doğan akarsulardan, 3 milyar m³ ü yurtdışından ulaşan akarsulardan ve 14 milyar m³'ü ise yeraltı suyundan temin edildiği düşünülmektedir.

İçme suyu ve kullanma suları yer altı kaynaklarından, nehirlerden, göllerden, doğal veya yapay göllerden, kuyulardan hatta üretilmesi zor ve maliyetli olduğu halde deniz suyunun arıtılmasıyla elde edilmektedir. Fakat bütün bu suların en önemli kaynağı yağmurlardır. İçme sularının ve kullanım sularının oluşum ve sağlanış şekillerine göre 3 farklı grupta sıralayabiliriz; Yağış suları, Yüzeysel Sular, Yeraltı suları (Güler, 2001).

1) Yağış Suları: Yağmur ve kar yağışlarının sarnıçlarda birikmesiyle oluşan sulardır. Su kaynaklarının ve su dağıtım tekniğinin yetersiz olduğu eski dönemlerde, gerektiğin de suların amaçlı olarak içilemez hale getirilmesi sonucu güç durumlarda kalmamak için büyük sarnıçlar yapılmıştır.

2) Yüzeysel Sular: Akarsular, göller ve akarsuların önlerinde yapay setlerle kapatılmasıyla oluşan baraj su birikintileri yüzeysel suları oluşturmaktadır. Bunlara yağışlarla yeraltı sular ile beslenir.

3) Yeraltı Suları: Kaynak suları ve kuyulardan elde edilen sulardır. Yağış ve yüzeysel sularla beslenirler.

Görünen üzere bütün bu su kaynakları birbiriyle bağlantılıdır. Bütün bu kaynaklardan bulunan suların özellikleri, kirlenme şekilleri ve miktarları değişiklik gösterebilir (Güler, 2001).

1.5. Dünyada ve Doğada Suyun Döngüsü

Yeryüzünde su farklı biçim ve formlarda bitkiler hayvanlar tarafından kullanılır fakat asla yok olmaz. Kullanılabilecek formdaki su her zaman döngü halinde bulunur (Klötzli, 1980). Su çeşitli ortamlardan buharlaşarak tekrar yeryüzüne geri döner. Bu döngü halinde suyun değiştirerek yaptığı harekete ‘hidrolojik döngü’ veya ‘su döngüsü’ adı verilir (İlgar, 2009).

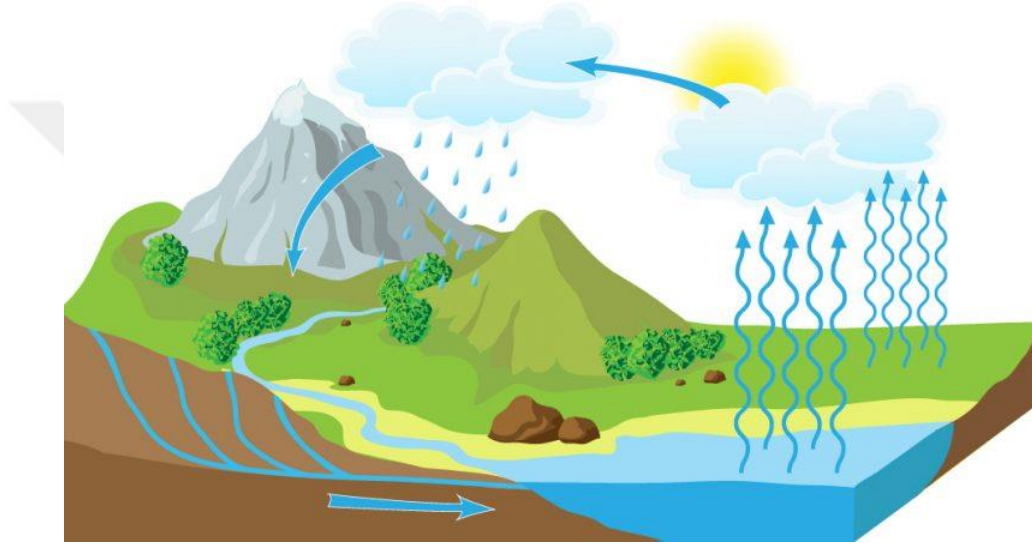
Su döngüsü, bir bakıma suyun dünya üzerindeki dolaşımını ifade eder. Bu dolaşım kimi zaman sıvı, kimi zaman katı, kimi zaman gaz halinde olmaktadır. Yeryüzündeki su okyanuslarda, denizlerde, göllerde ve yeraltı kaynaklarında doğal olarak depolanır. Su döngüsü, bu kaynaklarda bulunan suların sıcak hava ile birlikte buharlaşıp gökyüzüne çıkması ve soğuyan hava ile birlikte yağmur olarak yeryüzüne tekrar düşmesi olarak basitçe tanımlanabilir. Uzun yıllar boyu bu döngüye sahip olan suyun miktarında hiçbir değişiklik olmamıştır. Dünyada su hareket eder bütün canlılar tarafından kullanılır ama asla yok olmaz. Su döngüsü oldukça hassas nitelikli olarak değerlendirilebilir. Doğrudan insan toplulukları etkisi ile ya da iklimsel koşullar açısından önemli değişikliklere neden olabilir (Ayboğa, 2010).

Denizlerden ve karalardan başlayan döngü, buharlaşır ve atmosfere karışır. Su çevriminin aslında bir başlangıç noktası yoktur. Çünkü sürekli devam eden bir döngü içerisindeydir. Yükselen hava akımları, su buharı ile beraber yukarıları taşınır, daha sonra orada soğuk hava ile temas ederek yoğunlaşma oluşturur. Yukarıdaki hava hareketleriyle dünyanın çevresinde hareket eder ve yağış olarak tekrar yeryüzüne inerler. Yeryüzüne inen su taneciklerinin kimisi kar olarak kimisi de yağmur olarak iner (URL-3).

İnsanlar tarafından bu su döngüsünün değiştirilmesi olasıdır. İnsanların aşırı yeraltı suyunu tüketmeleri, doğal olarak bulunana sulak alanlarının kurutulması ve geçirimsiz yüzeylerin artırılması sonucu doğadaki su döngüsü olumsuz etkilenir. Bu şekilde bitki örtüsü tahrip olur, toprağa suyun süzülmesi azalır, yüzeysel akış artar (URL-4).

Doğadaki Su Döngüsü yoğunlaşma, yağış, toprağa geçiş, yüzeysel akıntı ve buharlaşmadır. Ekosistemdeki su döngüsü ise yoğunlaşma ve buharlaşma gibi fiziksel kurallar ile gerçekleşmektedir. Su döngüsü belirli aşamalarda gerçekleşir;

- Yoğunlaşma
- Yağış
- Toprağa geçiş
- Yüzeysel akıntı
- Buharlaşma



Şekil 4. Doğada su döngüsü (URL-5)

Su havada su buharı halinde sıvı hale geçerek yoğunlaşır, sıvı halden gaz haline dönüşerek buharlaşır, katı halinden sıvı haline dönüşerek erir, toprağa düşen kısmı toprak doymamışsa emilir yoksa yüzeysel akışa geçer (URL-5). Ekolojistlere göre su döngüsünün varlığı yüzey ve yeraltı suları birbirlerine bağlı olduğu yönündedir. Yüzeysel akıntılarla taşınan su, hızlı bir şekilde sel akıntıları, su kirliliği, artan yapılaşma ve geçirimsiz yüzeyler ile nehir ve nehir koridorları ile kurutulmuş sulak alanlar sebebiyle kaybedilerek ve tuzlu suya karışıyor. Bu nedenle döngüyü tamamlayamıyor. Aslında doğadaki su döngüsü ekosistemlerin biyoçeşitliliğin sürdürülmesi ve insan yaşam kalitesi bakımından hayati önem taşımaktadır (UNEP, 2006).

1.6. İklim Değişikliği ve Su İlişkisi

İklim değişikliği sera gazları nedeniyle küresel ısınmaya sebep olmakta ve bu durum hissedilir bir biçimde yer küreyi etkilemektedir. 1980’li yıllarda ilk belirtileri ortaya çıkmış, sonraları 1990’lı yıllarda en yüksek değerlerine ulaşmıştır. 1998 yılında ise küresel ısınma bir yüksek sıcaklık rekoru kırmıştır (WMO, 1999). Son 35-40 yıllık geçmiş sıcaklık değerlerine bakıldığında diğer büyük kentler gibi Türkiye’de de hava kirliliğine bağlı gece sıcaklıklarında bir ısınma, gündüz sıcaklıklarında bir soğuma ve günlük sıcaklık genişliğinde azalma gözlemlenmiştir (Karaca vd., 1995; Türkeş vd., 1996). Türkiye’nin yarı kurak-nemli iklim yapısında olması sebebiyle dönemsel olarak bazı mevsimlerde kurak iklim koşulları hâkimken, bazı dönemlerde ise nemli iklim yapısı hâkimdir (Şahin ve Kurnaz, 2014). Türkiye’de bulunan 51 milyon hektarlık kurak ve yarı kurak alanında yağışın miktar ve dağılımında meydana gelebilecek değişiklikler sonucunda gerek su kaynakları, gerekse genelde yağışa bağımlı olan etkinliklerde ciddi derecede sorunlar ortaya çıkmaktadır (Turan, 2018).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)’nde (The United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) iklim değişikliği tanımı şu şekilde yapılmıştır; “belirli bir zaman diliminde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosfer faaliyetlerinin bozulması sonucu oluşan değişiklik”dir (Arıkan, 2012). İklim değişikliğinin doğaya, çevreye ve yaşayan canlılar üzerinde olası olumsuz etkileri bulunmaktadır. Buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, tatlı su kaynaklarının azalması, gıda üretimi koşullarında değişiklikler yaşanması ve seller, fırtınalar, sıcaklık dalgaları ve kuraklık gibi afetlerde ve bunlara bağlı olarak da yaşanan canlı ölümleridir (IPCC Glossary, 2016; Tuğaç, 2018).

İklime dair önlemlerin alınması için ilk olarak 1979 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (DMÖ)’nün düzenlediği 1. İklim Konferansı düzenlenmiştir. Sonraları 1980’lerden sonra yönetimlerin iklimle ilgili konularda bilinçleri artmıştır. 1988 yılında ise Birleşmiş Milletler Kurulu’nun 45/53 sayılı kararda “Küresel iklimin, insanlığın bugünkü ve gelecekteki kuşakları adına korunması” adına çağrı yapılmıştır (Türkeş, 2001).

1979 yılında WMO tarafından 1.Dünya İklim Konferansı gerçekleştirilmiş, 1988 yılında ise WMO, UNEP ve UNESCO işbirliği ile Birleşmiş Milletlere bağlı UN-IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) kurulmuştur. 85 ülkenin bilim insanlarının

yaptıkları çalışmalarla dünyadaki iklim ile ilgili bütün çalışmalarını incelenmiştir. 2018 yılı itibariyle ise; IPCC tarafından 1990, 1995, 2001, 2007, 2013 yıllarında 5 ayrı rapor yayınlanarak 2013'deki sonuncu raporu AR5'de, küresel iklim değişiminin %95 oranında insan kaynaklı olduğunu ortaya koymuştur (REC Türkiye, 2015). 1992 yılında 1992'de Rio'da gerçekleştirilen Yerküre Zirvesi (UNCED) iklim değişimine ait alınan kararların dönüm noktasını oluşturmuştur. 1994 yılı Mart ayında yürürlüğe giren İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS) ile 185 ülke ve Avrupa Topluluğu taraf olmuştur. Sözleşme ile sera gazı birikiminin insan ve iklim üzerindeki tehlikelerine vurgu yapılarak önlenebilecek tedbirler konusunda bir seviye belirlenmiştir (UNEP/WMO, 1995; Eryılmaz ve Demirarslan, 2018). Sözleşmeye taraf olan tüm ülkelere iklim değişikliğinin önlenmesi ve azaltılması için ortak yükümlülükler verilmiştir. BMİDÇS sözleşmesinin yürürlüğe girmesinden 3 yıl sonra 1997 yılında "Kyoto Protokolü" imzalanmıştır. BM'nin Japonya'nın Kyoto kentinde düzenlenen toplantıda katılımcı hükümetler tarafından Ek-1 ülkeleri, Protokol'ün Ek-B listesini oluşturulmuştur. Sözleşmeye göre Ek-1'de yer alan ülkelerin sera gazı emisyonlarını hangi oranlarda azaltacakları Protokol'ün Ek-B'sine göre tespit edilerek belirlenmiştir (Tuğaç, 2014).

Türkeş (1994)'e göre küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlı olarak Türkiye'de olabilecek olası etkileri şu şekilde sıralamıştır;

- Tarımsal alanlarda üretime yönelik bölgesel veya mevsimsel farklılıklar olabilir.
- Sıcak ve kurak dönemlere bağlı olarak orman yangınlarının etkisi ve süresi artabilir.
- İklim kendi yapısının bozulması ile Türkiye'de su kaynakları üzerindeki baskı artarak mevsimlerde hava anomalilerinin yağışlarda neden olduğu yüksek rasgele değişkenlikler meydana gelebilir.
- Kentsel ısı adası etkisi artarak kentler ile kırsal alanlardaki sıcaklık farkları hissedilebilir düzeyde olabilir.
- Deniz suyu seviyesinde yükselmeye bağlı olarak kıyı çizgisi değişerek su canlılarının yaşamı tehlike altına girebilir.
- Su varlığındaki azalma sonucunda enfeksiyonlar ortaya çıkarak özellikle metropol kentlerde sağlık sorunları olabilir.
- Rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları bölgelere göre farklılık oluşturarak rüzgar hızı, esme şiddeti ve kuvveti değişebilir.

- Mevsimlik karlı gün sayısı ve karların erittiği su miktarı azalarak karla örtülü devrenin uzunluğu azalabilir. Buna bağlı olarak ani kar erimeleri ve kar çığları artabilir.
- Karların erken erimesi ve ani yüzeysel akışlar ile kentlerdeki geçirimsiz yüzeylerdeki su akışları kenti olumsuz etkileyebilir (Türkeş, 1994).
- Küresel ısınmanın 1994 yılında olası etkilerinin belirtildiği durumlar değerlendirildiğinde; 2018 WMO verilerine göre kayıtlarına göre 2016 yılı, üst üste sıcaklık rekorları kırılan üçüncü yıl olmuştur. 2015 yılı ise 2000 yılında atmosfer sıcaklığı 14,45 °C olmasına rağmen en sıcak yıl olmuştur. 1970'li yıllardan itibaren hem atmosferdeki CO₂ miktarı hem de atmosfer sıcaklığı 1990'lardan sonra artmıştır (Eryılmaz ve Demirarslan, 2018).

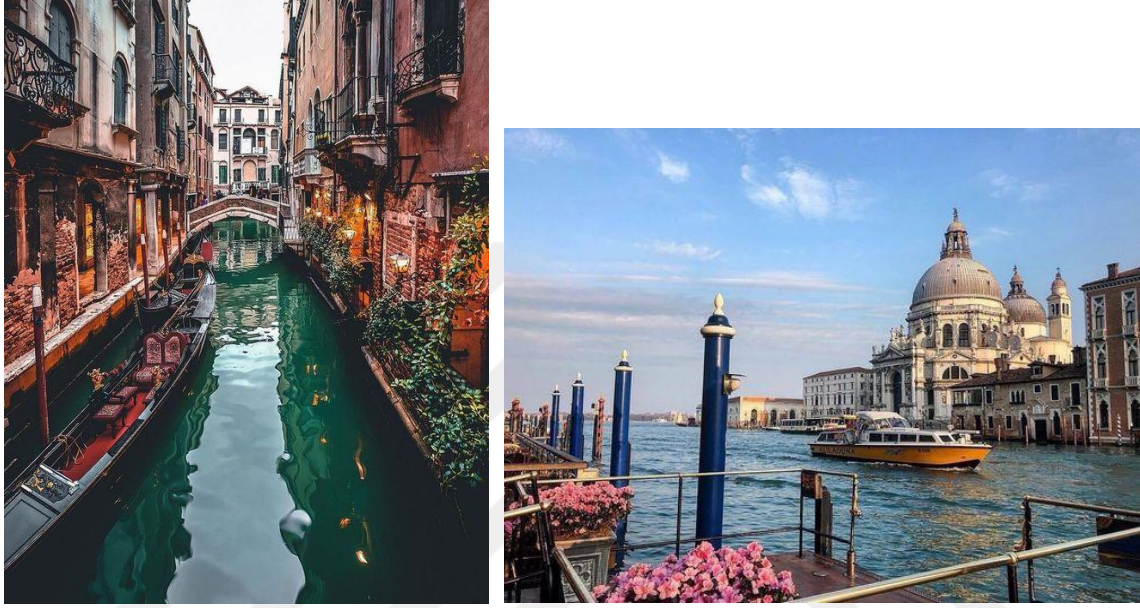
Hükümetler arası İklim Değişim Paneli (IPCC) Küresel İklim Modelleri ile yapılan görüşmelere göre 2030 yılında Türkiye'de kuru ve sıcak iklimin hakim olacağı öngörülmektedir. Sıcaklıkların kışın 2⁰C, yazın ise 2-3⁰C arasında artacağı, yağışlar kışın %10'luk artış gösterirken yazın % 5 -15 azalacağı belirtilmektedir. Yine IPCC'ye göre 1990'da Türkiye'de yıllık kişi başına düşen su miktarı 3.700 m³ olacağı, iklim şartlarının değişmeyeceğini kabul edildiğinde, sadece nüfus artışı nedeniyle 2050'de Türkiye'de bu miktar 1240 m³'e kadar ineceği belirtiliyor (Aksoy ve ark., 2005).

İklim değişikliğini arttırması ile su kaynaklarında olan etkiler ulusal sınırların ötesine geçmiş, dünya için bir güvenlik tehdidi ortaya çıkmıştır (Kılıç, 2008). Su varlığı aslında ülkeler arasında önemli ve güvenlik tehdidi oluşturabilecek bir unsurdur. Bu amaçla iklim değişikliğine bağlı olarak su kaynaklarının üzerindeki olumsuz etkilerini azaltılmasına yönelik küresel, bölgesel, ulusal ve bireysel seviyede çözümler alınmalıdır

1.7. Kentsel Alanlarda Su

Yerküre yaşamında önemli bir yere sahip olan su ilk çağlardan bu yana bambaşka bir değer kazanmıştır. Toprağın verimli işletilebilme için ilk kalıntıları Mezopotamya bölgesinde ortaya çıkmış olması hiç de tesadüf değildir. Mezopotamya'nın anlamı gereği "iki nehir arasında" olması demektir. O dönemlerde Mezopotamya bu sayede güçlü medeniyetlerin kurulmasına yol açmıştır (Gezgin, 2009). İnsanlık tarihi boyunca, ilk başlarda yaşam kaynağı olarak anlam kazanan su, daha sonraları farklı gereksinimler ile farklı ihtiyaçlara paralel olarak yaşamın vazgeçilmez bir parçası olmuştur (Hattapoğlu,

2004). Özellikle bu anlamda bazı kentler su varlığı açısından karakteristik bir özelliğe sahiptir. Venedik su kenti olma niteliğinde en önemli kentler arasındadır (Şekil 5). Hong Kong – Çin, Vancouver – Kanada, Stockholm – İsveç, Lizbon - Portekiz, Amsterdam – Hollanda, Rio de Janeiro – Brezilya, Sydney – Avustralya benzer şekilde diğer kentlere örnek olarak verilebilir.



Şekil 5. Venedik-İtalya su kenti (URL-6)

Kent yerleşmeleri su ile bütünleşerek yerleşim örüntüsünün meydana gelişinin bir belirtisi olmuştur. Bugün ise su yaşam farkındalığı içerisinde hidrolojik döngünün olumsuz etkilerine maruz kalmıştır. Bu durum küresel ısınmanın artması ve kentlerdeki su varlığının kontrolsüz hareket etmesi ile kentlerde su baskınları meydana gelmiştir (Niemczynowicz, 1999). Özellikle küresel ısınmanın yoğun hissedildiği 1980-1990'lı yıllarda “sel suyu” su döngüsünü ve ekolojik yaşamı olumsuz etkilemiştir. Ekolojik yaşamın etkilerini azaltmak ve sel suyundan kenti korumak için fazla suyu yavaşlatmak, durdurmak ve yönünü değiştirmek için yeni planlamalar yapılmıştır. Ancak İsveç 2000 yılında yeni yapılaşmış kentlerde sel suyunu yavaşlatmak için yerel sistemler kurmuştur (Sert, 2013).

Günümüzde kullanılan sel suyu yönetimi ise 1800'lü yıllarda Amerika ve Avrupa kentlerindeki altyapı ve kanalizasyon konseptlerine dayanmaktadır. Avrupa'da birçok kentte bu atık su olarak nitelendirilen sular birleşik kanalizasyon sistemlerinde; yağmur suları, endüstriyel atık sular, temizlik maddesi atıkları ve filtrelenmiş sular biçiminde

tasarlanmıştır. Bu şekilde suları iyileştirici yöntemler geliştirilmiştir (Short ve Short, 2008; Sert, 2013). Kentsel alanlarda suyun doğal döngüsünü gerçekleştiremeyip geçirimsiz yüzeylerle yüzeysel akışa geçmesi kentler olumsuz etkilemektedir. Bir kentteki geçirimsiz yüzeylerin fazla olması o kentin nüfusu ile doğrudan ilişkilidir. Geçirimsiz yüzeyin miktarı bir kentteki arazi kullanımının etkilerinin yanlış planlanmasının bir sonucudur. Bu nedenle kentler her zaman geçirimsizlik düzeyinde analiz edilip bu doğrultuda planlanmalıdır (Schueler, 1994; Arnold ve Gibbons, 1996).

1.8. Kentsel Altyapı Sistemleri

Kentler altyapı sistemleri ile birbirine bağlayan mekânsal ölçekleri, sosyal sınıfları ve disiplinleri çapraz biçimde kesen bir unsurdur (Neuman ve Smith, 2010). Kentsel altyapı sistemleri, M.Ö. 6000'lerden Fırat ve Dicle nehri boyunca (Delleur, 2003) drenaj ağlarında ortaya çıkmış, 19.yy'a gelindiğinde nüfus büyümesiyle dünyanın bütün büyük şehirlerinde büyük kanalizasyon hatları ile devam etmiştir (Işık, 2007). 1960'lı yıllarda McHarg'ın doğal süreçleri kentsel planlamalara dâhil etmesiyle tam anlamıyla yerini almıştır (Şahin, 2018).

Sert (2013)'e göre kentsel altyapı sistemleri ile kentsel açık yeşil alanlar arasında güçlü bir ilişki vardır. Kentlerdeki geleneksel peyzajlar birbiri altına saklanmış, bir ağ oluşturacak şeklidir. Oluşturulan ağ sistemleri 'doğal', 'dinamik' ve 'fonksiyonel' olarak kurgulanır (Strang, 1995; Blood, 2006). Bu anlamda kentsel alanlar hareketleri, akışları ve değişkenliği organize eden kompleks sistemler gibi potansiyellere sahiptir. Şekli 6'da peyzajın işlevinin hem estetik hem fonksiyonel kullanım olanağı gösterilmiştir.



Şekil 6. Kentsel alanlarında yol boyunca peyzajın alt yapı rolü (URL-7, URL-8)

Kentsel altyapı sistemleri özellikle açık yeşil alanlarda su tasarrufu olanağı ile değerlendirilmektedir. Kentlerdeki sert zeminlerden yüzeysel akışa geçen yağmur suları toprağa yeterli oranda iletilmemekte ve düşük kotlu mekânlarda birikintilere yol açmaktadır. Bu durum özellikle çok yağış alan bölgelerde ve iklim değişikiminin hızlı yaşandığı bölgelerde sorunlar oluşturmaktadır (Dunnett ve Clayden, 2007; Yiğit Avdan vd., 2015; Müftüoğlu ve Perçin, 2015). Kentsel altyapı sistemleri olarak peyzajların değerlendirilmesi özellikle son zamanlarda çağdaş-modern tasarım ilkeleri ile birleştirilerek su tasarrufuna yönelik hareketlerde gerçekleştirilmeye başlamıştır. Bu anlamda değerlendirilen birçok yeni kentsel tasarım elemanları planlamalara dâhil edilmektedir. Asıl amaç kentsel alanlardaki geçirimsiz yüzeylerde biriken fazla suların yüzeysel akışa geçmeden yavaşlatılması, yönlendirilmesi ve işlev kazandırılmasıdır. Bu kapsamda yağmur bahçeleri (rain gardens), peyzaj kanalları (landscape swales), yapılandırılmış sulak alanlar (constructed wetlands), bitkilendirilmiş (yeşil) çatı örtüleri (vegetated roofs) gibi birçok sürdürülebilir sistem bulunmaktadır (Sert, 2013).



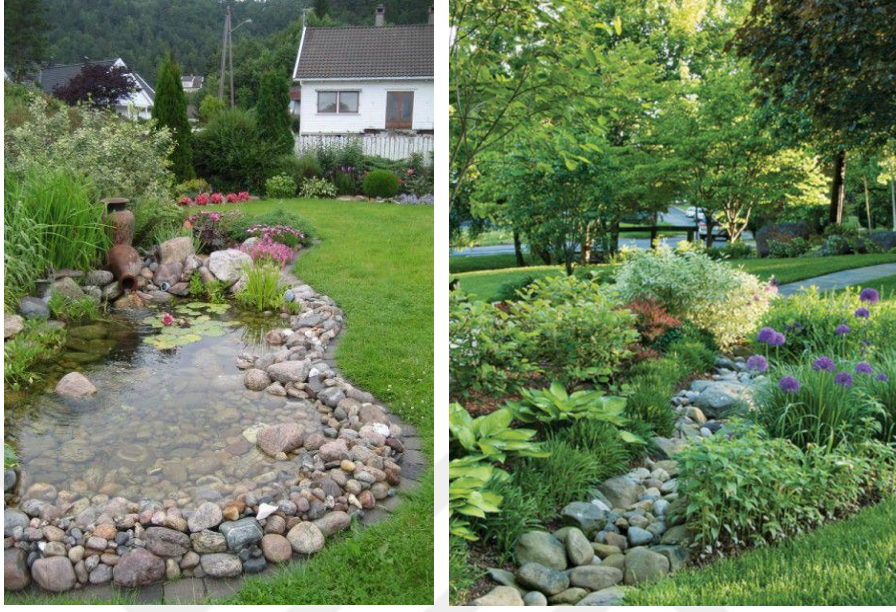
Şekil 7. Suyun geçirimli-geçirimsiz yüzeylerdeki davranışı (Sert, 2013)

1.8.1. Yağmur Bahçeleri

Yağış sularının hiçbir şekilde işlem uygulanmadan belirli bir gölede toplanması ve toplanan bu suda yerli ve yabancı tür bitkilerin yetişebildiği çukur yerlere yağmur bahçesi ya da biyolojik tutma alanları denmektedir. (Demir, 2012). Yağmur bahçelerinin asıl amacı akış sularının toplanma alanlarının iyileştirilerek doğada bulunan suyun kalitesini arttırmak ve çevre için daha yararlı su kaynakları oluşturmaktır. (Jaber vd., 2012). Çatı kenarlarındaki su olukları, yollardaki, otoparktaki ve geniş geçirimsiz yüzeylerde yağmurdan sonra oluşan su birikintilerini belli bir yönlendirme ile yağmur bahçelerine toplanması sağlanmalıdır (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).

Yağmur suyu yeryüzündeki geçirimsiz yüzeylere çarptıktan sonra sel suyu (stormwater) olarak nitelendirilir. Bu terim ilk olarak Prince George, Maryland, USA'de biyolojik tutulma kavramı ön planda tutularak Maryland Çevresel Koruma Departmanı tarafından kentsel peyzaj alanında uygulanmıştır. Sonraları ilerleyen teknoloji ve kullanım

farklılıkları ile gelişerek farklı ölçeklerde kentlerde yerini almıştır (Blood, 2006; Sert, 2013).



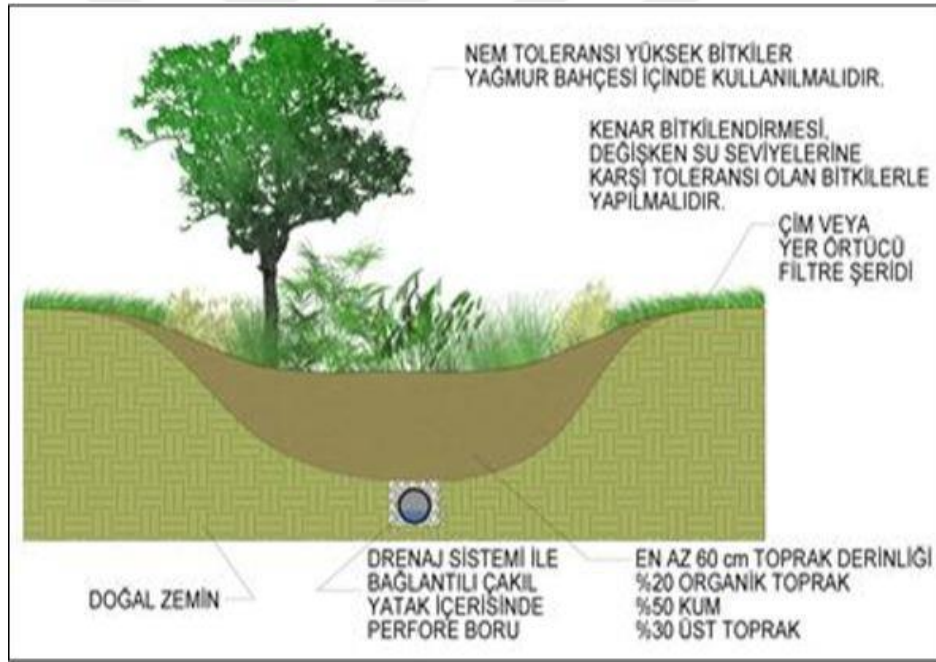
Şekil 8. Yağmur bahçesi örneği (URL-9, URL-10)

Yağmur bahçeleri bütün toprak çeşitlerinde (killi kumlu vb.), değişik iklim şartlarında ve site bahçelerinden geniş otopark alanlarına kadar çeşitli büyüklüklerde oluşturulabilmektedir. (Jaber vd., 2012). Yağmur bahçeleri sürdürülebilir su yönetimi açısından şehirler adına birçok avantajı bulunmaktadır;

- Şehirlerde oluşan yağmur sularının atık sulara karışma miktarının azaltmasına yardımcı olur (Jaber et al., 2012)
- Yüzeylerde oluşan akış sularının hızlarının azalmasını sağlamak (Jaber et al., 2012)
- Doğal olarak bulunan yer altı su kaynaklarının artmasını sağlamak (Doğangönül ve Doğangönül, 2008)
- Doğal döngüdeki su buharlaşma ve terlemesini çoğaltmak (Department of Environmental Protection Bureau of Watershed Management, 2006)
- Uygulama alanlarında geniş çim alanlarda drenaj sorununun çözülmesine yardımcı olmak (Doğangönül ve Doğangönül, 2008)
- Yağmur suları ile oluşan yüzeydeki suların sıcaklıklarının düşmesine yardımcı olur (URL2, 2015)

- Yüzeysel sularına karışan atıkların (Yağ, ağır metal vb.) temizlenmesine ve bu şekilde suyun kalitesinin artırılmasına yardımcı olmak (Demir, 2012).
- Kentlerde güzel görüntülerin oluşturulmasını sağlayarak kentlerde estetik yönden katkıda bulunmak (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).
- Biyolojik olarak sulardaki aktiviteleri artırarak biyolojik yaşam çeşitliliğine katkıda bulunmak ve etrafta yaşayan birçok canlı açısından doğal yaşama katkıda bulunmak (URL-11).

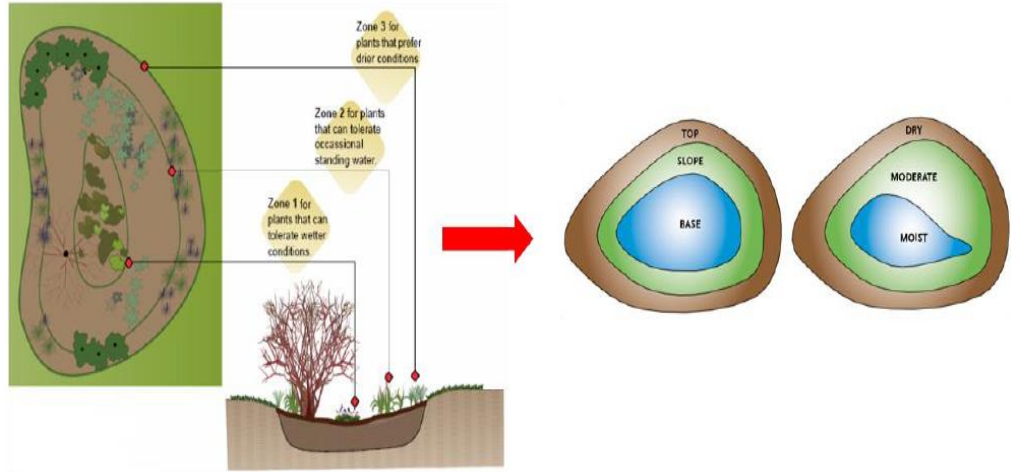
Yağışlar sonrasında yüzeylerde oluşan yüzey sularının akış miktarlarının azaltılmasını ve yeraltı su kaynaklarının beslenmesinin desteklenmesi ve genel olarak kentlerdeki kirli sulara yağış sularının ulaşmadan kontrollü bir şekilde yağmur bahçelerine aktarılması, yaşayan halk belediyeler ve farklı kamu alanlarında son derece kolay ve düşük maliyetli bir su yönetim aracıdır. (Jaber vd., 2012)



Şekil 9. Yağmur Bahçesi Kesiti (Volkan ve Müftüoğlu, 2015).

Yağmur bahçelerinde iyi kök sistemine sahip bitkiler kullanılmalıdır. Müftüoğlu ve Perçin (2015)'in belirttiği üzere yağmur bahçesinde kullanılacak bitkiler *Cercis canadensis L.*, *Cyrilla racemiflora L.*, *Aster novae-angliae L.*, *Coreopsis major Walter*, *Heuchera americana L.*, *Lobelia cardinalis*, *Lobelia siphilitica*, *Osmunda cinnamomea L.*, *Phlox divaricata L.* olarak belirtilmiştir. Yağmur bahçeleri için belirtilen bitkisel

düzenlemelerde yukarıdan aşağı doğru eğim doğrultusu yönüne göre sırasıyla, en dışta kuru, orta kısımda suda kalabilecek ve en çukur kısımda ise nemli-ıslak koşullara dayanıklı türler tercih edilir (Gözde vd., 2012).



Şekil 10. Bitkilerin seçimi ve düzenlemesine ait örnek (Dewald, 2007)

1.8.2. Peyzaj Kanalları (landscape swales)

Peyzaj kanalları, kentsel alanlarda yağmur suyunu toplamak, yavaşlatmak, yönlendirmek amacıyla kullanılır. Genellikle araç yolları, bisiklet ve yürüyüş yolları kenarında suyu toplamak yerine yönlendirmek, akıntının hızını düşürürken bir filtrelemek amacıyla oluşturulur. Eğimli yüzeylerde eğimi azaltır, yoğun bir örtü sağlamak hem stabiliteyi artırır hem de kirletici uzaklaştırmada etkilidir. Kentsel alanlarda geçirimli yüzeyler oluşturularak yağmur akışından kaynaklı akıntı hacmini büyük ölçüde azaltabilmektedir (Sert, 2012).



Şekil 11. Kentsel alanlarda peyzaj kanalı kesiti (URL-12)

1.8.3. Bitkilendirilmiş (yeşil) Çatı Örtüleri (vegetated roofs)

Bitkilendirilmiş çatılar insanoğlunun peyzaj öğelerini kullanabilmesi, için gerekli olan fırsatların, olanakların ve maddi kaynakların yeterli olması şartları ile beraber Ziggurat'lardan günümüze kadar mümkün olabilmektedir (Tokaç, 2009). Bu anlamda bakıldığında tarihte ilk çatı bahçesi Eski Mezopotamya uygarlıkları tarafından M.Ö. 4000'li yıllardan M.Ö. 600'lü yıllara kadar yüksek bahçeler olarak karşımıza çıkmıştır (Tohum, 2011).

Gün geçtikçe azalan enerji kaynaklarının, dünyadaki nüfus miktarının artışına oranla aynı seviyede olan yapılaşma enerji kaynaklarının tükenmesinde büyük bir rol almaktadır. Özellikle bu yapılaşma ile oluşturulan binalar enerji kaynaklarının yarısından fazlasını harcamaktadır. Bu azalmaya ihtiyaç olarak yapılan bu binaların ekolojik yapılarla dönüştürülmesi ve yeni yapılaşmalarda ekolojik bina anlayışının ön plana alınmasına sebep olmuştur. Oluşturulan yeşil alanlar kentlerde yaşayan bireylerin psikolojik ve fiziksel gelişimlerinde olumlu bir şekilde katkıları bulunmaktadır. Bu sebeple kentlerdeki bu yeşil alanların bina üzerinde de oluşturulması ve kentler içerisinde yeşil alanların artırılmasına

yardımcı olacaktır. Bu bağlamda bina çatıları yeşil alanların artırılmasında büyük bir rol oynayacaktır (Uzun, 2007).

Yeşil çatı sistemleri bitkilendirilmiş yüzeyleri ile geçirimli alanlar oluştururlar. Yağmur sularının sert yüzeylerden akışını yavaşlatarak yağmur suyu yönetimine olanak tanırırlar. Bu açıdan bakıldığında yeşil örtülerin birçok yararı bulunmaktadır;

- Yeşil çatılar gün içerisinde gelen güneşi tutar saklar ve gece enerjiyi yansıtır. Ekolojik açıdan habitat ve biyolojik çeşitliliğin devamlılığını sağlar (Karaosman, 2009).
- Yeşil çatılar bitkilerin yaprakları ile gölge etkisi yaratarak kentlerde oluşan ısı adası etkisini azaltır.
- Bitki örtüsünde seçilen bitkiler, bitki örtüsünün kapladığı alan ve bitki büyüme oranlarına ve içeriğine göre kentlerde oluşan gürültü seviyesinde azaltıcı etki yaratmaktadır (Peck, vd., 1999)

1.8.4. Yapılandırılmış Sulak Alanlar (constructed wetlands)

Sulak alanlar, zengin biyolojik çeşitliliğin olanak sağlandığı, erozyon kontrolü, yeraltı suyu boşaltma, rüzgârı engelleme ve en önemlisi de su baskını kontrolü gibi olumlu etkilerinin yanı sıra ekosistemin bir parçası niteliğindedir. Yapılandırılmış sulak alanlar kentsel alanlarda önceden farklı bir amaçlı kullanılan ancak sonradan işlev ve fonksiyon değişikliği ile şarj edilebilir geçirgen bir yüzey oluşturmaya ve benzer yararlar sağlayan alanlardır (Sert, 2012).



Şekil 12. Minghu Wetland Park, Çin (URL-13)

Çin'deki Minghu Wetland Park yapılandırılmış sulak alan olarak yağmur suyunun yönetimi açısından önemli bir örnektir. Park fonksiyonel olarak yağmur suyu yönetimi, suyun temizlenmesi ve yerel habitatların geri kazanımı gibi işlevlerin yanı sıra rekreatif olarak da tanınmaktadır (Şekil 9). Parkın diğer işlevi ise yamaçlardan suyun akışını yavaşlatarak yağmur suyunu tutacak ve iyileştirecek su bazlı ekolojik bir altyapı oluşturmaktır. Suyun doğal döngü içerisinde dönüştüren doğal ve kültürel hizmetler sağlamak için sağlıklı bir ekosistemin yenilenmesinde aktif olmasını sağlamaktır.



Şekil 13. Minghu Wetland Park, Çin (URL-13)

Çin'in Tianjin şehrinde bulunan Qiaoyuan Parkı'nda yine benzer şekilde bir sulak alan projesidir. Çin'in en büyük şehirlerinden biri olan park, çöplün alanı olarak kullanılan ancak sonradan dönüşümle kente ekolojik servis sağlayan alana dönüştürülmüştür (Şekil 10) (ASLA,2010). Park, doğal ekosistem süreçleriyle bölgenin yağmur suyu yönetimi açısından su tasarrufuna olanak tanıyan ve geliştirme stratejisi; alan topografyası, yeraltı suyu seviyesi, yerel habitat ile doğal ekosistem servislerini dinçleştirmek-iyileştirmektedir.



Şekil 14. Çin'in Tianjin kentindeki Qiaoyuan Parkı (URL-14)

1.9. Su Tasarrufuna Yönelik Çalışmalar

Yaşamın vazgeçilmez yapı taşlarından biri olan su, uygarlıklar boyunca sonsuz olarak kabul edilmiştir. Ancak özellikle sanayileşmenin getirdiği doğal kaynakların tüketim krizi sonrası geri alınamaz bir hale gelmiş ve tükenme riskiyle karşı karşıya olmuştur. Bu amaçla günümüzde sürekli artan nüfus artışına yönelik politikalar oluşturulmakta, su bakımından yoksul ülkeler açısından krizin boyutu gün geçtikçe artmaktadır. Gelecekte suyun yerine başka bir madde bulunamayacağı ve suyun önemi belirtilmektedir. Dünya üzerindeki nüfus artışına paralel olarak temiz su miktarı giderek azalmaktadır ve gün geçtikçe küresel bir sorun haline gelmektedir (Mengü ve Akkuzu, 2008).

Bu amaçla son yıllarda su tasarrufuna yönelik suyu korumak ve yönetmek amacıyla yeni yaklaşımlar gündeme gelmiştir. Su yönetimi; doğal su kaynaklarının geliştirilmesi, kullanılması ve dağıtılması şeklinde tanımlanabilir. Su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili teknik ve politik kararları, su tahsisini ve su haklarının kuralları, suyun ücretlendirilmesi ile ilgili çalışmalar, çevrenin korunmasını, kullanıcı kitlesinin katılmaları gibi çalışmalarını içermektedir (Evsahibioğlu vd., 2010). Su yönetimi su kaynaklarının kullanımının planlı geliştirilmesi, dağıtılması ve tesis edilmesine olanak tanıyarak su hakları ve su tahsisini düzenleyen kuralları, çevrenin korunmasına ilişkin düzenlemeler gibi faaliyetleri kapsar (Çakmak vd., 2007).

Su tasarrufuna yönelik çalışmalar konu olduğunda, suyun en fazla kullanım alanı olan kentsel açık yeşil alanlardaki kullanım tasarruf olanağı ele alınmalıdır. Suyun kullanım alanları ve yoğunluğuna bakıldığında %73 oranındaki sulama amaçlı kullanılan su kaynaklarının tasarruf olanakları araştırılmalıdır. Bu amaçla doğal su kaynağı olan yağmur suları değerlendirilmelidir (Bayramoğlu vd., 2013). Yağan yağmur sularının önemli miktarının yüzeysel akışla derelere ve akarsulara ulaşmasını engelleyerek biriktirmek ve açık yeşil alanlarda kullanımını sağlamak en temel amaç olmalıdır.

Kentsel peyzajda yağmur suyu yönetimi ve planlaması kentsel peyzaj tasarımlarında su hasadı, su tutma bahçeleri, geniş çim yüzeyler yerine yer örtücüler tercih edilmesi (Bayramoğlu ve Demirel 2015), bitki gruplarının tükettikleri su miktarlarına göre sınıflandırılarak sulama programlarının hazırlanması, yağmur bahçeleri gibi özel uygulamalar yardımıyla sağlanabilmektedir (Anonim, 2007). Bu kapsamda değerlendirildiğinde kentsel açık yeşil alanlardaki su kullanımını azaltan kurakçıl peyzaj

uygulamaları, bitki türü seçiminde doğal bitkilerin tercih edilmesiyle (Atik ve Karagüzel 2007) güncel peyzaj tasarımlarının takip edilmesi sorunların çözümü olabilecek niteliktedir. Su kullanımına ilişkin tasarruf yöntemleri “Su-Etkin Peyzaj Düzenlemesi” (Water-Efficient Landscaping) genel başlığı altında “Suyun Akılcı Kullanımı” (Water-Wise, Water-Smart), “Az Su Kullanımı” (Low-Water) ve “Doğal Peyzaj Düzenleme” (Natural Landscaping) gibi isimlendirilebilmektedir (Barış, 2007).

1.9.1. Kurakçıl Peyzaj (Xeriscape)

Kurakçıl peyzaj kavramı ilk olarak Yunanca kökenli kuru anlamına gelen ‘xeros’ ve ‘landscape’ peyzaj anlamına gelen (Sovocool ve Morgan 2005) kelimelerden ortaya çıkmıştır. Planlama ve tasarım uygulamalarının asıl amacı; su ihtiyacı az olan bitkisel elemanların kullanılarak su kaynaklarını korumaktır. Bu amaçla geliştirilen yöntem 1980’lerde kurak Güney eyaletlerinde, Kolorado ve Florida’da yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak ilk olarak 1981 yılında Denver Su Departmanı tarafından geliştirilmiştir (Barış 2007; Gary L. Wade vd., 2009).

Kurakçıl peyzajın mantığı gereği asıl amacı olan park tasarlayıp uygulamak değil, var olan park alanlarını bu tasarıma göre iyileştirmektir. Bu amaçla geliştirilen 7 ilkesi vardır;

Uygun planlama ve tasarım: Çim alanların uygulama ve bakım çalışmalarında kolaylık yaratan pratik ve ekonomik çözümler sunacak biçimde bölgesel ve iklim koşulları, mevcut vejetasyon, topografya, alanının kullanım biçimine göre tasarlanması,

Toprak hazırlığı: Planlama yapılacak bölgenin toprak analizi, PH, besin değeri ve gübre ihtiyacı toprak koşullarının iyileştirilmesi,

Uygun bitki tür seçimi: Planlama yapılacak alanın iklim, toprak tipi, çevre koşulları ve suya en az gereksinim duyan ve kurağa dayanıklı uygun bitki türlerinin seçimi,

Bakımı kolay ve pratik çim alanların tasarlanması: Çim alanlara olabildiğince az yer verilen ve en az sulama gerektiren planlama ve tasarımın yapılması, yüzeyler ayrı parçalar halinde değil de birbirini takip eden ve bağlantılı planlanmalı,

Etkin sulama: doğru ve uygun sulama sistemi ve tasarımı sağlanarak fazla su kaybını engellemek sisteminin oluşturulması en temel ilkedir. Damlama sulama tercih edilerek uygun programlama yapılmalıdır.

Malç kullanımı: bitki kök çevresinde uygun sıcaklık ve nem koşullarını sağlamak ve toprak nemini muhafaza etmek amacıyla toprağın bu koşulları oluşturabilecek niteliklere sahip; kuru yaprak, saman vb. malzemelerle kaplanması

Uygun bakım: Uygun ve düzenli olarak yabancı ot temizliği, budama, gübreleme, zararlı canlıların kontrolü, sulama çalışmalarının zamanında yapılması bakım çalışmalarının yapılması şeklinde ifade edilmektedir (Barış 2007; Yazgan ve Özyavuz 2008; Çorbacı vd., 2011; Tülek ve Barış 2011; Williams, 2013; Yazıcı vd., 2014).



Şekil 15. Kurakçıl peyzaj uygulama örneği (URL-15)

Kurakçıl peyzaj uygulamalarında bakım maliyetlerinin azaltılması, sağlıklı bir bitki dokusu sağlanması, yerel çevreye uyum, çevre kalitesinin iyileştirilmesi gibi sebeple kullanılması özellikle son zamanlarda gündeme gelmiştir. Su kaynaklarının korunması adına ise su tasarrufu olanağı sağlamaktadır (Tülek ve Barış 2011).

Bayramoğlu (2016) 'nın çalışmasında belirttiği üzere kurakçıl peyzaj tasarımına uygun bitki grupları değerlendirildiğinde;

- Ağaçlar; *Acer campestre*, *Acer glabrum*, *Aesculus hippocastanum*, *Betula nigra*, *Buddleia davidii*, *Celtis orientalis*, *Cercis sp.*, *Cupressus arizonica*, *Cupressus sempervirens*, *Chamaecyparis lawsoniana*, *Cupressocyparis leylandii*, *Cotinus coggygria*, *Fraxinus american*, *Fraxinus texensis*, *Fraxinus ornus*, *Elaeagnus*

angustifolia, *Ginkgo biloba*, *Hippophae rhamnoides*, *Ilex latifolia*, *Juniperus horizontalis*, *Juniperus* × *media*, *Juniperus sabina*, *Juniperus scopulorum*, *Juniperus squamata* 'Blue Star', *Juniperus virginiana*, *Koelreuteria paniculata*, *Liriodendron tulipifera*, *Punica granatum*, *Picea pungens*, *Pinus sylvestris*, *Pinus strobus*, *Quercus macrocarpa*, *Quercus nigra*, *Quercus rubra*, *Robinia pseudoacacia*, *Sambucus nigra*, *Sambucus racemosa*, *Sophora japonica*, *Syringa vulgaris*, *Tamarix tetrandra*, *Taxodium distichum*, *Taxus baccata*

- **Çalılar**; *Berberis thunbergii*, *Buddleia davidii*, *Buxus sempervirens*, *Campsis radicans*, *Caragana arborescens*, *Cotoneaster* (*C. dammeri*; *C. horizontalis*; *C. salicifolius*), *Colutea arborescens*, *Euonymus* (*E. alatus*; *Euonymus fortunei*; *E. japonicus*), *Hedera helix*, *Jasminum* sp., *Ligustrum japonicum*, *Ligustrum obtusifolium*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera tatarica*, *Lycium barbatum*, *Mahonia aquifolium*, *Parthenocissus tricuspidata*, *Prunus laurocerasus*, *Pyracantha coccinea*, *Rhus glabra*, *Rhus typhina*, *Rhus trilobata*, *Rosmarinus officinalis*, *Spiraea* × *vanhouttei*, *Symphoricarpus albus*, *Symphoricarpus orbiculatus*, *Tamarix*, *Viburnum lantana*, *Viburnum tinus*, *Vinca major*; *Vinca minor*, *Yucca filamentosa*
- **Yer örtücüler**; *Campsis radicans*, *Juniperus conferta* 'Blue Pacific', *Juniperus horizontalis*, *Lonicera* sp., *Petunia hybrida*, *Salvia splendens*, *Santolina chamaecyparissus*, *Sedum acre*, *Sedum sieboldii*, *Sedum spurium*, *Veronica livanensis*, *Vinca minor* 'Alba'
- **Perennialar**; *Achillea filipendulina*, *Achillea millefolium* 'Rosea', *Alchemilla mollis*, *Aquilegia hybrids*, *Artemisia schmidtiana*, *Alyssum saxatile*, *Bergenia cordifolia*, *Campanula carpatica*, *Campanula rotundifolia*, *Centaurea dealbata*, *Cerastium tomentosum*, *Euphorbia polychrome*, *Festuca glauca*, *Gaillardia aristata*, *Gazania linearis*, *Helianthemum nummularium*, *Hemerocallis hybrids*, *Iberis sempervirens*, *Iris* var., *Kniphofia uvaria*, *Lamium maculatum*, *Lavandula angustifolia*, *Liatris spicata*, *Linum perene*, *Phlox subulata*, *Salvia argentea*, *Salvia nemorosa*, *Santolina chamaecyparissus*, *Saponaria ocymoides*, *Sedum* sp., *Sempervivum hybrids*, *Stachys lanata*, *Teucrium chamaedrys*, *Thymus serpyllum*, *Veronica livanensis*, *Veronica spicata*
- **Çimler**; *Agropyron cristatum*, *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis*

1.9.2. Doğal Bitkilerin Tercih Edilmesi

Türkiye konumu, jeolojik ve iklim yapısı ile son derece zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Bitkilendirme çalışmalarında ekolojik koşulları uygun parklar, yol ağaçları, karayolları bitkisel uygulamaları, kumulların durdurulması, kar ve rüzgar perdeleri, erozyon önleme çalışmaları ve görsel peyzaj için Türkiye'nin her tarafında doğal bitki örtüsü seçiminin yapılması en uygun yoldur (Yazgan vd., 2005). Kentsel açık yeşil alanlarda uygulama aşamasındaki bitkilendirme çalışmaları yapay düzenlemelerden çok doğanın yeniden yaratılmasına dayalı "naturalistik" yaklaşımla düzenlenmektedir. Bu planlama yaklaşımı açık alanlarda kullanılan elemanların doğal, yenilenebilen ve çevreye zarar vermeyen elamanlardan oluşur. Bitkilendirme çalışmalarında ise bölgeye özgü doğal bitki türleri kullanılarak uygulama alanındaki bakım ve onarım çalışmalarını asgariye indirir hem de ortama kolay adapte olur. Ayrıca bölgenin iklim yapısına yatkın olduğu için de ilave su ihtiyacına gerek kalmadan doğal yağışlarla ihtiyacı olan suyu karşılar (Ertop, 2009). Bu açıdan değerlendirildiğinde doğal bitkilerin kuraklığa toleranslı olma zorunlulukları olmadan çevreye adapte olmaları kolaydır.

Yanı sıra zaten yerel toprak ve iklim koşullarına adapte olduklarından doğal bitki türleri genellikle ek bir gübrelemeye gerek duymadıkları gibi hastalık ve zararlılara karşı da daha dayanıklıdır (Barış,2007). Bakım ve onarım çalışmalarında ise doğal bitki gruplarının ihtiyacı asgari düzeydedir. Yazgan ve ark. (2005) yaptığı çalışmada doğal bitki kullanım olanaklılığını yararlarını şu şekilde sıralamışlardır;

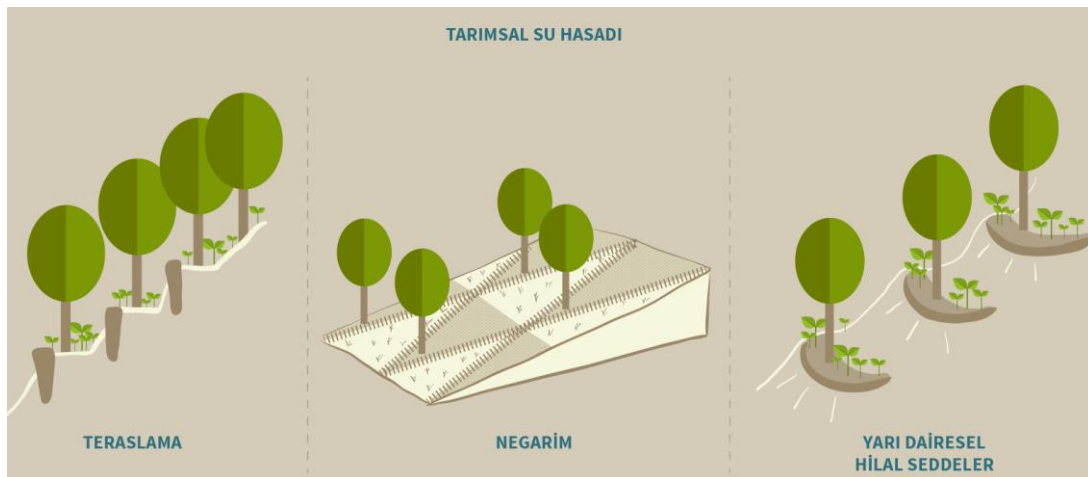
- Doğal bitki grupları sağlıklı bir ekosistemin oluşturulmasına plantasyon çalışmalarında alanın peyzaj karakterinin yeniden kazandırılmasına ve çevre onarımına katkıda bulunur.
- Doğal kentsel yerleşimlerde yaban yaşamı için habitatlar oluşturarak besin ve barınak ortamı sağlar. Mekân tasarımlarında doğal bitki türlerinin kullanılması yaban yaşamı için barınaklar oluşturur.
- Doğal bitkilerle yapılan plantasyon çalışmalarında yerel çevre koşullarına en iyi şekilde uyum sağlar, toprak verimliliğine katkıda bulunurlar, erozyonu azaltırlar.

1.9.3. Yağmur suyu hasadı

Su hasadı kurak ve yarı kurak iklim koşullardaki yağmur sularının yağmur suyunun doğrudan toplanıp kullanılmasına dayanır. Bu yöntem kurak alanlarda yaşayan ve ürün yetiştirmek zorunda olan uygarlıkların eski dönemlerden beri kullandıkları uygulamadır. Kısa ömürlü akarsular, vadi yataklarındaki su birikintileri ve sarnıçlar insanların kurak ve yarı kurak alanlarda uzun yıllardan beri geçimlerini sağladıkları yöntemdir. Daha sonraları şehirlerin gelişip büyümesi ile çeşitli nedenlerden dolayı bu uygulama azalmıştır. Yöntemin uygulama biçiminde temel bileşenleri; su toplama alanı, depolama ve hedef alanıdır (Oweis ve ark., 2001).

Yağmur suyu hasadı yöntemi Kantaroğlu (2009)'a göre, düşük yağış, yağışın mevsimler arası dağılımının düzensiz olduğu bölgelerde su temininin bitki su ihtiyacından düşük olduğu alanlarda yapılmaktadır. Başka bir deyişle yıllık yağışın 150 mm'yi geçtiği ve yağışın kış mevsiminde az olduğu; yıllık yağışın 200 mm'yi aştığı ve yağışın yaz mevsiminde düştüğü alanlar da su hasadına uygun olan alanlardır (Marselek, 1991).

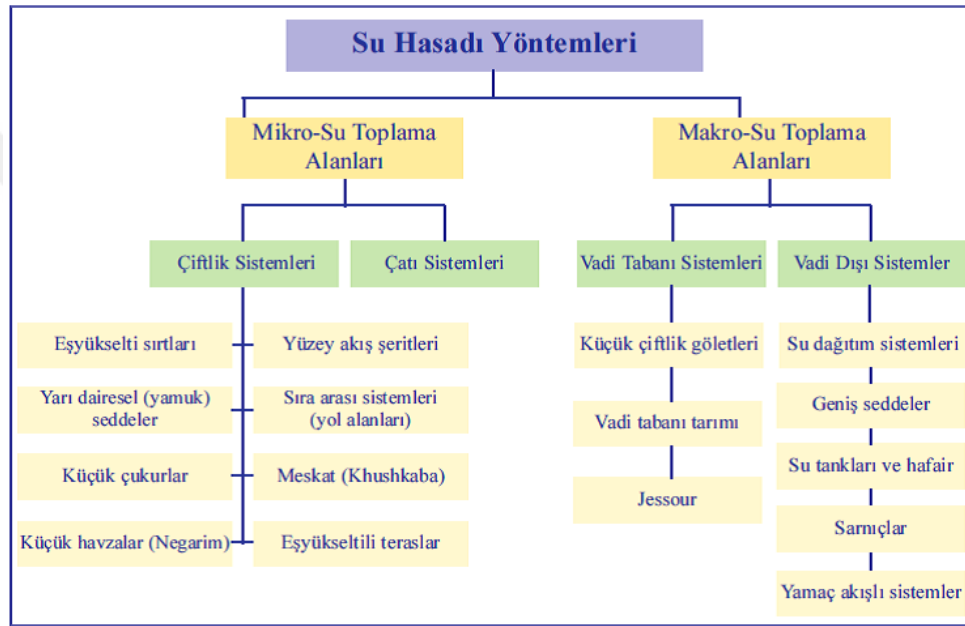
Su hasadı yöntemi Mikro Su toplama ve Makro Su toplama alanı alanları olarak 2'ye ayrılır (Şekil 12). Mikro Havza Su Hasadı Teknikleri; Doğal çukur alanlar, Kontur kuşakları, Sıra arası su hasadı, Teras, Yarım daire ve üçgen bantlar, Cep seki teraslar, Vallerani, Çukurlar, Meskat, Negarim olarak sıralanır.



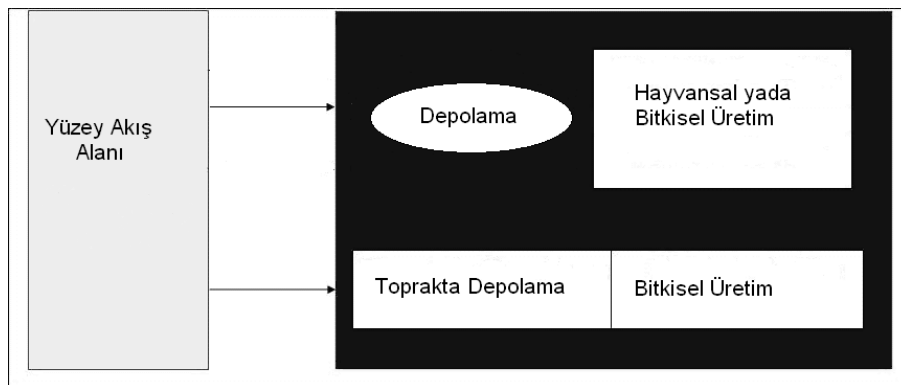
Şekil 16. Mikro Havza Su Hasadı Teknikleri (URL-16)

Mikro havza su hasadı yönteminde; toprak yüzeyinde oluşan yüzey akışı toplanarak değişiklik gösterir. Yüzey akış ekim alanı birbirine bitişiktir, su bitki kök bölgesinde

alanının ve ekim alanının boyutları küçüktür, bu değer 1–1000m² arasında değişiklik göstermektedir. Mikro havza su hasadı yönteminde olduğu gibi, toprak yüzeyinde meydana gelen akış toplanır ve ekim alanının yüzey akış katsayısını arttırıcı önlemler alınabilir. Makro havza su hasadı yöntemi, yıllık yağış miktarının 300mm den fazla olduğu yerlerde uygulanmaktadır. Makro havza su hasadı teknikleri ise; Tas setler, Geniş yarım daire setler, Trapez setler, Yamaç alanlardaki su saptırma kanallarından oluşur (Pamukmengü ve Akkuzu, 2008).



Şekil 17. Yağmur suyu hasadı yöntemleri (Pamukmengü ve Akkuzu, 2008).

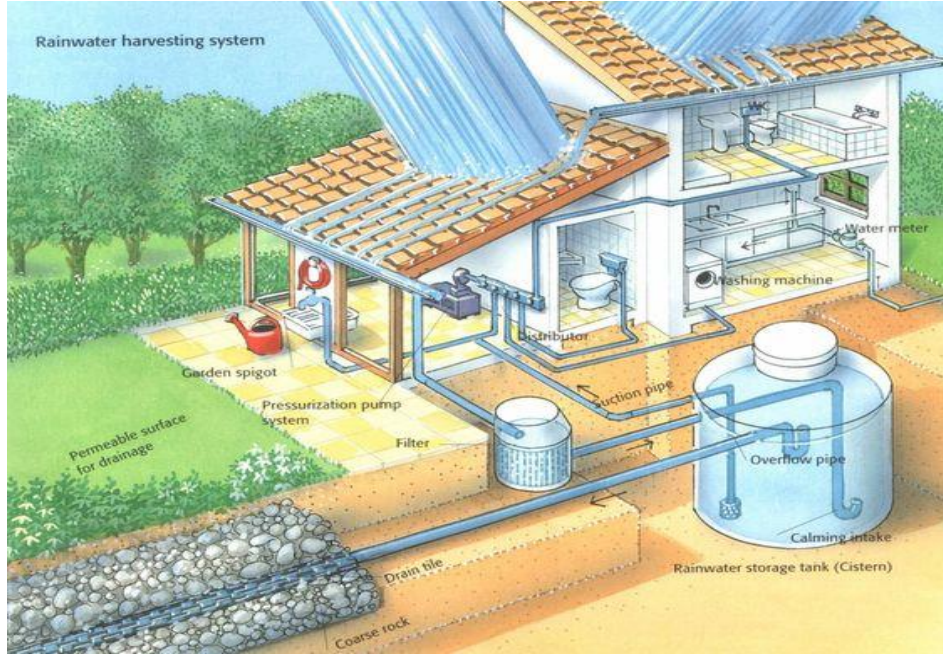


Şekil 18. Yağmur suyu hasadı prensipleri (Mengü ve Akkuzu, 2008)

Su hasadı yöntemi kentsel alanlardaki yağış sularından maksimum düzeyde yarar sağlamak için geliştirilmiştir. Yağmur sularının ve yüzey akışa geçen suların toplanıp biriktirilmesi, bitkisel ve hayvansal üretim için gerekli olan suyun temini ile evsel tüketim için gerekli suyun sağlanması olarak tanımlanabilir (Şekil 14) (Mengü ve Akkuzu, 2008).

Yağmur suyu hasadı yönteminin uygulama alanında avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Uygulama projesinin büyüklüğüne bağlı olarak yatırım ve işletme maliyeti düşük, inşaatı ve işletilmesi kolaydır. Mevcut su varlığı sistemi ile birleştirilerek sisteme adaptasyon kolaydır. Diğer su temin projeleri ile karşılaştırıldığında olumsuz çevresel etkileri daha az ve elde edilen su bedelsizdir. Bu olumlu yanların yanı sıra dezavantajları ise; sorumluluk bireyseldir, tanklar ve depolar çocuklar için tehlike oluşturabilir (URL-17)

Bu yöntemlerin yanı sıra çatı (rooftop) sistemleri, yağmur suyunu binaların çatılarından, seralardan, avlulardan, yollar gibi geçirimsiz zeminlerden toplanıp ve depolanabilir. Bu tip uygulamalar evin kullanılabilir suyunu olanak tanırken, bahçenin sulama sisteminde ve rekreatif su etkinliklerinde kullanılabilir (Oweis vd., 2004). Yanı sıra bina çatıları olmak üzere, yaya yolları, kaldırımlar ve otopark gibi açık alanlardan oluklarla toplanarak filtrelendikten sonra depolanır. Depolanan su bitkilerin sulanmasında, araç yıkama, WC rezervuarı, temizlik işleri vb. ihtiyaçlar için kullanılabilir (Eren vd., 2016).



Şekil 19. Çatı Yağmur Suyu Hasadı (URL-18)

Uygulama alanında farklı pek çok depolama yöntemi bulunmaktadır. Bu anlamda çeşitli yöntemlerle toplanan sular yeraltında veya yer üstünde bulunan tanklar yardımıyla biriktirilir. Kirlenme olasılığına karşı önlemler alınarak temiz su uygulama olanağı ile farklı alanlarda da kullanılabilir (UNEP-IETC, 1998).



Şekil 20. Çatı Yağmur Suyu Toplama Sistem kesiti (URL-19)

1.9.3.1. Yağmur hasadını etkileyen faktörler

Kayıp katsayısı: Bu katsayı drenaj suyu, rüzgâr etkisi, çatı sistemleri gibi nedenlerle yağın yağmurun depolanamaması ile çatı yağmur suyu toplama sisteminin hesapların kayıp katsayısı (C_r) çarpan olarak eklenerek elde edilir (İncebel, 2012). Çatı materyaline göre kayıp katsayıları Tablo 3’de verilmiştir. Belirlenen katsayısı çatı türlerine göre farklı kayıplar;

$$C_r = T_s / Y_s$$

T_s = Toplanabilen su miktarı (litre)

Y_s = Çatı alanına göre toplanması hesaplanan yağmur suyu

Tablo 3. Çatı materyaline göre kayıp katsayıları (Elke, 2008)

Su Toplama Alanı	Materyali Materyalin Kayıp Katsayısı (Cr)
Saç - Levha	0.80 - 0.85
Beton çatı	0.62 - 0.69
Kiremit (Makine Yapımı)	0.30 - 0.39
Kil Kiremit (El Yapımı)	0.24 - 0.31

Yağış miktarı: Yağış miktarı, yağmur suyunun toplanmasını ifade eden miktarı belirtir. Toplam yağmur suyu hacmi ise Eren vd., (2016) çalışmasındaki formüle göre hesaplanmaktadır.

Yağış deseni: Yağış deseni ve yağan toplam yağmur suyu miktarı bölgenin iklim koşullarına ve topoğrafi yapısına göre farklılık göstereceğinden yağmur suyu toplama sistemi belirlenir. Bazı bölgelerde, sistem maliyetini belirlemek için yağış deseni önemli olur. Bu durum ise yıl boyunca düşen yağışın çoğu 1-2 ay içerisinde gerçekleşir ve yıl boyunca kullanmak için bu süre zarfında düşen yağışın depolanması gerekmektedir (İncebel, 2012).

Yağış yoğunluğu: Yağış yoğunluğu yağmur hasadı yapılacak bölgenin yıllara ve aylara göre değişim göstermesi ile değişir. Yanı sıra depolama yapılacak alanlarının çatı büyüklüğüne ve çatı cinsine göre de farklılaşır.

Depolama kapasitesi: Depolama kapasitesi yağmur suyu ve ihtiyaç duyulan su miktarına göre değişir. Bazı bölgelerde özellikle çok yağışlı alanlarda depolama kapasitesi

1.10. Dünyada ve Türkiye’de Sürdürülebilir Kampüsler

Dünyada ve Türkiye’de çevreye duyarlı, enerji tasarrufu sağlayan, ülke ekonomisini ve doğayı korumak üzere planlama yaklaşımları ile yola çıkılmış ve bu gelişime katkıda bulunabilecek kampüsler oluşturma hedefleri ortaya koyulmuştur. Bu kapsamda 1972 yılı Haziran ayında İsveç’in Stockholm kentinde Birleşmiş Milletler İnsan Çevre Konferansı yapılarak sürdürülebilirlik kavramı geliştirilmiştir (UNEP, 2013). Sürdürülebilir kalkınma düşüncesi konferansın asıl konusu olan Stockholm Deklarasyonu’nda çevrenin taşıma

kapasitesine önem veren, kaynak tüketiminde kuşaklar arasındaki hakkaniyeti gözeten, ekonomik ve sosyal gelişmenin çevre ile bağlantısını kuran ve kalkınma ile çevrenin birlikteliğini vurgulayan ilkeler sürdürülebilir kalkınma düşüncesinin asıl dayanaklarını ortaya koymuştur. 1987 yılında belirtilen kavram “Ortak Geleceğimiz (Brundtland Raporu)” ile sürdürülebilir kalkınma, “bugünün ihtiyaçlarını gelecek kuşakların da kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin karşılamak” olarak tanımlanmıştır (Günerhan, 2012; Günerhan ve Günerhan, 2016).

Sürdürülebilirlik kavramından yola çıkılarak kendi kendine yetebilen, kendi faaliyetlerini gerçekleştirebilen, sosyal ve ekonomik açıdan ortaya çıkan olumsuzları tolere edebilen ve kendisi bir yaşam biçimi olan kampüsler “sürdürülebilir Kampüs- Yeşil Kampüs“ yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşımla ortaya çıkan planlamalar hızlı bir şekilde yayılmaya başlamıştır. Bugün dünyamızda karşılaştığımız sorunların çözülmesinde üniversitelerin önemli rolü bulunmaktadır (Günerhan ve Günerhan, 2016).

20. yy. başlarında sürdürülebilirlik kavramının üniversitelerde ele alınması ile ilgili Dünya çapında çalışmalar yapılmış, bu kapsamda topluluklar oluşturularak belirli anlaşmalar yapılmıştır. Bu kapsamda 1990-2009 yılları arasında bildirge imzalayan ülkeler; 1990 yılında Talloires Deklarasyonu, Fransa; 1991 yılında Halifax Deklarasyonu, Kanada; 1993 yılında Kyoto Deklarasyonu, Japonya; 1993 yılında Swansea Deklarasyonu, 2000 yılında GHESP (Küresel Yüksek Öğretimde Sürdürülebilirlik İçin İşbirliği); 2001 yılında Lüneburg Deklarasyonu, Almanya; 2004 yılında Barselona Deklarasyonu, İspanya; 2005 Graz Deklarasyonu, Avusturya; 2009 yılında Abuja Deklarasyonu, Nijerya ve 2009 yılında Torino Deklarasyonu, İtalya’dır.

Yapılan çalışmalara göre sürdürülebilir Üniversite Kavramı; Kendi faaliyetlerini gerçekleştirirken çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan ortaya çıkan olumsuz etkileri en aza indirmek için çalışan ve topluma sürdürülebilir bir yaşam biçimi konusunda öncülük eden yükseköğretim kurumu olarak tanımlanabilir. Sürdürülebilir üniversite, yeşil üniversite, yeşil kampüs, eko-kampüs isimleriyle de anılmaktadır (Güler, 2001).

Üniversitelerin yapmış olduğu Akademik çalışmalar ve araştırmalar farklı araştırma şirketleri tarafından değerlendirmeye tutulurken, çevresel konularda yapılan çalışmaların değerlendirilmesi oldukça yenidir. “Yeşil lig (Green League)”, “Çevresel ve Sosyal Sorumluluk İndeksi (Environmental an social Responsibility Index)” ve “Yeşil Ölçüm (Green Metric)” değerlendirmeleri bu konuda verilebilecek birkaç örnektir. Bunlar

arasında Yeşil Ölçüm, küresel çapta bir ölçümleme sistemi olarak ilk olma özelliği taşımakta ve öne çıkmaktadır (Güler, 2001).

Günerhan ve Günerhan, (2016)'ın çalışmasında belirttiği üzere Yeşil Ölçüm sistemine kategori ve göstergeler belirtmişlerdir. Toplam 6 kategoriye göre değerlendirilen sistem; Kampüs yerleşimi-Altyapı, Enerji ve İklim Değişikliği, Atık, Su, Ulaşım, Eğitim'den oluşmaktadır. Bu değerlendirme yönteminde su kategorisine %10'luk puan verilmiştir. Su yönetimi başlığı altında amaç su kullanımını azaltmaya ve suyu korumaya yönelik program geliştirmeyi amaçlar. Su koruma programı 300 puan, Su geri dönüşüm programı 300, Su verimli cihazların kullanımı 200 puan, Arıtılmış su tüketimi ise 200 puanla değerlendirilir.

1.10.1. Sürdürülebilir Kampüslerde Su Korunumu

Üniversitelerde sürdürülebilirlik düşüncesinin hayata geçirilmesi ile birlikte yağmur suyu ve atık suların yeniden kullanıldığı programların ele alındığı görülmektedir. Yanı sıra enerji verimliliğinin arttırıldığı su ve enerji etkin tasarımlar ile kazançlar yeşil binalar ve yenilenebilir enerji odaklı tasarımlar ile binalar içinde ve kampüs için ve çevresinde hava kalitesinin ve konfor özelliklerinin arttırıldığı fiziksel kazançlar da diğer konular arasında yer alır. Bu sayede çevre kirliliğinin önlenmesi, iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerinin azaltıldığı ve sağlıklı toplum odaklı tasarımlar ile ise sosyal kazançlar sağlanmak da asıl amaç haline gelmiştir. Bu süreçteki başarılı bir kampüs gelişimi ancak bütünleşik yaklaşımlar ile mümkün olmaktadır (Özdal Oktay ve Özyılmaz Küçükyağcı, 2015).

Tallories Bildirgesi, sürdürülebilir üniversitelere yönelik birçok rapor ve bildiriye öncülük etmiştir. Bu kapsamda, 1990 yılında Amerika Ulusal Doğal Hayat Derneği tarafından üniversitelerde sürdürülebilirliğin hayata geçmesi amacıyla "Kampüs Ekolojisi Programı" kurulmuştur. Birleşmiş Milletler, 2005-2014 yılları arasında sürdürülebilir Kalkınma için Eğitimi On yılı olarak ilan etmiş ve hedefleri küresel boyutta temsil etmiştir. 2010 yılında Uluslararası Sürdürülebilir Kampüs Ağı (ISCN), kurulmuş, ISCN-GULF Sürdürülebilir Kampüs Bildirgesi oluşturulmuştur. 2011 yılında Çevre ve Sürdürülebilirlik için Küresel Üniversiteler Ortaklığı (GUPES) şemsiyesi altında, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Çevresel Eğitim ve Öğretim Birimi (EETU) öncülüğünde kurulmuş olan Yeşil Üniversiteler Girişimi (Greening Universities Initiative) tarafından sürdürülebilir üniversite kampüslerinin tasarımına yönelik bir rehber hazırlanmıştır. Bu

deklarasyon ve anlaşmalar, imzalayan üniversiteler için vizyon ve misyon gibi yüksek bağlılık gerektirmekle birlikte, sürdürülebilir bir gelecek için genel bir rehber olma özelliği taşırlar. Üniversiteler bu rehberleri kullanarak kendilerine özgü sürdürülebilirlik vizyon ve politikalarını oluşturmalıdır (Özdal Oktay ve Özyılmaz Küçükyağcı, 2015)

Sürdürülebilirlik kriterlerinin kampüsler için uygulanması, yağmur suyu ve atık sularının değerlendirilip, enerji verimliliğinin artırılmasının hedeflendiği yenilenebilir enerji odaklı tasarımlar planlamalara dahil edilerek sağlanır. Bu bağlamda yapılacak tasarımlar sadece enerji verimliliği değil sürdürülebilir bütünleşik yaklaşımlarla mümkün olur (Güllü vd., 2012).

1.10.2. “UNEP” Sürdürülebilir Kampüs Planlama Süreç Yöntemi (SKPSY)

Sürdürülebilir Kampüs Planlama Süreç Yöntemi (SKPSY) oluşturmak, kapsamlı ve geleceğe yönelik bir süreç gerektirmektedir. Bu süreç boyunca sürdürülebilir kampüslere yönelik şartları oluşturmak ve yönetim planlarına (altyapısal, yönetsel ve işletmeye) dair karar almak en önemli adımlar içerisinde yer alır. Bu doğrultuda UNEP kapsamındaki üniversitelerin yeşil kaynakları etkin ve düşük karbon salınımı yapan kampüs yaratma endişesi içerisinde olmalı gerekir. Bu kapsamda değerlendirmeyi amaçlayan bir yol haritası düzenlenmiş ve rapor yayınlanmıştır. Yayınlanan raporun amacı üniversite kampüslerinin sürdürülebilir planlanması, tasarlanması, gelişimi ve yönetimine ait kararların alınmasıdır. Ayrıca rehber üniversitelerin küresel platformda sürdürülebilirlik performanslarını arttırmayı da hedeflemektedir.

Yayınlanan bu raporda üniversitelerin sürdürülebilirliği; “Aktivitelerin ekolojik açıdan duyarlılığı, sosyal ve kültürel açıdan adaletli olması ve ekonomik olarak canlılığı” ile tanımlanmaktadır. Genel olarak üniversite kampüslerinde sürdürülebilir gelişme şartlarını Özdal Oktay ve Özyılmaz Küçükyağcı, (2015) çalışmasında şu şekilde oluşturmuşlardır;

- Kurumların yönetimi, vizyonu ve misyonu bakımından çevresel, etik ve sosyal sorunlulukların kesin bir şekilde oluşturulması ve bir bütünlük sağlanması,
- Eğitim sürecinin tamamında ekonomik, çevresel ve sosyal sürekliliğin tamamı, farklı disiplinler arası ilişkilere bağlılık,
- Sürdürülebilirlik çalışmalarına bağlılık ve bütün çalışmalarda sürdürülebilirliğin parçalarının göz önünde bulundurulması,

- Haricinde olan bütün eğitim kurumlarının, sanayinin, sivil toplum örgütlerinin ve yönetim birimlerinin beraber çalışmasıyla toplumda daha büyük bir kısma ulaştırılması
- Yerel değerler bakımından minimum miktarda atık, karbon, su hedefinin sağlanması için kampüslerin tasarlanması, geliştirilmesi ve yönetilmesi,
- Çalışan bireyler, toplum ve öğrenci kesim için nitelikli bir hayat, aynılığın ve farklılığın güçlendiren politikaların ve uygulama alanlarının güçlendirilmesi
- Kendi içerisinde canlı bir alan oluşturan kampüsler, çevreyi öğretme amacıyla değişim süresinde öğrencilerin aktif olarak katılmalarının sağlanması,
- Kültürel farklılığın geliştirilmesi ve değişik kültürlerin oluşturulmasını sağlamak,
- Dünyada ve Türkiye’de farklı üniversitelerin katılımının desteklenmesi.

Yayınlanan bu raporda kurumsal oluşumdaki farklılık, üniversiteler, kültürler ve farklı sosyal yapılar ile karmaşık ve çok farklı yönlü oluşumlardır ve ilişkili sosyal çevrede yapısal değişiklik getirmesi ortak olan belleğin kaybolması, eğitim istekleri ve farklı araştırmaların öncelikleri bu sürecin kesinti olmadan devamlılığının zorlanmasına sebep olmaktadır. Sürdürülebilir çalışmalarda geliştirme aşamaları ve zorluklar açısından farklı konular ile incelenebilir. SKPSY kapsamında UNEP’in sürdürülebilir gelişme birleşenleri, ayrı başlıkları; Çevresel, Ekonomik, Sosyo-Kültürel, Vizyon, Misyon ve Beyanların Oluşturulması şeklindedir (Güler, 2001).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak Trabzon Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüs olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında kampüs sınırları içerisinde belirlenen 4 bölge ve bu bölgelerde olan fakülte bina yapıları ve bölgeler içindeki yeşil alanlar dahil edilmiştir. Çalışma kitaplar, dergiler, ders notları, çalışma alanında yapılan gözlemler ve alanda çekile fotoğraflar, arazi inceleme sırasında alınan notlar, harita, uydu görüntüleri, AUTO-CAD, Adobe Photoshop CS4 gibi paket programlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Çalışma Alanı

Karadeniz Teknik Üniversitesi Trabzon kentinde 20 Mayıs 1963 tarihinde 6594 sayılı kanunla birlikte kurulmuştur. 19 Eylül 1963 tarihinde 336 sayılı yasa ile Rektörlük ve Fakülte kadroları açılarak fakülte kapsamında İnşaat-Mimarlık, Orman Fakültesi, Temel Bilimler ve Makine-Elektrik bölümleri açılmıştır. Aralık 1963 tarihinde Trabzon Atatürk İlköğretim Okulundaki İlkokul binasında ilk eğitime başlayarak bugünkü yerleşkesi olan Kanuni kampüsüne 1966 tarihinde taşınmıştır (Yomralıoğlu, 1999)

2006 yılına kadar 3 enstitü, 23 fakülte, 3 yüksekokul, 1 konservatuar, 16 meslek yüksekokulu ve yaklaşık 54 bin öğrencisi, 1800 akademik ve 1600 idari personeliyle çalışmalarını sürdürmüştür (Çelik, 2015). 2019 yılı itibari ile 12 fakülte, 1 yüksekokul, 6 enstitü, 8 meslek yüksekokulu ve 28 uygulama araştırma merkezi, 2126 kişilik akademik kadrosu, 40 bin öğrencisi ve 200 bini aşmış mezunu bulunmaktadır (URL-20)

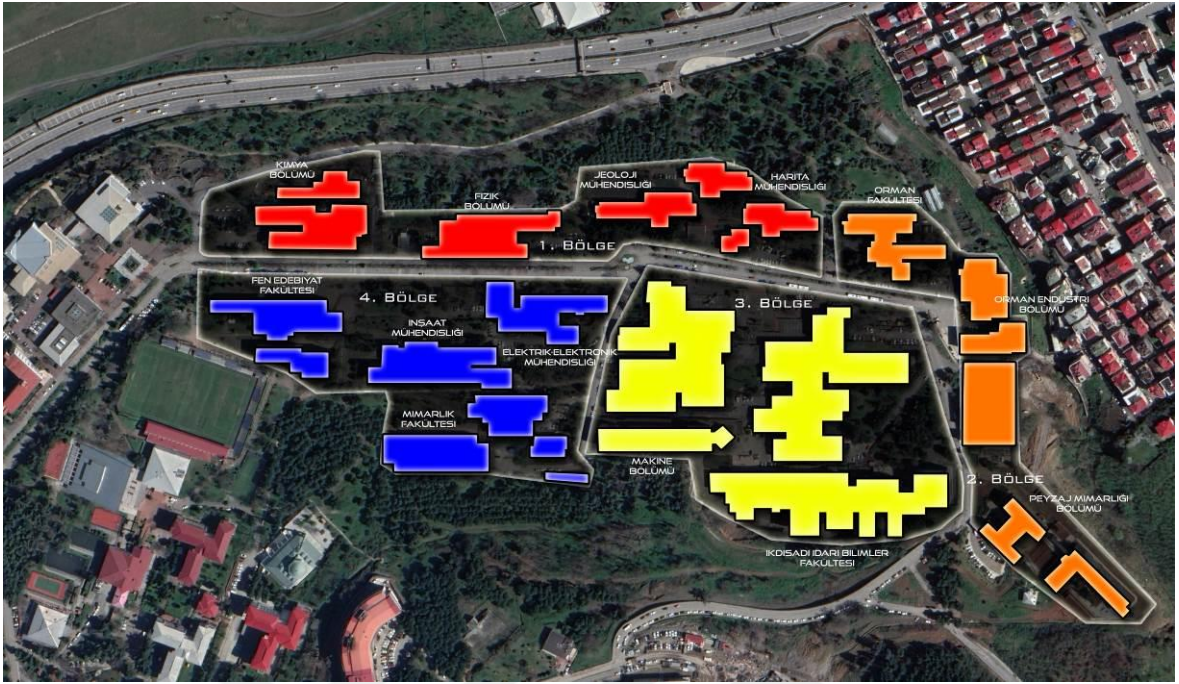
Karadeniz Teknik Üniversitesinin merkez kampüsü olan Kanuni Yerleşkesinde; Rektörlük, Mühendislik Fakültesi, Eczacılık Fakültesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Mimarlık Fakültesi, Fen Fakültesi, Edebiyat Fakültesi, Orman Fakültesi, İktisadi ve İdari Birimler Fakültesi, Tıp Fakültesi, OF Teknoloji Fakültesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Yabancı Diller Yüksekokulu, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Arsin Meslek Yüksekokulu, Maçka Meslek Yüksekokulu, Of Meslek Yüksekokulu, Trabzon Sağlık Meslek Yüksekokulu bulunmaktadır.



Şekil 21. Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüs (URL-20)

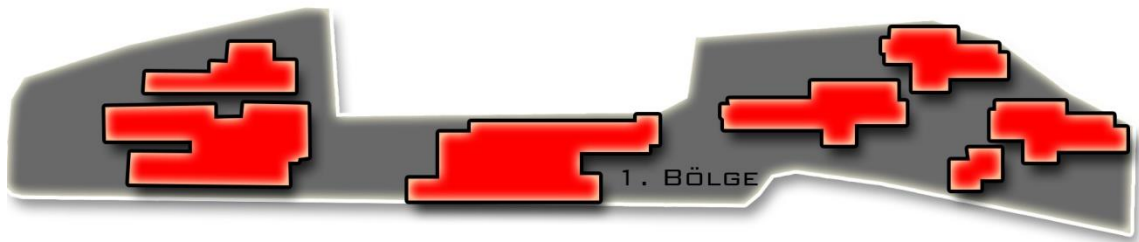
Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüs alanında öğrenci ve personele hizmet vermek amacıyla bir stadyum, mini futbol sahası, tenis kortları, açık basketbol ve voleybol sahaları mevcuttur. Sosyal etkinlik alanları olarak Sosyal Tesisler ve konaklama amacıyla Koru Tesisleri bulunmaktadır (URL-4, 2014). Karadeniz Teknik Üniversitesi kampüs alanı $40^{\circ}59'22''$ - $40^{\circ}59'55''$ Kuzey enlemlerinde ve $39^{\circ}46'10''$ - $39^{\circ}46'39''$ doğu boylamları arasında olup, Trabzon kentinin Ortahisar ilçesinde yer almaktadır. Karadeniz Teknik Üniversitesinin Kanuni Yerleşkesi toplam $1.061.118,76 \text{ m}^2$ 'den oluşmaktadır (URL-21)

Çalışma alanı ve sınırları KTÜ Kampüsü 4 bölgeye ayrılarak oluşturulmuştur. Belirlenen bölgelerdeki binalar ve yeşil alanlar hesaplamaya dahil edilmiştir. Bölgelerin belirlenmesindeki temel amaç su korunumu açısından yağmur sularının birikme olasılığı bulunan alanlar dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla yağmurlu günlerde yerinde gözlemler yapılarak haritalar üzerinde çalışma alanı sınırları işaretlenmiştir. Çalışma alanına ait sınırlar Şekil 18'de verildiği gibidir.



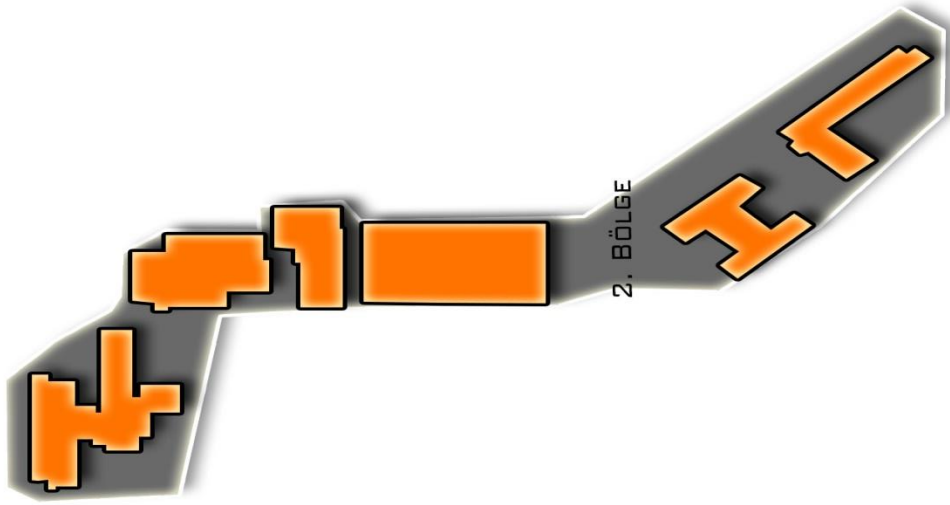
Şekil 22. Çalışma alanı ve sınırları

Çalışma alanında 1. Bölgedeki binalar; Fizik Bölüm Binası, Kimya Bölüm Binası, Jeoloji Mühendisliği Bölüm Binası, Harita Mühendisliği Bölüm Binası'na ait görseller Şekil 19'da verilmiştir.



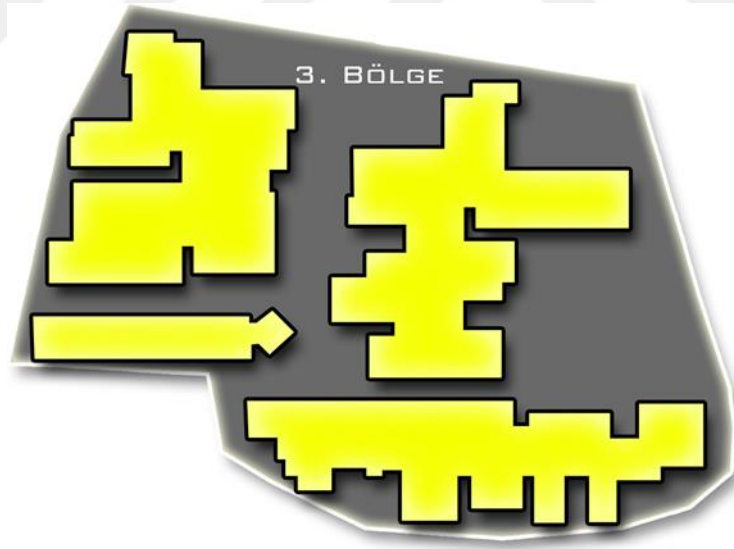
Şekil 23. Çalışma alanındaki 1. Bölge sınırları

Çalışma alanında 2. Bölgedeki binalar; Orman Mühendisliği Bölüm Binası, Orman Endüstri Binası Atölye Binası, Orman Endüstri Binası, KTÜ Kapalı Otoparkı, Peyzaj Mimarlığı Bölüm Binası Şekil 20'de verilmiştir.



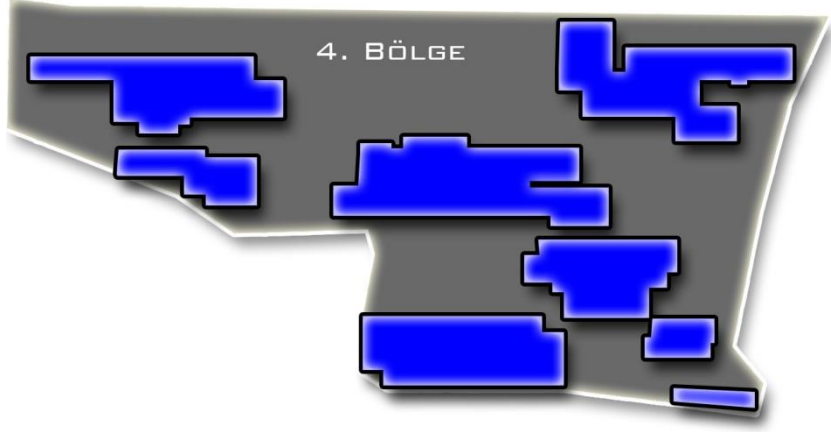
Şekil 24. Çalışma alanındaki 2. Bölge sınırları

Çalışma alanında 3. Bölgedeki binalar; İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte Binası, Hukuk Fakültesi Binası, Mimarlık Fakültesi Binası Şekil 21’de verilmiştir.



Şekil 25. Çalışma alanındaki 3. Bölge sınırları

Çalışma alanında 4. Bölgedeki binalar; İnşaat Mühendisliği Binası, Makine Mühendisliği Bölüm Binası, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölüm Binası Şekil 22’de verilmiştir.



Şekil 26. Çalışma alanındaki 4. Bölge sınırları

2.1.2. KTÜ Kampüs Doğal Verileri

KTÜ Kanuni kampüsü, Kanuni Yerleşkesi Stratejik planı kapsamında yapılan değerlendirmeler doğrultusunda iki vadi arasına kurulmuş olduğu ve doğu-batı yönünde yapılaşmanın ilerlediği belirtilmiştir. Kampüs yerleşkesinin %6-15 ve %3-5 eğim aralığında ağırlıklı olarak olduğu, özellikle ilk yapılar %6-15 eğimde yer olan binaların konumlarının başarılı olduğu sonucuna varılmıştır. Eğitim binaları 66-99 m arasındaki yükselti grubunda yer alırken yerleşke 33-99 m değer aralığında bulunmaktadır.

2.1.3. Bitki Yapısı

KTÜ Kanuni kampüsü, Kanuni Yerleşkesi Stratejik planı kapsamında bitki grupları 1. 2. ve 3. derece olarak gruplandırılmıştır. 1. derece zonda mutlak korunması gereken bölgeler, 2. derece zonlar orta düzeyde önemli bitki koruma bölgeleri, 3. derece koruma zonu ise bitkisel kaynaklar diğer kullanımlar için sakınca oluşturmayan alanlar olarak tanımlanmıştır (Şekil 23).



Şekil 27. KTÜ Kanuni Yerleşkesi bitki koruma zonları (URL, 22)

Trabzon'da bulunan ormanlar iklim şartlarından dolayı Doğu Karadeniz bölgesini en iyi şekilde temsil eden ormanlardandır. Karadeniz bölgesini diğer bölgelere göre fazla yağış almaktadır. Bu nedenle zengin bir bitki örtüsüne sahiptir (URL-6). Karadeniz Teknik üniversitesi Trabzon bölgesinin iklim koşullarını tamamen yansıtmaktadır. Bu nedenle kampüs içerisinde çok fazla sayıda bitki türüne rastlanmaktadır. KTÜ Orman Fakültesi bünyesinde belirlenen bitki lejantı Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. KTÜ Kampüs bitki yapısı (Anonim, 2019)

No	Adı	Latincesi	Ana vatanı
1	Acem Borusu	<i>Campsis radicans</i>	Güneydoğu Amerika
1	Acem Borusu	<i>Campsis radicans</i>	Güneydoğu Amerika
2	Adi duglas	<i>Pseudotsuga mensiesii</i>	Batı Çin
3	Adi Kızılcık	<i>Cornus sanguinea</i>	Avrupa

Tablo 4'ün devamı

4	Adi Leylak	<i>Stringa vulgaris</i>	Güneydoğu Avrupa, Çin
5	Adi Mersin	<i>Myrtus communis</i>	Ortadoğu, Güney Avrupa,
6	Ağaç Hatmi	<i>Hibiscus syriacus</i>	Çin, Hindistan, Doğu Asya
7	Alacalı pittosporum	<i>Pittosporum tobira</i>	Çin, Tayvan, Japonya
8	Alev Akçaağacı	<i>Acer palmatum 'Heptalobum'</i>	Japonya, Kore
9	Alev Akçaağacı	<i>Acer palmatum</i>	Japonya, Çin, Kore
10	Yalancı Servisi	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Kuzey Amerika
11	Amerikan Asması	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i>	Kuzey Amerika
12	Amerikan Glediçyası	<i>Gleditsia triacanthos</i>	Kuzey Amerika
13	Amerikan Sığlası	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Amerika Doğu sahilleri
14	Amerikan Sumağı	<i>Rhus typhina</i>	Kuzeydoğu Amerika
15	Anadolu Sılası	<i>Liquidambar orientalis</i>	Güneybatı Türkiye
16	Armut	<i>Pyrus communis</i>	Avrupa, Asya, Afrika
17	Atlas Sediri	<i>Cedrus atlantica (Endl.) Carr.</i>	Kuzey Afrika, Cezayir, Fas
18	Sarmaşık yapraklı akçaağaç	<i>Acer cissifolium</i>	Japonya
19	Maximowicz akçaağacı	<i>Acer maximowiczii</i>	Çin
20	Kağıt huşu	<i>Betula papyrifera</i>	Kuzey Amerika
21	Çin karaağacı	<i>Ulmus parviflora</i>	Kuzey Çin, Kore, Tayvan, Japonya
22	Kızılcık	<i>Cornus sericea</i>	Kuzey Amerika
23	Çin taflanı	<i>Euonymus alatus</i>	Doğu Asya, Çin, Himalaya
24	Kompakt Çin taflanı	<i>Euonymus alata compacta</i>	Amerika
25	Sarılcı taflan	<i>Euonymus fortunei 'Repens'</i>	Çin, Japonya
26	Alev Çalısı	<i>Photinia villosa</i>	Japonya, Kore, Çin
27	Beyaz Çiçekli İspirya	<i>Spiraea bumalda</i>	S.japonica×S.albiflora
28	Kadın Tuzluğu	<i>Berberis juliana</i>	Asya, Amerika, Avrupa
29	Kartopu Çiçeği	<i>Viburnum Ferrari</i>	Kuzey Çin
30	Gümüşi Akçaağaç	<i>Acer saccharinum 'Vieri'</i>	
31	Avize Ağacı	<i>Yucca filamentosa</i>	Güneybatı Amerika
32	Avrupa Melezi	<i>Larix decidua</i>	Orta ve Kuzey Avrupa'da
33	Bahçe Üvezi	<i>Sorbus Domestica</i>	Güney ve Doğu Avrupa

Tablo 4'ün devamı

34	Balkan Ladini	<i>Picea omorica</i>	Balkanlar, Sırbistan
35	Balta Yapraklı Japon Melezi	<i>Thujaopsis dolobrata</i>	Orta Japonya
36	Batı Mazısı	<i>Thuja occidentalis</i>	Kuzey Amerika, Kanada
37	Batu Gürgeni	<i>Carpinus betulus</i>	Avrupa
38	Biberiye	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Güney Avrupa, Asya
39	Boston Şarmaşığı	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	Amerika
40	Boyacı Katırtırnağı	<i>Genista tinctoria</i>	Avrupa, Türkiye
41	Büyük Çiçekli Kılıç Otu	<i>Hypericum calycinum</i>	Çin, Japonya
42	Büyük Çiçekli Kılıçotu	<i>Hypericum calycinum</i>	Kuzey Türkiye
43	Büyük Çiçekli Manolya	<i>Magnolia grandiflora</i>	Kuzey Amerika'nın Güneydoğusu
44	Büyük Yapraklı Ortanca	<i>Hydrangea macrophylla</i>	Çin, Japonya, Batı Asya
45	Cennet Çiçeği	<i>Caesalpinia gilliesii</i>	Arjantin, Güney Amerika
46	Çınar Yapraklı Akçaağaç	<i>Acer platanoides</i>	Orta ve Güney Avrupa, Kafkaslar, Marmara
47	Çiçek Dişbudağı	<i>Fraxinus Ornus</i>	Güney Avrupa
48	Çin Akçaağacı	<i>Acer buergerianum</i> Miq.	Doğu Çin, Kore, Japonya
49	Çin Ardıcı	<i>Juniperus chinensis</i>	Çin, Japonya, Kore
50	Çin Pittosporumu	<i>Pittosporum tobira</i> 'Nana'	Çin, Tayvan, Japonya
51	Çin Pittosporumu	<i>Pittosporum tobira</i>	Çin, Avustralya
52	Çin Şemsiye Ağacı	<i>Firmiana simplex</i>	Çin, Japonya, Tayvan
53	Çoban Çırası	<i>Cistus laurifolius</i>	Kuzey Afrika
54	Çoban Püskülü	<i>Ilex aquifolium</i>	Güney ve Orta Avrupa
55	Dağ Akçaağacı	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Avrupa, Batı Asya, Türkiye
56	Dağ Frenk Üzüümü	<i>Ribes alpinum</i>	Kuzey ve Orta Avrupa
57	Daryapraklı Ateşdiken	<i>Pyracantha angustifolia</i>	Batı Çin
58	Doğu Çamı	<i>Pinus mugo</i>	Orta ve Güney Avrupa Dağları
59	Doğu Mazısı	<i>Biota orientalis</i>	
60	Erguvan	<i>Cercis siliquastrum</i>	Doğu Akdeniz
61	Erkek kızılıcık	<i>Cornus mas</i>	Orta ve Güney Avrupa
62	Fıstık Çamı	<i>Pinus Pinea</i>	Akdeniz

Tablo 4'ün devamı

63	Florida Kızılcığı	<i>Cornus florida</i>	Kuzey Amerika'nın Doğu ve Kuzeydoğu
64	Frenk Üzümü	<i>Ribes rubrum</i>	Kuzey ve Orta Avrupa
65	Gülübrişim	<i>Albizzia julibrissim</i>	Tropik Asya, Kuzey İran, Tayvan
66	Gümüşi Akasya	<i>Acacia dealbata</i>	Avustralya, Tasmanya
67	Gümüşi Akçaağaç	<i>Acer saccharinum</i>	Kuzeydoğu Amerika
68	Havlu Püskülü	<i>Deutzia scabra</i>	Çin, Japonya, Himalaya
69	Işılğan	<i>Ilex aquifolium argentea marginata</i>	Batı ve Güney Avrupa, Afrika, Çin
70	Japon Ayvası	<i>Chaenomeles japonica</i>	Japonya, Kuzey İran
71	Japon Kaya ağacı	<i>Ostrya Japonica</i>	Kuzey ve Orta Amerika
72	Japon Kurtbağrı	<i>Ligustrum Japonicum</i>	Çin, Kore, Tayvan
73	Japon Soforası	<i>Sophora japonica</i>	Güneybatı Avrupa ve Çin
74	Japon Yalancı servisi	<i>Chamaecyparis pisifera 'Gold Spangle'</i>	Japonya
75	Kafkas Huşu	<i>Betula pubescens</i>	Kuzey Asya, Avrupa, Sibirya
76	Kafkas Orman Gülü	<i>Rhododendron caucasicum Pall.</i>	Kafkasya, Kuzeydoğu Türkiye
77	Kafkas Tesbih Çalısı	<i>Staphyllea colchica</i>	Kafkasya, Zonguldak
78	Kanzaz Kirazı	<i>Prunus Serrulata</i>	Japonya, Çin, Kore
79	Kar Kirazı	<i>Prunus subhirtella pendula</i>	Japonya
80	Kar Kirazı	<i>Prunus subhirtella</i>	
81	Kara Kiraz Eriği	<i>Prunus ceracifera</i>	
82	Karayemiş	<i>Laurocerasus officinalis Roemer</i>	
83	Katmer Çiçekli Abelya	<i>Abelia floribunda</i>	Meksika
84	Keçi söğüdü	<i>Salix Caprea</i>	Avrupa, Batı Asya
85	Kelebek çalısı	<i>Buddleia davidii</i>	Batı Çin, Japonya
86	Kırmızı Meyveli Ateş Dikeni	<i>Ptracantha ciccinea</i>	Güney Avrupa, Türkiye, Güneybatı Asya
87	Kırmızı Yapraklı Batı Kayını	<i>Fagus sylvatica 'Atropurpurea'</i>	Avrupa ve Batı Trakya
88	Kırmızı Yapraklı Süs Eriği	<i>Prunus ceracifera 'Pissardii'</i>	
89	Kış Manolyası	<i>Magnolia sielboldii</i>	Japonya, Koriya, Amerika
90	Kum Dikeni	<i>Hippophae rhamnoides</i>	Avrupa, Asya

Tablo 4'ün devamı

91	Kuş Üvezi	<i>Sorbus qucuparia</i>	Avrupa
92	Kutu Hanımeli	<i>Lonicera nitida</i> Wils.	Batı Çin
93	Küçük Yapraklı Şimşir	<i>Buxus microphylla</i> 'Compacta'	Japonya
94	Lawson Yalancı Servisi	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Kaliforniya, Oregon, Kuzey Amerika
95	Leylak	<i>Syringa sp.</i>	Japonya, Güneydoğu Avrupa'dan Çin'e
96	Leylak	<i>Syringa sp.</i>	Kuzey Afrika, Fas
97	Leylandi Melez Selvisi	<i>Cupressocyparis leylandii</i>	
98	Mabet Ağacı	<i>Ginkgo biloba</i>	Güneydoğu Çin
99	Mamut Ağacı	<i>Sequoiadendron qiqanteum</i>	Orta Kalifornia
100	Mavi Ladin	<i>Picea Pungens</i> Englem	Kuzey Amerikanın Batısı
101	Mavi Ladin	<i>Picea pungens</i>	Kolarado, Yutah, Kuzey Amerikanın Batısı
102	Mavi Yalancı Servi	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> 'Elwodii'	Kuzey-Batı Amerika
103	Menengiç	<i>Pistacia terebinthus</i>	Asya, Akdeniz
104	Mercan Çalısı	<i>Erythrina crista-galli</i>	Brezilya
105	Mercan Çalısı	<i>Cestrum elegans</i>	Güney Amerika, Meksika
106	Monteri Çamı	<i>Pinus radiata</i>	Güney Kaliforniya
107	Mor salkım	<i>Wisteria chinensis</i>	Çin
108	Morçişekli Orman Gülü	<i>Rhododendron ponticum</i>	Bulgaristan, Kuzey Türkiye, Kafkasta
109	Nar	<i>Punica Granatum</i>	Güneydoğu Avrupa, Akdeniz
110	Odunsu Yavşan	<i>Hebe veronica</i>	Yeni Zellanda
111	Oval Yapraklı Kurtbağrı	<i>Ligustrum ovalifolium</i>	Japonya
112	Oya Ağacı	<i>Şagerstroemia indica</i>	Çin, Kore, Japonya
113	Palmiye	<i>Phoenix canariensis</i> Chaband	Kanarya Adaları
114	Papaz Kulahı	<i>Eunymus europoeus</i>	Avrupa, Batı Asya
115	Papaz Külahlı	<i>Euonymus Japonicus</i>	Çin, Japonya
116	Pasta Ağacı	<i>Cercidiphllum japonica</i>	Japonya, Çin
117	Pembe Çiçekli İspir	<i>Spiraea japonica</i>	Asya, Avrupa, Kuzey Amerika
118	Sahil Çamı	<i>Pinus Pinaster</i>	Batı Fransa

Tablo 4'ün devamı

119	Sahil Sekoyası	<i>Sequoia sempervirens</i>	Kalifornia
120	Salkım Söğüt	<i>Salix babylonica</i>	Kuzey Afrika
121	Sarı Alacalı Lawson Yalancı Servisi	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> 'Aurea'	-
122	Sarkık Adi Dışbudak	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Pendula'	Avrupa
123	Sarkık Batı Kayını	<i>Fagus sylvatica</i> 'Pendula'	Kafkaslar ve Balkanlar
124	Sarkık Huş	<i>Betula alba chinensis</i>	Avrupa'dan Asya'ya kadar
125	Sarkık Huş	<i>Betula pendula</i>	Avrupa, Kuzey Asya
126	Siğara Ağacı	<i>Catalpa bignonioides</i>	Doğu Amerika
127	Sütun Formlu Adi Porsuk	<i>Taxus baccata</i> 'Fastigiata'	Kuzey Yarımküre, Fermanagh
128	Şeker Akçaağacı	<i>Acer saccharum</i>	Orta ve Kuzeydoğu Amerika
129	Talih Ağacı	<i>Clerodendrum trichotomum</i>	Çin, Japonya
130	Tatar kızılıcıği	<i>Cornus Alba</i>	Sibirya, Kuzey Kore
131	Tavşan Kirazı	<i>Ruscus Aculeatus</i>	Güneydoğu Avrupa
132	Trompet Çiçeği	<i>Campsis radicans</i>	Kuzey Amerika
133	Tüylü Kartopu	<i>Viburnum tomentosum</i> 'Plicatum'	Güney Malezya, Güney Amerika
134	Tüylü Pavlonya	<i>Paulownia</i> <i>tomentosa</i>	Çin, Orta Çin, Japonya
135	Uludağ Göknarı	<i>Abies bornmülleriana</i>	Batı Türkiye, Kuzey Anadolu, Uludağ, Kızılırmak
136	Veymut Çamı	<i>Pinus strobus</i>	Kuzey Amerika
137	Vilmorin Üvezi	<i>Sorbus vilmorinii</i>	Batı Çin
138	Yabani Gül	<i>Rosa Canina</i>	Avrupa ve Batı Asya
139	Yabani Mersin	<i>Jasminum fruticans</i>	Asya
140	Yalancı Akasya	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Doğu Amerika, Fransa
141	Yaprağını Döken Manolya	<i>Magnolia soulangeana</i>	Fransa, Soulange-Bodin Fidanlığı
142	Yenen Nandina	<i>Nandina domestica</i>	Çin, Japonya
143	Yılbaşı Şimşiri	<i>Saccarococca contusa</i>	Hubei, Sichuan, Yunanistan
144	Zakkum	<i>Nerium oleander</i>	Güneybatı Asya

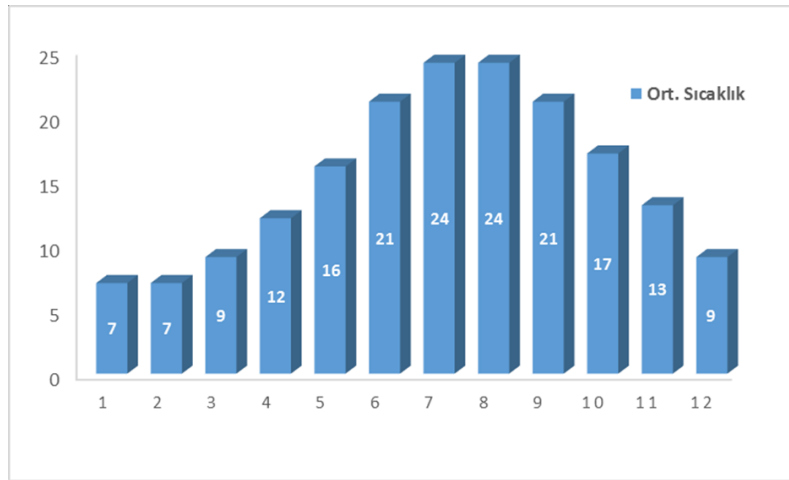
2.1.4. KTÜ Kampüs iklim yapısı

Karadeniz Teknik Üniversitesi bulunduğu Trabzon ilinin iklim özelliklerini taşımaktadır. Kıyı kesimde bulunan Karadeniz Teknik Üniversitesi ılıman bir iklime sahiptir. Yazları orta sıcaklıkta kışları ise ılık geçmektedir. Sıcak ve ılıman bir iklime sahiptir, belirgin yağış görülmektedir. En kurak geçen aylarda bile yağış görülmektedir. Yıllık ortalama hava sıcaklığı 14,4 °C. Kente düşen yıllık ortalama yağış miktarı ise 891 mm'dir. Aylara göre ortalama sıcaklık 24°C ile Temmuz-Ağustos aylarında en yüksek olmuştur, Ağustos-Temmuz aylarında 30,4 °C ile en yüksek sıcaklık değerine ulaşmıştır.

Şekil 24'de 2018 yılına ait aylara göre ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir.

Tablo 5. Aylara Göre Ortalama, En Yüksek ve En Düşük Sıcaklık Değerleri (C°) (Anonim, 2018)

AYLAR	Ortalama Sıcaklık(C°)	En Yüksek Sıcaklık (C°)	En Düşük Sıcaklık (C°)
Haziran	21	29,4	13,6
Temmuz	24	30,4	17
Ağustos	24	30,4	18
Eylül	21	29,5	13,6
Ekim	17	27,3	8,9
Kasım	13	24,4	4,2
Aralık	9	21,8	1
YILLIK	15	26,2	7,4



Şekil 28. 2018 yılına ait aylara göre ortalama sıcaklık (Anonim, 2018)

Tablo 6’da görüldüğü üzere 2018 yılı ortalama nispi nemi Mayıs ayı itibari ile % 78 en yüksek değere ulaşmış olup, en düşük değeri ise Kasım ayında %56’lık dilimde yer almıştır. Tablo 7’de ise aylara göre yağış ve rüzgâr değerleri verilmiştir.

Tablo 6. Aylara Göre Ortalama Nispi ve En Düşük Nem Değerleri (Anonim, 2018)

AYLAR	Ortalama Bağıl Nem (%)	En Düşük Bağıl Nem (%)
Ocak	68	61,1
Şubat	68	58,1
Mart	71	59,6
Nisan	75	65,7
Mayıs	78	71,8
Haziran	75	67,5
Temmuz	74	65,7
Ağustos	74	65,3
Eylül	73	64,5
Ekim	74	67,8
Kasım	68	56
Aralık	67	59,4
YILLIK	72	63,5

Tablo 7. Aylara Göre Yağış ve Rüzgâr Değerleri (Anonim, 2018)

AYLAR	Ort. Yağış Miktarı (Aylık mm)	Max. Yağış Miktarı (Aylık mm)	2017 Yılı Hâkim Rüzgâr Yönü, Esme Sayısı
Ocak	8,7	175,7	W 14.2
Şubat	59,9	130,9	W 14.5
Mart	64,3	118,7	W 14.9
Nisan	61,4	107,3	W 15.9
Mayıs	52,3	92,5	WSW17.1
Haziran	51,4	148,5	W 11.0
Temmuz	35,4	147,4	WNW11.8
Ağustos	45,5	158,8	W 12.3
Eylül	84	189,8	W 13.4
Ekim	128,3	236,2	WSW14.1
Kasım	97,5	223,1	SSW15.2
Aralık	83,3	226,1	W 14.7

Tablo 8’de ise 2018 yılına ait yıllık ortalama iklim verileri verilmiştir. Tabloya bakıldığında; Ortalama Açık Gün Sayısı 51,3; Ortalama Bulutlu Gün Sayısı 173,8; Ortalama Kapalı Gün Sayısı 140,1; Ortalama Sisli Gün Sayısı 9,3’dir.

Tablo 8. Yıllık iklim verileri (Anonim, 2018)

Ortalama Açık Gün Sayısı	51,3
Ortalama Bulutlu Gün Sayısı	173,8
Ortalama Kapalı Gün Sayısı	140,1
Ortalama Karla Örtülü Gün Sayısı	6,4
En Yüksek Kar Örtüsü Kalınlığı (cm)	41,0
Ortalama Sisli Gün Sayısı	9,4
Ortalama Doluluk Gün sayısı	0,8
Ortalama Kırağılı Gün Sayısı	3,6
Ortalama Orajlı Gün sayısı	16,9
Hâkim Rüzgâr Yönü	S

2.2. Yöntem

Çalışmanın yöntemi IV aşamadan meydana gelmiştir;

I. Aşama; Literatür kapsamında araştırmada etüt envanter veri toplama veri analizleme ve sentezleme yöntemleri kullanılmıştır. Bu aşamada her türlü literatür verisi ve sayısal bilgiler toplanarak kavramsal çatı oluşturulmuştur.

II. Aşama; Araştırmanın II. Aşamasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Yerleşkesine ait yerinde incelemeler yapılarak alana ait halihazır sayısal haritalar, iklim verileri, flora ve fauna varlığına ait verileri toplanmıştır. Bu aşamada mevcut durum analiz edilmiştir.

III. Aşama; Araştırmanın III. Aşamasında analizler ve yerinde gözlemler doğrultusunda çalışma alanında su korunumunun sağlanabileceği alanlar yağmur günler tespit edilerek yapılmıştır. Bu aşamada yağmurlu günlerde alanda gözlemler yapılarak çalışma alanındaki bölgeler ve yeşil alanlar oluşturulmuştur. Oluşturulan yeşil alanlar haritalara işlenerek sınırlar bilgisayar ortamlarına aktarılmıştır.

IV. Aşama; Araştırmanın VI. Aşamasında önceki aşamalarda belirlenen 4 bölgeye ait Yağmur Suyu hasadı yöntemi uygulanarak her bir bölge için toplanacak yağmur suyu toplama miktarı belirlenmiştir. Bu aşamada bölgelerdeki yeşil alanların ihtiyacı olan su miktarı da hesaplanarak haftalık ve haftada 1 kez sulanma durumundaki su ihtiyacı belirlenmiştir.

Yağmur suyu hasadı Eren vd., (2016) çalışmasındaki formüle göre hesaplanmıştır;

Çatı Yağmur Suyu Miktarı (m^3) = Yağmur toplama alanı x yağış miktarı x çatı katsayısı x filtre etkinlik katsayısı.

Yağmur toplama alanı; Blokların çatı alanıdır.

Yağış miktarı; Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen toplam yıllık yağış miktarıdır.

Çatı katsayısı; Alman standartları tarafından DIN1989'da 0,8olarak belirtilen katsayıdır. Çatıya düşen bütün yağmurun geri dönüştürülemeyeceğini ifade etmektedir.

Filtre etkinlik katsayısı; Alman standartları tarafından DIN1989'da belirtilen katsayıdır (0,9). Çatıya düşen bütün yağmurun geri dönüştürülemeyeceğini ifade etmektedir.

Çatıdan elde edilen yağmur suyunun, görünen katı maddelerden ayrıştırılması için geçirilen ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Suyun bir miktarının buradan geçemeyeceği hesaplanarak verilen bir katsayıdır.

Çatı Yağmur Suyu Miktarı (m^3)= Çatı alanı (m^2)*0,9*0,8*Yağış miktarı (yıllık, mm)

V. Aşama; Araştırmanın V. Aşamasında her bir bölge için hesaplanan yağmur suyunun yeşil alanların ihtiyacı olan suyun ne kadarını karşıladığı belirlenmiştir. Bu kapsamda değerlendirilen su miktarı rekreatif alanlar için de kullanım olanaklılığı öne sürülmüştür.

VI. Aşama; Araştırmanın VI. Aşamasında belirlenen bölgelerde toplanan suların bu alanlarda naturalistik peyzaj yaklaşımlarından yağmur bahçeleri, planlanmış sulak alanlar, peyzaj kanalları, bitkisel örtüler, yönlendiriciler ve geçirgen yüzeysel malzemeler kullanarak yağmur suyu yönetimine olanak tanıyan görseller önerilmiştir. Öneriler geleneksel yağmur sularını toplama sistemlerini kullanmak yerine yaratıcı ve kullanıcı için etkinlik alanı oluşturacak biçimde oluşturulmuştur. Bu oluşumlardaki asıl amaç yüzeysel akışa geçen yağmur sularının sürdürülebilir tasarım oluşturarak su korunum modelleri ortaya koymaktır.

3. BULGULAR

Çalışma kapsamında kentsel açık yeşil alanlarından küçük kent modelleri olarak da nitelendirilen kampüslerde su korunumuna yönelik doğal peyzaj elemanları ile yağmur suyu yönetimine ilişkin öneriler geliştirilmiştir. Bu kapsamda naturalistik peyzaj yaklaşımlarından yağmur bahçeleri, planlanmış sulak alanlar, peyzaj kanalları, bitkisel örtüler, yönlendiriciler ve geçirgen yüzeysel malzemeler önerilerek yağmur suyu yönetiminde önerilmiştir. Daha sonra alanda yağmurlu günlerde yerinde gözlemler yapılarak yağmur sularının en yoğun biriktiği alanlar belirlenmiş bu alanlarda analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu anlamda öneri geliştirmek amacıyla KTÜ Kanuni kampüsü 4 bölgeye ayrılarak her bir bölgenin binalarının çatı alanları hesaplanmış, 2018 yılı yıllık yağış verileri ile her binadan toplanacak yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar doğrultusunda 4 bölge için yeşil alan miktarı ve yeşil alanların su ihtiyaçları hesaplanmış, yağmur hasadı ile toplanabilecek su miktarının yeşil alan için sulama ihtiyacını karşılayıp karşılamadığı belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen bölgelerde toplanan suları rekreatif amaçlı olarak kullanılabilme durumu belirlenerek bu alanlar için görseller geliştirilerek öneriler sunulmuştur.

3.1. KTÜ Kanuni Kampüsü Yağmur Suyu Analizine Ait Bulgular

Çalışma alanında yağmurlu günlerde yapılan incelemeler sonucunda yağmur sularının yoğun olarak biriktiği noktalar; Kanuni Kampüsü Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi önü, Harita Mühendisliği Bölüm Binası önü, Orman Fakültesi Dekanlık ve öğrenci girişi, Orman Fakültesi Otopark alanı karşı araç yolu, Fizik Mühendisliği Bölümü ve Fen Bilimleri Enstitüsü Bina önü olarak belirlenmiştir.

- Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi önü; yaya kullanımının olduğu ve çevresindeki farklı rekreatif etkinliklerden dolayı yoğun kullanılan bir alandır. Yan tarafında Atatürk Kültür merkezi, rektörlük binası ve önünde Atatürk heykelinin bulunduğu, özel günlerde törenlerin gerçekleştirildiği bir konuma sahiptir. Kullanım alanının yoğun olması nedeniyle giriş kısmı tamimiyle sert zeminden

oluşmakta etrafı ise yeşil alanlarla çevrelenmiştir. Ancak yoğun yağmurlu günlerde giriş önlerinde yarı geçirgen döşeme kaplamalarından dolayı su birikintileri oluşmaktadır. Bu durum hem kentsel altyapı sistemleri için işlevsel açıdan sorun yaratmakta hem de kullanıcı için görsel ve estetik açıdan kötü görüntü sağlamaktadır. Yanı sıra çevrede etkinlik alanlarının kullanımını fonksiyonel açıdan etkilemektedir. Alana ilişkin yapılan gözlemlerle yağmur suyu Şekil 24’de gösterilmiştir.



Şekil 29. KTÜ Kanuni Kampüsü Faik Ahmet Barutçu Kütüphanesi önü

- Harita Mühendisliği Bölüm Binası önü hem bölüm öğrencileri için kullanım alanı oluşturmakta hem de yaya ulaşımı için yürüyüş yolu olma niteliğindedir. Bu alan yarı geçirgen döşeme kaplamalarıyla oluşturulmuş ve parçalı yeşil alanların bulunduğu giriş alanıdır. Harita Bölümü kantini çevresinde bulunan bu bölge hem ulaşım için bir yol hem de sahip olduğu donatılar ile öğrencilerin oturma, dinlenme ve yemek yeme gibi etkinlikleri gerçekleştirdiği bir yerdir. Bu bölgede yağışlardan oluşan suların birikmesiyle etkinlik alanları işlevini gerçekleştirememekte ve ulaşım için sorunlar oluşturmaktadır (Şekil 25).



Şekil 30. KTÜ Kanuni Kampüsü Harita Mühendisliği Bölüm Binası önü

- Orman Mühendisliği Bölüm öğrenci ve Orman Fakültesi Dekanlık Binası önü hem yürüyüş ana ulaşım aksisi üzerinde bulunan hem de öğrenci ve akademisyen girişini sağlandığı yarı geçirgen döşeme kaplamalarıyla oluşturulmuş alanıdır. Bu bölgede yağışlardan oluşan suların birikmesiyle etkinlik değerini yitirmekte ve ulaşım için sorunlar oluşturmaktadır (Şekil 22).



Şekil 31. KTÜ Kanuni Kampüsü Orman Mühendisliği Bölüm öğrenci ve Orman Fakültesi Dekanlık Binası önü

- Diğer alan ise, KTÜ Kanuni Kampüsündeki birçok bölüm ulaşımını sağlayan, otobüslerin durağı olarak kullanılan ve üniversite içerisindeki araç sirkülasyonunun son durağı olarak kabul edilen bu alan aynı zamanda Orman Fakültesi otopark alanı karşısındaki araç yoludur. Bulunduğu topoğrafik yapısı ile çok fazla su

birikintisine sahiptir. Peyzaj Mimarlığı, Şehir Bölge Planlama, Hukuk Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi ve KYK yurtlarına uzanan eğimli bir yolun en alt kısmını oluşturmaktadır.

Kampüsün yağış günlerinde en sorunlu bölgesi olarak belirlenmiştir. Hem araç hem de yaya ulaşımının düğüm noktası olarak nitelendirilen alan aynı zamanda kampüs ana sirkülasyonunun dönüş kavşağı niteliğindedir. Bu sebeple yağışlı günlerde eğitimle birlikte yağmur sularıyla oluşan yüzeysel akış en son bu alanda toplanarak büyük bir su birikintisine sebep olmaktadır. Yaya ve araç kullanımından dolayı tamamı ile geçirimsiz, sert bir yüzeye sahiptir. Biriken bu su hem yayaların yoldan karşıya geçişi için zorluk oluşturmakta aynı zamanda ulaşım hattını olumsuz etkilemektedir (Şekil 27).



Şekil 32. KTÜ Kanuni Kampüsü Orman Fakültesi otopark alanı karşısı, araç yolu

- Diğer belirlenen çalışma alanı Fizik Mühendisliği Bölümü ve Fen Bilimleri Enstitüsü önünde bulunan öğrencilerin yoğunlukla geçiş için kullandığı bölgedir. Bu alan yaya yolu olarak kullanılan araç yolu döşeme kaplamasının bozulmalarından dolayı yağış sularıyla çok fazla su birikintisine maruz kalmaktadır. Yağmurlu günlerde suyun geçirimsiz yüzeyde birikmesi Fizik bölümü girişine çok yakın ve aynı şekilde araç trafiğine de sahip olduğu için

yayalar açısından çok fazla soruna yol açmaktadır. Oluşan bu su kaldırımında bulunan insanlar için sıkıntı yaratmaktadır (Şekil 28).



Şekil 33. KTÜ Kanuni Kampüsü Fizik Mühendisliği Bölümü ve Fen Bilimleri Enstitüsü Bina önü

3.2. Yağmur suyu hasadına ilişkin bulgular

KTÜ Kanuni kampüsü geniş bir alan yayılması sebebiyle çalışma alanı olarak bir önceki bölümde yağmurlu günlerde gözlemler yapılarak alan sınırlandırılmıştır. Bu kapsamda yapılan gözlemler sonucunda yağmur sularının biriktiği alanlardaki binalar belirlenerek 4 ayrı bölgeye ayrılmıştır. Belirlenen bölgeler AUTO-CAD programı kullanılarak görselleştirilmiştir. Her bir bölge ve bölgelere ait binalar belirtilmiştir. 1. Bölgede 6, 2. Bölgede 6, 3. Bölgede 4 ve 4. Bölgede 7 bina bulunmaktadır. Tablo 5’de her bir bölgeye ait bina sayısı, bina çatı alanları (m^2) ve çatılardaki yıllık toplanabilecek yağmur suyu miktarı (m^3) belirtilmiştir.

Tablo 5’de görüldüğü üzere 1. Bölgede toplamda 6 bina, $13082 m^2$ ’lik çatı alanı ve $10466 m^3$ ’lük yağmur suyu miktarı vardır. 2. Bölgede toplamda 6 bina, $6667 m^2$ ’lik çatı alanı ve $5334 m^3$ ’lük yağmur suyu miktarı vardır. 3. Bölgede toplamda 4 bina, $9430 m^2$ ’lik çatı alanı ve $7544 m^3$ ’lük yağmur suyu miktarı vardır. 4. Bölgede ise toplamda 7 bina, $23480 m^2$ ’lik çatı alanı ve $18784 m^3$ ’lük topladığı yağmur suyu miktarı vardır.

Tablo 9. Her bölgeye ait bina sayısı, bina çatı alanları (m^2) ve çatılardaki yıllık toplanabilecek yağmur suyu miktarı (m^3)

Bölgeler	Bina Sayısı	Çatı Alanı (m^2)	Çatı Yağmur Suyu Miktarı (Yıllık, m^3)
1. Bölge	6	13082	10466
2. Bölge	6	6667	5334
3. Bölge	4	9430	7544
4. Bölge	7	23480	18784
Toplam	23	31519	42128

Tablo 6'da 4 bölgeye ayrılan alanlar için yeşil alan miktarları hesaplanmıştır. Belirlenen yeşil alan miktarlarının su ihtiyacı tek bir sulama için toplam sulama suyu ihtiyacı hesaplanmıştır. Buna göre 1. Bölgenin $14860 m^2$ 'lik yeşil alan ve $13082 m^3$ 'lik su ihtiyacı, 2. Bölgenin $4680 m^2$ 'lik yeşil alan ve $6667 m^3$ 'lik su ihtiyacı, 3. Bölgenin $7590 m^2$ 'lik yeşil alan ve $9430 m^3$ 'lik su ihtiyacı, 4. Bölgenin $19787 m^2$ 'lik yeşil alan ve $23480 m^3$ 'lik su ihtiyacı bulunmaktadır.

Tablo 10. Belirlenen yeşil alan miktarlarının su ihtiyacı tek bir sulama için toplam sulama suyu ihtiyacı

Bölgeler	Yeşil Alan (m^2)	Yeşil Alan Su İhtiyacı (m^3)
1. Bölge	14860	13082
2. Bölge	4680	6667
3. Bölge	7590	9430
4. Bölge	19787	23480
Toplam	24467	52659

Çalışma alanı olarak belirlenen bölgeler için Tablo 7'de görüldüğü üzere sulama suyu ihtiyacı haftada 2 kez, haftada 1 kez ve her gün sulama yapılma durumuna göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplama sonucuna göre, haftada 2 kez sulama yapıldığında çatı alanlarından toplanan su sulama suyu ihtiyacının 1. Bölgede %147'sini, 2. Bölgede %237'sini, 3. Bölgede %207'sini, 4. Bölgede %198'ini karşılıyor. Haftada 1 kez sulama yapıldığında çatı alanlarından toplanan su sulama suyu ihtiyacının 1. Bölgede %293'sini, 2. Bölgede %475'sini, 3. Bölgede %414'sini, 4. Bölgede %396'ini karşılıyor. Her gün

sulama yapıldığında çatı alanlarından toplanan su sulama suyu ihtiyacının 1. Bölgede %39'sini, 2. Bölgede %62'sini, 3. Bölgede %54'sini, 4. Bölgede %52'sini karşılıyor.

Tablo 11. Bölgelere göre sulama suyu ihtiyaçları (haftada 2 kez, haftada 1 kez, her gün)

Bölgeler	Çatı Yağmur Suyu (Yıllık, m ³)	Yeşil Alan Su ihtiyacı (Günlük, m ³)	Haftada 1 Kez Sulama		Haftada 2 Kez Sulama		Her gün Sulama	
			Su İhtiyacı (m ³)	Karşılanan Su İhtiyacı Yüzdesi	Su İhtiyacı (m ³)	Karşılanan Su İhtiyacı Yüzdesi	Su İhtiyacı (m ³)	Karşılanan Su İhtiyacı Yüzdesi
1. Bölge	10466	74,3	3566	293%	7133	147%	27120	39%
2. Bölge	5334	23,4	1123	475%	2246	237%	8541	62%
3. Bölge	7544	38,0	1822	414%	3643	207%	13852	54%
4. Bölge	18784	98,9	4749	396%	9498	198%	36111	52%

4. TARTIŞMA

Son zamanlarda kentlerde küresel ısınmaya bağlı olarak iklimsel değişiklikler meydana gelmiştir. Bu iklimsel değişiklikler kimi zaman kuraklık yaratırken kimi zamanda ani yağışlarla beraber kentlerde yaşayan insanların yaşam kalitesini düşürmektedir. Kentlerde oluşan ani yağışlar ile yağmur suları yönetilememektedir. Durumun sonucu olarak da zaten günümüzde kıtlığı yaşanan ve ileride küresel ısınma ile su fakiri olacağımız Dünya üzerinde geri dönülemez sorunlar yaratacaktır. Bu sayede insanların yaşam kalitesi olumsuz yönde etkilenmeye başlayacaktır.

Bu çalışma bu kapsamda küçük kent modeli olarak nitelendirebileceğimiz kampüs alanlarında gerçekleştirilmiş olan bulgular ve sonuçlar ileride kent modeli çalışmalarına yardımcı olacaktır.

Bu kapsamda Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü çalışma alanı olarak belirlenerek yürütülmüştür. Bu kapsamda çalışmaya benzer olarak Üniversitelerin yapmış olduğu Akademik çalışmalar ve araştırmalar farklı araştırma şirketleri tarafından değerlendirmeye tutulurken, çevresel konularda yapılan çalışmaların değerlendirilmesi oldukça yenidir. “Yeşil lig (Green League)” , “Çevresel ve Sosyal Sorumluluk İndeksi (Environmental an sosyal Responsibility Index)” ve “Yeşil Ölçüm (Green Metric)” değerlendirmeleri bu konuda verilebilecek birkaç örnektir. Bunlar arasında Yeşil Ölçüm, küresel çapta bir ölçümleme sistemi olarak ilk olma özelliği taşımakta ve öne çıkmaktadır (Güler, 2001).

1972 yılında sürdürülebilirlik düşüncesinin hayata geçirilmesi ile üniversitelerde yağmur suyu ve atık suların yeniden kullanıldığı enerji etkin tasarımları ön plana çıkmıştır. Enerji verimliliğinin arttırıldığı su ve enerji etkin tasarımlar yeşil binalar ve yenilenebilir enerji odaklı tasarımlar ile binalar içinde ve kampüs yakın iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu durumun sonucu olarak çevre kirliliğinin önlendiği, iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerinin azaltıldığı ve sağlıklı toplum odaklı tasarımlar ile ise sosyal kazançlar sağlanmaktadır. Günerhan ve Günerhan (2016)’ın belirttiği bu yaklaşıma benzer şekilde bu çalışmada da sürdürülebilir kampüs anlayışı içerisinde su korunumuna yönelik çalışmalar yapılmıştır. Geliştirilen model ile yağmur suyu yönetimi ile su korunumu değerlendirilmiştir.

Kılıç ve Abuş (2018) çalışmalarında bir konut bahçesinde yağmur suyu yönetimi kapsamında yağmur hasadı uygulaması yapmıştır. Bu kapsamda çatı alanı büyüklüğü hesaplanarak aylık yağış verileri kullanılmıştır. Bu yöntem yağmur suyu hasadı açısından en uygun ve kullanılabilir yöntemdir. Çalışmada da aynı yöntem kullanılarak yağmur suyu hasadı yapılmıştır. Kılıç ve Abuş (2018) çalışmaları sonucunda konut dışındaki yeşil alan miktarına göre toplanan su ile sulama amaçlı, süs havuzlarının doldurulması ve evsel ihtiyaçlarda kullanılmasına ait öneriler getirmişlerdir. Şahin ve Manioğlu (2011) bu konuda yaptıkları çalışmada binaların çatılarından su hasadı ile toplanan suların arıtılarak evsel ihtiyaçlar için kullanılacağı belirtilmiştir.

Tema (2017) çalışmasında yağmur sularının binalardan toplanarak kullanılmasının yaygınlaşma durumunun çeşitli yasa ve kuruluşlar tarafından desteklendiğini belirtmişlerdir. Hindistan'da özellikle son yıllarda yapılan bir uygulama ile birçok kentte 100 m²'den büyük binaların çatılarında yağmur suyu toplama sistemlerinin zorunlu hale gelmiştir. Yine Alparslan vd., (2008), İncebel (2012) çalışmalarında birçok yerde yağmur suyu ile toplanan suların içme ve kullanma amaçlı kullanıldığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada da elde edilen sonuçlar doğrultusunda toplanan yağmur suyu miktarı ile bu şekilde uygulama önerisi getirilmiştir.

Türkiye'de ise bu konu hakkında yağmur suyu toplama, depolama ve şarj etme sistemleri hakkındaki yönetmelik 30105 sayı ve 23.06.2017 tarih ile Çevre Şehircilik Bakanlığı tarafından Resmi Gazete'de yürürlüğe konulmuştur

Wanjiru ve Xia (2018) yaptıkları çalışmalarında Afrika'da kuraklık sorununu ön plana çıkartarak son yıllarda nüfus artışı ile su kıtlığına dikkat çekmişlerdir. Özellikle kentsel alanlardaki bina ve yapılardan gri su dönüşümü ve yağmur suyu hasadının içilebilir su olmasının ötesinde teknolojiyi son noktada kullanarak sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem ile su kullanımından %30-35 arasında tasarruf etmişlerdir. Bu oran Afrika gibi kuraklık yaşayan bölge için oldukça ideal bir değerdir.

Solak vd., (2019) çalışmalarında sürdürülebilir alanlarda kentsel su yönetiminin olabilme durumunu araştırmışlardır. Çalışmalarında sınırlı olan su kaynaklarının bilinçsizce kullanıldığını ve artan kentleşme ile su kaynaklarına olan baskıya dikkat çekmişlerdir. Bu konunun 21.yy'da çok önem arz ettiğini ve müdahale edilmezse dönüşü olmayan sorunlar yaratacağı belirtilmiştir.

Oktay ve Küçükyağcı (2015) çalışmasında sürdürülebilirlik gelişim hedeflerinden birinin de belirlenen kriterlerin kampüs tasarım ilkeleri arasında yer alması gerektiğini

belirtmişlerdir. Çalışmalarında sürdürülebilir kampüs tasarım sürecinin irdelenmesi, hedeflerin ortaya konulması amacıyla Gebze Teknik Üniversitesi'nde sürdürülebilir kampüs tasarımına yönelik öncelikler belirlemişlerdir. Bu kapsamda değerlendirdikleri kampüsü UNEP ve ISCN-GULF tarafından hazırlanmış olan sürdürülebilir kampüs rehberleri inceleyerek sürdürülebilir olma durumunu belirtmişlerdir. Çalışmaları sonucunda üniversitelere rehberlik etmek ve hedeflere yönelik ilerlemeyi ölçebilmek amacı ile benzer rehberlerin arttırılabileceği sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde de çalışmada KTÜ Kanuni kampüsü bu rehberlerin sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda su korunumuna ait öneriler geliştirilmiştir.

Çalışma kapsamında kampüste yağmurlu günlerde gözlemler yapılarak geçirimsiz yüzeyler belirlenmiş ve suların birikme alanları haritalara işlenmiştir. Bu kapsamda kampüs 4 ayrı bölgeye ayrılmıştır. Bölgelere ayrılma sebebi ise kampüs alanının büyük olması ve yeşil alan miktarının fazla olmasından kaynaklıdır. Benzer şekilde Eren vd., (2016) çalışmasında Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü'nü alan büyüklüğü ve kullanım farklılığının olması sebebiyle 8 ayrı bölgeye ayrılmıştır.

Çalışmada belirlen 4 ayrı bölgede toplamda 14 bina bulunmaktadır. Yağmur suyu hasadı yöntemi ile çatı yüzeylerinde bulunan ve yüzeysel akışa geçen suların ne kadarının depolanabileceği hesaplanmıştır. Herrman ve Schmida, (1999), Valentin ve Herbes (1999), Scott ve Silva-Ochoa (2001), Jaber ve Mohsen, (2001) çalışmalarında su hasadı yöntemlerini çok eski zamanlardan beri kullandıkları araştırmalar sonucunda belirlenmiştir.

Eren vd., (2016) çalışmasında mevcut su kaynaklarının kullanılarak sürdürülebilir bir şekilde planlama ve tasarım çalışmaları su tasarrufu olanaklılığı açısından önemli olduğunu vurgulamışlardır. Aynı zamanda yağmur sularının depolanarak açık yeşil alanların sulanmasında kullanılması yaptıkları çalışmanın en önemli sonucu olmuştur. Bu çalışmada da benzer şekilde yağmur suyu yönetimi kapsamında yağmur suları çatılardan toplanıp depolanıp, öncelikle sulama amaçlı sonrasında ise bütün etkinlik alanlarında kullanılabilir şekilde depolanması hedeflenmiştir.

Uzun yıllar öncesinden beri kullanılan bir yöntem olan yağmur suyu hasadı yöntemi eskiden sadece tarımsal alanların sulanmasına yönelik uygulama alanları bulurken günümüzde peyzaj alanlarında estetik amaçlı da değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada ise bu şekilde bir sonuç çıkararak kampüs çatılarından biriktirilen suların rekreatif amaçlı

yağmur bahçeleri, su arkları, bitkisel su göletleri gibi uygulamalarda kullanılması önerilmiştir.

Çalışma kapsamında sulama suyu ihtiyacı haftada 2 kez, haftada 1 kez ve her gün sulama yapılma durumuna göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplama sonucuna göre, haftada 2 kez sulama yapıldığında çatı alanlarından toplanan su sulama suyu ihtiyacının 1. Bölgede %147'sini, 2. Bölgede %237'sini, 3. Bölgede %207'sini, 4. Bölgede %198'ini karşılıyor. Haftada 1 kez sulama yapıldığında çatı alanlarından toplanan su sulama suyu ihtiyacının 1. Bölgede %293'sini, 2. Bölgede %475'sini, 3. Bölgede %414'sini, 4. Bölgede %396'ini karşılıyor. Her gün sulama yapıldığında çatı alanlarından toplanan su sulama suyu ihtiyacının 1. Bölgede %39'sini, 2. Bölgede %62'sini, 3. Bölgede %54'sini, 4. Bölgede %52'sini karşılıyor.

Kılıç ve Abuş (2012) yapmış oldukları çalışmasında her gün sulama yaptıklarında karşılanan su ihtiyacının %14'ünü, haftada iki kez sulama yapıldığında %49'ünü, haftada bir kez ise sulama yapıldığında %98'lik kısmını karşıladığı sonucuna varılmıştır. Eren vd., (2016) çalışmalarında çatı sularından toplanan suların, her gün sulama yapılırsa ihtiyacı olan su ihtiyacının %10,9'unu, sulamanın haftada 2 kez yapılması durumunda toplam yeşil alan su ihtiyacının %38,4'ünü ve haftada 1 kez sulama yapıldığında yeşil alan sulama ihtiyacının %76,8'ini karşılayacağı belirtilmiştir.

Sonuçlara bakıldığında Trabzon bölgesinin iklim verilerinin yağışlı olması ve güneşli gün sayısının az olması sebebiyle belirtilen değerlerin diğer bölgelere göre fazla çıkması doğal karşılanmıştır. Ayrıca belirlenen bölgelerdeki yeşil alan miktarların az olması ve su ihtiyaçlarının az olması ile toplanan su miktarlarının yeşil alanların sulama ihtiyacının hepsini karşılamıştır. Bu sayısal değerler ile belirlenen bölgelerde biriktirilen su miktarları ile yeşil alanların sulama suyu ihtiyacı karşılanabilmektedir. Diğer kısımlarda geriye kalan su ise rekreatif amaçlı olarak ya da lojmanların veya kampüsteki bölümlerin lavoba ihtiyaçları için depolanabilir.

Bu şekilde belirlenen çalışmalar Soydan (2018) belirttiği üzere arazi planlama politikaları aracılığıyla yapılabilmektedir. Büyük ölçeklerde havza ve alt havza ölçeğinde kontrollü olarak sorunları önleyici ve çözüm üretici niteliktedir. Seçkin (2004)'e göre tasarlanan büyük ölçekli sistemler yağış sularının değerlendirilmesi, toplanması ve depolanması şeklinde kanallar ve oluklarda işlenir. Depolanmış su bu şekilde başka sistemlere iletilir.

5. SONUÇLAR

Su insan yaşamı boyunca vazgeçilmez ve en değerli kaynaklarımızdandır. Bütün yaşayan canlılar için en temel besin kaynağı olarak nitelendirilir. Ancak özellikle son yıllarda küresel ısınmaya bağlı olarak düzensiz ve ani yağışlar, ekstrem sıcak dönemler en fazla kentleri ve içinde yaşayan insanların yaşam kalitelerini olumsuz etkilemiştir. Bu kapsamda su kaynaklarının korunması ve gelecek nesillere temiz, yaşanabilir bir ortam bırakmanın en temel olgusu kentlerdeki suyu yönetmek ile başarılıdır.

Dünya’da ve Türkiye’de tatlı su kaynakları bakımından bu kadar yetersiz ve her geçen gün artan nüfus yoğunluğuna bakıldığında kentlerde yeni önlemler ve planlama yaklaşımları alınması zorunludur. 1987 tarihinde ‘Odak Geleceğimiz’ raporunda da belirtildiği üzere ‘Sürdürülebilirlik’ kavramı kalkınma amacıyla değil, aynı zamanda küresel sorunlara neden olan doğal süreçleri de yöneten bir olgudur. Sürdürülebilir kentler bu anlamda 1996 Habitat II Zirvesi’nin bir sonucu olarak ele alınmış, bir vizyon ve ortak geleceğimiz duygusu ile kentleşme olgusunda gönderme gelmiştir.

Bu kapsamda son yıllarda Akıllı şehirlerde Su Korunumu ve Yönetimi birçok meslek disiplini altında yaygın olarak kullanılmaya başlamış. Kentlerdeki zamansız ve düzensiz oluşan yağışlarla kentler direnmekte ve teslim olmaktadır. Bu durum yeşil alanların azalmasına ve buna bağlı geçirimsiz yüzeylerin artması ile daha da hissedilir hale gelmiştir. Kentlerde istemsiz su birikintileri, yüzeysel akışlar, akışlara bağlı yaya ve araç yollarında güvenlik tehdidi ve çevre kirliliği oluşmuştur. Kentlerdeki su korunum yöntemleri kentlerde akıllı bir su yönetimi sağlar. Su tasarrufu sağlarken yağış sularının tekrar kullanılmasına olanak tanır. Kentsel altyapı sorununa çözüm olarak tanır. Kentlerde yağmur suyu yönetimi sağlanarak kentin yağmur suları çatılardan yüzeylerden toplanır ve tekrar rekreatif alanlarda kullanılır. Yeşil çatı sistemleriyle kentte geçirimli yüzey olanağı artırılır, kente açık yeşil alan kazandırılır.

Bu çalışma kentlere olan yoğun baskılar sonucu, kentlerde meydana gelen olumsuz şartları düzeltmeye yönelik hazırlanmıştır. Teknolojik ve yoğun kentleşme ile yeşil alanların azalması, yapılı yüzeylerin artması kentlerde su döngüsü sorunu yaratmıştır. Bu sorunu çözmeye yönelik hazırlanan bu çalışma kentsel alanların küçük modeli olarak değerlendirilip kampüslerde uygulanmıştır.

Trabzon'da yer alan Karadeniz Teknik Üniversitesi kampüsünde kentsel alt yapı sistemlerinden peyzaj elemanları ile ilgili doğal unsurlar kullanılarak kampüsteki sorunlara çözümler getirilmiştir. Kampüsteki altyapı sistemlerindeki sorunları tespit edilerek peyzajın canlı materyali alan bitkiler ve bitkilendirilmiş yüzeyler çözüm önerisi olarak sunulmuştur. Bu kapsamdaki çalışma naturalistik yaklaşım ile değerlendirilmiştir.

Tez çalışmasında çalışma olarak KTÜ Kanuni kampüsü belirlenmiştir. Kampüs alanı çok büyük olduğundan çalışma 4 bölgeye ayrılmış ve bölgelerdeki yeşil alan miktarları da alana dâhil edilmiştir. Her bir bölgenin binalarının çatı alanları hesaplanmış, meteorolojik veriler yardımıyla 2018 yılı yıllık yağış değerleri ile her binadan toplanacak yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Bu kapsamda bina çatılarındaki yağmur suyu hasadı yöntemi uygulanarak hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar doğrultusunda 4 bölge için yeşil alan miktarı ve yeşil alanların su ihtiyaçları hesaplanarak yağmur hasadı ile toplanabilecek su miktarının ne kadarını karşıladığı değerlendirilmiştir. Ayrıca belirlenen bölgelerde toplanan suları rekreatif amaçlı olarak kullanılabilme durumu belirlenerek bu alanlar için görseller geliştirilerek öneriler sunulmuştur.

Çalışmadan elde veriler doğrultusunda sulama suyu ihtiyacı haftada 2 kez, haftada 1 kez ve her gün sulama yapılma durumuna göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplama sonucuna göre, haftada 2 kez sulama yapıldığında çatı alanlarından toplanan su sulama suyu ihtiyacının 1. Bölgede %147'sini, 2. Bölgede %237'sini, 3. Bölgede %207'sini, 4. Bölgede %198'ini karşılıyor. Haftada 1 kez sulama yapıldığında çatı alanlarından toplanan su sulama suyu ihtiyacının 1. Bölgede %293'sini, 2. Bölgede %475'sini, 3. Bölgede %414'sini, 4. Bölgede %396'ini karşılıyor. Her gün sulama yapıldığında çatı alanlarından toplanan su sulama suyu ihtiyacının 1. Bölgede %39'sini, 2. Bölgede %62'sini, 3. Bölgede %54'sini, 4. Bölgede %52'sini karşılamaktadır.

6. ÖNERİLER

Çalışma alanı sınırları içerisinde belirlenen Faik Ahmet Barbutçu Kütüphanesi önü, Harita Mühendisliği kantin kısmı, Orman Fakültesi giriş kısmı, Üniversite D kapısı otobüs durağı ve Fizik Mühendisliği bölümü giriş kısmında sorunlar tespit edilmiştir.

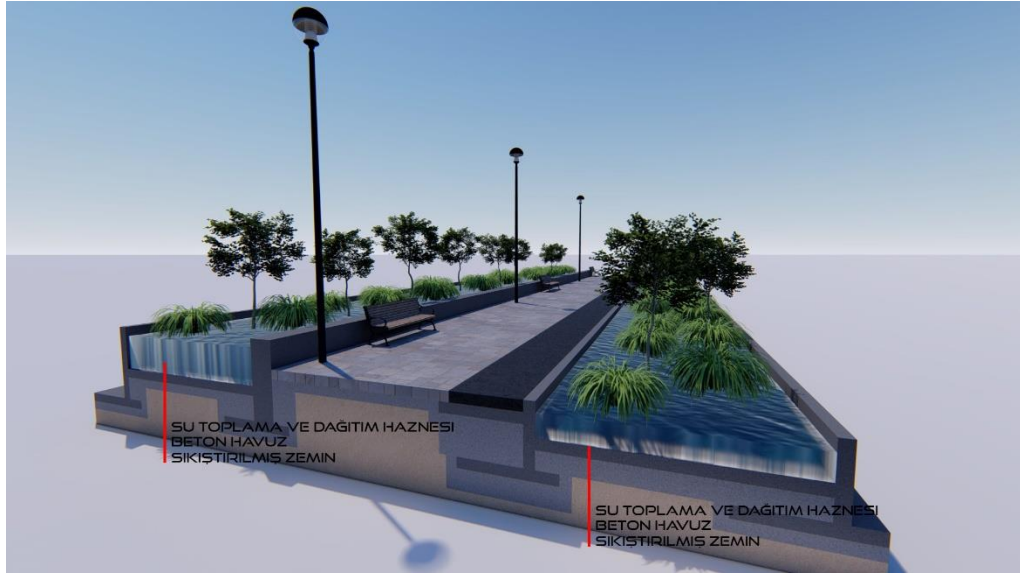
Çözüm önerisi olarak;

- Faik Ahmet Barbutçu Kütüphanesi önünde geniş sert zeminde dolayı yarı geçirgen olan zemin kaplaması içerisinde bulunan yeşil bitki havuzlarını biyolojik göletlere çevirip suyun belirli bir bölgede toplanması sağlanacaktır. Sert zemin üzerinde toplanan bu suyun ilk aşamada biyolojik göletle toplayıp daha sonra alanda bulunan diğer bitkilere dağıtılması sağlanacaktır. Bu havuz alanda drenaj sistemi oluşturularak belirlenen bir bölgede oluşturulacaktır. Bu alanda su toplamak için oluşturulan kanallar % 1 eğimle beraber yağmur sularını toplayıp biyolojik gölette toplanacaktır. Biriktirilen bu su filtreler ile temizlenip su pompası yardımıyla alanda bulunan bitkilerin sulama suyunda kullanılacaktır.



Şekil 34. Faik Ahmet Barbutçu Kütüphanesi önünde önerisi

- Harita mühendisliği bölümü hem bulunduğu konumdan dolayı hem de döşeme yüzeyinden kaynaklı oluşan su birikintilerini ızgara sistemi ile toplayıp yağmur bahçelerinin drenaj sistemiyle biriktirerek suyun etkin kullanımı sağlayacaktır. Ana yol üzerinde yol boyunca oluşturulan ızgara sistemi ile birlikte yağmur sularının toplanması amaçlanmaktadır. Bu toplanan su belirli bir eğimde toplanıp yol ve yürüyüş kotundan 30 cm aşağıda kalacak bir havuzda biriktirilecektir. Toplanan suların bir bölümü pompalar yardımıyla anayol üzerinde refüj kısmındaki bitkiler ile ana yol boyunca yol kenarlarında bulunan ağaç ve bitki parterlerinin sulanmasına olanak sağlayacaktır. Yol hattı boyunca arazi eğiminden dolayı kotlama yapılarak havuz parterleri önerilmiştir. En düşük kotta oluşturulan pompalama sistemi ile de yol hattı boyunca su taşınması sağlanacaktır.



Şekil 35. Harita mühendisliği bölüm önü önerisi

- Orman Fakültesi çevresinde bulunan bu alan yayalar tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu alanda sert zeminin yanı sıra bitki parterleri bulunmaktadır. Izgara sistemi ile sert zemin kullanımını olumsuz etkileyen suyu etkin bir biçimde kullanabilmek için ızgara sistemi ile toplayıp su kanallarıyla bitki parterlerine ulaştırılacaktır.



Şekil 36. Orman Fakültesi önü önerisi

- Fizik Mühendisliği Bölümü ve D kapısı otobüs durağı aynı zamanda bankamatiklerin bulunduğu bu alanlar tamamen sert zeminden oluşmuş ve yağış zamanlarında çok fazla su birikintisinin toplanmasına sebep olmaktadır. Bu alanlarda zemin kaplaması beton ve asfalttan oluştuğu için suyun toprağa geçirimi mümkün değildir. Bu sebeple toplanan büyük su birikintileri ızgara sistemleriyle toplanarak depolanacak ve gerektiği zamanlarda su kanalları ile yol boyunca uzanan refüj bitkilerinin sulanmasını sağlayacaktır.



Şekil 37. Fizik Fakültesi önü önerisi



Şekil 38. Yapı Kesit Örneği

Çalışma sonucunda elde edilen veriler ile iklimsel değerler su korunumu açısından önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu anlamda değerlendirildiğinde özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde yağış suları eğimin elverdiği düzeyde yönlendirilip, biriktirilip tekrar değerlendirilmelidir. Su tasarrufuna yönelik ve su yönetimine ilişkin çalışmalara öncelik verilip planlama ve tasarım çalışmaları arasında yer alması gereklidir. Yağmur suyu hasadı yöntemi olarak değerlendirilen suyun toplanıp yeniden kullanılması kurak ekosistemler için kaçınılmazdır. Ancak fazla yağış alan bölgelerde ise uygulanması gereklidir.

Doğal bitki örtüsü değerlendirilerek bu türlerin kullanımına ağırlık verilmeli ve bitkilendirme çalışmalarında zorunluluk olarak yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Kurakçıl peyzaj uygulamaları ağırlıklı düzenlemelerle etkin sulama yöntemleri geliştirilmeli, çim alanlar azaltılarak malç uygulamalıdır. Bitkilendirme çalışmalarında az suya ihtiyacı olan türlerden; *Robinia pseudoacacia*, *Eleagnus angustifoli*, *Juniperus spp.*, *Pyracanthacoccinea*, *Tamarix spp.* gibi bitkiler tercih edilmelidir.

7. KAYNAKLAR

- Akaydın, M. 2005. Akdeniz Üniversitesi Sıfır Emisyon Kampus Stratejisi. www.akdeniz.edu.tr.
- Aksay, C. S., Ketenoğlu, O. ve KURT, L. 2005. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 1(25), 29-42.
- Aküzüm, T., Çakmak, B. ve Gökalp, Z. 2010. Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1): 67-74.
- Al-Madfaei, Dr. M. Y. 2009. The Impact Of Privatisation On The Sustainability Of Water Resources In The United Arab Emirates, of 2009.
- Alparslan N., Tanık A ve Dölgen D., 2008. Türkiye’de Su Yönetimi Sorunlar ve Öneriler. Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği (TÜSİAD) Yayın No: T/2008-09/469.
- Anonim, 2005. Avrupa’da Çevrenin Mevcut Durumu ve Görünümü 2005 Yönetici Özeti, www.reports.eea.eu.int/state_of_environment_report_2005_1/en/soer_files/TRsummary.df
- Anonim, 2007. County of San Diego, Low Impact Development Handbook: Storm Water Management Strategies, Department of Planning and Land Use, USA.
- Anonim, 2018. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı
- Anonim, 2019. KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Botaniği ABD, Herbaryum Teknikleri.
- Arıkan, Y. 2006. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü Metinler ve Temel Bilgiler, REC Türkiye, Ankara.
- ASLA, 2010. Honor Award: Tianjin Qiaoyuan Park: The Adaptation Palettes, Tianjin City, China. Erişim adresi: <https://www.asla.org/2010awards/033.html>. Erişim Tarihi: 11.04.2019.
- Atalık, A. 2008. Küresel Isınma Ve Su Kaynaklarına Etkileri. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası İstanbul Şube Başkanı. www.zmo.org.tr
- Atik M. ve Karagüzel, O. 2007. Peyzaj Mimarlığı Uygulamalarında Su Tasarrufu Olanakları ve Süs Bitkisi Olarak Doğal Türlerin Kullanım Önceliği. Tarımın Sesi TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi Yayını 15: 9-12
- Ayboğa, E. 2010. Yaşam Hakkı Olarak Su. Sosyal Değişim Derneği Ağustos 2010, İstanbul.

- Barış, M. E. 2007. Sarıya Bezenen Kentlerimizi Kimler ve Nasıl Yeniden Yeşertebilir http://www.peyzajmimoda.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=1173&tipi=2&sube=0, 29.10.2015
- Barış, M.E. Yazgan, M.E. ve Erdoğan, E. 2003. Çatı Bahçeleri. Saksılı Süs Bitkileri Yayınları. Ankara, 67p
- Bayramoğlu, E. ve Demirel, Ö. 2015. Xerophytic Landscape. In: Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century, ST. Kliment Ohridski University Press, Sofia, pp180-190.
- Bayramoğlu, E. 2016. Sürdürülebilir peyzaj düzenleme yaklaşımı: KTÜ Kanuni Kampüsü'nün xeriscape açısından değerlendirilmesi. Artvin Üniversitesi orman Fakültesi Dergisi, 17(2): 119-127
- Bayramoğlu, E., Ertek, A. ve Demirel, Ö. 2013. Su tasarrufu amacıyla peyzaj mimarlığı uygulamalarında kısımlı sulama yaklaşımı. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 3.
- Blood, J. 2006. Landscape as Infrastructure, Master Thesis, School of Architecture + Design Landscape Architecture Department RMIT University, Melbourne, Australia
- Boers, T.M. ve Ben-Asher, J. 1982. A review of rainwater harvesting, Agric. Water Management (5):145-158.
- Brown, Amber - Matlock Marty. D. 2011, A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies, University of Arkansas The Sustainability Consortium, White Paper
- Chiesura, A. 2004. The role of urban parks for the sustainable city. Landscape and Urban Planning, 68, 1, 129-138.
- Çakmak, B., Ucar, Y. ve Akuzum, T. 2007. Water Resources Management, Problems and Solutions For Turkey. International Congress on River Basin Management 22-24 March 2007 Belek-Antalya, DSİ&WWC, Vol:2, p.867-880, Turkey.
- Çorbacı, Ö. L., Özyavuz, M. ve Yazgan, M. E. 2011. Peyzaj mimarlığında suyun akıllı kullanımı: Xeriscape. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 4(1): 25-31
- Dane, K. 2009. Su Hizmetlerinde Dönüşüm, Devrimci Marksizm Teorik/ Politik Dergi, 7-40
- Delleur, J., W., 2003. The Evolution of Urban Hydrology: Past, Present and Future. Journal of Hydraulic Engineering ASCE, 129: 563-573.
- Demir, D. (2012). Konvansiyonel Yağmursuyu Yönetim Sistemleri İle Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması: İtÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).Dewald S. (2007). Landscape Architecture for Natural Systems, Seattle Department of Transportation, USA

- Doğangönül, Ö. ve Doğangönül, C. 2008. Küçük ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı. 2. Baskı, Teknik Yaymevi, Ankara, s. 499. 8
- DPT, 2007. Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2007-2013), Toprak ve Su Kaynaklarının Kullanımı ve Yönetimi, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın No: 2718, Ankara.
- DSİ, 2007. Toprak ve Su kaynakları. www.dsi.gov.tr/topraksu . Haziran 2018.
- Dunnett, N. ve Clayden, A. 2007. Rain Gardens-Managing Water Sustainably in The Garden and Designed Land
- Eminoğlu, E. 2007. Türkiye’de Su Yönetimi ve Sulama İşletmeciliği. Orta Asya Sulama Suyu Yönetimi Çalıştayı, 12-14 Eylül 2007. Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, 8s, Ankara.
- Erdoğan, E., Khabbazi, P.A. 2013. Yapı Yüzeylerinde Bitki Kullanımı, Dikey Bahçeler ve Kent Ekolojisi. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (1): 23-27.
- Ertin, G. D., Yılmaz Bayrak, G., Zülfikar, C. 2012. Sürdürülebilir Peyzaj Tasarımında Yeşil Altyapı Uygulamalarından Yağmur Bahçeleri: Edirne Örneği. GreenAge Symposium, Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, 26-27 April 2012, İstanbul, Türkiye
- Ertop, G. (2009) Küresel Isınma ve Kurakçıl Peyzaj Planlaması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi
- Eryılmaz, H., Demirarslan, K. O. 2018. Artan Küresel Isınma ve Duyarsızlaşan Küresel Politikalar. Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, 4(2), 52-69.
- Evsahıbioğlu, N.A., Akhüzüm, T. ve Çakmak, B. 2010. Su Yönetimi, Su kullanım stratejileri ve sınırı aşan sular, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi
- Fakioğlu, S. 2012. Su Hukuku ve Politikası Daire Başkanlığı Toplantı Tutanağı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Gary L. Wade, Midcap J T, Coder K D. Landry G, Tyson AW, Weatherly N Jr 2009. A Guide to Developing a Water-Wise Landscape. University of Georgia Environmental Landscape Design Department, Georgia 30602, pp 44
- Gezgin, D. 2009. Su Mitosları. Sel Yayıncılık, ISBN:978-975-570-380-0, 136 sayfa, İstanbul.
- Güllü G., Köksal M.A. ve Şengül H. 2012. Dünyada ve Türkiye’de Sürdürülebilir Kampüs Uygulamaları, Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi, Üniversitelerde Verimlilik Çalışmaları Sayısı, ISSN: 13000-2414, Ankara, Türkiye, 284: 24-30
- Günerhan, S. A. ve Günerhan, H. 2016. Türkiye İçin Sürdürülebilir Üniversite Modeli. Engineer & The Machinery Magazine, 57(682).

- Hattapoğlu, M. Z. 2004. Su Olgusunun Yerleşmeler Evrimindeki Yeri ve Günümüzde bir Kentsel Tasarım Elemanı Olarak Yeniden Yorumlanması. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Fakültesi, İstanbul.
- Herrmann, T. ve Schmida, U. 1999. Rainwater utilisation in Germany: Efficiency, dimensioning, hydrolic and enviromental aspects, Urban Water (1): 307-316.
- Howell, T. A. S. R. Evett ve J. A. Tolk. 2001. Irrigation Systems ans Management to Meet Future Food Fiber Needs and to Enhance Wter Use Efficiency. USDA-ARS Water Management User Unit Bushland Texas USA.
- İlgar R. 2009. "Dünya Su Yönetimi, Su Eğitimi / World Water Management and Water Education", 1. Uluslararası Türkiye Eğitim Araştırmaları Kongresi, Çanakkale, Türkiye, 1-3 Mayıs 2009, pp.1-22
- Işık, M. ve K. 2007. Atık Su ve İçme Suyu Şebeke Hizmetlerinde Özelleştirme, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İncebel C., 2012. Alternatif su kaynaklarının endüstriyel kullanıma kazandırılması için çatı yağmur suyu hasadı (Ostim örneği). Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Jaber, F., Woodson, D., LaChance, C. and York, C. 2012. Stormwater Management: Rain Gardens, The Department of Soil and Crop Sciences and Texas A&M AgriLife Communications, The Texas A&M System, USA, p. 20. 11
- Jaber, J.O. ve Mohsen, M.S. 2001. Evaluation of non- conventional water resources supply in Jordan, Desalination (136):83-92.
- Kadioğlu M., Ünal Y., İlhan A. ve Yürük C. 2017. Türkiye'de iklim değişikliği ve tarımda sürdürülebilirlik, Türkiye Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu, <http://www.hidropolitikakademi.org/wpcontent/uploads/2017/11/IklimDegisikligiRaporu.pdf>, [Erişim 20 Eylül 2018]
- Karaca, M., Tayanç, M. and Toros, H. 1995. 'Effects of Urbanization on Climate of İstanbul and Ankara,' Atmos. Environ., 29, 3411-3421.
- Karagüzel, O. Ve Atık, M. 2007. Peyzaj mimarlığı uygulamalarında su tasarruf olanakları ve süs bitkisi olarak doğal türlerin kullanım önceliği. Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Antalya.
- Karakuş, E. 2014. Bireylerin su tüketimi tercihlerine etki eden faktörler: Edirne ili örneği. Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Karaosman Kobuloğlu, S. 2009. Yeşil Çatıların Ekolojik Yönden Değerlendirilmesi. Dizayn ve Konstrüksiyon Dergisi, Sayı: 279, Mart, sf.50-58, Cemre Basın Yayın Hizmetler Ltd. Şti, İstanbul.

- Kayaer, M. Ve Çiftçi, S. 2018. ‘Su Sorunu’ ve Türkiye'nin Tatlısu Potansiyeli Çerçevesinde Türkiye'nin Sınırtaşan Sularının Stratejik, Etik ve Hukuki Boyutlarının Değerlendirilmesi. PESA Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 4, 386-404.
- Kılıç, S. 2008. Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi. Siyasal/Journal Of Political Sciences, (39), 161-186.
- Kılıç, M. Y., ve Abuş, M. N. (2018). Bahçeli Bir Konut Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 4(2), 209-215.
- Klötzli, F., 1980. Umwelt Und Wir. Hallweg Verlag, Bern-Stuttgart
- Lancaster, B. 2009. Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond, Published by Rainsource Press Tuscon, AZ, USA.
- Li, F., Wang, R., Paulussen, J., Liu, X. 2005. Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles: a case study in Beijing, China. Landscape and Urban Planning, 72, 325-336.
- Marsalek, J. 1991, Pollutant Loads in Urban Stormwater:Review of Methods for Planning-level Estimates,Water Resources Bulletin vol.27.no.2,pp.283-291
- Memiş, E. 1997. Genel Tarih. İstanbul: Öz Eğitim Yayınları.
- Mengü, G. P. ve Akkuzu, E. 2008. Küresel Su Krizi Ve Su Hasadı Teknikleri. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2), 75-85.
- Minibaş, Türkel, 2007. “Globalizmde Suyun Ekonomi Politikası”, VII. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam-Çevre-Teknoloji, 24-27 Ekim 2007, İzmir Çağrılı Tebliğ, <http://www.turkelminibas.net/read.asp?id=29&tur=makale>, 02.05.2008
- Neuman, M., Smith, S. 2010. City planning and infrastructure: Once and future partners. Journal of Planning History, 9(1), 21–42.
- Niemczynowicz, J. 1999. Urban hydrology and water management – present and future challenges. Urban Water, Cilt 1, Sayı 1, Sf. 1-14.
- Oweis, T. Hachum, A. 2000. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency, Advanced Short Course on Water Saving in Irrigated Agriculture. Cairo.
- Oweis, T., Prinz, D., Hachum, A. 2001. “Water Harvesting: Indigenous Knowledge for the Future of the Drier Environments”, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), ISBN: 92-9127-116-0:Aleppo (Syria)1-22,
- Oweis, T.,Hachum, A. and Bruggeman, A. 2004. “Indigenous Water - Harvesting System in West Asia and North Africa”, Mosul University, Mosul (Iraq) ICARDA, Aleppo (Syria).ISBN 92-9127-147X:4-20. 74.

- Özbilen, M.V. 2005. Su Sektöründeki Gelişmeler ve Bunun Karşısında Kent ve Bölge Plancılarının Duruşu, Planlama, 2, 53-59.
- Özdal Oktay, S. ve Özyılmaz Küçükyağcı, P. 2015. Üniversite Kampüslerinde Sürdürülebilir Tasarım Sürecinin İrdelenmesi. ISBS Symposium, 28-30 Mayıs 2015, Ankara.
- Özsoy, S. (2009). Su ve yaşam: Suyun toplumsal önemi (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, TC An-kara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitü-sü, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişki-leri Anabilim Dalı, Ankara).
- P Sampat - Dünyanın Durumu, 2001
- Pamukmengü G., Akkuzu E. 2008. "Küresel Su Krizi ve Su Hasadı Teknikleri" ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi , 5,(1):75-85,
- Peck, S.W. ve Callaghan,C. 1999. Greenbacks From Green Roofs: Forging A New Industry In Canada Status Report On Benefits, Barriers And Opportunities For Green Roof And Vertical Garden Technology Diffusion, Canada Mortgage and Housing Corporation, Canada.
- Postel, S., Aaron, L. ve Wolf, T. 2001. "Dehydrating Conflict", Foreign Policy, 1 Eylül 2001.
- REC Türkiye, 2015. A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi. Ankara: Ajanstürk Matbaacılık,
- Saltürk, M.,2006. Problem of Water in the Middle East and Analysis of the Problem within the Perspective of Turkey, Journal of Security Strategies, 3, 21-38
- Scheckel, R. 2002. "Konflikte ums Wasser weltweit", Politik &Unterricht, 2/2002, Landeszenrtale für politische Bildug Baden-Württemberg, s.17-21
- Scott, C.A. ve Silva-Ochoa, P. 2001. Collective action for water harvesting irrigation in the Lerma Chapala Basin-Mexico, Water Policy (3):555-572.
- Seçkin ÖB 2004. Peyzaj Konstrüksiyonu, İstanbul Üniversitesi Yayınları, ISBN: 9754044643. İstanbul, 120s
- Sovocool, K. A ve Morgan, M. 2005. Xeriscape Conversion Study: Final Report. A Report Submitted to Southern Nevada Water Authority, Las Vegas.
- Solak, S., Kılıç, M. Y. ve Solmaz, S. K. A. 2019. Bursa İlinde Sürdürülebilir Kentsel Su Yönetimi. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 24(1), 111-124.
- Soydan, O. 2018. Kent Parklarının Drenaj Sorunlarının Peyzaj Mühendisliği Kapsamında İrdelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21(5), 772-785.

- SYGM, 2016. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi, Proje Nihai Raporu, Ankara
- Şahin N ve Manioğlu G. 2011. Binalarda yağmur suyunun kullanılması. Tesisat Mühendisliği, 125: 21-32.
- Şahin Ü., Kurnaz L. 2014. İklim değişikliği ve kuraklık, Sabancı Üniversitesi, İstanbul Politikalar Merkezi, Stiftung Mercator Girişimi, http://ipc.sabanciuniv.edu/wp-content/uploads/2014/10/IPM_KuraklikRaporu_24.10.14_web_rev2.pdf, [Erişim 13 Ekim 2018].
- Şahin, Z. 2012. Kent Planlama Süreci ile Kentsel Altyapı Yatırımlarının İlişkisi: Ankara Örneği, Atılım Üniversitesi Siyasal Bilgiler ve Kamu Yönetimi Bölümü, Ankara
- Tohum, N. 2011. Sürdürülebilir Peyzaj Tasarım Aracı Olarak Yeşil Çatılar. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 64.
- Tokaç, Tufan, 2009: Bitkilendirilmiş Çatı Sistemlerinde Tasarım Seçeneklerinin Geliştirilmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Wanjiru, E., Xia, X. (2018). Sustainable energy-water management for residential houses with optimal integrated grey and rain water recycling. Journal of cleaner production, 170, 1151-1166.
- Tema 2017. TEMA-Geleceğin suyu. [http://sutema.org/resources/Document/File Name/2015-12-01_22-11-14-692%20 Geleceğin Suyu. pdf](http://sutema.org/resources/Document/File%20Name/2015-12-01_22-11-14-692%20Geleceğin%20Suyu.pdf) [Erişim: 20 Aralık 2017].
- Topkaya, B. 1998. Water Resources in The Middle East: Forthcoming Problems and Solutions for Sustainable Development of The Region. [http://www.akdeniz.edu.tr/muhfak/ publications/gap.html](http://www.akdeniz.edu.tr/muhfak/publications/gap.html)
- Tuğaç, Ç. 2014. İklim Güvenliği Açısından Su Kaynaklarının Yönetimi. Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi,(23/3), 1-30.
- Tuğaç, Ç. 2018. Türkiye İçin İklim Değişikliğine Dayanıklı Kentsel Planlama Modeli Önerisi: Eko-Kompakt Kentler. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(4), 1047-1068.
- Turan, E. S. 2018. Türkiye'nin iklim değişikliğine bağlı kuraklık durumu. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(1), 63-69.
- TUSİAD, 2008. Küresel Su Krizine Çözüm Arayışları: Şebeke Suyu Hizmetlerine Özel Sektör Katılımı”, Türkiye Sanayicileri ve İşadamları Derneği, 2008a, http://www.tusiad.org.tr/_rsc/shared/file/sebeke-suyu.pdf,
- Tülek, B. ve Barış, M. E. 2011. Orta Anadolu İklim Koşullarında su etkin peyzaj düzenlemelerinin değerlendirilmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 16(2): 1-13

- Türkeş M. 2012. Kuraklık, çölleşme ve birleşmiş milletler çölleşme ile savaşım Sözleşmesi'nin ayrıntılı bir çözümlemesi, Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi, 20(1), 7-55.
- Türkeş, M. 2001. Küresel iklimin korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın 61: 14-29.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. and Kılıç, G. 1996, 'Observed changes in maximum and minimum temperatures in Turkey', Int. J. Climatol., 16, 463-477.
- Ulusoy, K. 2007. Küresel Ticaretin Son Hedefi: Su Pazarı, Kristal Kitaplar Yayınevi, Ankara
- UNEP, 2013. Greening Universities Toolkit: Transforming Universities into Green Campuses.
- UNEP/WMO. 1995. United Nations Framework Convention on Climate Change, UNEP/WMO Information Unit on Climate Change and Climate Change Secretariat, Geneva.
- UNEP-IETC., "Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Some Asian Countries", IETC Technical Publication Series 8b, <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/techpublications/techpub-8e/index.asp#1>, (1998)
- UNESCO, 2008. Water use. [www.unesco.org/water/iyfw2/water _use.shtml](http://www.unesco.org/water/iyfw2/water_use.shtml)
- URL-1, <http://www.bizimcografya.com>
- URL2, <https://sutema.org/kirilgan-dongu/suyun-sektorlere-gore-kullanim-oranlari.9.aspx>
- URL-3, <https://docplayer.biz.tr/7446361-Meteoroloji-1-dunya-uzerindeki-genel-hava-akimlari.html>
- URL-4, <http://www.cografyabilimi.gen.tr/su-dongusu-nedir-nasil-gerceklesir/10.05.2019>
- URL-3, http://www.abbey-associates.-com/splashsplash/blue_standards/rain_garden.-html
- URL-4, <http://www.ktu.edu.tr>
- URL-5, <http://ekolojist.net>.
- URL-6, <https://tr.pinterest.com/pin/860117228815265606/>
- URL-7, <https://tr.pinterest.com/pin/74942781273052232/>
- URL-8, <https://tr.pinterest.com/pin/493777546628893450/>
- URL-9, <https://tr.pinterest.com/pin/841962092817159891/>
- URL-10, <https://tr.pinterest.com/pin/712905815985925993>

- URL-11, <https://www.academia.edu/> BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİ İZLEME VE DEĞERLENDİRME RAPORU 2012
- URL-12, <https://tr.pinterest.com/pin/187743878202690216/>
- URL-13, <https://www.archdaily.com>
- URL-14, <http://www.landezine.com/index.php/2011/03/tianjin-qiaoyuan-park-by-turenscape-landscape-architecture/>
- URL-15, <https://tr.pinterest.com/pin/>
- URL-16, <https://sutema.org/gelecegin-suyu/tarimsal-su-hasadi.22.aspx>
- URL-17, <http://www.skb.gov.tr/wp-content/uploads/2017/11/Prof.-Dr.-Aysegul-TANIK.pdf>
- URL-18, <https://tr.pinterest.com/pin/455145106066085939/>
- URL-19, <https://tr.pinterest.com/pin/727331408551155947/?nic=1>
- URL-20, <https://www.ktu.edu.tr/ktu-tarihce>
- URL-21, <https://www.ktu.edu.tr>
- URL-22, 2017. <http://www.ktu.edu.tr/splan/master/mobile/index.html> 16.12.2017.
- Uzun, T. 2007. Ekolojik Mimaride Yeşil Çatı Uygulamaları, Ekolojik ve Mimari Planlama Sempozyumu, Antalya.
- Vural, E. 2018. Dünya'da su yönetimi özelleştirmeleri ve Türkiye'ye uygulanabilirliği (Master's thesis, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı).
- Westmacott, R. 1991. Scale economics: ecological theory and planning practice in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 21, 21-29.
- Williams S (2013) *Creating the Prairie Xeriscape Low Maintenance, Water-efficient Gardening*. Coteau Books
- WMO. 1999. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1998, WMO-No. 896, World Meteorological Organization, Geneva.
- WWAP (World Water Assessment Programme), 2012. Birleşmiş Milletler Dünya Su Gelişim Raporu 4: Risk ve Bilinmezlik Altındaki Su Yönetimi (The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk). Paris, UNESCO.
- Yazgan, M. E. ve Özyavuz, M. 2008. Xeriscape (Kuru Peyzaj) Peyzaj Mimarlığında Yeni Bir Sistem. Basılmamış Ders Notları

- Yazgan, M. E., Korkut, A. B., Barış, E., Erkal, S., Yılmaz, R., Erken, K., Gürsan, K., Özyavuz, M. 2005. Süs bitkileri üretiminde gelişmeler. Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Kongresi, 3-7.
- Yazıcı, N., Dönmez, Ş. ve Kuş Şahin, C. 2014. Isparta Kenti Peyzaj Düzenlemelerinde Kullanılan Bazı Bitkilerin Kurakçıl Peyzaj Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 14 (2):199-208
- Yıldız K, Sipahioğlu Ş, Yılmaz M. 2000. Çevre bilimi, 1.bs. Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık
- Yılmaz, M.L. ve Peker, H.S. 2013. Su Kaynaklarının Türkiye Açısından Ekono-Politik Önemi Ekseninde Olası Bir Tehlike: Su Savaşları. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 3(1):57-74
- Yiğit Avdan, Z., Yıldız, D. ve Çabuk, A. 2015. Yağmur Suyu Yönetimi Açısından Yeşil Altyapı Sistemlerinin Değerlendirilmesi. In 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Ankara, Türkiye.
- Yücel, G. Ve Elgin, Ü. 2010. “Duvar Bahçesi: Dikey Bahçe / Yeşil Duvar”, Mavi Yapı Dergisi, Yıl:1, Sayı:2, Kasım- Aralık, s: 51-53.

ÖZGEÇMİŞ

1993 senesinde Trabzon şehrinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Cudibey İlköğretim okulunda, lise eğitimini Yunus Emre Lisesinde tamamladı. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümüne girdi ve 2015 senesinde mezun oldu. 2015 senesinde Fen Bilimleri Enstitüsünde Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başlamaya hak kazandı.

