

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE MEKANSAL UYUMDA TOPRAK EKOSİSTEM  
SERVİSLERİNİN ROLÜ: NİLÜFER ÇAYI HAVZASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve YILMAZ MUTLU**

**Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı**

**Şehir Planlama Programı**

**Ekim, 2023**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE MEKANSAL UYUMDA TOPRAK EKOSİSTEM  
SERVİSLERİNİN ROLÜ: NİLÜFER ÇAYI HAVZASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve YILMAZ MUTLU**

**502201861**

**Şehir Planlama Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Azime TEZER**

**Ekim, 2023**



İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 502201861 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Merve YILMAZ MUTLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE MEKANSAL UYUMDA TOPRAK EKOSİSTEM SERVİSLERİNİN ROLÜ: NİLÜFER ÇAYI HAVZASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı:**      **Prof. Dr. Azime TEZER** .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri:**      **Prof. Dr. Ayşe Gül TANIK** .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Seher Demet YÜCEL** .....

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

**Teslim Tarihi**      : 24 Temmuz 2023

**Savunma Tarihi**      : 17 Ekim 2023



## ÖNSÖZ

Öncelikle yüksek lisans tezimin tamamlanmasında verdiği rehberlik, destek ve yönlendirmeleri için sayın danışman hocam Prof. Dr. Azime Tezer'e içten teşekkürlerimi sunmak isterim. Tezin her aşamasında sunduğu değerli fikirler, yol göstericiliği ve sabrı olmasaydı, bu çalışmayı başarıyla tamamlamak mümkün olmazdı.

Jüri üyelerim Prof. Dr. Ayşe Gül Tanık ve Doç. Dr. Seher Demet Yücel'e de değerli görüşleri ve eleştirileri için teşekkür ederim. Çalışmamı daha kapsamlı ve nitelikli hale getirmeme büyük katkı sağladılar.

Ayrıca, sevgili eşim Mustafa Melih Mutlu'ya her zaman yanımda olup beni motive ettiği ve tüm katkıları için çok teşekkür ederim. Son olarak düşüncelerine çok değer verdiğim, tüm eğitim hayatım boyunca yanımda olan, en büyük destekçim Merve Saruhan'a teşekkür ederim.

Eğitim ve kariyer hayatımın en büyük destekçileri sevgili annem Leyla Yılmaz ve teyzem Ayşerif Dağlı'ya da teşekkürü borç bilirim. Bu tez onların katkılarıyla hayat buldu, onlara minnettarım.

Ekim 2023

Merve Yılmaz Mutlu



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                                            |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>İÇİNDEKİLER .....</b>                                                                   | <b>vii</b>  |
| <b>KISALTMALAR.....</b>                                                                    | <b>ix</b>   |
| <b>SEMBOLLER .....</b>                                                                     | <b>xi</b>   |
| <b>ÇİZELGE LİSTESİ.....</b>                                                                | <b>xiii</b> |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ.....</b>                                                                  | <b>xv</b>   |
| <b>1. GİRİŞ.....</b>                                                                       | <b>1</b>    |
| 1.1 Tezin Amacı.....                                                                       | 3           |
| 1.2 Araştırmanın Kapsamı .....                                                             | 4           |
| 1.3 Araştırma Soruları ve Hipotezler .....                                                 | 6           |
| 1.4 Araştırma Yöntemi .....                                                                | 6           |
| 1.5 Literatür araştırması.....                                                             | 8           |
| <b>2. TOPRAK EKOSİSTEM SERVİSLERİ (ToES) YAKLAŞIMININ GENEL ÇERÇEVESİ.....</b>             | <b>13</b>   |
| 2.1 Ekosistem Servisleri Kavramı .....                                                     | 13          |
| 2.1.1 ES'ler ve toplum refahı arasındaki ilişki .....                                      | 15          |
| 2.1.2 Havzaların sunduğu ES'ler .....                                                      | 16          |
| 2.2 ToES'in Tanımı ve Özellikleri .....                                                    | 18          |
| 2.2.1 ToES'lerin sınıflandırılması .....                                                   | 20          |
| 2.2.2 ToES ve insan refahı.....                                                            | 21          |
| 2.3 ToES ve İklim Değişikliği .....                                                        | 24          |
| 2.3.1 ToES ve karbon depolama/tutma.....                                                   | 26          |
| 2.3.2 ToES ve su kaynakları arasındaki bağlantı.....                                       | 29          |
| 2.3.3 ToES ve hidro-meteorolojik tehlikeler .....                                          | 31          |
| 2.3.3.1 Toprak bozulması.....                                                              | 31          |
| 2.3.3.2 Taşkınlar .....                                                                    | 33          |
| 2.4 Bölüm Sonucu .....                                                                     | 34          |
| <b>3. TOPRAK EKOSİSTEM SERVİSLERİ (ToES) VE MEKÂNSAL PLANLAMA İLİŞKİSİ .....</b>           | <b>37</b>   |
| 3.1 Mekânsal Planlama Süreçleri ve ToES.....                                               | 37          |
| 3.2 ToES ve Mekânsal Planlama İlişkisinde İklim Değişikliğine Uyum .....                   | 41          |
| 3.2.1 İklim Değişikliği ve mekânsal planlama .....                                         | 42          |
| 3.2.2 Arazi Kullanım Değişikliği, Toprak Erozyonu ve İklim Değişikliği İlişkisi .....      | 47          |
| 3.2.3 Yeşil Altyapı Uygulamalarının İklim Değişikliği Etkilerine Uyum Sağlamada Rolü ..... | 48          |
| 3.3 Türkiye'de Mekânsal Planlar, Mevzuat ve ToES İlişkisi.....                             | 51          |
| 3.3.1 ToES'lerin Mekânsal Planlamaya Entegrasyonu Kapsamında Öne Çıkan Yasal Araçlar ..... | 52          |
| 3.3.2 Mekânsal Strateji Planı (MSP) ve ToES .....                                          | 57          |
| 3.3.3 Çevre Düzeni Planı ve ToES .....                                                     | 59          |
| 3.3.4 İmar Planları ve ToES .....                                                          | 62          |
| 3.3.5 Havza Planları ve ToES.....                                                          | 65          |

|                                                                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4 Bölüm Sonucu.....                                                                                                                             | 69         |
| <b>4. ToES ve MEKÂNSAL PLANLAMA ENTEGRASYONUNDA VERİ TOPLAMA VE ANALİZ YÖNTEMLERİ.....</b>                                                        | <b>73</b>  |
| 4.1 Toprak Sınıfları, Derinliği ve C Tutma Analizi.....                                                                                           | 75         |
| 4.2 Sıcaklık ve Yağış Analizi.....                                                                                                                | 77         |
| 4.3 Arazi Kullanım Analizi.....                                                                                                                   | 78         |
| 4.4 Topoğrafya Analizleri.....                                                                                                                    | 80         |
| 4.5 Taşkın Riski Modeli.....                                                                                                                      | 81         |
| 4.6 RUSLE Toprak Kaybı Modeli .....                                                                                                               | 81         |
| 4.6.1 C faktörünün hesaplanması .....                                                                                                             | 83         |
| 4.6.2 LS Faktörünün hesaplanması .....                                                                                                            | 83         |
| 4.6.3 P Faktörünün hesaplanması .....                                                                                                             | 84         |
| 4.6.4 K Faktörü .....                                                                                                                             | 84         |
| 4.6.5 R Faktörünün hesaplanması .....                                                                                                             | 85         |
| 4.7 Çok Kriterli Yerleşime Uygunluk Analizi .....                                                                                                 | 85         |
| 4.8 Bütünleşik Ekosistem Servisleri Analizi .....                                                                                                 | 87         |
| 4.9 Bölüm Sonucu.....                                                                                                                             | 87         |
| <b>5. BURSA NİLÜFER HAVZASI'NIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ToES'LER BAĞLAMINDA İNCELEMESİ .....</b>                                                     | <b>89</b>  |
| 5.1 Bölgenin Tanıtımı .....                                                                                                                       | 90         |
| 5.1.1 Coğrafi Konumu .....                                                                                                                        | 90         |
| 5.1.2 İklim Özellikleri.....                                                                                                                      | 91         |
| 5.1.3 Toprak Sınıfları ve Toprak Derinliği .....                                                                                                  | 92         |
| 5.2 Nilüfer Çayı Havzası'nda İklim Değişikliği ve Etkileri .....                                                                                  | 94         |
| 5.2.1 Sıcaklık Mekânsal Analizi .....                                                                                                             | 94         |
| 5.2.2 Yağış Değişimlerinin Mekânsal Analizi.....                                                                                                  | 95         |
| 5.2.3 C tutma Kapasitesi Analizi .....                                                                                                            | 96         |
| 5.2.4 Taşkın Riski Modeli.....                                                                                                                    | 97         |
| 5.2.5 RUSLE Analizi ile Toprak Kaybının Değerlendirilmesi.....                                                                                    | 98         |
| 5.3 Bursa Nilüfer Havzası Yerleşime Uygunluk Analizi.....                                                                                         | 101        |
| 5.4 Bursa Nilüfer Havzası Bütünleşik Ekosistem Servisleri Haritaları ve Yerleşime Uygunluk Analizi Değerlendirmesi .....                          | 105        |
| 5.5 Bursa Nilüfer Havzası Arazi Kullanımının ToES Özelinde Değerlendirilmesi ..                                                                   | 108        |
| 5.6 Bölüm Sonucu.....                                                                                                                             | 113        |
| <b>6. SONUÇLAR ve TARTIŞMA .....</b>                                                                                                              | <b>117</b> |
| 6.1 ToES Kavramının Literatürdeki Yeri ve Bağlamı .....                                                                                           | 117        |
| 6.2 Türkiye'de Mevzuat Kapsamında ToES'lerin Rolünün Değerlendirilmesi .                                                                          | 119        |
| 6.3 İklim Değişikliğine Mekânsal Uyumda ToES Yaklaşımına Dair Metodolojinin Oluşturulması ve Örnek Alan İncelemesinden Elde Edilen Bulgular ..... | 123        |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                                                                                             | <b>129</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                                                                                                              | <b>143</b> |

## KISALTMALAR

|               |                                                                 |
|---------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>AB</b>     | : Avrupa Birliği                                                |
| <b>ABD</b>    | : Amerika Birleşik Devletleri                                   |
| <b>AKK</b>    | : Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması                          |
| <b>AKAÖ</b>   | : Arazi Kullanım, Arazi Örtüsü                                  |
| <b>AYS</b>    | : Arazi Yüzey Sıcaklıkları                                      |
| <b>BHY</b>    | : Bütünleşik Havza Yönetimi                                     |
| <b>C</b>      | : Karbon                                                        |
| <b>CICES</b>  | : Ortak Uluslararası Ekosistem Hizmetleri Sınıflandırması       |
| <b>CBS</b>    | : Coğrafi Bilgi Sistemleri                                      |
| <b>ÇDP</b>    | : Çevre Düzeni Planı                                            |
| <b>DEM</b>    | : Sayısal yükseklik modeli                                      |
| <b>ES</b>     | : Ekosistem Servisleri                                          |
| <b>EEA</b>    | : Avrupa Çevre Ajansı                                           |
| <b>FAO</b>    | : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü                      |
| <b>GHG</b>    | : Sera Gazı                                                     |
| <b>IPCC</b>   | : Hükûmetler arası İklim Değışikliği Paneli                     |
| <b>İ-ToES</b> | : İklim değışikliği ile ilişkili toprak ekosistem servisleri    |
| <b>MEA</b>    | : Binyıl Ekosistem Değerlendirmesi                              |
| <b>MSP</b>    | : Mekânsal Strateji Planı                                       |
| <b>NİP</b>    | : Nazım İmar Planı                                              |
| <b>RUSLE</b>  | : Toprak Kaybı Modeli                                           |
| <b>SKH</b>    | : Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri                             |
| <b>STK</b>    | : Sivil Toplum Kuruluşları                                      |
| <b>SOC</b>    | : Toprak Organik Karbonu                                        |
| <b>ToES</b>   | : ToES                                                          |
| <b>UHYS</b>   | : Ulusal Havza Yönetimi Stratejisi                              |
| <b>UNEP</b>   | : Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı                         |
| <b>USDA</b>   | : United States Department of Agriculture                       |
| <b>UNISDR</b> | : Birleşmiş Milletler Uluslararası Afet Risk Azaltma Stratejisi |
| <b>UİP</b>    | : Uygulama İmar Planı                                           |

**WMO**

: Dünya Meteoroloji Örgütü



## SEMBOLLER

|                  |                                                                                                      |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>A</i></b>  | : Ortalama yıllık toprak kaybı                                                                       |
| <b><i>R</i></b>  | : Yağış yoğunluğu ve şiddeti faktörü (Rainfall factor)                                               |
| <b><i>K</i></b>  | : Toprak erozyon potansiyeli faktörü (Soil erodibility factor)                                       |
| <b><i>LS</i></b> | : Yüzey eğimi ve uzunluğu faktörü (Slope length and steepness factor)                                |
| <b><i>C</i></b>  | : Bitki örtüsü ve örtünün toprak kaybı kontrol etme kapasitesi faktörü (Cover and management factor) |
| <b><i>P</i></b>  | : Destekleyici uygulama faktörü (Support practice factor)                                            |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 1.1</b> : Literatürde ToES ve kent planlama ile ilişkili çalışmalarda öne çıkan kavramsal kümeler. ....                                                                     | 11  |
| <b>Çizelge 2.1</b> : ToES’lerin sınıflandırılması (Tabloda gri ile renklendirilmiş olan alanlar iklim değişikliği ile ilişkili ToES’lerdir). ....                                      | 22  |
| <b>Çizelge 2.2</b> : Toprak organik karbon (SOC) havuzları (Lal, 2004). ....                                                                                                           | 29  |
| <b>Çizelge 3.1</b> : Farklı plan ölçeklerinde iklim krizi (Gedikli, 2017). ....                                                                                                        | 44  |
| <b>Çizelge 3.2</b> : Uyum Planlama Yöntemleri (Hurlimann ve March, 2012). ....                                                                                                         | 46  |
| <b>Çizelge 3.3</b> : Kentsel yeşil altyapı planlama yaklaşımını oluşturan dört temel prensip (Hansen ve diğ, 2017). ....                                                               | 49  |
| <b>Çizelge 3.4</b> : ToES’lerin mekânsal planlamaya dair Türkiye mevzuatında değerlendirilmesi (sırasıyla destekleyen, düzenleyen, kaynak sağlayan servisler). ....                    | 56  |
| <b>Çizelge 4.1</b> : CORINE sınıflandırma tablosu, 1. düzey 5 sınıf, 2. düzey 15 sınıf 3. düzey 44 sınıf tanımları (Avrupa Çevre Ajansı, 1994). ....                                   | 79  |
| <b>Çizelge 4.2</b> : Arazi kullanımların C faktörü katsayıları (Stocking, 1984). ....                                                                                                  | 83  |
| <b>Çizelge 4.3</b> : Toprak türleri ve K faktör katsayıları (Stocking, 1984). ....                                                                                                     | 85  |
| <b>Çizelge 5.1</b> : Nilüfer Çayı Havzası'nda arazi kullanım kabiliyetleri. ....                                                                                                       | 92  |
| <b>Çizelge 5.2</b> : Nilüfer Çayı Havzası'nda toprak derinliği. ....                                                                                                                   | 93  |
| <b>Çizelge 5.3</b> : Taşkın risk haritası kriterler ve ağırlıklandırmaları (Rincón ve diğ, 2018). ....                                                                                 | 98  |
| <b>Çizelge 5.4</b> : Yerleşime uygunluk analizi parametreleri ve ağırlıklandırmaları. ....                                                                                             | 103 |
| <b>Çizelge 5.5</b> : Yerleşime uygun alanlar içerisinde ES sağlama potansiyeli çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük olan alanların önceki çalışmalar ile karşılaştırılması. .... | 108 |
| <b>Çizelge 5.6</b> : Yerleşime uygun olmayan alanlar içerisinde ES sağlama potansiyeli çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük olan alanların dağılımı. ....                        | 108 |
| <b>Çizelge 5.7</b> : Nilüfer Havzası “1- yerleşime hiç uygun değil” sınıfındaki alanların mevcut arazi kullanımları. ....                                                              | 110 |
| <b>Çizelge 5.8</b> : Nilüfer Havzası “2-yerleşime uygun değil” sınıfı içindeki alanların mevcut arazi kullanımları. ....                                                               | 112 |
| <b>Çizelge 5.9</b> : Nilüfer Havzası “5-yerleşime en uygun” sınıfı içindeki alanların mevcut arazi kullanımları. ....                                                                  | 113 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 1.1 :</b> Veri analiz ve yöntemlerine genel bakış. K (Toprak erozyon potansiyeli faktörü), C (Bitki örtüsü ve örtünün toprak kaybı kontrol etme kapasitesi faktörü), P (Destekleyici uygulama faktörü), LS (Yüzey eğimi ve uzunluğu faktörü), R (Yağış yoğunluğu ve şiddeti faktörü) ve DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) verileri sembollerle temsil edilmektedir. .... | 7  |
| <b>Şekil 1.2 :</b> İklim değişikliği konusunda Türkiye’de yazılan tezlerin zaman içerisindeki değişimi (Url-1, 2022).....                                                                                                                                                                                                                                                      | 8  |
| <b>Şekil 1.3 :</b> Literatürde ToES ile ilişkili öne çıkan kavramsal kümelenmelerin tarihsel süreci. ....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 10 |
| <b>Şekil 1.4 :</b> Literatürde ToES ile ilişkili öne çıkan kavramsal kümelenmeler. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 10 |
| <b>Şekil 1.5 :</b> Literatürde ToES ve kent planlama ile ilişkili öne çıkan kavramsal kümeler. ....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 12 |
| <b>Şekil 2.1 :</b> Karasal ve denizsel sistemlerden sağlanan ES’ler (MEA, 2005b).....                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14 |
| <b>Şekil 2.2 :</b> Ekosistem Servislerinin Sınıflandırılması ve Servislerin Tanımları (MEA, 2003).....                                                                                                                                                                                                                                                                         | 15 |
| <b>Şekil 2.3 :</b> Havzaların ekolojik işlevleri (Albayrak, 2012).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 18 |
| <b>Şekil 2.4 :</b> Toprak sistemleri tarafından sağlanan temel ekosistem mal ve servislerinin sınıflandırılması ve doğası (Haygarth ve Ritz, 2009). ....                                                                                                                                                                                                                       | 19 |
| <b>Şekil 2.5 :</b> Toprak fonksiyonları ve insan refahı (Baveye ve diğ, 2016).....                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 24 |
| <b>Şekil 2.6 :</b> İklim değişikliği toprak karbon havuzu arasındaki karşılıklı ilişki (Schils, ve diğ, 2008).....                                                                                                                                                                                                                                                             | 25 |
| <b>Şekil 2.7 :</b> İklim değişikliğine uyum ve hafifletme arasındaki farklar (Potschin ve diğ, 2016).....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 26 |
| <b>Şekil 2.8 :</b> Başlıca küresel karbon havuzları (USDA, 2017).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 27 |
| <b>Şekil 2.9 :</b> Farklı arazi grupları altındaki toprak bozulmalarının sebepleri ve alan tahminleri (Lal, 2013; Lal, 2004). ....                                                                                                                                                                                                                                             | 28 |
| <b>Şekil 2.10 :</b> Farklı dünya toprak düzenleri altında 109 hektarlık alan tahminleri ve parantez içinde gösterilen Pg cinsinden 1 m derinliğe kadar olan karbon havuzunun büyüklüğü (Lal, 2004). ....                                                                                                                                                                       | 29 |
| <b>Şekil 3.1 :</b> Toprak, iklim değişikliği, mekânsal planlama arasındaki bağlantının çerçevesi (Delibaş ve diğ, 2021). ....                                                                                                                                                                                                                                                  | 42 |
| <b>Şekil 3.2:</b> İklim değişikliği azaltma ve uyum çerçevesinde yeşil kentsel altyapı hizmetleri ve faydaları ( Demuzere ve diğ, 2014).....                                                                                                                                                                                                                                   | 50 |
| <b>Şekil 3.3 :</b> MSP lejantında su, doğal peyzaj ve ekosistemler (ÇSB, 2014). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 59 |
| <b>Şekil 4.1 :</b> ToES ve Mekânsal Planlama Entegrasyonunda Veri Toplama ve Analiz Yöntemleri.....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 74 |
| <b>Şekil 4.2 :</b> Çalışma alanında kullanılan verilerin kaynakları. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 75 |
| <b>Şekil 4.3:</b> RUSLE modeli toprak kaybı analizinin kavramsal çerçevesi. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 83 |
| <b>Şekil 4.4:</b> ToES’e dayalı yerleşime uygunluk analizinin yöntem şeması.....                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 88 |
| <b>Şekil 5.1 :</b> Çalışma alanı konumu. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 91 |
| <b>Şekil 5.2 :</b> Nilüfer Çayı Havzası toprak sınıfları. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 93 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 5.3 :</b> Nilüfer Çayı Havzası'nda toprak derinliği (A horizontu: en üstteki ve en verimli katmandır. B horizontu: A horizontundan yıkanan minerallerin biriktiği katmandır. C horizontu: ana kayaya doğru uzanan ve ana kayanın özelliklerini taşıyan katmandır. D horizontu: ana kayanın parçalanması ile oluşan katmandır. E horizontu: kayanın parçalanması ile oluşan ve organik madde bakımından fakir olan katmandır.). | 94  |
| <b>Şekil 5.4 :</b> Nilüfer Havzası sıcaklık haritası.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 95  |
| <b>Şekil 5.5 :</b> Nilüfer Havzası yağış haritası.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 96  |
| <b>Şekil 5.6 :</b> Nilüfer Havzası C tutma haritası.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 97  |
| <b>Şekil 5.7 :</b> Nilüfer Çayı Havzası taşkın riski.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 98  |
| <b>Şekil 5.8 :</b> RUSLE analizi faktör analizleri sonuçları.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 99  |
| <b>Şekil 5.9 :</b> Nilüfer Havzası toprak kaybı haritası.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 100 |
| <b>Şekil 5.10:</b> Nilüfer Havzası yerleşime uygunluk analizi (5 en uygun, 4 uygun, 3 orta, 2 uygun değil, 1 hiç uygun değil).                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 105 |
| <b>Şekil 5.11 :</b> ES haritalama matris modeli (Wangai, vd., 2018' den uyarlanmıştır)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 107 |
| <b>Şekil 5.12 :</b> Nilüfer Çayı Havzası bütünleşik ES haritası.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 107 |
| <b>Şekil 5.13 :</b> Nilüfer Havzası “1-yerleşime hiç uygun olmayan” alanlarda arazi kullanımı.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 111 |
| <b>Şekil 5.14 :</b> Nilüfer Havzası “5-yerleşime en uygun” alanlarda arazi kullanımı.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 112 |
| <b>Şekil 5.15 :</b> İklim değişikliğine mekânsal uyumda ToES'lere analitik bakış ve Nilüfer Çayı Havzası'nda izlenen yöntem.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 114 |
| <b>Şekil 5.16 :</b> Bursa 1/100.000 ölçekli ÇDP ve Nilüfer Havzası yerleşilemez alanlar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 116 |
| <b>Şekil 6.1 :</b> İklim değişikliğine mekânsal uyumda ToES'lerin entegrasyonu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 123 |
| <b>Şekil 6.2 :</b> Mekânsal planlamada ToES'lerin karar destek aracı olarak kullanılmasına yönelik model önerisi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 125 |
| <b>Şekil 6.3 :</b> İklim değişikliğine mekânsal uyum kapsamında ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu için model önerisi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 127 |

## İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE MEKÂNSAL UYUMDA TOPRAK EKOSİSTEM SERVİSLERİNİN ROLÜ: NİLÜFER ÇAYI HAVZASI

### ÖZET

Dünya üzerinde %2'lik bir alanı kaplayan kentsel alanlar, Dünya nüfusunun yarısından fazlasına ev sahipliği yapmaktadır ve bu alanlar, ormansızlaşma ve fosil yakıt kullanımını teşvik eden politikalarla iklim krizini olumsuz yönde etkilemektedir. Buna ek olarak, kentler iklim krizinin sebep olduğu kırılganlıklara karşı da her geçen gün daha duyarlı hale gelmektedir. Toprak sunduğu çeşitli ekosistem servisleri (ES) ile bu bağlamda öne çıkmakta ve sağladığı faydalarla iklim kriziyle mücadelede kentleri daha dirençli hale getirmektedir.

Karbon (C) depolama, tarım, su kaynaklarının yönetimi, doğal tehlikelerin kontrolü, ve habitat sağlama ToES'lerin (ToES) öne çıkan faydalarındandır. ToES'lerin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini minimize etme kabiliyetleri onları uyum ve azaltma stratejileri ve politikaları geliştirmekte önemli araçlar yapmaktadır. İklim krizine karşı kentlerin direncini artırma yolunda ToES sağladığı faydalar ile mekânsal planlama süreçlerinde yer seçim kararlarında değerlendirilmesi gereken hassas ekolojik alanlardır.

Bu çalışmada toprak ekosistem servislerinin iklim değişikliğine uyum kapsamında mekânsal planlama karar süreçlerindeki önemi ve yeri incelenmektedir. Bu bağlamda öncelikle ekosistem servislerinin sağladığı faydalar ve toprak ekosistem servisleri tanımı, sınıflandırılması ve iklim değişikliği ile ilişkisine dair literatür ortaya koyulmaktadır. Çalışmanın bir sonraki aşamasında mekânsal planlama ve ToES ilişkisi ortaya konulmakta ve literatür taramasında ortaya çıkan bulgular Türkiye'deki mevzuat dahilinde değerlendirilmektedir.

İncelenen çalışmalar ile ToES ve iklim değişikliği ilişkisinde öne çıkan kavramların (İ-ToES) veri toplama ve analiz yöntemleri tartışılmaktadır. Sonuç olarak bu çalışmada iklim değişikliğine mekânsal uyum kapsamında planlama aracı olarak İ-ToES'e dayalı çok kriterli yer seçimi uygunluk analizi yaklaşımı sunulmaktadır. Çıkan sonuç bütünlük ES haritasıyla karşılaştırılarak bir değerlendirme yapılmaktadır. Sonuçlar, ToES tabanlı yerleşime uygunluk analizinin, mekânsal karar üretme süreçlerinde etkili bir araç olma potansiyeli taşıdığını göstermektedir. İ-ToES tabanlı yerleşime uygunluk analizi klasik yer seçimi analizlerine göre doğal yapıyı ve onların ekolojik işlevlerini korumada daha rasyonel sonuçlar üretmektedir. Nitekim bu yaklaşım ES'leri değerlendirmede daha başarılı sonuçlar üretmiştir. Bu çıkarım, çalışma alanı olarak seçilen Bursa Nilüfer Çayı Havzası'nda yapılan örnek alan incelemesi sonucu üretilmiştir. Nilüfer Çayı Havzası, sahip olduğu doğal değerlere rağmen yaşadığı hızlı toprak kaybı ve karşı karşıya olduğu baskılar ile ToES ve mekânsal planlama ilişkisini anlamaya uygun bir araştırma alanı olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte havzalar sahip oldukları toprak yapısı ve sağladıkları faydalar ile kent planlama için önemli çalışma alanları olmaktadır.



# **THE ROLE OF SOIL ECOSYSTEM SERVICES IN SPATIAL ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE**

## **SUMMARY**

Urban areas, covering a mere 2% of the Earth's surface, host more than half of the global population. However, these urban spaces, while concentrating human activity, also contribute to the exacerbation of the climate crisis through deforestation and the promotion of fossil fuel consumption. Simultaneously, they find themselves becoming more attuned to the vulnerabilities induced by this very climate crisis.

The impacts of urbanization, driven by policies that endorse deforestation and reliance on fossil fuels, ripple far beyond their physical boundaries. Not only do they amplify the ecological stressors that fuel climate change, but they also magnify the susceptibility of urban centers to the ensuing climatic vulnerabilities. This dual role of urban areas as contributors to and sufferers of the climate crisis underscores their significance in the broader environmental discourse.

Amidst these complexities, soil emerges as a pivotal player, offering a range of diverse ecosystem services (ES) that garner attention within this context. These services encompass a spectrum of benefits, encompassing carbon sequestration, water filtration, and temperature regulation, which collectively contribute to climate change mitigation and adaptation. Therefore, recognizing and harnessing the potential of soil's ecosystem services becomes a fundamental tool in the arsenal of strategies aimed at combating the climate crisis and fostering urban resilience.

Soil emerges as a critical resource for mitigating the effects of climate change. Soil ecosystem services (SoES) provide a wide range of benefits, including carbon sequestration, agricultural production, water purification, and flood control. These services, which provide benefits in various areas have the ability to minimize the negative effects of climate change, making them important tools for developing adaptation strategies and policies. However, SoES are increasingly threatened by human activities, such as land use change and pollution. Human occupation of soil increases the process of C emission into the atmosphere.

This study examines the significance and role of soil ecosystem services within the context of spatial planning decision processes for climate change adaptation. To achieve this, the critical evaluation of SoES is conducted within the framework of relevant legislation in Turkey, focusing on the selected study area, the Bursa Niliüfer River Basin.

In the case area, SoES are assessed as decision support tools. Key climate change-related SoES, such as carbon sequestration, water cycle regulation, climate regulation, and hydro-meteorological disasters, are spatially mapped within the study area. The identified SoES are evaluated for their suitability in settlement development decisions and their relationships with ecosystem service integrity, primarily through a multi-criteria analysis approach. The study also discusses the contributions of this process to climate change adaptation.

The study aims to assess the scope of Suitability Analysis SoES based settlement planning, conducted through two distinct analyses. In the first analysis, a variety of factors including land use, soil classification, Digital Elevation Model (DEM), and slope are considered. The second analysis employs SoES indicators primarily related to climatic factors, such as soil depth, soil carbon retention capacity, soil loss, flood risk, temperature, and precipitation. The outcomes of this research demonstrate that SoES-based suitability analysis more rigorously identifies suitable areas for urban development and provides urban planners with a more comprehensive perspective, enhancing its effectiveness.

Urban planning guided by the principles of SoES integration can bolster spatial adaptation to climate change. Sustainable land-use practices, like incorporating permeable surfaces and green infrastructure, enable soils to effectively regulate water flow, minimizing flooding risks during extreme weather events. Moreover, strategic urban afforestation can enhance soil stability, preventing erosion and landslides often exacerbated by intense rainfall and increased temperature variability.

Preserving SoES aligns with urban planning efforts aimed at conserving biodiversity. Healthy soils harbor diverse microbial communities that contribute to nutrient cycling and plant health. By nurturing these soil microbial ecosystems, urban planners can create synergistic relationships between SoES and urban biodiversity, fostering a resilient and thriving urban environment.

While the integration of SoES into urban planning presents numerous benefits, challenges persist. Land scarcity, competing land-use demands, and limited public awareness about the value of SoES may hinder their effective implementation. Overcoming these challenges requires interdisciplinary collaboration among urban planners, ecologists, policymakers, and communities to develop innovative solutions and strategies.

As cities increasingly grapple with the impacts of climate change, recognizing the pivotal role of soil ecosystem services in spatial adaptation through urban planning becomes paramount. By harnessing the natural functions of soil, urban areas can fortify their resilience against climate-induced stressors. Integrating SoES into urban planning frameworks offers a holistic approach that not only mitigates climate impacts but also nurtures sustainable, biodiverse, and livable cities. As urbanization continues to shape our world, prioritizing soil ecosystem services paves the way towards a more climate-resilient future.

In this study, the importance and role of soil ecosystem services in the context of climate change adaptation within spatial planning decision processes are examined. In this context, firstly, the benefits provided by ecosystem services and the definition, classification, and their relationship with climate change of soil ecosystem services (ToES) are presented in the literature. In the next stage of the study, the relationship between spatial planning and ToES is outlined, and the findings from the literature review are evaluated within the framework of Turkish legislation.

The study discusses data collection and analysis methods for the prominent concepts in the relationship between ToES and climate change (İ-ToES) based on the examined studies. As a result, in this study, an approach to multi-criteria site suitability analysis based on İ-ToES is presented as a planning tool for climate change adaptation within the spatial context. The results are compared with an integrated ES map to provide an

assessment. The results indicate that ToES-based site suitability analysis has the potential to be an effective tool in spatial decision-making processes. İ-ToES-based site suitability analysis produces more rational results in preserving the natural structure and their ecological functions compared to traditional site selection analyses. Indeed, this approach has yielded more successful results in assessing ecosystem services. This inference is derived from a case study conducted in the Bursa Nilüfer River Basin, the selected research area. Despite its natural values, Nilüfer River Basin is considered a suitable research area for understanding the relationship between ToES and spatial planning due to the rapid soil loss it experiences and the pressures it faces. However, basins are important areas for urban planning due to their soil structure and the benefits they provide.





## 1. GİRİŞ

IPCC (Hükûmetler arası İklim Değişikliği Paneli) (2023) sanayi öncesi dönemden bu yana, kara yüzeyi hava sıcaklığı küresel ortalama sıcaklığın neredeyse iki katı kadar arttığına vurgu yapmaktadır. Aşırı hava olayların sıklığı ve yoğunluğundaki artışlar da dahil olmak üzere iklim değişikliği, gıda güvenliğini ve karasal ekosistemleri olumsuz etkilemenin yanı sıra birçok bölgede çölleşmeye ve toprak kaybına neden olmaktadır. İklim değişikliği arazi üzerinde ilave baskılar yaratarak geçim kaynaklarına, biyolojik çeşitliliğe, insan ve ekosistem sağlığına, altyapıya ve gıda sistemlerine yönelik mevcut riskleri artırmaktadır. Tüm bu sonuçlar iklim değişikliğini günümüzün en hassas konularından biri haline getirmektedir. İklim değişikliği etkilerine karşı uyum ve azaltım stratejilerinin geliştirilmesi önemli bir öncelik alanı haline gelmiştir.

Toprak, insanların geçim kaynaklarının ve refahlarının temel dayanağını oluşturma, gıda, tatlı su ve çeşitli diğer ekosistem servisleri ile biyo-çeşitlilik sağlama gibi faktörlerin yanı sıra iklim sisteminde de önemli bir rol oynamaktadır (IPCC, 2023). Baggethum ve Barton (2013) özellikle kentsel alanlardaki ToES'i korumak ve bozulmuş ekosistemlerde restorasyon ile bu ekosistem servislerini (ES) geri kazanmanın kentlerin ekolojik ayak izlerini ve ekolojik borçlarını azaltırken, iklim değişikliğine karşı da kentlerin direncini, sağlığını ve yaşam kalitesini geliştireceğine vurgu yapmaktadır. Fossey ve diğ. (2020) ToES'lerin iklim değişikliğine mekânsal uyum kadar azaltım politikaları ile olan ilişkileriyle de kentsel politikalarda değerlendirilmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır.

Nitekim topraklar sürdürülebilir olmayan bir şekilde kullanıldığında önemli bir CO<sub>2</sub> ve azot (N) emisyon kaynağı olmakta ve bu gazların atmosferdeki konsantrasyonunu artırmaktadır. Sürdürülebilir ve yeşil altyapıları destekleyen bir mekânsal yaklaşımın ise toprağın sera gazı emisyonlarını depolayabilme kabiliyetlerini desteklemesi ve bu durumun azaltım politikalarına hizmet etmesi beklenmektedir (Jónsson ve Davíðsdóttir, 2016). Toprak ile doğrudan ilişkili faaliyetlerin, arazi kullanımı ve arazi kullanımı değişikliğinden kaynaklanan emisyonları arttırdığı, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %25'inin, Avrupa'da ise yaklaşık %10'unun kaynağını oluşturduğu ifade edilmektedir. Toprak kullanımına ilişkin bu olumsuz etkiler,

mekânsal gelişim kararları içerisinde ToES yaklaşımının önemli bir iklim değişikliğine mekânsal uyum ve azaltım aracı olarak değerlendirilmesi fikrini ortaya çıkarmaktadır (Schils ve diğ, 2008).

Fossey ve diğ. (2020) ToES'lerin mekânsal planlamada karar destek aracı olarak kullanılmasına yönelik çalışmalarda toprak sınıfları ve mevcut arazi kullanımının karşılaştırılması yaklaşımını öne sürmektedir. Franzluebbbers (2002), farklı toprak sınıflarının, farklı ES'leri sağlamada önem taşıdığına vurgu yapmaktadır. Örneğin; I., II., III., IV. toprak sınıfları su tutma kapasitesi yüksek olduğu için sel önleme ve su kaynakları koruma servisleri sağlarken; bazı toprak tiplerinin su geçirgenliğinin yüksek olması su tutma kapasitesini düşürmektedir. Bu nedenle, toprak sınıfları, ToES ile ilgili politika kararları alınırken dikkate alınması gereken bir faktör olarak önem kazanmaktadır.

Lehman ve Stahr (2010) ve Weber (2007) ToES ve mekânsal planlama ilişkisinde öne çıkan diğer bir kavram olarak toprak derinliğini değerlendirmektedir. Hancock, ve diğ. (2019)'nin vurguladığı üzere toprak derinliği, bitki yetiştirme kapasitesi, su tutma kapasitesi ve karbon (C) depolama kapasitesi gibi ES'lerin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Daha derin topraklarda, bitki kökleri daha geniş bir alana yayılabilir ve su ve besin maddelerini daha iyi emmektedir. Bu da bitki büyümesi ve üretkenliğinin artmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, derin topraklar daha fazla su depolama kapasitesine sahip olduğu için, taşkınlar, seller ve kuraklık gibi doğal afetlere karşı daha dirençli hale gelmektedir.

İklim değişikliği azaltım ve uyum kararlarında ToES'lerin sağladığı faydalardan biri de C depolamadır. C tutma, topraktaki organik madde içeriği ve toprak karbon stoklarının korunması veya artırılması ile ilgilidir. C tutan topraklar, Weber (2007) tarafından organik madde içeriği yüksek, ve önemli topraklar olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple mekânsal kararlarda toprağın C tutma kapasitesinin değerlendirilmesi büyük önem kazanmaktadır.

Tezer ve diğ. (2020) ES'e dayalı çok kriterli karar alma sürecinin daha sürdürülebilir bir mekânsal planlama yaklaşımı sunabileceğini öne sürmektedir. Bahsedilen çalışmada jeoloji, su geçirgenliği, eğim, erozyon, toprak kabiliyeti ve habitat kırılganlığı verileri kullanılarak yerleşime uygunluk analizi oluşturulmuştur. Yazarlar yaptıkları yerleşime uygunluk analizini ES haritaları ile karşılaştırarak; çıkan sonucu

geleneksel yerleşime uygunluk analizinde, ES ile bütünleşik yaklaşımdan farklı olarak “çok katmanlı farklı doğal niteliklere dayalı değerlendirmeyi önemli oranda dikkate alamadığını ve ekolojik işlevsellik açısından rasyonel olmayacak karar alınmasına neden olabilecek sonuçlar ortaya koyduğunu” ifade etmektedir.

Yürütülmüş tez çalışmasında ise; Tezer ve diğ. (2020)’nin ürettiği yerleşime uygunluk analizine ek olarak, iklim değişikliği ve ToES ilişkisinde öne çıkan toprak C tutma kapasitesi, toprak derinliği, toprak kaybı, taşkın riski, sıcaklık ve yağış verileri de kullanılarak değerlendirilmekte ve çıkan sonuç ile Wangai ve diğ. (2018)’nin çalışması temel alınarak üretilen bütünleşik ekosistem servisi haritası ile karşılaştırılmaktadır. Bütünleşik ES haritası ve ToES’e dayalı yerleşime uygunluk haritasının karşılaştırılması ile elde edilen bütünleştirilmiş değerlendirmenin verdiği sonuçlara göre ise; yerleşime uygun olmayan alanların %92,16’sı çok yüksek, %5,3’ü yüksek ES kapasitesine sahip alanlarla çakışmaktadır. Çıkan sonuç İ-ToES verisi kullanılarak üretilen yerleşime uygunluk analizinin ES kapasitesi açısından zengin alanları desteklediğini göstermektedir.

Bu araştırmanın temel amacı iklim değişikliği ve ToES’lerin ilişkisini anlamak ve bu servislerin iklim değişikliğine uyum sağlamada mekânsal planlara nasıl entegre edilebileceğini incelemektir. Aynı zamanda bu çalışmada ToES’lere dayalı çok kriterli yerleşime uygunluk analizinin mekânsal planlama süreçlerine dahil edilmesinin iklim değişikliği azaltım ve uyum politikalarına katkısı da tartışılmaktadır.

Bu bağlamda ToES’lerin kentlerin iklim değişikliği ile mücadeledeki rolünü rasyonel yöntemlerle analiz etmek ve bu ilişkiyi mekânsal planlamayla ilişkilendirmek amaçlanmaktadır. Çalışmanın bir diğer amacı ise Türkiye’de mevzuatın ve mekânsal planların ToES’leri ne kadar desteklediğini değerlendirmek ve iklim değişikliğine uyum kapsamında yasalara ToES’lerin nasıl entegre edilebileceğini ortaya koymaktadır.

## **1.1 Tezin Amacı**

Avrupa Çevre Ajansı (2012) insanlığın varlığının ekosistem servislerine bağlı olduğunu ifade etmektedir. Bu servisleri nasıl yönettiğimiz ise medeniyeti ve beraberinde kentlerimizi şekillendirmektedir (Daily ve diğ, 2009). Toprak, ürettiği hammaddeler, birçok canlı hayatının devamı için sağladığı çeşitli döngüler ve yaşam

alanları için bir zemin olma niteliğiyle bu servislerin başında gelmektedir. Günümüz kentleri hızlı nüfus artışı, kontrolsüz kentleşme, kirlilik, kaynakların yetersizliği gibi birçok sorunla yüzleşmektedir. Bunlarla birlikte iklim değişikliği hem mevcut problemlere karşı kentlerin kırılganlığını arttırmakta hem de ihtiyaç duyduğumuz ekosistem servislerini olumsuz etkilemektedir. Okyanuslardan sonra en büyük ikinci karbon tutma alanı olan toprak ekosistemleri de burada devreye girmekte ve mekânsal planlamanın bir aracı olarak sürdürülebilir ve dayanıklı kentlere girdi sağlamaktadır (Avrupa Çevre Ajansı, 2012).

Nitekim, ToES'lere dayalı stratejiler, iklim değişikliğine uyum sağlamada kentsel alanların dayanıklılığını arttırmak için değerli bir araç oluşturmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı iklim değişikliği ve ToES'lerin ilişkisini anlamak, Türkiye'deki mevzuat içerisine ToES'lerin nasıl değerlendirildiğini ortaya koymak ve ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu için bir yaklaşım sunmaktır.

Bu bağlamda mekânsal planlama aracı olarak karşımıza çıkan yerleşime uygunluk analizi İ-ToES (İklim değişikliği ile ilişkili toprak ekosistem servisleri) kapsamında değerlendirilmektedir. Nitekim çalışmada ToES'lerin kentlerin iklim değişikliği ile mücadeledeki rolünü rasyonel yöntemlerle analiz etmek amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda iklim değişikliği ile bağlantılı ToES'ler belirlenerek haritalandırılmakta ve bu verilerin ağırlıklandırılmış çoklu veri analizi ile yerleşime uygunluk durumları değerlendirilerek bu sürecin iklim değişikliğine uyum kapsamında sunduğu katkılar tartışılmaktadır.

## **1.2 Araştırmanın Kapsamı**

Tez çalışması, ToES'lerin iklim değişikliği mekânsal uyumunda mekânsal planlamaya entegrasyonunun potansiyel etkilerini araştırmaktadır. Çalışma, Tezer ve diğ. (2020)'nin ES'leri dikkate almada yetersiz bulduğu yerleşime uygunluk analizini İ-ToES'e dayalı parametreler dahilinde değerlendirmeyi hedeflemektedir.

Tez çalışması 6 ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler aşağıda açıklanmaktadır.

Araştırmanın 1. bölümünde; ES'ler içerisinde ToES'lerin konumu ve iklim değişikliği ile ilişkisi hakkında özet bilgi verilmekte ve tezin amacı, kapsamı, araştırma soruları açıklanarak ve araştırma konusu hakkında literatür değerlendirmesi sunulmaktadır.

Araştırmanın 2. bölümünde; ES yaklaşımının genel bir çerçevesi çizilerek, ES kavramı ve kapsamı açıklanmaktadır. ToES kavramı ile ToES ve iklim değişikliği arasındaki bağlantı bu bölümde incelenmektedir. Yürütülen literatür araştırmalarına dayanarak iklim değişikliğine uyum kapsamında hangi ToES'lerin çalışma alanı içerisinde değerlendirilmeye alınacağı bu bölümde tespit edilmektedir.

Araştırmanın 3. bölümünde; ToES ve mekânsal planlama ilişkisi incelenmektedir. Bu bölümde literatürde mekânsal planlama ve ToES ilişkisinin nasıl kurulduğu araştırılmakta, ToES ve mekânsal planlama ilişkisinde iklim değişikliğine uyum incelenmektedir. Sonraki adım olarak Türkiye'de ToES'ler ile ilgili mevzuat kritik edilmekte ve mekânsal planlarda ToES'lerin nasıl değerlendirildiği incelenmektedir.

Araştırmanın 4. bölümünde; iklim değişikliğine mekânsal uyum kapsamında önceki bölümlerde ortaya koyulan başlıkların veri toplama ve analiz yöntemleri incelenmektedir. Bu bölümde alan çalışması için uygulama yöntemlerinin çerçevesi oluşturulmaktadır.

Araştırmanın 5. bölümünde; iklim değişikliğine uyum kapsamında öne çıkan ToES'ler, bir önceki bölümde tespit edilen veri toplama ve analiz yöntemleri ile Bursa ili Nilüfer Çayı Havzası özelinde uygulanmaktadır. Daha sonra bu analizler sonucunda yapılan yerleşime uygunluk analizi bütünsel ES analizi ve mekânsal planlar ve mevcut AKAÖ üzerinden değerlendirilmektedir.

Araştırmanın 6. ve son bölümünde; yapılan araştırma sonuçlarından yola çıkarak ToES'lerin mekânsal planlamaya entegre edilmesinin iklim değişikliğine uyum kapsamındaki etkileri değerlendirilmekte ve bu yaklaşımın uygulama sürecinde ortaya çıkabilecek engeller değerlendirilerek önerilerde bulunmaktadır.

Çalışmanın sınırlılıkları ise şunlardır:

- İklim değişikliğine mekânsal uyumda ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu için bir araç önerisi yalnızca yerleşime uygunluk analizi açısından değerlendirilmektedir.
- Çalışma iklim değişikliğine mekânsal uyum üzerine odaklandığı için, diğer potansiyel ToES'lerin analizi dışarıda bırakılmıştır.
- Yaklaşım tek bir örnek alan çalışması üzerinde test edilmiştir.

### 1.3 Araştırma Soruları ve Hipotezler

İklim değişikliğine mekânsal uyum kapsamında ToES'lerin değerlendirilebilmesi için 3 temel sorunun cevaplanması gerekmektedir. Bu sorular aşağıda verilmiştir.

- Soru 1: ToES'lerin iklim değişikliği ile bağlantısı nedir?
- Soru 2: ToES'ler, iklim değişikliğine mekânsal uyum sağlamada nasıl yardımcı olabilir?
- Soru 3: İklim değişikliği ve ToES'ler arasındaki ilişki mekânsal planlara nasıl entegre edilebilir?

Araştırma soruları doğrultusunda oluşturulan ve test edilecek hipotez şu şekildedir: ToES'in mekânsal planlara entegrasyonu, iklim değişikliğine uyum için etkili bir araçtır.

### 1.4 Araştırma Yöntemi

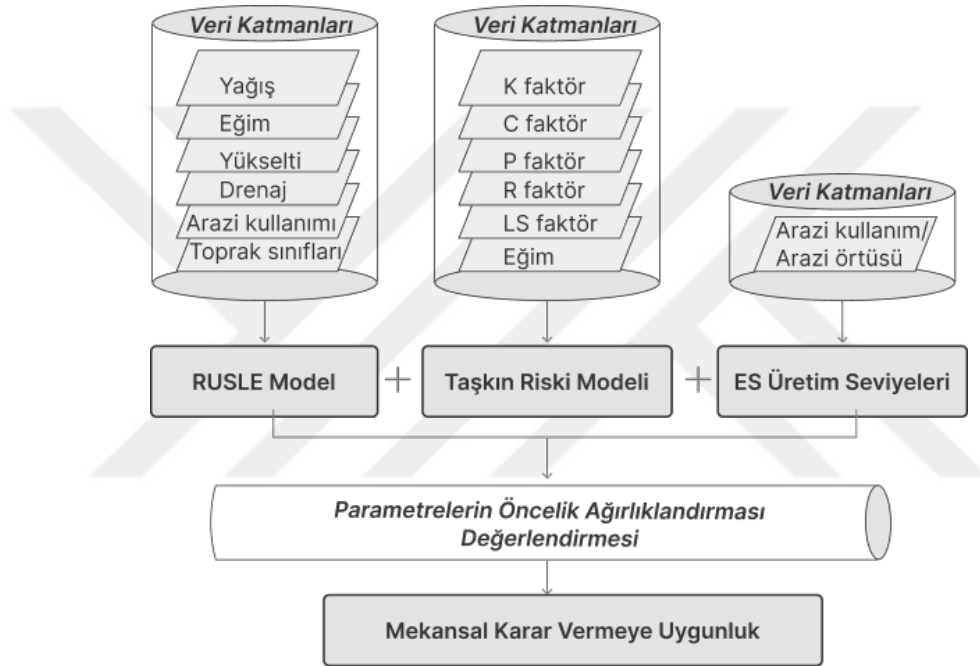
Araştırmanın ilk aşamasında ES ve iklim değişikliğinin Ulusal Tez Merkezi'nde (Url-1, 2022) kayıtlı tezlerde nasıl ele alındığı incelenmekte ve saptanan eksiklikler üzerinden konunun ana hatları çizilmektedir. Yapılan incelemede iklim değişikliğinin en çok sürdürülebilirlik, uyum, iklim ve çevre politikaları, afet yönetimi, enerji ve peyzaj altyapısı anahtar kelimeleriyle ele alındığı görülmektedir. İklim değişikliği çalışmalarında ToES'in ele alınmadığı görülmektedir.

Yapılan incelemede şehir planlama ve şehir planlamayla bağlantılı disiplinler tarafından üretilen iklim değişikliği hakkındaki tezlerin uyum politikaları ürettiği görülmektedir. Bu çalışma kapsamında ise iklim değişikliğine uyumda ES'lerin rolü ve mekânsal planlamada kullanılan araçlara konunun nasıl entegre edilebileceğine dair önerilerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

İkinci aşamada çalışmanın yöntem ve kavramsal çerçevesini geliştirmeye yönelik veri tabanı SCOPUS'ta (Url-2, 2023) yayımlanan makaleler/yayınlar üzerinde VosWiever (Url-3, 2022) yazılımı kullanılarak bibliyometrik analiz yapılmaktadır. İklim değişikliği ve ToES ilişkisini değerlendiren literatür incelenmekte ve iklim değişikliğine uyum kapsamında öne çıkan ToES'ler tespit edilmektedir. Çalışmalar ToES ve iklim değişikliği ilişkisinde toprağın karbon ve su depolama, iklim düzenlemesi ve taşkın kontrolü ve toprak kaybını azaltmanın temelini oluşturduğu için

erozyon kavramına vurgu yapmaktadır (Weber, 2007; Lal, 2004; Dominati ve diğ., 2010; Orwin ve diğ., 2015).

Söz konusu kaynaklar değerlendirilerek iklim değişikliğine bağlı ToES ilişkisinde C tutma, toprak sınıfları, toprak derinliği, taşkın riski, toprak kaybı haritaları ArcGIS 10.3.1 yazılımı ile üretilmiştir. Toprak kaybı modeli olarak Tanyaş ve diğ. (2018)'nin dünya çapında en yaygın kullanılan toprak erozyonu modeli olarak belirttiği RUSLE modeli uygulanmaktadır. ToES'lere yönelik veri tabanı oluşturulduktan sonra yerleşime uygunluk analizi bu veriler ağırlıklandırılarak oluşturulmuştur (Şekil 1.1).



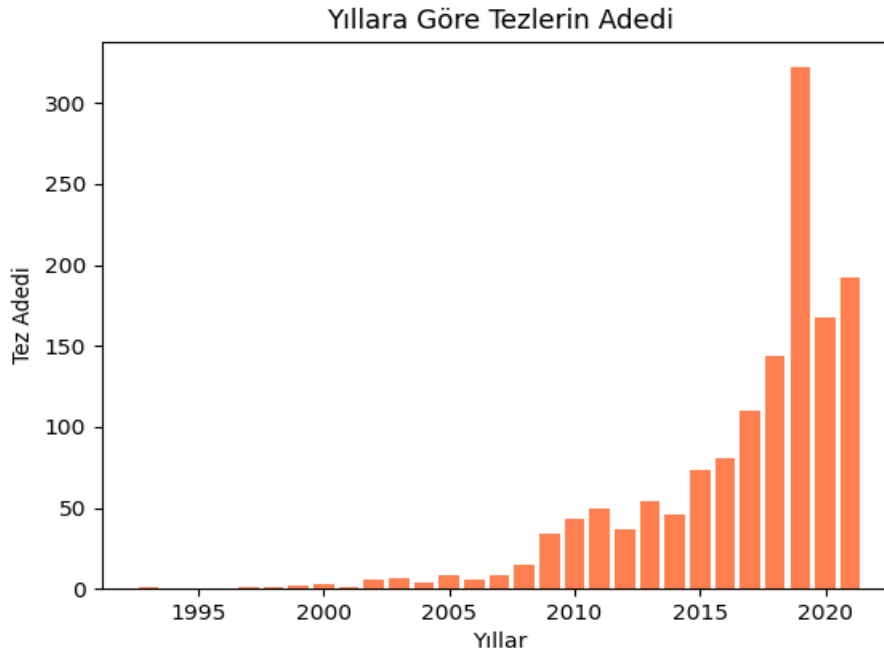
**Şekil 1.1 :** Veri analiz ve yöntemlerine genel bakış. K (Toprak erozyon potansiyeli faktörü), C (Bitki örtüsü ve örtünün toprak kaybı kontrol etme kapasitesi faktörü), P (Destekleyici uygulama faktörü), LS (Yüzey eğimi ve uzunluğu faktörü), R (Yağış yoğunluğu ve şiddeti faktörü) ve DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) verileri sembollerle temsil edilmektedir.

Yer seçimi uygunluk analizi için seçilen parametrelerin ağırlıklandırılması konusunda literatür çalışmalarından yararlanılmaktadır. Bu çalışmalar; Hassan ve diğ. (2020) toprak ve dolayısıyla ToES'i baz aldıkları çalışmaları, Kopperoinen ve diğ. (2014) ES doğrultusunda arazi kullanımı planlaması için yaptıkları yer seçimi metodolojisinde kullandıkları puanlama ve Özşahin ve Kaymaz (2015)'in yerleşime uygunluk analizinde doğal çevre bileşenlerini değerlendirdiği çalışmalardır.

Bu çalışmada kullanılan faktörlerin ağırlıklandırması örnek alan incelemesi Bölüm 5.4'te paylaşılmaktadır. Örnek alan incelemesi Bursa Nilüfer Çayı üzerinde yapılmaktadır. Havzalar sağladıkları ES'ler ile öne çıkmaktadır (Delibaş ve diğ, 2018) bu sebeple geliştirilen kuramsal/literatüre dayalı yaklaşımın uygulama alanı olarak, Bursa'nın metropoliten alan sınırları içinde kalan ve Bursa ili ve çevresi için önemli bir yaşam kaynağı olarak değerlendirilen Nilüfer Çayı Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir.

### 1.5 Literatür araştırması

Türkiye'de iklim değişikliği ile ilgili yazılmış tezlerin kapsamlarını anlamak amacıyla Ulusal Tez Merkezi'nde (Url-1, 2022) yapılan inceleme sonucunda 1457 kayıt bulunmuştur. Sistemde kayıtlı tezlerin 88 tanesi şehir planlama, bölge planlama, kentsel tasarım, peyzaj mimarlığı, sosyal çevre bilimleri, coğrafi bilgi sistemleri gibi şehircilik ile ilgili disiplinler içerisinde üretilmiştir. İklim değişikliği ile ilgili sistemde kayıtlı ilk çalışma 1993 yılında iken şehir planlama bölümünde ilk çalışma 2009 yılında yapılmıştır. 2010 yılı sonrası şehir planlama dahil olmak üzere çeşitli alanlarda iklim değişikliği üzerine yazılan tezlerin sayısında artış yaşanmıştır (Şekil 1.2).



**Şekil 1.2 :** İklim değişikliği konusunda Türkiye'de yazılan tezlerin zaman içerisindeki değişimi (Url-1, 2022).

İklim değışikliği hakkında yazılan tezler türleri açısından değeriendirildiğinde 1085 tez ile en çok çalışmanın yüksek lisansta yapıldığı görölmektedir. Daha sonra 326 tez ile doktora çalışmaları gelirken her birinden 3'er tane olmak üzere sanatta yeterlilik ve tıpta uzmanlık çalışması bulunmaktadır. şehircilik konusunda yazılmış tezlerde de yüksek lisans çalışmaları çoğunlukta olup bunlar söz konusu konuda yazılmış tezlerin %79'unu oluşturmaktadır.

şehircilik alanı altında bulunan 88 tez işledikleri konular açısından incelenmiş ve tezlerin anahtar kelimeleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda iklim değışikliğinin en çok sürdürülebilirlik, uyum, iklim ve evre politikaları, afet yönetimi, enerji ve peyzaj anahtar kelimeleriyle ele alındığı görölmektedir. Diğer taraftan iklim değışikliği çalışmalarında ToES'lerin ele alınmadığı görölmektedir. Ekosistem servisleri anahtar kelimesiyle yapılan incelemede Ulusal Tez Merkezi'nde kayıtlı 4 çalışma bulunmaktadır. Bunların 2'si yüksek lisans, 2'si doktora tezi olup, tamamı peyzaj mimarlığı alanındadır.

Ulusal Tez Merkezi'nde kayıtlı tezler üzerinde yapılan incelemenin ardından Literatürde ToES'ler ve ToES ile şehir planlama kavramları üzerinden literatür araştırması yapılmıştır. Kaynak olarak SCOPUS veri tabanı (Url-2, 2023) kullanılmıştır. SCOPUS yaklaşık 11.678 yayıncıdan 36.377 başlığı içeren özet ve tam metin bilimsel yayın veri tabanıdır. SCOPUS'ta açık kaynaklarda bulunan ve makale başlığında ToES (Soil Ecosystem Services) geçen yayın sayısı 138'dir. VosWiever (Url-2, 2023) yazılımı ile yayınlarda geçen anahtar kelimelerin bağlantıları incelenmiştir. 492 anahtar kelime için 8 küme oluşmaktadır.

Yayınlarda iklim değışikliği ve toprak karbonu birlikte ele alınırken bu kavramların ekosistem servisleri içerisinde önemli bir başlık olarak ele alındığı görölmektedir. Arazi kullanım değışimleri ve iklim değışikliğinde ToES konusu da doğrudan bağlantılı konular olarak karşımıza çıkmaktadır (şekil 1.3). ToES anahtar kelimesi üzerinden yapılan incelemede makalelerde hangi anahtar kavramların hangi yıllarda ortaya çıktığı yine VosWiever üzerinden analiz edilmiştir (şekil 1.4). ToES'ler toprak fonksiyonları ve biyo-kütle üretimi gibi ekolojik konularda ele alınan bir kavram iken; zaman içerisinde önemli bir ES olarak değeriendirilmeye başlanmış ve 2020 yılı sonrası şehir planlama ve iklim değışikliği üzerindeki rolünün ortaya koyulması ile literatürde yerini almıştır.

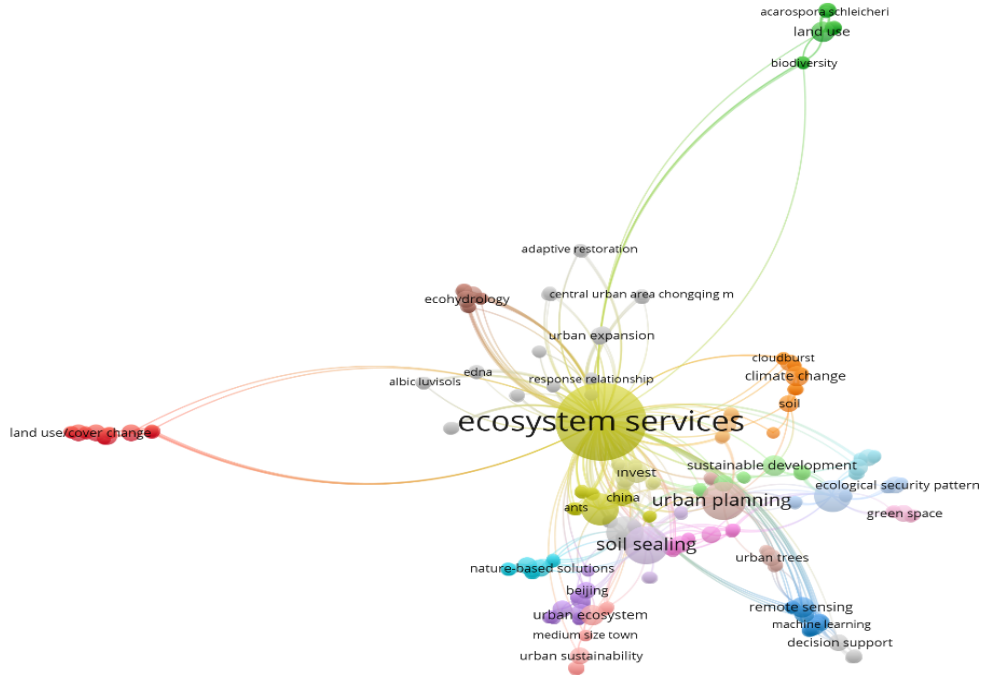


**Çizelge 1.1 : Literatürde ToES ve kent planlama ile ilişkili çalışmalarda öne çıkan kavramsal kümeler.**

| <b>Küme 1</b>                                             | <b>Küme-2</b>                                              | <b>Küme-3</b>                                        |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Ekosistem Zararları<br>(Ecosystem Disservices)            | Yeşil Altyapı<br>(Green Infrastructure)                    | İklim Değişikliği<br>(Climate Change)                |
| Göstergeler<br>(Indicators)                               | Hemerobi<br>(Hemeroby)                                     | Çevre Planlaması<br>(Environmental Planning)         |
| Kentsel Ekosistem<br>(Urban Ecosystem)                    | Doğa Temelli Çözümler<br>(Nature-Based Solutions)          | Dayanıklılık<br>(Resilience)                         |
| Kentsel Sürdürülebilirlik (Urban Sustainability)          | Toprak Sızdırmazlığı<br>(Soil Sealing)                     | Toprak<br>(Soil)                                     |
| Sınıflandırma<br>(Classification)                         | Mekânsal Planlama<br>(Spatial Planning)                    | Sürdürülebilir Kalkınma<br>(Sustainable Development) |
|                                                           | Kentsel Ekosistem Servisleri<br>(Urban Ecosystem Services) |                                                      |
| <b>Küme-4</b>                                             | <b>Küme-5</b>                                              | <b>Küme-6</b>                                        |
| Ekolojik Güvenlik Modeli<br>(Ecological Security Pattern) | Karar Desteği<br>(Decision Support)                        | Ekohidroloji<br>(Ecohydrology)                       |
| Ekosistem Servisi<br>(Ecosystem Service)                  | Çevre<br>(Enviroatlas)                                     | Ekosistem Servisleri<br>(Ecosystem Services)         |
| Yeşil Alan (Green Space)                                  | CBS (GIS)                                                  | Arazi Kullanımı (Land Use)                           |
| Takaslar<br>(Tradeoffs,)                                  | Uzaktan Algılama<br>(Remote Sensing)                       | Arazi Kullanımı Değişikliği<br>(Land Use Change)     |
| Kentsel Gelişim<br>(Urban Development)                    | Kentsel Ağaçlar<br>(Urban Trees)                           | Kentsel Genişleme<br>(Urban Expansion)               |
| <b>Küme-7</b>                                             | <b>Küme-8</b>                                              | <b>Küme-9</b>                                        |
| AKAÖ Değişikliği<br>(Landuse/Cover Change)                | Sürdürülebilirlik<br>(Sustainability)                      | Arazi Kullanımı Zorluğu<br>(Land-Use Challenge)      |
| Yönetim (Management)                                      | Kentsel Planlama<br>(Urban Planning)                       | Gece Işık Verileri<br>(Nighttime Light Data)         |
| Yer Altı (Subsurface)                                     | Şehirleşme<br>(Urbanization)                               |                                                      |
| Su Dengesi (Water Balance)                                |                                                            |                                                      |

Nihai bağlantı sayılarına baktığımızda 51 bağlantı ile ekosistem servisleri ve ardından 20 bağlantı ile kent planlamanın geldiği görülmektedir. Listeyi sırasıyla toprak sızdırmazlığı, yeşil altyapı, kentleşme, kent ekosistemi takip etmektedir. AKAÖ bu aramada 3 kümede karşımıza çıkan önemli bir kavramdır. İklim değişikliği ise bu bağlamda literatürde yüzey sıcaklıkları, dayanıklılık, kentsel yayılma, su ve kent ormanları gibi kavramlar ile birlikte ele alınmaktadır.

Literatürde ToES ile bağlantılı kavramlar üzerinden incelenen son başlık ise iklim değişikliğidir. Yayınların özet, başlık ve anahtar kelimeleri üzerinde iklim değişikliği ve ToES kavramları üzerinden yapılan incelemede 1256 erişime açık kaynak bulunmuştur. Bu çalışmalarda toplam 8246 anahtar kelime bulunmaktadır. Toprak, ekosistemi, iklim değişikliği gibi temel anahtar kavramların yanı sıra toprak karbonu, karbon tutumu, orman, arazi kullanımı ve arazi kullanımı değişimi, iklim değişikliği ve ToES çalışmalarında en çok kümelenen anahtar kavramlar olarak karşımıza çıkmaktadır.



**Şekil 1.5 :** Literatürde ToES ve kent planlama ile ilişkili öne çıkan kavramsal kümeler.

## **2. TOPRAK EKOSİSTEM SERVİSLERİ (ToES) YAKLAŞIMININ GENEL ÇERÇEVESİ**

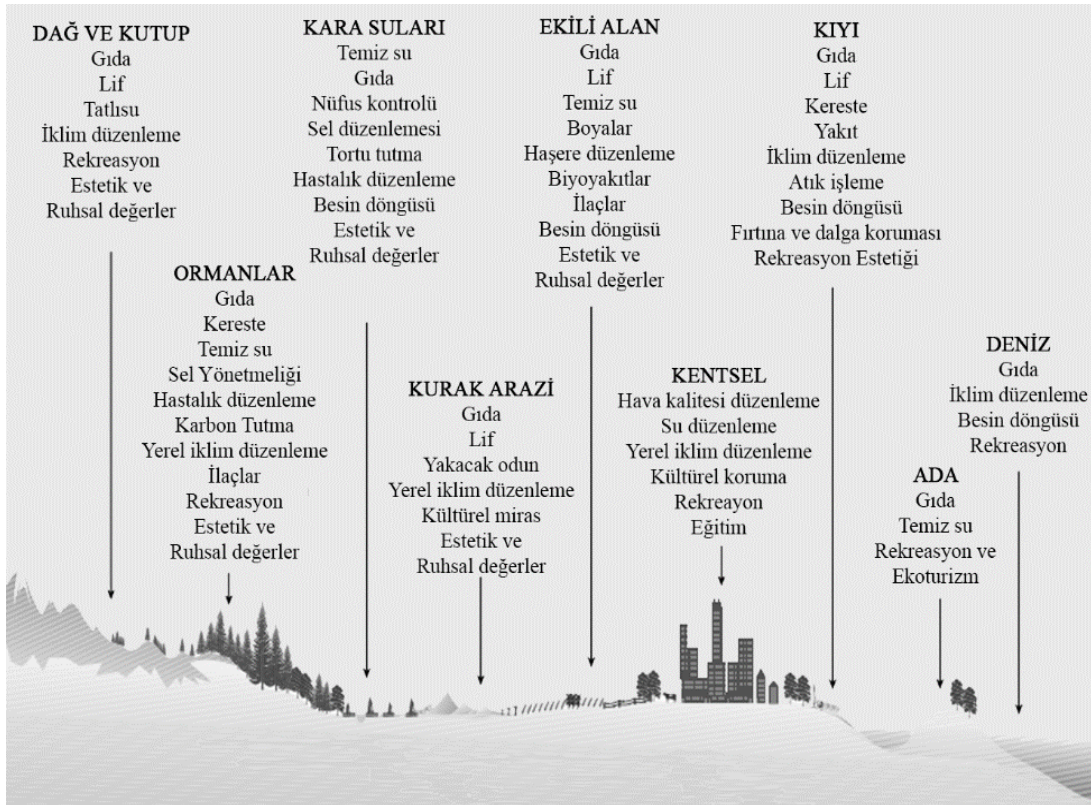
Bir toplumun refahı için ES'lerin gerekliliğinin ve öneminin vurgulanması Platon'a kadar dayanmaktadır (Daily ve diğ, 2009). Lal (2015) ise ToES'i bu ES'lerin önemli bir parçası olarak ele almakta ve doğru bir şekilde yönetilmesinin Dünya'nın geleceğini güven altında tutacak derecede önem taşıdığını ifade edilmektedir. Bu bölümün temel amacı da bu kapsam doğrultusunda ToES kavramını tanımlamak ve ToES'lerin önemini ortaya koymaktır.

Bölümün başında öncelikle ES kavramı açıklanmaktadır. Bu başlığın altında ES ve toplum refahı ilişkisi ortaya koyulmaktadır. Havzalar ES'ler açısından zengin alanlar olarak değerlendirildiği için çalışma alanı olarak havza seçilmiştir. Bu sebeple havzaların sunduğu ES'ler de Ekosistem Servisleri Kavramı başlığı altında, bu bölüm dahilinde incelenmektedir. Bölümün 2. alt başlığında ise ToES kavramı ve ToES'lerin sunduğu servisler açıklanmaktadır. ToES kavramı tanımı yapıldıktan ve ToES'lerin sınıflandırılması yapılmaktadır. İklim değişikliği ve ToES ilişkisi de ToES'lerin karbon tutma kapasitesi, su ile olan ilişkisi ve hidro-meteorolojik tehlikeler olmak üzere üç alt başlıkta değerlendirmeye alınmaktadır.

### **2.1 Ekosistem Servisleri Kavramı**

Ekosistem servisleri ekosistemler tarafından sağlanan faydalardır ve bu faydalar, insanlığın temel ihtiyaçlarını karşılamakta ve refahını sağlamaktadır (Şekil 2.1). Costanza ve diğ. (2014), ES'lerin küresel ekonomiye yılda en az 125-145 triyon ABD doları katkıda bulunduğunu ortaya koymaktadır (Karabulut ve diğ, 2016; Costanza ve diğ, 2014) Bu durum ekolojik yaşam-destek sistemleri olan ES'lerin olmadığı takdirde Dünya ekonomilerinin durma noktasına geleceğine işaret etmektedir (Costanza ve diğ, 1997). ES'lerde yaşanan kayıplar ciddi maddi kayıplara işaret etsede maddi kayıpların yanında insan refahını olumsuz etkileyen bir dizi manevi hasara da sebep olması da beklenmektedir (Costanza ve diğ, 1997)

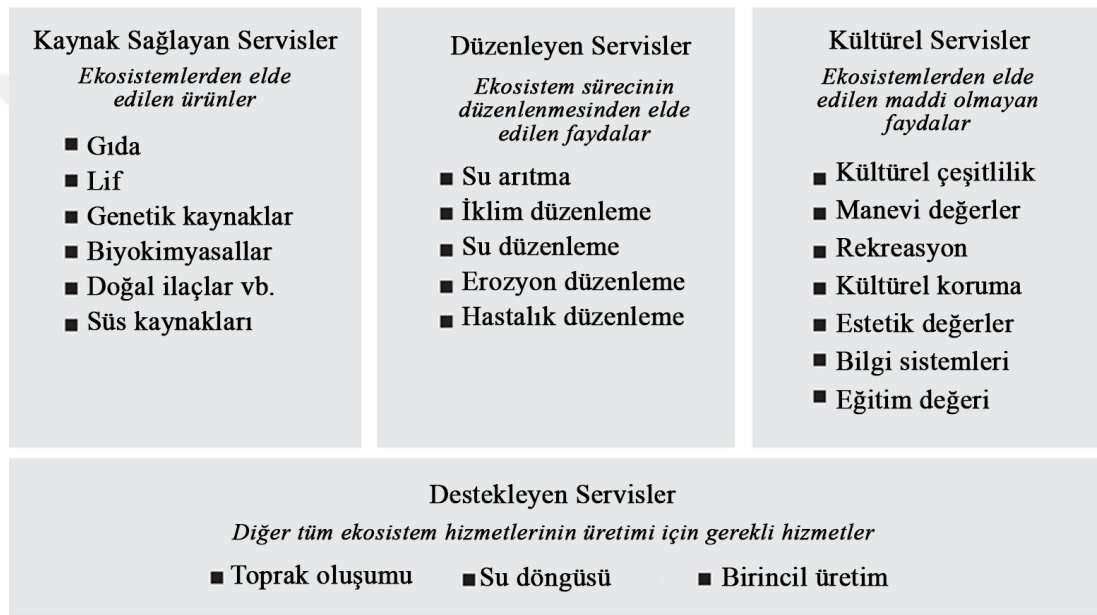
Bu sonuçlardan kaçınmak, yoksulluğu azaltırken insan refahını arttırmak ve iklim değişikliğine uyumu sağlamak için yerel, bölgesel ve uluslararası bazı çalışmalar yürütülmektedir (UNEP; MEA; CICES; TEEB). Bunlardan biri de 2001 yılında başlayan bu önemli girişim sonucunda yayınlanan Binyıl Ekosistem Değerlendirmesi Raporu'dur (Millennium Ecosystem Assessment, MEA). MEA 95 ayrı ülkeden özellikle seçilmiş 1360 uzman ile oluşturulmuş, ekosistem konusunda kapsamlı bir çalışmadır. Çalışmanın temel hedefleri eylem önceliklerini belirlemek, planlama ve yönetim için araçlar sağlamak, ekosistemleri etkileyen kararların sonuçlarına ilişkin öngörü sağlamak, insani gelişme ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için müdahale seçeneklerini belirlemek, konuyla ilgili öngörü sağlamaktır (UNEP, 2006).



**Şekil 2.1 :** Karasal ve denizsel sistemlerden sağlanan ES'ler (MEA, 2005b).

ES'lerin sınıflandırılmasında çeşitli görüşler mevcut olmakla birlikte literatürde yaygın olarak kabul edilen MEA, TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) ve CICES (Common International Classification of Ecosystem Service) sunulan sınıflandırmadır. TEEB, ekosistemlerin ve biyolojik çeşitliliğin ekonomik değerini anlamak ve vurgulamak amacıyla başlatılan bir girişimi ifade etmektedir. MEA'daki sınıflandırma diğer ES çalışmalarından daha önce ortaya çıkmıştır (MEA, 2005; TEEB, 2007, CICES, 2018). Bu durum MEA sınıflandırmasının literatürde daha

çok tartışılmış olmasına sebep olmaktadır (Haines-Young & Potschin, 2018). Söz konusu sınıflandırmada ES'ler kaynak sağlayan, düzenleyen ve destekleyen servisler olmak üzere 4 temel kategoriye ayrılmaktadır (Şekil 2.2). Bu çalışmalar ToES genelinde bir sınıflandırma sunmasa dahi ES'ler için sundukları sınıflandırmalarda toprağın sağladığı ekosistem servislerinin bulunduğu görülmektedir. Nitekim MEA sınıflandırılmasında gıda sağlama, su arıtma, iklim düzenleme, su düzenleme, erozyon düzenleme, toprak oluşumu gibi servislerin bir çoğu ToES'lerin sağladığı faydalardandır. ES'lerin sunduğu bu servisler insan refahını doğrudan ve dolaylı yollarla etkilemektedir.



**Şekil 2.2 :** Ekosistem Servislerinin Sınıflandırılması ve Servislerin Tanımları (MEA, 2003)

### 2.1.1 ES'ler ve toplum refahı arasındaki ilişki

Hızlı nüfus artışının taleplerine karşılık verme çabası, iklim değişikliği, biyolojik döngüler, biyoçeşitlilik, doğal alanlar ve ES'lerde çeşitli değişimlere sebep olmaktadır (MEA, 2005a; Martinez-Harms ve diğ, 2015). Daily ve diğ. (2009) ES'lerin öneminin yeterince anlaşılamadığını ve bu servislerin hızlı bir şekilde bozulmakta olduklarını ifade etmektedir. Martinez-Harms ve diğ. (2015) ve Delibaş ve diğ. (2021) özellikle arazi kullanımlarındaki değişimlerin ekosistemlerin sunduğu servislerde değişikliklere yol açarak insan refahını derinden etkilediğini belirtmektedir. Bu bozulmalar insanların gelecekte doğadan elde edecekleri faydaları diğer bir deyişle ES'lerin gelecekteki kullanılabilirliğini tehdit etmektedir (Carpenter ve diğ, 2006).

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), insan faaliyetlerinin ekosistemler üzerindeki yıkıcı etkisinden ve bunların geri dönüşlerinin insan refahını olumsuz etkileyeceğinden bahsetmektedir. Yüz yılın başında ekosistemlerde insanların bıraktığı hasarlar neticesinde gözlenen değişimlerden bazıları aşağıda sıralanmaktadır (UNEP, 2005):

- Ev ve endüstriyel kullanım için nehirlerden ve göllerden sulama için çekilen su son 40 yılda ikiye katlanmıştır.
- 2005 yılı itibariyle mangrovların yaklaşık %35'i yok olmuştur, mercan resiflerinin ise %20'si yok edilirken %20'si de bozulmuştur.
- Okyanuslara nitrojen akışı 1860'tan beri ikiye katlanmıştır.
- Fosforlu gübrelerin kullanımı ve tarım topraklarındaki fosfor birikme hızı, 1960 ve 1990 yılları arasında yaklaşık üç kat artmıştır.
- Denizlerdeki balık stoklarının en az dörtte biri aşırı hasat edilmiştir.
- Birçok deniz bölgesinde, yakalanacak balıkların toplam ağırlığı, endüstriyel balıkçılığın başlamasından önce mevcut olanın onda birinden daha azdır.
- Yoksullar için yüksek kaliteli beslenme sağlamak için özellikle önemli olan iç su balıkçılığı da aşırı avlanma, yaşam alanlarındaki değişiklikler ve tatlı suyun çekilmesi nedeniyle azalmıştır.

MEA (2005), toplumlar ve ES'ler arasındaki ilişkilerin sonuçlarının çeşitli ölçek ve zaman dilimlerinde farklı şekillerde karşımıza çıktığını belirtmektedir. Bu sebeple hem toplum refahını korumak hem de her türlü kırılganlığa karşı dayanıklı kentler oluşturabilmek için farklı aşamalarda ortaya çıkan soru ve sorunlara yere özgü çözümler ve müdahaleler getirmek gerekmektedir (Erdoğan, 2020).

### **2.1.2 Havzaların sunduğu ES'ler**

Havza coğrafi bilimlerde de sınırları, oluşumları, sahip oldukları doğal ve yapay özelliklerine göre farklı şekilde tanımlanabilmektedir. Bununla birlikte su ögesinin varlığı havza tanımlarının ortak noktasını oluşturmaktadır (Albayrak, 2012). Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği'nde havza “nehir havzalarında su ayırım çizgisinden denize aktığı noktaya, kapalı havzalarda ise suyun toplandığı nihai noktaya kadar suyun toplanma alanı” olarak, havza bölgesi ise “bir veya daha fazla havzanın ilgili yeraltı ve yerüstü suları ile birlikte oluşturduğu alan” olarak tanımlanmıştır. Kuru ve Tezer (2019) ise havzaları yalnızca idari sınırları

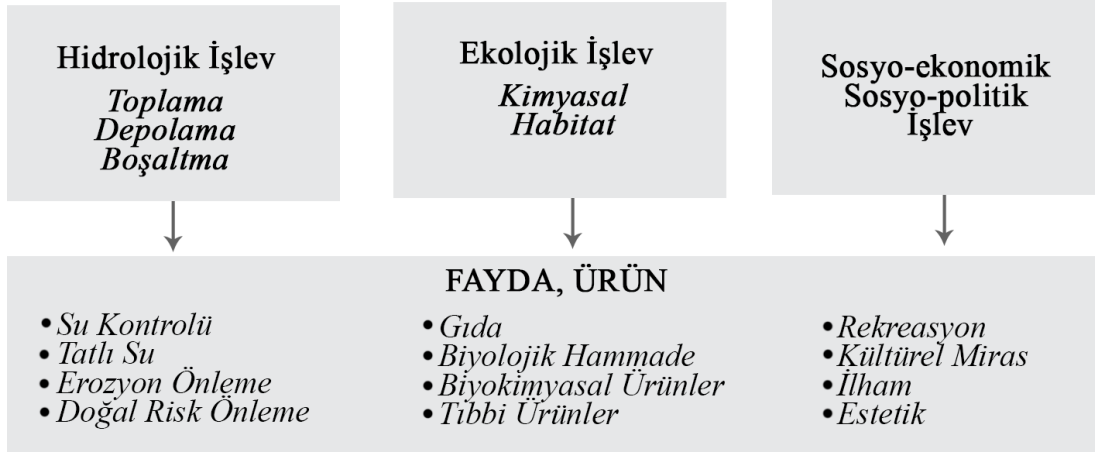
ile değerlendirmenin havzaların sürdürülebilirliği açısından yeterli bir yaklaşımla olmadığını ifade etmektedir (Kuru ve Tezer, 2019).

Havzalar, doğal yapı, yerleşim alanları ve toplumsal refah için önemli servisler üreten ekosistemlerdir. Delibaş ve diğ. (2018)'ne göre havzalar sosyal, ekonomik ve biyo-fiziksel yapılarıyla çok yönlü ES sağlamaktadır ve çok-boyutlu, çok-aktörlü, çok-işlevli sistemlerdir. Garipoğlu (2020) da bu tanımı destekler nitelikte havzaların "birbirleri ile etkileşim içerisinde bulunan habitatlar mozaiği" olduğunu belirtmektedir. Tüm bu hassas yapıları içerisinde her bir havza doğal özellikleri ve sosyo-kültürel ve ekonomik özellikleri ile benzersiz ve kendine özgüdür (Kanber, 2015). Bu nedenle, bir havza için ortaya koyulan bulguları ve önlemleri diğer bir havzaya aynen uygulama olanağı bulunmadığı ifade edilmektedir (Erol, 2007).

Havzalar sahip oldukları ekosistemler ile önemli ekolojik yapılardır. Havzalara giren yağışlar ve bu yağışların oluşturduğu akış ise havzaların hidrolojik yapısını şekillendirir (Erol, 2007). Havzaların sahip olduğu bu ekolojik ve hidrolojik özellikler havza ekosistemlerinde çeşitli işlevlerin gerçekleşmesine olanak tanımaktadır. Havzaların ekolojik işlevleri kimyasal ve habitat işlevleri iken; hidrolojik işlevleri toplama, depolama, boşaltma olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.3). Bu işlevlerin açıklamaları kısaca şöyledir (Albayrak, 2012):

- Toplama işlevi; havzanın kar ve yağmur yağışlarıyla gelen suyu toplamasıdır.
- Depolama işlevi; havzanın yağışlar ile topladığı suyu ve organik maddeleri depolamasıdır.
- Boşaltma işlevi; toplama ve depolama hidrolojik işlevleri ile bağlantılıdır. Havzada toplanan suların havza dışına akışdır.
- Kimyasal işlevi; havzalarda bulunan su kütlelerinde gerçekleşen suyun kimyasal tepkimelerdir.
- Habitat işlevi; havzaların sahip oldukları ekolojik ve hidrolojik altyapılar ile yaşamları oluşturmasıdır.

Havzalar yukarıda bahsedilen ekolojik ve hidrolojik işlevleri sayesinde toplumlar için önemli faydalar sağlamaktadır. Karmaşık havza ES'leri sosyo-ekonomik ve sosyo-politik işlevler de sunmaktadır ve bunlardan ilham, estetik değerden çeşitli sektörleri besleyen ekonomik yapılara kadar çeşitli faydalar elde edilebilmektedir (Delibas ve diğ, 2018; Albayrak, 2012).



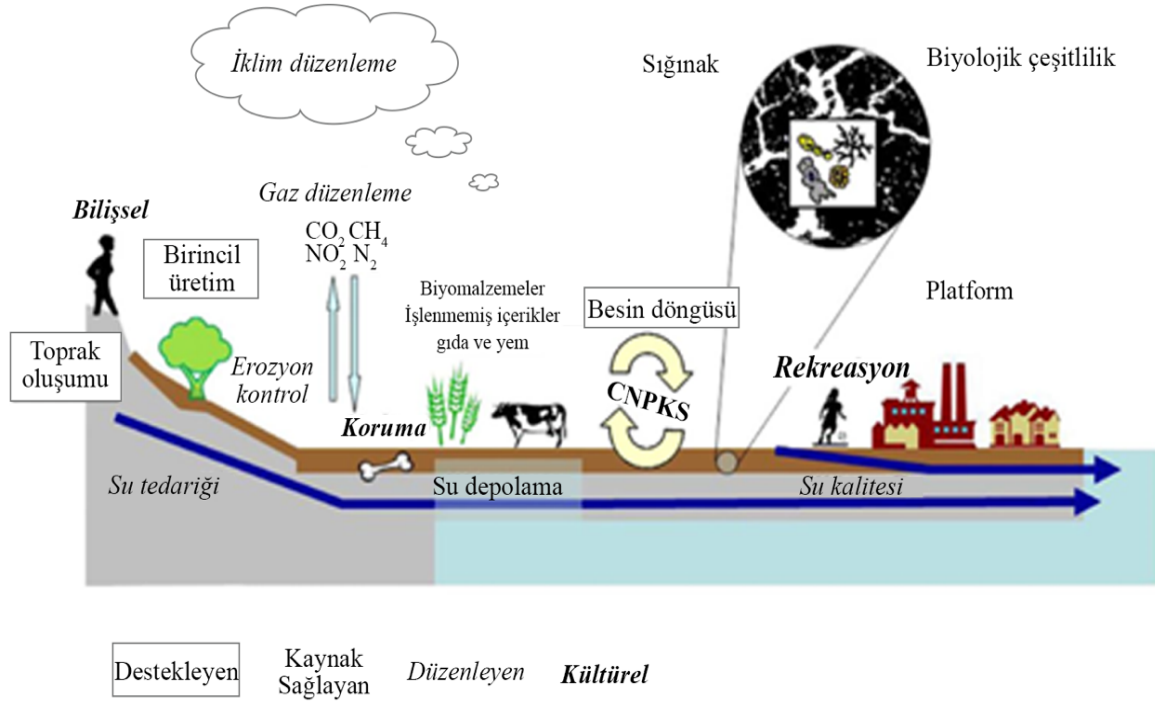
**Şekil 2.3 :** Havzaların ekolojik işlevleri (Albayrak, 2012).

Havzalardan elde edilen faydalar göz önüne alındığında havzalarda yapılacak planlarda doğa ve insan arasındaki dengenin kurulmasının oldukça önemli olduğu görülmektedir. Günümüzde karşılaşılan taşkın, erozyon ve su yetersizlikleri gibi birçok sebebin kaynağında bu dengenin korunamaması yatmaktadır (Erdoğan, 2020). Havzalar sundukları tüm bu işlevler ile ToES’ler içinde önemli bir çalışma alanı olmaktadır. Bu sebeple bu çalışma kapsamında ToES ve iklim değişikliğinin mekânsal planlara entegrasyonu süreci incelenirken çalışma alanı olarak Bursa metropoliten alan sınırları içinde bulunana ve kentsel büyümenin hızla arttığı kentsel havza niteliğinde olan Nilüfer Çayı Havzası incelenmektedir.

## 2.2 ToES’in Tanımı ve Özellikleri

Su, hava ve besin döngüsü, ayrışma, iklim düzenleme ve başka birçok fayda sağlayan toprak, karasal ekosistemlerin büyük bir kısmını oluşturmakta ve dünyanın biyolojik çeşitliliğinin büyük bir kısmına ev sahipliği yapmaktadır (Şekil 2.4) (Sandhu ve diğ, 2010; Jónsson ve Davíðsdóttir, 2016; Wall, 2004). Fiziksel ve kimyasal birçok süreci kapsayan ToES’ler karmaşık ve dinamik yapılardır (Jónsson ve Davíðsdóttir, 2016; Daily ve diğ, 2009; Barrios, 2007; Pavan ve Ometto, 2018) ve sağladıkları tüm faydalar ile insan sürdürülebilirliğin temelini oluşturmaktadır (Pereira, ve diğ, 2018; Weber, 2007; Url-4, 2022). Nitekim Daily ve diğ. (2019)’nin de vurguladığı gibi toprak ulusların önemli bir bileşenidir ve tarihler boyunca medeniyetleri şekillendirmiş, yanlış yönetildiği takdirde onları büyük yıkımlara sürüklemiştir. Günümüzde de toprak ulusların refah kaynağı olmaya devam etmekte ve temiz hava,

su ve gıda üretimi ile olan güçlü ilişkisi sebebiyle kalkınmanın bir aracı olarak görülmektedir (Pereira ve diğ, 2018).



**Şekil 2.4:** Toprak sistemleri tarafından sağlanan temel ekosistem mal ve servislerinin sınıflandırılması ve doğası (Haygarth ve Ritz, 2009).

Toprak çok sayıda ES sağlamakta ve tüm bu süreç karmaşık bir sistemden oluşmaktadır (Haygarth ve Ritz, 2009). Weber (2007) de toprağın fonksiyonlarının literatürde benzer şekilde ele alındığını vurgulamakta ve bu fonksiyonları şu şekilde açıklamaktadır:

- a. Üretim fonksiyonu;
- b. Taşıyıcı fonksiyonu;
- c. Filtre, tampon ve reaktör fonksiyonu;
- d. Kaynak fonksiyonu;
- e. Habitat fonksiyonu;
- f. Kültürel ve tarihi fonksiyonu;
- g. Düzenleme fonksiyonu.

Bunlardan a, b ve d maddelerinde verilen fonksiyonlar sırasıyla mahsul üretme, trafik ve binaları taşıma, sanayi için kaynak oluşturma ile ilgilidir ve bunlar insan refahı ile ilişkilendirilirken kent planlama ile de doğrudan bağlantılıdır. c ve g maddelerindeki işlevler ise düzenleyici servisler olarak ele alınmaktadır. Bitkiler ve hayvanlar için bir

yaşam ortamı sağlayan habitat fonksiyonu (e) ise kültürel servis olarak değerlendirilmekte ve üretim tarafından değeri olmadığı vurgulanmaktadır (Weber, 2007).

Toprağın faydaları olarak ise şunları değerlendirmek mümkündür (Jónsson ve Davíðsdóttir, 2016):

- Topraklar su akışını kontrol edip, suyu filtrelemekte ve depolamaktadır. Bu sayede topraklar su döngüsü üzerinde direkt bir etkiye sahiptir.
- Topraklar biokütle üretimine ortam sağlamakta ve tarım ve ormancılık gibi çeşitli tarımsal ekosistemlerdeki ekonomilere katkıda bulunmaktadır.
- İnsanlar tarafından tüketilen tüm gıdaların %99'undan fazlası karasal ekosistemlerden gelmektedir.
- Topraklar, özellikle atmosferik karbondioksitin (CO<sub>2</sub>) tutulması ve büyük karbon yutaklarında depolanması yoluyla küresel sıcaklıkları ve yağış seviyelerini düzenlemektedir.

### **2.2.1 ToES'lerin sınıflandırılması**

Bartkowski ve diğ. (2020)'nin ifadesiyle güncel çalışmalarda toprak fonksiyonu kavramı ES perspektifinin topraklara uygulanmasıyla tamamlanmaya çalışılmaktadır. ES MEA, TEEB, CICES de dahil çoğu kaynakta temelde kaynak sağlayan, düzenleyen, destekleyen ve kültürel olmak üzere dört temel kategori çerçevesinde sınıflandırılmaktadır. ToES bu faydaların önemli bir kısmını oluşturmaktadır Toprak, gıda, su, iklim düzenlemesi, erozyon kontrolü ve biyolojik çeşitlilik gibi toprağın sağladığı servisler bu sınıflandırılmaların içerisinde yer almaktadır. Bununla birlikte Drobnik ve diğ. (2018)'nin ve Pereira ve diğ. (2018)'nin söylemlerine göre ToES'lerin sınıflandırılması farklı disiplinlerin iş birliği ve iletişimini gerektiren zor bir görevdir ve bu konu hakkındaki değerlendirmelerin çoğu tarımsal ekosistemlere odaklanmaktadır (Pereira ve diğ, 2018).

ToES'leri belirlemek ve sınıflandırmak için yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur (Jónsson ve Davíðsdóttir, 2016; Haygarth ve Ritz, 2009; Sandhu ve diğ, 2010; Smit ve diğ, 2012; Swinton ve diğ, 2007; Lavelle ve diğ, 2006; Wall, 2004; Andrews diğ, 2004; Dominati ve diğ, 2010; Birgé ve diğ, 2016; Pulleman ve diğ, 2012; Bartkowski ve diğ, 2020; Pavan ve Ometto, 2018; Daily ve diğ, 2009; De Groot, 2002). Bunlardan ilki 1997 yılında Daily ve diğ. tarafından yapılmıştır fakat Jónsson ve Davíðsdóttir

(2016) ToES'lerin insanlık refahı üzerindeki belirgin önemine karşın onları tanımlamak, sınıflandırmak için üzerinde anlaşmaya varılmış bir çerçeve olmadığını ifade etmektedir. Yine yazarlar ToES'ler ile ilgili yapılan sınıflandırma çalışmalarını aşağıdaki yönlerden en az biri için eksik olarak değerlendirmektedir:

- Toprak doğal sermayesi, toprak fonksiyonları ve ToES arasındaki bağlantı;
- Farklı servislerin sınıflandırılması;
- ToES'lerin potansiyel yararlanıcıları;
- Faydaların ekonomik olarak nasıl değerlendirileceği.

Bu bölümde ToES'leri sınıflandırmak ve tanımlamak amacıyla yürütülmüş 15 çalışma incelenmektedir (Çizelge 2.1). ToES'ler kaynak sağlayan, düzenleyen, destekleyen ve kültürel servisler olmak üzere 4 ana kategoride ele alınmıştır. Çalışmalar 2002-2020 yılları arasında kapsamaktadır. Konu üzerindeki çalışma sıklığının 2004 sonrası arttığı görülmekle birlikte 2009 yılı sonrası ToES'lerin sınıflandırılmasında daha fazla servisin değerlendirilmeye alındığı görülmektedir. Bununla birlikte İ-ToES'ler Çizelge 2 .1'de gri renk ile belirtilmiştir. Özellikle destekleyen servis kategorisindeki su döngüsü, karbon yutak alanı gibi İ-ToES'lerin son yıllardaki çalışmalarda daha fazla değerlendirilmeye alındığı görülmektedir. Bununla birlikte iklim düzenleme, yüzey suyu akış kontrolü, erozyon kontrolü gibi düzenleyen servislerde değerlendirilen İ-ToES'ler ToES'lerin sınıflandırılması ile ilgili ilk çalışmalardan itibaren güncelliğini sürdürmektedir.

### **2.2.2 ToES ve insan refahı**

ES ve insan refahı başlıklı alt bölümde de ifade edildiği üzere (Bkz. 2.1.1) insanların iyi bir hayat sürme durumunu ifade eden insan refahı (Url-5, 2022) ile ES'lerin durumu ve nasıl değerlendirildiği arasında doğrudan bağlantı bulunmaktadır. Ya da Wall (2004)'un belirttiği gibi ES'lerin sağladıkları, insan refahı için hayatidir. Refah bir hayat için bireylerin ve toplumların temel ihtiyaçlara erişim, sağlık, güvenlik, sosyal ilişkiler ve seçme özgürlüğüne sahip olması gerekmektedir. MEA (2007) insan refahının bu beş bileşenin sağlanabilmesinin ES'ler ile gerçekleştiğini vurgulamaktadır.

**Çizelge 2.1 : ToES’lerin sınıflandırılması (Tabloda gri ile renklendirilmiş olan alanlar iklim değişikliği ile ilişkili ToES’lerdir).**

| <b>Kaynak</b><br><b>ToES</b> |                                  | De Groot, 2002 | Diana H. Wall, 2004 | Andrews ve diğ, 2004 | Lavelle ve diğ, 2006 | Swinton ve diğ, 2007 | Haygarth ve Ritz, 2009 | Daily ve diğ, 2009 | Sandhu ve diğ, 2010 | Dominati ve diğ, 2010) | Smit ve diğ, 2012 | Pulleman ve diğ, 2012 | Jónsson ve Davíðsdóttir, 2016 | Birgé ve diğ, 2016 | Pavan ve Ometto, 2018 | Bartkows ki ve diğ, 2020) |
|------------------------------|----------------------------------|----------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|
| Destekleyen                  | Biyo-çeşitlilik havuzu           |                | X                   | X                    |                      | X                    |                        | X                  |                     | X                      |                   | X                     | X                             | X                  | X                     | X                         |
|                              | Besin döngüsü                    | X              | X                   | X                    | X                    |                      | X                      | X                  |                     | X                      | X                 |                       | X                             |                    |                       |                           |
|                              | Toprak oluşumu                   | X              |                     |                      | X                    | X                    | X                      | X                  | X                   | X                      | X                 |                       | X                             | X                  | X                     |                           |
|                              | Toprak verimliliği               |                | X                   |                      |                      |                      |                        |                    | X                   | X                      | X                 |                       |                               | X                  |                       |                           |
|                              | Su döngüsü                       |                |                     | X                    |                      | X                    |                        | X                  |                     |                        |                   | X                     | X                             |                    |                       |                           |
|                              | Karbon Yutak Alanı               |                | X                   |                      |                      | X                    |                        |                    | X                   | X                      |                   |                       |                               | X                  |                       |                           |
|                              | Azot Bağlaması                   |                | X                   |                      |                      |                      |                        |                    | X                   |                        |                   |                       |                               |                    |                       |                           |
|                              | Bitki besinlerin mineralizasyonu |                |                     |                      | X                    |                      |                        |                    | X                   | X                      |                   |                       |                               |                    |                       |                           |
| Düzenleyen                   | Tozlaşma                         | X              |                     |                      |                      | X                    |                        |                    | X                   |                        |                   |                       |                               |                    |                       | X                         |
|                              | Hastalıkların biyolojik kontrolü | X              | X                   |                      |                      | X                    |                        | X                  | X                   | X                      | X                 | X                     | X                             |                    | X                     | X                         |
|                              | İklim düzenlemesi                | X              | X                   |                      | X                    | X                    | X                      | X                  |                     | X                      | X                 | X                     | X                             |                    | X                     | X                         |
|                              | Hidrolojik kontrol               | X              | X                   | X                    | X                    |                      | X                      | X                  | X                   |                        | X                 |                       | X                             | X                  | X                     | X                         |
|                              | Gaz regülasyonu                  | X              | X                   |                      |                      | X                    | X                      |                    |                     | X                      |                   |                       |                               |                    |                       |                           |
|                              | Akış kontrol                     |                | X                   |                      | X                    |                      |                        |                    |                     | X                      |                   |                       |                               |                    |                       |                           |
|                              | Erozyon kontrolü                 | X              | X                   |                      | X                    |                      | X                      |                    | X                   | X                      |                   | X                     |                               | X                  |                       | X                         |
|                              | Atıkların kontrolü               | X              |                     | X                    |                      |                      |                        | X                  |                     | X                      | X                 | X                     | X                             |                    | X                     | X                         |
| Kaynak Sağlayan              | Biyokütle üretimi                |                |                     |                      |                      |                      | X                      | X                  |                     |                        |                   |                       | X                             |                    | X                     |                           |
|                              | İşlenmemiş içerikler             | X              |                     |                      |                      | X                    | X                      | X                  | X                   | X                      |                   |                       |                               |                    |                       |                           |
|                              | Temiz su temini                  | X              | X                   |                      | X                    |                      | X                      | X                  |                     | X                      |                   |                       | X                             | X                  | X                     | X                         |
|                              | Hammadde                         |                | X                   |                      |                      |                      | X                      |                    |                     |                        |                   |                       | X                             |                    | X                     | X                         |
|                              | Fiziki mekân                     | X              | X                   | X                    |                      |                      | X                      | X                  |                     | X                      |                   |                       | X                             | X                  | X                     |                           |
|                              | Gıda temini                      | X              | X                   | X                    |                      | X                    | X                      |                    | X                   | X                      |                   | X                     |                               | X                  | X                     | X                         |
|                              | SOC mineralizasyonu              |                |                     |                      |                      |                      |                        |                    |                     | X                      | X                 | X                     |                               | X                  |                       |                           |
| Kültürel                     | Miras                            | X              | X                   |                      |                      |                      | X                      | X                  |                     | X                      |                   |                       | X                             |                    | X                     | X                         |
|                              | Rekreasyon                       |                | X                   |                      |                      | X                    | X                      | X                  | X                   | X                      |                   |                       | X                             |                    | X                     | X                         |
|                              | Bilişsel                         | X              |                     |                      |                      |                      | X                      | X                  |                     |                        |                   |                       | X                             |                    | X                     | X                         |
|                              | Estetik                          | X              |                     |                      |                      | X                    |                        |                    | X                   | X                      |                   |                       |                               |                    |                       | X                         |

Topraklar çok sayıda ES sağlamakta, düzenlemekte ve insan refahı üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu sebeple ToES'lerin önemini vurgulamak için ToES ve insan refahı ayrıca bir başlık altında incelenmektedir. Nitekim son yıllarda yapılmış çeşitli çalışmalar ToES'leri ve faydalarının insan refahı ile ilişkisini ortaya koymaktadır (Adhikari ve Hartemink, 2016; Breure., 2012; Dominati ve diğ, 2010; Drobnik, 2018). Toprakların insan refahı üzerindeki etkilerinden bazıları şunlardır:

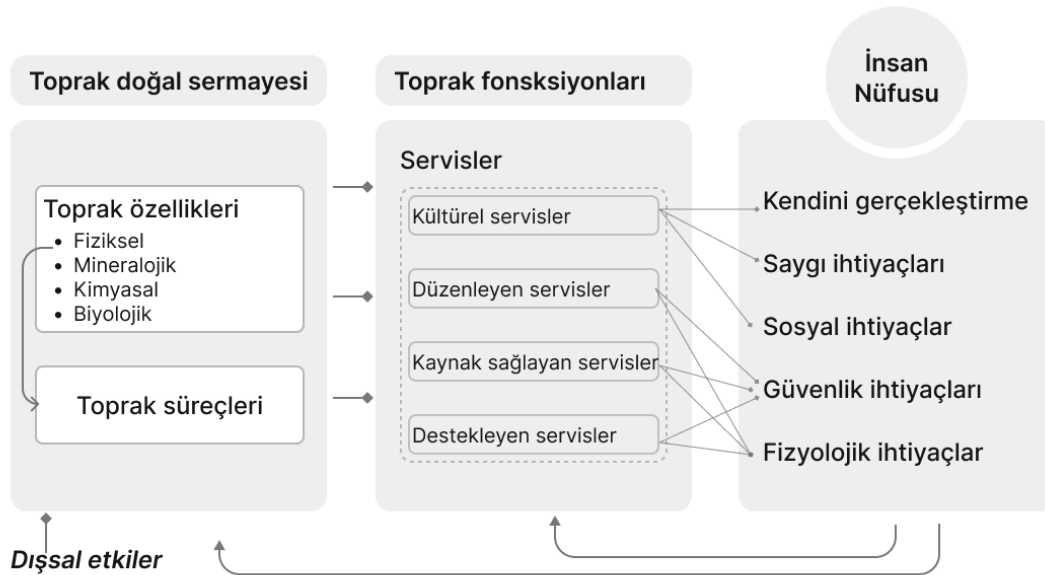
- Toprak, insan için gıdaların çoğunun yetiştirildiği bitkilerin ve çeşitli hayvanların büyüme ortamıdır. Nitekim insanlar tarafından tüketilen tüm gıdaların %99'undan fazlası karasal ekosistemlerden gelmektedir (Jónsson v Davíðsdóttir, 2016).
- Toprağın insanın temel ihtiyacı olan su döngüleri üzerinde büyük rolü bulunmaktadır. Toprak suyu filtreleyip ve depolamaktadır. Dünyadaki tatlı suyun %0,30'u toprakta depolanmaktadır (Url-4, 2022). Benzer şekilde toprak karasal CO<sub>2</sub>'nin %82'sini de depolamaktadır (Weber, 2007).
- Toprak, çeşitli gazların döngüsü ve insan sağlığı için ideal iklim koşullarını sağlamaktadır (Brevik ve diğ, 2018)
- Toprak, kil, kum, çakıl ve mineral formlarında hammadde sağlamaktadır (Url-4, 2022).
- Toprak aynı zamanda sunduğu sağlık ve rekreasyon aktiviteleri ile de insan refahına katkı sağlamaktadır. Toprağın zihinsel ve fiziksel sağlığı iyileştirdiğini kanıtlayan çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan biri Brevik ve diğ. (2018) aittir ve toprağın fizyolojik ve zihinsel bir rahatlama durumuna ve stresin azalmasına yol açtığını öne sürmektedir.

Özetle toprak insanın ihtiyaç duyduğu gıda, su ve fiziksel çevreyi sağlamaktadır. Bu kapsamda ToES'lerin mekânsal planlarda değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. ToES'ler tarım ve ormancılık gibi çeşitli sistemlerini destekleyerek ve endüstriyel faaliyetlere girdi olabilecek hammaddeleri sağlayarak çeşitli ekonomik aktiviteler de sunmaktadır. Bu durum ToES'leri Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin çoğuna ulaşmak için değerlendirilmesi gereken bir husus yapmaktadır. Örneğin bu hedeflerin birinci amacı olan “aşırı yoksulluğu ve açlığı ortadan kaldırmak” doğrudan toprakların tedarik servislerine bağlıdır. Yedinci amaç “çevrenin sürdürülebilirliğinin sağlanması” maddesi de doğrudan toprağın düzenleyici su filtreleme ve detoksifikasyon servislerine bağlıdır. Sağlıkla ilgili MEA'ların çoğu da dolaylı olarak ToES'ler ile

ilgilidir. Örneğin yetersiz gıdaya bağlı yetersiz beslenme, bağışıklık sistemini azaltır ve insanları sıtma ve HIV/AIDS'in daha erken başlaması gibi bulaşıcı hastalıklara karşı daha duyarlı hale getirir (Palm ve diğ, 2007). Yoksulluğun azaltılması, açlığın önüne geçilmesi ve sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulmasında da ToES'ler kilit öneme sahiptir. Sonuç olarak insanın temel ihtiyaçlarının toprak olmadan sağlanması mümkün değildir (Şekil 2.5) (Pereira ve diğ, 2018).

### 2.3 ToES ve İklim Değişikliği

Lal (2013) iklimi, atmosfer, litosfer ve biyosferden oluşan bir sistem olarak ifade etmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), iklim değişikliğini iklim sisteminin temel özelliklerinde (sıcaklık, yağış vd.) istatistiksel çalışmalarla uzun bir zaman sürecince (on yıl ya da daha fazla) tespit edilmiş doğal ya da insan etkili değişimler olarak ifade etmektedir. Doğal etkilere güneş ve volkanik faaliyetler örnek verilebilirken; antropojenik etkilere ise endüstriyel faaliyetler, ulaşım, fosil yakıt kullanımı, arazi kullanım değişimleri gibi etkiler örnek olarak verilebilmektedir (Aksay ve diğ, 2005). Sanayi devrimiyle birlikte CO<sub>2</sub> ve endüstriyel gazların salımı artmıştır. Atmosferdeki sera gazlarının (GHG) artması, 19. yüzyılın sonlarından bu yana ortalama küresel yüzey sıcaklığında 0,6 °C'lık bir artışa neden olmuştur ve son on yılda 0,17 °C'lık bir ısınma yaşanmıştır (Lal, 2013).

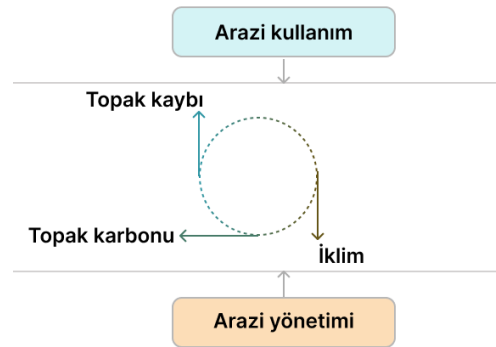


Şekil 2.5: Toprak fonksiyonları ve insan refahı (Baveye ve diğ, 2016)

Turner ve diğ. (2009)'nin yaptığı çalışmaya göre iklim değişikliği ile mücadele stratejileri arasında ToES önemli bir rol oynamaktadır. Azaltma stratejileri sera gazı

kaynaklarının azaltılması veya depolama kapasitesinin artırılmasını amaçlanmaktadır. Uyum sağlama stratejileri ise iklim değışkenliklerinden kaynaklanan zararların hafifletilmesi veya faydalı fırsatların kullanılması için doğal veya insan sistemlerinin bu zararlara uyum gösterecek şekilde geliştirilmesini hedeflemektedir. Potschin ve diğ. (2016)'ne göre stratejilerde farklı öncelikli sektörler ve alanlar olduğundan, azaltma stratejisi daha büyük emisyon kaynaklarını veya daha güçlü potansiyel depolama alanlarını önceliklendirmektedir. Bununla birlikte uyum sağlama stratejisi savunmasız insanları, ekosistemleri ve faaliyetleri önceliklendirmektedir. Bazı sektörler bir stratejinin daha çok ilgilendiğı alanlardır (örneğin; enerji azaltmayla, uyum stratejileriyle sağlık koşullarını geliştirme uygulamaları), ancak ES'ler açıkça her ikisi için de önemlidir (Şekil 2.7).

Son yıllarda artan çalışmalar iklim değışikliğinin ToES'ler üzerindeki güçlü ve karşılıklı ilişkiyi ortaya koymaktadır (Jónsson ve Davíðsdóttir, 2016; Lal, 2004; Kardol ve diğ, 2010). Sürdürülebilir olmayan bir şekilde kullanıldığında, topraklar önemli bir CO<sub>2</sub> emisyonu kaynağı olabilmektedir çünkü toprakta depolanan C'nun azalmasının atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu üzerinde etkileri olmaktadır (Şekil 2.6). Toprak ile doğrudan ilişkili tarım ve çiftçilik faaliyetleri, arazi kullanımı ve arazi kullanımı değışikliğinden kaynaklanan emisyonlar küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %25'ine, Avrupa'da ise yaklaşık %10'una sebep olmaktadır (Schils ve diğ, 2008; Jónsson ve Davíðsdóttir, 2016).



**Şekil 2.6 :** İklim değışikliğı toprak karbon havuzu arasındaki karşılıklı ilişki (Schils, ve diğ, 2008).

İklim değışikliğı ve ToES arasındaki ilişkiyi inceleyen Weber (2007) ve Lal (2004)'in çalışmaları ToES'lerin karbon yutağı olarak işlev gördüğüne odaklanarak ToES'lerin önemine vurgu yapmaktadır. Dominati ve diğ. (2010) ve Orwin ve diğ. (2015) ise ToES'leri, C ve su depolama, iklim düzenlemesi ve taşkın azaltmanın temelini

oluşturdukları için iklim değişikliğine uyum ve azaltım için önemli bir araç olarak görmektedir. Bu bağlamda yürütülen çalışmada iklim değişikliğine uyum ve etki azaltma bakımından mekânsal planlamaya girdi verebilecek ve kritik öneme sahip ToES'ler olarak toprağın C depolaması, hidrolojik faaliyetler üzerindeki etkisi ve hidro-meteorolojik tehlikelerle ilişkisi incelenmektedir



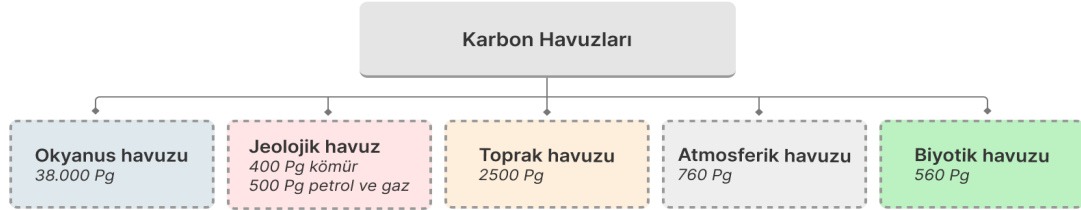
**Şekil 2.7 :** İklim değişikliğine uyum ve hafifletme arasındaki farklar (Potschin ve diğ, 2016).

### 2.3.1 ToES ve karbon depolama/tutma

Lehman ve Star (2010) sürdürülebilir arazi kullanımı ve yönetimi konularında ES'lerin uzun yıllardır ele alınmasına rağmen toprağın C stoku olarak planlara entegre edilmesinin son yıllarda öne çıkan bir konu olduğunu vurgulamaktadır. Weber'e (2007) göre toprak atmosfer için önemli bir C havuzu oluşturmakta ve iklim değişikliği azaltım politikalarında önemli bir rol oynamaktadır. Öyle ki toprakta C tutulması, iklim değişikliği azaltma potansiyelinin yaklaşık %89'unu oluşturmaktadır (Şekil 2.8).

Lal (2004) "Toprak C tutması" ifadesini bitkiler tarafından atmosferik CO<sub>2</sub>'nin uzaklaştırılması ve sabit C'nin toprak organik maddesi olarak depolanması olarak tanımlamaktadır. Toprak ekosistemleri SOC (Toprak organik karbonu) havuzunda C

depolayarak iklim değışikliği azaltımına katkıda bulunmaktadır. SOC iklim değışikliği azaltımında bu kadar önemli bir konuma sahip olmasına rağmen, yeterince dikkate alınamamakta ve toprakta yaşanan bozulmalar atmosferdeki CO<sub>2</sub> salımına katkı sağlamaktadır.



**Şekil 2.8 :** Başlıca küresel karbon havuzları (USDA, 2017)

Weber (2007) toprağı üzerinde kontrolümüz olan en büyük C yutağı olarak ele almakta ve ToES’lerin iklim değışikliği ile mücadeledeki önemini şu şekilde özetlemektedir:

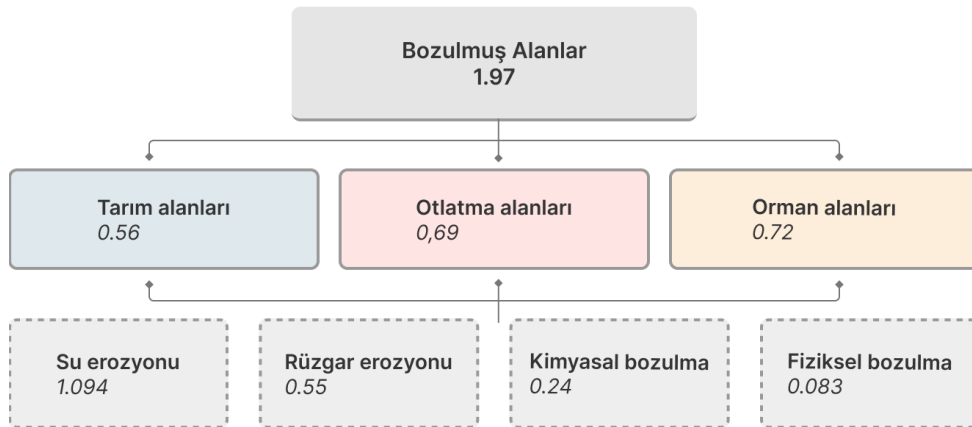
- Toprak organik karbonu (SOC), atmosferle etkileşim içinde olan en büyük rezervuardır. Bitki örtüsü 650 gigaton, atmosfer 750 gigaton, toprak 1500 gigaton C depolar (Şekil 2.16).
- Karasal C’nin %82’si topraklarda tutulmaktadır.
- Karasal biyosfer yılda 2 milyar metrik ton C tutmaktadır.
- Toprak, atmosferik CO<sub>2</sub> seviyelerini düşürmenin en uygun maliyetli yolu olarak değerlendirilmektedir.
- Dünyanın tarımsal ve bozulmuş topraklarının karbon yutma kapasitesi, 42 ila 78 gigaton karbonun tarihi karbon kaybının %50 ile %66’sı kadardır.
- Bir dönüm mera, bir dönüm ormandan daha fazla karbon tutabilir

Tüm önemine karşın SOC insan faaliyetleri veya doğal tehlikelerden dolayı bozulmaya uğramaktadır. Bu durum ToES’ler için büyük bir tehdit olmaktadır. Lal’ın çalışmalarına göre SOC havuzunun tükenmesi ve zarar görmesinin temel sebepleri şunlardır:

- Fiziksel bozulma (erozyon, agregasyonun azalması, toprak yapısındaki azalma, kabuklanma, sıkıştırma, su sızma kapasitesindeki azalma vs.).
- Kimyasal bozulma (besin tükenmesi, pH’de düşüş ve asitlenme vs.).
- Biyolojik bozulma (toprak faunasının aktivitesinde ve tür çeşitliliğinde azalma vs.).

Lal (2004) topraklardaki bozulmanın en büyük tetikleyicisinin ise ormansızlaşma gibi çeşitli arazi kullanım değişikliklerine dayandığını vurgulamaktadır (Şekil 2.9). ToES’lerin göz ardı edilen rolü sebebiyle SOC kaybı Houghton (1999) tarafından 550 Pg, Wallace (1994) tarafından 500 Pg, olarak ifade edilmektedir (Aktaran; Lal, 2004). İklim değişikliğinin etkileri arttığı ve toprak göz ardı edilmeye devam ettiği takdirde sıcaklık artışlarının toprağın üst katmanındaki SOC havuzunu nemli bölgelerde %28, yarı nemli bölgelerde %20 ve kurak bölgelerde %15 oranında tüketeceği tahmin edilmektedir. Günümüzde Dünya üzerinde SOC sekestrasyon potansiyelini kaybetmiş bozulmuş toprak ekosistemlerinin 1216 Mha olduğu düşünülmektedir (Şekil 2.9).

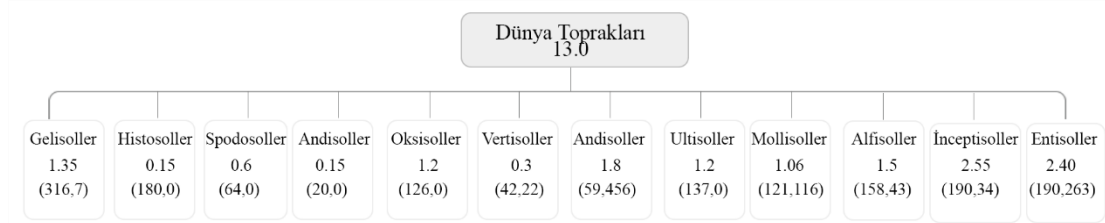
Dünya üzerindeki toprak kaynakları ve toprak yapıları farklılık göstermektedir. C havuzları farklı ekosistemlerde (Şekil 2.10) (Çizelge 2.2) ve farklı toprak türlerinde farklı yoğunluktadır. Ekili alanlarda 500–1000 kg/ha/yıl, otlaklarda 50–500 kg/ha/yıl, ormanlık alanlarda 500–1000 kg/ha/yıl ve 5-10 kg/yıl oranında karbon tutabilmektedir (Lal, 2004; Lal, 2013).



**Şekil 2.9 :** Farklı arazi grupları altındaki toprak bozulmalarının sebepleri ve alan tahminleri (Lal, 2013; Lal, 2004).

İklim değişikliği son yıllarda dünyanın en önemli gündemlerinden biridir ve iklim değişikliği ile mücadelede uluslararası anlaşmalar bu doğrultuda önem taşımaktadır. 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolü bu bağlamda önemli bir çerçeve sunmaktadır (Url-6, 2022). Kyoto Protokolü’ne göre, atmosferdeki CO<sub>2</sub>’nin azaltılması emisyonları azaltarak ve CO<sub>2</sub>’yi atmosferden uzaklaştırarak mümkündür. Schils’e göre bu yaklaşım karasal ekosistemlerin karbon yutağı olarak kullanılması olasılığını ortaya çıkarmaktadır. Bununla birlikte Lal’a göre (2004) SOC dinamiklerinin atmosferdeki CO<sub>2</sub>’nin artışı üzerindeki rolü ve gelecekteki CO<sub>2</sub> artış oranını azaltmadaki stratejik

önemi yeterince dikkate alınmamaktadır. ToES'lerin sağladığı C havuzunun büyüklüğü göz önüne alındığında, CO<sub>2</sub> emisyonlarını önlemek için topraktaki karbonun korunmasının hem iklim değişikliği ile mücadele hem de toprağın korumasında daha yaygın ele alınmaya ihtiyaç vardır.



**Şekil 2.10 :** Farklı dünya toprak düzenleri altında 109 hektarlık alan tahminleri ve parantez içinde gösterilen Pg cinsinden 1 m derinliğe kadar olan karbon havuzunun büyüklüğü (Lal, 2004).

**Çizelge 2.2 :** Toprak organik karbon (SOC) havuzları (Lal, 2004).

| Ekosistem                     | Alan<br>(10 <sup>9</sup> ha) | SOC havuzları<br>(Milyar ton C) | SOC yoğunluğu<br>(Ton C/ha) |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Ormanlar                      |                              |                                 |                             |
| • Tropikal                    | 1.76                         | 213-216                         | 121-123                     |
| • Ilıman                      | 1.04                         | 100-153                         | 96-147                      |
| • Kuzey                       | 1.37                         | 338-471                         | 247-344                     |
| Tropikal Savanlar ve Çayırlar | 2.25                         | 247-264                         | 110-117                     |
| Ilıman Çayır ve Çalılık Arazi | 1.25                         | 176-295                         | 141-236                     |
| Tundra                        | 0.95                         | 115-121                         | 121-127                     |
| Çöl ve Yarı Çöl               | 4.55                         | 159-191                         | 35-42                       |
| Tarım Arazisi                 | 1.60                         | 128-165                         | 80-103                      |
| Sulak Alanlar                 | 0.35                         | 225                             | 643                         |

### 2.3.2 ToES ve su kaynakları arasındaki bağlantı

Topraklar aracılığıyla elde ettiğimiz faydalar, temiz hava, su ve gıda üretimi ile doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılıdır (Delibaş ve diğ, 2021; Pereira ve diğ, 2018). Dolayısıyla, Pereira ve diğ. (2018) topraksız bir dünyada insanların en temel ihtiyacı olan suyun da olmayacağını ifade edilmektedir. Delibaş ve diğ. (2021) suyun Dünya yüzeyindeki, üstündeki ve altındaki sürekli hareketinde toprağın sağladığı ekosistem servislerinin rolüne dikkat çekmektedir. Nitekim, toprak dünya genelinde 67.000 km<sup>3</sup> su tutmakta ve bu su büyük ölçüde kök alımı, bitki büyümesi, yeraltı suyu beslenmesi

ve toprak organizmaları için kullanılmaktadır (Quinton, 2015; aktaran Delibaş ve diğ., 2021).

Toprak, su kalitesi ve miktarını düzenlemede kritik bir rol oynayarak su filtreleme, su depolama ve besin döngüsü gibi temel ES'leri sağlamaktadır. Orwin ve diğ. (2015) su filtrelemenin, toprağın sağladığı en önemli ES'lerden biri olduğunu ifade etmektedir. Sağlıklı toprak, aşırı besin, kirlilik ve sedimanları akışkan öncesi akarsular, göller ve diğer su kaynaklarına girmeden önce uzaklaştırarak suyu süzerek ve arıtarak filtrelemektedir. Bu, su kalitesinin korunmasına ve su ekosistemlerin kirlilikten korunmasına yardımcı olmaktadır.

Toprağın yoğun yağış dönemlerinde suyu emerek ve depolayarak kurak dönemlerde suyu yavaşça salarak su miktarını düzenlemesi de toprağın sağladığı faydalardan biri olarak değerlendirilmektedir (Taylor ve diğ., 2013). Toprağın sunduğu bu servisler, sel baskınlarını ve kuraklıkları önlemeye yardımcı olmakta ve insan, hayvan ve bitki toplulukları için su kaynağını korumaktadır. Bunlarla birlikte Orwin ve diğ. (2015)'nin ifadesiyle toprak, mikroorganizmalar için kritik bir yaşam alanı görevi görmekte, besin döngüsünü sağlamak ve sağlıklı toprak verimliliğini sürdürmek için gerekli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Orwin ve diğ. (2015) suyun sızma, akış ve drenaj oranlarını etkileyerek suyu düzenleyen ana toprak özelliğinin toprak yapısı olduğunu öne sürmektedir. Toprak yapısı, öncelikle toprak dokusu tarafından belirlenmektedir, ancak Deurer (2009)'e göre toprak yapısı iklim değişikliği ile ilişkili toprak karbonundaki herhangi bir değişimden etkilenmektedir.

Ragab ve Prudhomme (2002)'ye göre hidrolojik sistem, dünyanın jeofiziksel bir parçasıdır ve iklim koşullarını etkilemekte ve iklim koşullarından etkilenmektedir. Aynı çalışmaya göre iklim değişikliğinin en şiddetli etkileri, sıcaklıktaki beklenen artıştan değil, yağış, buharlaşma-terleme ve akıştaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Sıcaklıktaki değişiklikler, buharlaşma-terleme oranlarını, bulut özelliklerini, toprak nemini, fırtına yoğunluğunu, kar yağışı ve kar erimesi rejimlerini etkilemektedir. Öte yandan, yağıştaki değişiklikler, yeraltı suyu şarj oranlarını, sel ve kuraklıkların zamanlamasını ve büyüklüğünü etkilemektedir. Bitki örtüsü deseni ve büyüme oranlarındaki değişiklikler de toprak nemini doğrudan etkilemektedir. Azalan yağışlı bölgelerde, toprak nemi önemli ölçüde azalabilmektedir. Aynı zamanda, yaz

aylarında daha yüksek sıcaklıklar nedeniyle toprak yüzeyinde büyük ölçekli bir kuruma beklenmektedir (Ragab ve Prudhomme, 2002).

FAO (2016)'ya göre, iklim değişikliği toprak-su sistemi üzerinde olumsuz etkileri olan birçok faktörü etkilemektedir. Artan sıcaklık ve daha az yağış, toprak nemini azaltabilmekte ve bu durum suyun bitkiler tarafından kullanılabilirliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Ayrıca, aşırı yağış ve sel baskınları, toprağın erozyonuna neden olurken su kaynaklarının kirlenmesine de yol açabilmektedir. Bu nedenle, toprak-su sistemi, iklim değişikliğinin neden olduğu stres faktörlerine karşı savunmasızdır ve iklim değişikliğinin doğrudan bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Taylor ve diğ. (2013)'ne göre toprak-su sistemi, insanlık için hayati öneme sahip birçok ES sağlamakta ve düzenlemektedir. Sonuç olarak, toprak ve su arasındaki bağlantıyı anlamak ve yönetmek, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi ve toprak verimliliği için önem taşımaktadır. İklim değişikliği, bu bağlantı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bu nedenle, toprak ve su yönetiminde iklim değişikliği ile ele alınması gereken önemli bir faktördür.

### **2.3.3 ToES ve hidro-meteorolojik tehlikeler**

IPCC (2015) iklim değişikliğine bağlı doğal tehlikelerin sıklığında ve şiddetinde yaşanacak artışlara vurgu yapmaktadır. Turner ve diğ. (2009)'nin vurguladığı üzere iklim sisteminin önemli bir bileşeni olan ToES'ler çeşitli doğal süreçlerde sahip oldukları kabiliyetlerle azaltım ve uyum kapasitelerine sahiptirler. Bu tez kapsamında ToES ve iklim değişikliği ilişkisinde incelenecek doğal tehlikeler toprak bozulması ve taşkınlardır.

#### **2.3.3.1 Toprak bozulması**

Chen ve diğ. (2002) toprak bozulmasını toprak fonksiyonlarının azalması ve kaybolması olarak tanımlamaktadır. Toprak bozulması toprak malzemelerinin ve bileşenlerinin kaybı ve toprakta zararlı kimyasal bileşenlerin birikmesi gibi olaylar sonucunda ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle Eekhout ve Vente (2022) toprak bozulmasının özellikle karasal ES'lerin, besin döngüsü, su tutma ve yaşam alanı sağlama gibi kapasitelerini olumsuz yönde etkileyen küresel bir tehdit olduğunu öne sürmektedir.

Büyüyen bir nüfusu, azalan ve kalitesi düşen bir arazi alanından besleme zorluğu toprak bozulmaları hakkındaki farkındalığı da arttırmaya başlamıştır. Küresel toprak kaynaklarının durumuyla ilgili 2017 yılında yayınlanan Birleşmiş Milletler (BM) raporu, dünyanın toprak kaynaklarının çoğunluğunun sadece orta, kötü veya çok kötü durumda olduğunu vurgulamakta ve toprak erozyonunun dünya çapında büyük bir tehdit olduğunu ileri sürmektedir (Aktaran; Borrelli ve diğ, 2020).

Chen Jie (2002) 21. yüzyılın başında yapılan bir çalışma Dünya'daki yaklaşık 2 milyar hektarlık toprak kaynağının, yani toplam ekili alanların, meraların, ormanların ve ağaçlık alanların yaklaşık %22'sinin bozulduğunu ifade etmektedir. Şimdiye kadar, dünya çapındaki tarım arazilerinin %40'ından fazlası, yoğun insan faaliyetlerinden dolayı ciddi şekilde bozulduğu tahmin edilmektedir. Berberoğlu ve diğ. (2020) tarım arazilerinden bir yılda tahmin edilen verimli toprak kaybı miktarlarının şu anda 55,5 milyon ton olduğunu ifade etmektedir ve iklim değişikliği ile artması beklenen toprak bozulması IPCC'nin RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 dört iklim değişikliği senaryosuna göre 2060 yılında 308,9, 323,5, 320,3 ve 355,3 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. Yang ve diğ. (2003) toprak erozyonunun en yüksek olduğu arazi örtüsü gruplarının bozuk ormanlar, maki ve tarım arazileri olduğunu belirtmektedir.

Bununla birlikte iklim değişikliğinin, dünyanın pek çok yerindeki çok sayıda ES ve insan refahı sağlayan toprak erozyonuna yol açması beklenmektedir (Eekhout ve Vente, 2022; Yang ve diğ, 2003). İklim değişikliğinin toprak erozyonu üzerindeki etkileri temel olarak yağış miktarı ve şiddetindeki değişimler ile artan sıcaklıklardan kaynaklanmaktadır (DeLong ve diğ, 2015; Berberoğlu ve diğ, 2020). Bu durum kara, tatlı su ve okyanuslar için önemli bir küresel toprak bozulması tehdidi olarak değerlendirilmektedir (Borrelli ve diğ, 2020).

Yang ve diğ. (2002) geçen yüzyılda ekili alanların gelişmesiyle birlikte, toprak erozyon potansiyelinin yaklaşık %17 arttığını ileri sürmektedir. Artan yağış ve nüfus eğilimine sahip bölgelerin, gelecekte toprak erozyonu ile ilgili çok daha ciddi sorunlarla karşılaşması beklenmektedir. Toprak erozyonu aynı zamanda döngüleri de etkilemekte ve bu nedenle iklim değişikliğinin kendisiyle etkileşime girmektedir (Eekhout ve Vente, 2022). İklim değişikliği ile artması beklenen toprak erozyonu aynı zamanda yaratacağı tahribat ile depoladığı CO<sub>2</sub>'yi de atmosfere salmaktadır. Bu durum iklim değişikliği ile toprak erozyonu arasında karşılıklı ve güçlü bir bağ ortaya

çıkarmaktadır. Aşınmış çökeltiiler tarafından taşınan karbonun %20'sinin atmosfere CO<sub>2</sub> olarak salınması beklenmektedir (Yang ve diğ, 2003).

Türkiye'de toprak erozyonunun boyutlarını inceleyen Berberoğlu ve diğ. (2020) toprak erozyonunu sadece çevreyi değil, Türkiye'de ve dünyanın benzer her bölgesinde ekonomiyi, gıda güvenliğini ve sosyal hayatı da tehdit eden bir unsur olarak ele almaktadır. Bu nedenle Chen Jie (2002)'ye göre sadece gıda güvenliği ve ekolojik sağlık için değil, aynı zamanda küresel sürdürülebilir kalkınmanın garantisi için dünya çapında farklı düzeylerde ve ölçeklerde toprak bozulmasıyla mücadele etmek gerekmektedir.

### **2.3.3.2 Taşkınlar**

Nedkov ve Burkhard (2012) taşkınların insan toplumları üzerinde önemli bir baskı oluşturduğunu vurgulamaktadır. Vári ve diğ. (2022)'nin ifadesiyle taşkınların insan yerleşimlerine ve altyapılara verdiği hasarın boyutları her geçen gün artmaktadır. İklim Değişikliği 5. Değerlendirme Raporu (2014) iklim değişikliğinin taşkınlar üzerinde şiddetli yağışların artması, kuraklık ile toprağın neminin azalmasıyla yağışların toprak tarafından emilememesi gibi etkilerinden dolayı taşkınlardan yaşanacak kayıplarda artışların yaşanacağını ortaya koymaktadır. Sel ve taşkınların şiddetini ve sıklığını azaltmada doğal bir kapasite olarak değerlendirilen ES'ler iklim değişikliğine bağlı doğal tehlikelerin etkilerinin azaltılmasında önemli katkılar sunmaktadır (Vári ve diğ, 2022). Montgomery (2007)'ye göre topraklar sağladıkları ES'ler ile taşkınların kontrolünde kilit öneme sahiptirler. ToES ve taşkınlar arasındaki ilişkiyi şu şekilde açıklamak mümkündür:

1. Su emme ve tutma: Yapılan çalışmalara göre (Montgomery, 2007) toprak, yağışın emilip tutulması ve yer altı sularının beslenmesi açısından taşkın ve erozyon kontrolü açısından önemlidir. İyi bir toprak yapısı ve organik madde içeriği, su emme ve tutma kapasitesini arttırmaktadır. Nedkov'a göre bu durum, taşkınların şiddetini azaltmaya yardımcı olmaktadır, çünkü bu sayede toprak suyu daha iyi emmekte ve suyu tutarak akış hızını yavaşlatmaktadır (Nedkov ve Burkhard, 2022).
2. Su geçirgenliği: Toprağın su geçirgenliği, yağışların toprağa sızması ve yeraltı su kaynaklarına yönlendirilmesi gibi işlevler taşımaktadır. İyi drene olan

topraklar, yağmur sularının birikmesini engellemekte ve taşkın riskini azaltmaktadır (Vári ve diğ, 2022).

3. Erozyon kontrolü: Erozyon, taşkınların şiddetini arttırmakta ve toprak kaybına yol açmaktadır. Bitki örtüsü ve sağlam toprak yapısı, erozyonu azaltarak taşkınların etkisini de hafifletmektedir (Montgomery, 2007).
4. Sedimentasyon kontrolü: Toprak, akarsular ve nehirler aracılığıyla taşınan çöktürleri tutma yeteneğine sahiptir. Bu, taşkınların neden olduğu sedimentasyonun kontrolünde önemli bir rol oynamaktadır. Toprak, akarsu yataklarında çöktürleri hapsetmekte ve taşkın sularının akış hızını yavaşlatarak sedimentasyonda azaltmaktadır (Vári ve diğ, 2022).

Sağladığı tüm bu servisler ile ToES, taşkınların yönetimi ve düzenlenmesinde önemli bir rol oynayarak taşkınların şiddetini azaltmaya ve su kaynaklarını korumaya yardımcı olmaktadır. Bu servislerin özellikle havzalarda dikkate alınması hidrolojik sistem, arazi kullanım uygulamaları ve ekosistem fonksiyonları arasındaki etkileşimlerin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağladığı için önemlidir. Bu yaklaşıma Soultos ve Voulvoulis (2021) çalışmalarında vurgu yapmaktadır. Yazarlar, üye ülkelerin su kaynaklarını yönetirken ekosistem tabanlı bir yaklaşım benimsemeyi gerektiren Avrupa Su Çerçeve Direktifi örneğini vurgulamaktadır. ToES'lerin, taşkın düzenlemesindeki rolünü de içeren şekilde entegre edilmesinin, havza yönetimi planlaması için değerli bir iç görüş sağladığını vurgulamaktadırlar.

## **2.4 Bölüm Sonucu**

İnsanlar ToES'lerden doğrudan veya dolaylı olarak çeşitli faydalar sağlamaktadır. ToES'ler dört kategoride sınıflandırılmaktadır. Bunlar; düzenleyen, destek sağlayan ve kaynak sağlayan servislerdir. Düzenleyen servisler, toprak ve su kaynaklarının yönetimi, iklim düzenlemesi ve su kalitesinin korunması gibi işlevleri içermektedir. Destek sağlayan servisler, bitki ve hayvanların yaşam alanlarını sağlamak, toprağın verimliliğini artırmak ve doğal döngüleri sürdürmek için gerekli olan süreçleri içermektedir. Kaynak sağlayan servisler ise, topraktan elde edilen gıda, biyoçeşitlilik ve diğer ürünleri ifade etmektedir. Sunduğu tüm faydalar ile toprak insan refahı için önemli bir kavramdır.

ToES'ler iklim değişikliği ile doğrudan ve dolaylı olarak bağlantılıdır. Nitekim karasal ekosistemin en büyük C havuzu olan ToES'lerin, iklim değişikliği azaltma

potansiyelinin yaklaşık %89'unu temsil ettiği ifade edilmektedir (Weber, 2007; Lehman ve Stahr, 2010). ToES'lerin iklim değişikliği ile ilişkisi C depolama ve C d6ngüsü servisleri yanı sıra ToES'lerin su ve iklim d6zenlemedeki rolü ile de 6ne 6ıkmaktadır. ToES ve su ilişkisi ToES'lerin aşırı yağışlarda suyu emerek doğal tehlikeleri 6nlemesi, suyu filtrelemesi ve suyu depolaması gibi işlevleriyle bağlantılıdır.

İklim değişikliğine bağlı olarak ToES'ler 6eşitli hidro-meteorolojik doğal tehlikelerle karşılaşmaktadır. Bu doğal tehlikelerden 6ne 6ıkanlar toprak kayıpları ve taşkınlardır. İklim değişikliğinin toprak erozyonu 6zerindeki etkileri yağış miktarı ve şiddetindeki değişimler ve artan sıcaklıklardan kaynaklanmaktadır. Toprak bozulmaları ToES'ler ve sağladıkları faydalar i6in 6nemli tehditlerden bir tanesidir. İklim değişikliğiyle beraber gelen yağışlardaki d6zensizlikler toprağın nemini azaltarak yağışların emilmesini g66leştirerek taşkınlara sebep olmaktadır. Bu durumda toprak kalitesi ve sunduğu ES'ler a6ısından tehdit oluşturmaktadır.

Bu nedenle, 6alışmanın bu b6l6m6nde tanımlanan ve 6nemi ortaya koyulan ToES'lerin iklim değişikliğine uyum kapsamında mekânsal planlar i6erisinde incelenmesi gerekmektedir. Bir sonraki b6l6mde bu ilişki incelenerek T6rkiye'deki mevzuatta ToES'lerin nasıl ele alındığına dair bir değerlendirme yapılmaktadır.



### **3. TOPRAK EKOSİSTEM SERVİSLERİ (ToES) VE MEKÂNSAL PLANLAMA İLİŞKİSİ**

Önceki bölümde ES kavramı, ES içerisinde ToES'in konumu, ToES'in sınıflandırılması ele alınmış ve iklim değişikliği ile bağlantılı mekânsal planlamaya girdi verebilecek ToES özellikleri ve bu doğrultudaki doğal tehlikeler incelenmiştir. Türkiye'deki mevzuatta ToES'lerin nasıl ele alındığının incelenmesi bu konuda doğru politikaların geliştirilebilmesi ve ToES'lerin sunduğu faydalardan yararlanabilmek adına büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple Türkiye'deki mekânsal planlama süreçlerinde ToES'in nasıl ele alındığı araştırma sorusuyla bu bölüm oluşturulmuştur. Özetle bu bölümün amacı mekânsal planlarda iklim değişikliğine uyumun nasıl ele alındığını ve insan refahı için önemli bir kaynak olan ToES'in bu bağlamda nasıl değerlendirildiğini ortaya koymaktır.

Bu bölümün ilk etabında mekânsal planlama ve ToES ilişkisinin literatürde nasıl ele alındığı ve mekânsal planlama süreçlerine ToES'lerin nasıl entegre edilebileceğine dair çalışmalar değerlendirilmektedir. Bölümün 2. etabında ise iklim değişikliğine mekânsal uyum çalışmalarının genel kapsamı değerlendirilmekte ve ToES'lerin iklim değişikliğine uyum politikalarında nasıl ele alındığı Dünya genelindeki araştırmalar ile açıklanmaktadır. Bölümün 3. etabında ise Toprak Kanunu, Çevre Kanunu, Orman Kanunu, İçme Suyu Koruma Kanunu ve Çevre Düzeni Kanunu'nda önceki bölümde ortaya koyulan ToES özelliklerinin ele alınıp alınmadığı değerlendirilerek, mekânsal planlarda ToES kapsamı incelenmektedir.

#### **3.1 Mekânsal Planlama Süreçleri ve ToES**

Mekânsal planlama geleceğe yönelik bir faaliyet olarak değerlendirilmektedir. Nadin ve diğ. (1997) mekânsal planlamayı ulusal ve yerel yönetimler tarafından mekândaki faaliyetlerin gelecekteki tahsisini etkilemek için kullanılan yöntemler olarak tarif etmektedir. Mekânsal planlama bir yerin gelişiminin nasıl gerçekleşeceği ve bu gelişmelerin ne zaman olması gerektiği ile ilgilenmektedir.

IPCC (2023), UNEP (2022), WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü) (2022), gibi kurumların yaptığı çalışmalar ile iklim değişikliğinin etkileri ve sonuçları ortaya koyulmuş ve bu çalışmalar iklim değişikliğinin Dünya'yı değiştirdiğini kanıtlamıştır. Mekânsal planlar geleceğe yönelik sundukları faaliyetler ve bugünü şekillendirme güçleriyle, sundukları uyum ve azaltım politikalarıyla, iklim değişikliğine karşı doğal ve yapılı çevrenin dirençli ve esnek olmasına olanak sağlamaktadır. Mekânsal planlama, UNISDR (Birleşmiş Milletler Uluslararası Afet Risk Azaltma Stratejisi) (Url-7, 2023) tarafından afet riski daha düşük yerleşim birimleri ve kentlerin oluşturulmasına büyük katkı sağlama potansiyeline sahip bir alan olarak kabul edilmektedir. Tüm bunlar göz önüne alındığında Schils, ve diğ. (2008)'nin iklim değişikliği ile doğrudan bağlantısını kanıtladığı ve doğal tehlikeler üzerinde sağladığı servisler ile risk azaltma kabiliyeti olan ToES'lerin mekânsal planlamaya entegrasyonu konusu öne çıkmaktadır.

Maes (2012) ES'lerin mekânsal planlama süreçlerinde değerlendirilmesinin bölgesel ve kentsel kalkınmaya önemli ölçüde katkıda bulunabileceğine, gelecekteki yatırımlar hakkında karar vermeyi destekleyeceğine, istihdamı ve ekonomik büyümeyi geliştireceğine vurgu yapmaktadır. Ayrıca, yazara göre mekânsal planlamada ES değerlendirmesinin ve haritalama sonuçlarının kullanılması, çevresel hususları arazi kullanımı değişikliği veya yönetimi konusunda alınan kararlara entegre etmek için büyük fırsatlar sağlamaktadır. ES haritalama ve değerlendirme, birçok AB ülkesinde ulusal düzeyden yerel düzeye planlama ve karar vermeyi desteklemek için halihazırda yaygın olarak kullanılmaktadır. ES konsepti, peyzajları ve ilgili hizmetleri iyileştirmeyi, onarmayı veya yaratmayı amaçlayan peyzaj planlamasında uygulanmak için büyük bir potansiyele sahiptir.

Mekânsal planlamaya yönelik ES'lerin haritalanması ve değerlendirmesinin ana girdileri şu şekilde açıklanmaktadır ve bu yaklaşımı ToES'lere dayalı mekânsal planlama sürecine entegre etmek mümkündür (Albert ve diğ, 2017):

1. ToES'lerin analizi ve potansiyel ToES'lerin belirlenmesi.
2. Mevcut ve potansiyel ToES gösterge değerlerinin karşılaştırılması.
3. Tanımlanan her bir ToES'in çoklu hizmet sağlama yeteneğini değerlendirilmesi
4. ES sağlama potansiyeli yüksek olan ve/veya planlama kararıyla ilgili belirli etkilere karşı hassas olan ve bunların korunması veya restorasyonu için

planlama çözümleri gerektirebilecek ES alanlarının 'sıcak noktaların' belirlenmesi.

5. Planlama çözümlerinin ES tedariki üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi,
6. Farklı arazi kullanım alternatiflerinden kaynaklanan ES'lerdeki değişimlerin görselleştirilmesi.
7. ES arz ve talep alanları arasındaki uyumsuzluğun belirlenmesi,
8. Planlama önerilerinin genel faydalarını ve eksikliklerini ileterek paydaşların ve karar vericilerin planlama sürecine katılımını artırmak.
9. İnsanların yerel bilgi ve algılarını toplayarak ve ES hakkında bilgi alışverişini artırarak vatandaşların planlama ve karar alma süreçlerine katılımını arttırmak.

Albert ve diğ. (2017)'nin çalışmasına göre ulusal politikalar ile ToES'lerin standartlarının ve değerlendirilmelerinin mekânsal planlamaya entegrasyonunu gerçekleştirmek mümkündür. ToES'ler üzerinde baskı ve potansiyellerin belirlenmesi ve bunların haritalandırılması ile yerel ve ülke ölçeğinde ToES'e dayalı mekânsal planlar üretilebilmektedir. Sağladığı servisler göz önüne alındığında ToES üzerindeki tehlike ve risk bilgilerinin mekânsal planlamaya entegrasyonu hem ulusal hem de yerel düzeylerde gereklidir.

Maes ve diğ. (2012), ES'leri, doğa ve insanlar arasındaki etkileşimlere bütüncül bakış açısı ve çevresel ve sosyo-ekonomik hedefler arasındaki çatışmaları ve sinerjileri ele alma potansiyeli nedeniyle, politika ve karar verme için önemli bir kavram olarak kabul etmektedir. Yazarlar ES'lere dayalı planlama kavramının özellikle doğaya dayalı çözümlerin daha uygun maliyetli olması sebebiyle mekânsal planlama süreçlerine dahil edilmeye çalışıldığına dikkat çekmektedir.

Mekânsal planlar yapım yönetmeliğine göre planlama süreci araştırmaların yapılması, sorunların ortaya konulması, veri ve bilgi toplama ile ilgili analiz aşaması; bilgilerin bir araya getirilmesi, birleştirilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi ile ilgili sentez aşaması ve plan kararlarının oluşturulması aşamalarından oluşmaktadır. Tüm nihai planlama kararları, planlama sürecinde elde edilen verilere dayanarak oluşturulmaktadır (Türkoğlu ve diğ, 2011). Ancak Nilsson (2007)'ın da vurguladığı gibi; günümüzde planlama süreçleri koordine edilmesi gereken büyük hacimli temel verilerle uğraştığı göz önüne alındığında somutlaştıramayacak kadar karmaşıktır.

Greiving ve Fleischhauer (2006)'ın mekânsal planlarda risk yönetimini değerlendirildiği çalışmalarında mekânsal planlama süreçleri dört ana başlıkta incelenmektedir; problem analizi, alternatiflerin değerlendirilmesi, karar verme, uygulama ve izleme.

Bu dört aşamalı mekânsal planlama süreçlerinin ilk aşaması planın hayata geçirilmesi ve uygulanabilmesi için gerekli bilimsel temeli sağlamaktadır. Bu aşamada sorun analizi, CBS analiz araçları, paydaş katılımı gibi çeşitli planlama araçları kullanılmaktadır. Fossey ve diğ. (2020) özellikle ToES'lerin mekânsal planlamaya entegrasyonu açısından planlama süreçlerini değerlendirmektedir. Bu çalışmada Fossey ve diğ. (2020)'nin çalışmalarında Greiving ve Fleischhauer (2006)'un temel mekânsal planlama süreçleri olarak değerlendirdiği süreçleri izledikleri görülmektedir. Fossey ve diğ. (2020) ToES'e dayalı mekânsal planlama süreçleri şu şekilde belirlemiştir:

1. ToES'lerin analizi ve potansiyel ToES'lerin belirlenmesi
2. Mevcut ve potansiyel ToES gösterge değerlerini karşılaştırılması
3. Tanımlanan her bir ToES'in çoklu servis sağlama yeteneğini değerlendirilmesi
4. Bu sonuçları görüntülemeye izin veren haritaların oluşturulması (GIS veri işleme).

ToES'e dayalı mekânsal planlama, veri ve özellikle risk analizi alanında katkı sağlayabileceği bilimsel çalışmaları, mekânsal planların etkilerinin de dikkate alınması gereken toprakla ilgili politik karar alma süreçlerini ve mekânsal plan özelliklerine uygunluğun sağlandığı uygulama süreçlerini içermektedir (Fossey ve diğ, 2020). Plana entegre edilmesi istenilen faktörlerin mekânsal planlama süreçlerine erken entegre edilmesi planlardan istenilen verimlerin alınmasını da kolaylaştırmaktadır (Gustafsson ve Andréen, 2017). Bununla birlikte Nilson (2007)'ın da vurguladığı üzere planlama sürecinde konu ve sınırları netleştirmek ve bu konuların düzgün bir şekilde tartışılması sürdürülebilir kalkınmayı da desteklemektedir. Planlama süreçlerinin sürekli veya aralıklı olarak plan performansına göre değerlendirilmesi de planların etkinliği üzerinde etkili olmaktadır

İklim değişikliğine mekânsal uyum kapsamında ToES'lerin değerlendirilmesi de Özellikle iklim ile bağlantılı ToES'lerin analiz edilmesi ve bu bağlamda problemlerin analiz edilmesi ve risklerin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu bağlamda iklim

değişikliğine uyum kapsamında ToES'lerin çerçevesinin oluşturulabilmesi için mekânsal planlama ve ToES ilişkisini kurduktan sonra bu ilişkinin iklim değişikliğine uyum kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir.

### **3.2 ToES ve Mekânsal Planlama İlişkisinde İklim Değişikliğine Uyum**

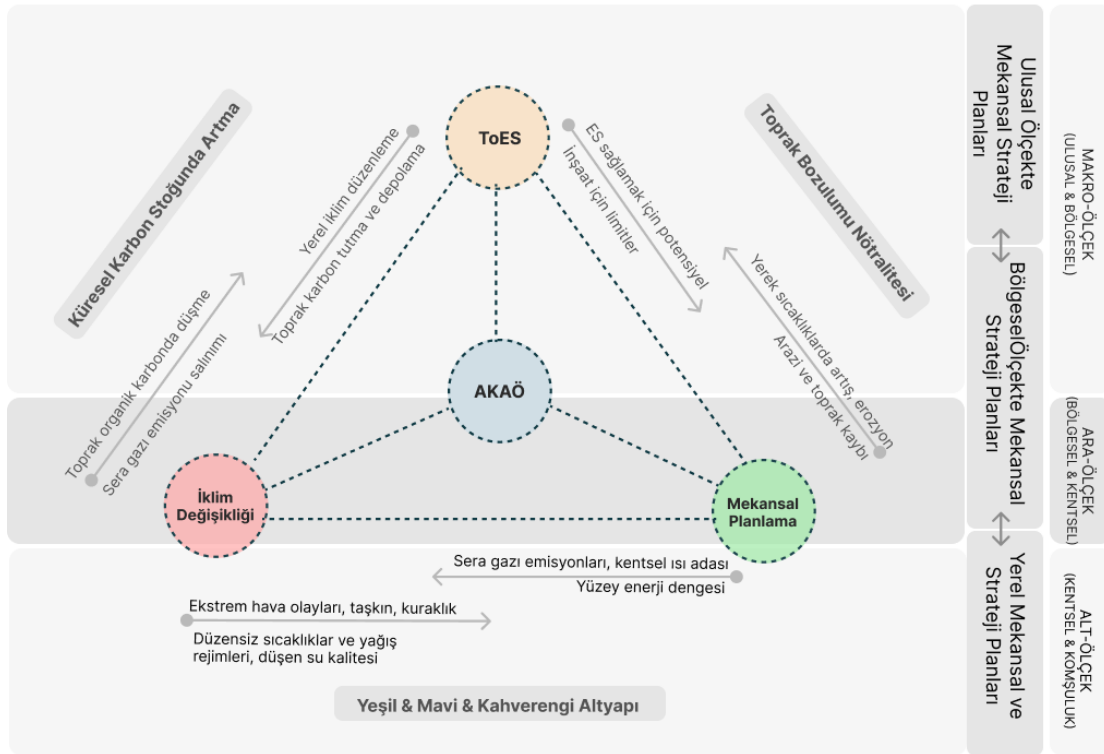
ToES'ler yerkürenin en büyük C yutağı olması (Weber, 2007) ve iklim değişikliğine bağlı doğal tehlikeleri düzenlemedeki rolü ile (Turner ve diğ, 2009) iklim değişikliği gibi çevresel tehditlerle mücadele etmek için önemli bir araçtır. Bu nedenle, mekânsal planlama, ToES'lerin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve korunması için kritik bir rol oynamaktadır.

Mekânsal planlama, bir alanın doğal kaynaklarının korunması, kullanımı ve geliştirilmesi ile ilgili kararları almak için tasarlanmış bir süreçtir. İklim değişikliği ile mücadelede mekânsal planlama, ToES'lerin korunması ve yeniden üretilmesi için çeşitli stratejiler geliştirebilmektedir. Bunlar arasında kentlerde yeşil alt yapı uygulamalarının kullanılması, arazi kullanım değişikliği ve erozyon kontrolü ve toprak verimliliğinin artırılması gibi önlemler bulunmaktadır. ToES ve Mekânsal Planlama İlişkisinde İklim Değişikliğine Uyum başlığı altında da bu 3 konu incelenmektedir.

Fossey ve diğ. (2020)'ne göre ToES'lerin korunması için mekânsal planlama kararları alınırken, tanımlanan her bir ToES'lerin çoklu servis sağlama yeteneğini değerlendirilmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır. Bu bağlamda iklim değişikliğin mekânsal uyum kapsamında iklim ile bağlantılı ToES'lerin (toprağın C tutması, su döngüsü üzerindeki etkisi, hidro-morfolojik tehlikeler ile bağlantısı) etkilerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenle, geleceğe yönelik bir faaliyet olarak değerlendirilen mekânsal planların, ToES'lerin korunmasını ve iklim değişikliğine uyum sağlamayı amaçlayan bütüncül bir yaklaşım benimsemesi gelecekte karşılaşılabilecek risklere karşı kentleri daha dayanıklı hale getirecektir.

Delibaş ve diğ. (2021) ToES'leri, mekânsal planlama ve iklim değişikliği arasındaki bağlantıları çok yönlü ve karmaşık olarak ifade etmektedir. Yazarlar kentlerin sürdürülebilirliği açısından önemini vurguladıkları bu üç kavram arasında 3 bağlantıdan söz etmektedirler (Şekil 3.1). Söz konusu çalışmada geçen ilk bağlantı, iklim değişikliğinin toprak üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerini vurgulamakta, toprak karbon depolama kapasitesinin bir azaltıcı etkiye karşı bir önlem olarak

kullanılma potansiyelini ortaya koymaktadır. İkinci bağlantı, toprak kalitesine ve sürdürülebilir toprak kullanımına yapılan müdahalelerin mekânsal planlamaya olan etkisini ele almaktadır. Son bağlantı ise iklim değişikliği ve mekânsal planlama arasındaki etkileşimleri göz önüne almaktadır. Bu bağlamda, toprak koruma, sürdürülebilir arazi kullanımı planlaması, ağaçlandırma ve su geçirgen yüzeylerin artırılması gibi stratejiler, olumsuz etkileri dengelemek ve olumlu etkileri artırmak için önemlidir. Bu bağlantılar iklim değişikliğine mekânsal uyumda ToES'lerin konumunu belirlemede güçlü bir girdi sunmaktadır.



**Şekil 3.1 :** Toprak, iklim değişikliği, mekânsal planlama arasındaki bağlantının çerçevesi (Delibaş ve diğ, 2021).

### 3.2.1 İklim Değişikliği ve mekânsal planlama

Carter ve diğ. (2017)'nin ifade ettiği üzere iklim değişikliği, dünyanın ekosistemleri, ekonomileri ve toplulukları için önemli zorluklar oluşturmaktadır. Bu bağlamda, mekânsal planlama, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasında ve bunlara uyum sağlanmasında hayati bir rol oynamaktadır. Altınok (2021) iklim hususlarını kentsel ve bölgesel planlama süreçlerine entegre etmenin, gelecek zorluklarla yüzleşmek için daha donanımlı, dayanıklı ve sürdürülebilir topluluklar yaratma imkânı sunduğunu ifade etmektedir.

İklim değişikliğine uyum, mekânsal planlamanın bir başka kritik bileşenidir. Riskleri en aza indirmek ve savunmasız nüfusları korumak için değişen iklim koşullarını tahmin etmeyi ve bunlara yanıt vermeyi içermektedir. Bu bağlamda mekânsal planlama araçları kullanılarak mekânsal planlama süreçleri içerisinde, ToES'ler ile bağlantılı hidromorfolojik tehlikelere eğilimli alanları belirlemek ve altyapının ve toplulukların daha yerleşimi için uygun alanları belirlemek iklim değişikliğine uyum kapsamında değerlendirmek mümkündür. Mekânsal planlar toprak kaybı, taşkın kontrolü ve karbon tutma gibi değerli servisler sağlayan toprak ve doğal ekosistemlerin korunmasını ve restorasyonunu da teşvik etme gücüne sahiptir.

Hurlimann ve March (2012) iklim değişikliğine uyuma yönelik planlama araçlarının nasıl uygulanabileceği ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için potansiyel faydaların, bağlam özgü olduğuna ve planlamanın yere özgü uyuma göre özelleştiğine vurgu yapmaktadır. Sonuç olarak planlama kurumlarının ve onların bileşen topluluklarının doğası, yargı alanından yargı alanına değiştiği için, uyum için mekânsal planlama için tek bir yaklaşım olmayacaktır.

Planlama araçları, mekânsal planlama uygulamalarında yaygın olarak kullanılan stratejileri ifade etmektedir. Gedikli (2017) planlama araçlarının, sürdürülebilirliği ve uyumu sağlamak için birçok mekanizmayı içediğini ifade etmektedir. Bu araçlar, mekânsal planlama kararlarına yönelik veri analizi ve sunumlarını kolaylaştırmakta ve etkileşimli bir karar verme sürecine olanak tanımaktadır. Geneletti ve Madle (2017) planlama araçlarının, iklim değişikliğine uyum sağlamak için ve özellikle ES'lerin potansiyellerinin değerlendirilmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır. İklim değişikliği ile mücadelede, planlama araçları, iklim risklerini ve tehditlerini belirlemek, planlama kararlarının uyum kapasitesini artırmak için kullanılmaktadır. Planlama araçlarına örnek olarak, coğrafi bilgi sistemleri, risk analizi, senaryo analizi ve stratejik planlama modelleri verilebilir (Altınok, 2021). Bu araçları ToES'lerin mevcut durumunu ve eğilimini anlamak için kullanmak toprağın iklim değişikliği ile mücadelede sunduğu servisleri mekânsal planlara entegre etmeyi de mümkün kılmaktadır. Farklı planlama ölçeklerinde iklim değişikliği etkileri (Çizelge 3.1) ve çözümleri de farklı olacaktır (Gedikli, 2017) .

Hurlimann ve March (2012)'a göre mekânsal planlama, iklim değişikliğiyle mücadelede aşağıdaki faydaları sağlama gücüne sahiptir:

**Çizelge 3.1:** Farklı plan ölçeklerinde iklim krizi (Gedikli, 2017).

| Plan ölçeği                                | Kentsel iklim krizi              |
|--------------------------------------------|----------------------------------|
| 1/25.000 kent: kent gelişimi, master planı | Isı adası etkisi ve hava akımı   |
| 1/5.000 komşuluk: kentsel yapı             | Termal konfor, kirlilik          |
| 1/2.000 yapı adası: açık alan tasarımı     | Termal konfor                    |
| 1/500 yapı: yapı tasarımı                  | Radyasyon ve havalandırma etkisi |

1. Adaptasyonu sağlamak için yol göstericilik: İklim değişikliği, iklim olaylarının sıklığı, şiddeti ve süresinde artışa neden olmaktadır. Mekânsal planlama, insanların ve çevrenin bu değişikliklere uyum sağlamasına yardımcı olacak kararlar alınmasına olanak sağlamaktadır.
2. Uyum için uygun çözümler: Mekânsal planlama, doğal afetlere hazırlık, yerleşim alanları ve yapıların tasarımı, su yönetimi, arazi kullanımı, koruma ve restorasyon gibi konularda çözümler sunmaktadır. Bu çözümler, iklim değişikliğiyle mücadele eden toplulukların gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. İklim değişikliğine uyum konusunda öne çıkan ToES'lerin bu kapsamda değerlendirilmesi bu açıdan önem taşımaktadır.
3. Riskleri azaltmak için yönetim stratejileri: Mekânsal planlama, iklim değişikliği ile ilişkili riskleri azaltmak için yönetim stratejileri belirlemektedir. Bu stratejiler, plancılar, yerel yönetimlerin ve hatta vatandaşların, iklim değişikliği etkilerini azaltmak ve riskleri yönetmek için harekete geçmelerine yardımcı olmaktadır. ToES'lerin iklim kaynaklı doğal tehlikeleri azaltma kabiliyeti de bu yönetim stratejileri kapsamında değerlendirilebilmektedir.
4. Sürdürülebilirlik hedefleri: Mekânsal planlama, sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu bir şekilde iklim değişikliği ile mücadele etmektedir. Bu hedefler, çevre koruma, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş ve enerji tasarrufu gibi çözümleri içermektedir. Mekânsal planlarda sürdürülebilirlik hedefleri belirlenirken ToES'lerin bu kapsamdaki kabiliyetlerinin değerlendirilmesi onları planlara entegre etme sürecinde katkı sunmaktadır.

5. Toplulukları birleştirme: Mekânsal planlama, iklim değişikliğiyle mücadele için toplulukları birleştirebilmektedir. Bu, insanların, kurumların ve kuruluşların birlikte hareket ederek iklim değişikliğiyle mücadele etmelerini ve toplulukların güçlü bir şekilde birbirine bağlanmasını sağlamaktadır.

Mekânsal planlama, insan yerleşimlerinin tasarımını, geliştirilmesini ve yönetimini içeren bir süreçtir. İklim değişikliği ve mekânsal planlama arasındaki ilişki, iklim değişikliğinin neden olduğu etkilerin, kentler ve diğer yerleşim alanlarındaki fiziksel düzenlemelerin tasarımı ve yönetimi yoluyla azaltılması veya en aza indirilmesi için fırsatlar sunmaktadır (Altınok, 2021). Kopenhag (Copenhagen Climate Adaptation Plan, 2011), Rotterdam (Rotterdam Adaptation Strategy, 2013), New York (OneNYC 2050, 2019) gibi birçok kent iklim değişikliğinin etkileriyle mücadele etmek için stratejiler geliştirmiş ve uygulamaya koymuştur. Bu stratejiler, çeşitli mekânsal planlama araçları kullanılarak uygulanmıştır. Yapılan uygulamalarda kentin özellikle iklim değişikliği ile ilişkili risklerinin belirlendiği ve risk haritalarının hazırlandığı görülmektedir. Söz konusu uygulamalarda bu risklere dayanıklılığı artırmak için kentsel tasarım, bina tasarımı ve altyapı tasarımı gibi alanlarda plan kararları bulunmaktadır. Hurliman ve March (2012) yürüttükleri çalışmada uyum planlama yöntemlerini çeşitli açılardan değerlendirmiştir. Çizelge 3.2’de paylaşılan bu çalışmada çeşitli uyum uygulamaları ve bunların olumlu ve olumsuz etkileri ele alınmıştır.

Hurliman ve March (2012)’in ortaya koyduğu üzere mekânsal uyum, iklim değişikliğini hafifletme ve direnç oluşturma çabalarının çok önemli bir bileşenidir. İklim değişikliği ile bağlantılı ToES’leri kentsel ve bölgesel planlamaya dahil ederek, toplulukları daha esnek, uyarlanabilir ve sürdürülebilir hale getirmek mümkündür.

Risk değerlendirmesi, entegre planlama, doğa temelli çözümler, altyapı esnekliği ve topluluk katılımı ilkeleri, etkili mekânsal uyumun anahtarını oluşturmaktadır. İklim değişikliğinin etkileri yoğunlaşmaya devam ettikçe, toplulukların refahını ve uzun ömürlülüğünü sağlamak için mekânsal uyum önlemlerine öncelik vermek giderek daha önemli hale gelmektedir (Altınok, 2021).

Altınok (2021) iklim değişikliği için planlamanın bir kez yapılan bir işlem değil, sürekli ve tekrarlayıcı bir süreç olduğuna ve sürekli olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi gerektiğine dikkat çekmektedir.

**Çizelge 3.2 : Uyum Planlama Yöntemleri (Hurlimann ve March, 2012).**

| Planlama Araçları Türleri  | Örnek Uyum Uygulama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Artılar ve eksiler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vizyon<br>Misyon Bildirimi | İklim değişikliğine uyum sağlamak için, şehir sosyal adalet, erişim eşitliği ve çevresel sürdürülebilirlik koşullarını sağlayacak.                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>+Bu, niyeti belirtmek, farklı görüşler veya paydaşlar arasında ortak zemin bulmak ve organize etmek için başlangıç noktası olarak yararlıdır.</p> <p>-Yalnızca yüksek soyutlama seviyesinde dikkat edilmesi, pratik gerçekliklerle başa çıkmaktan kaçınmayı ve uygulama zorluklarından ve mekanizmalarından dikkati dağıtabilir.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Strateji Planı             | Adaptasyon için karar verme süreci, var olan kentsel formdan adaptasyonu kolaylaştıran kanıta dayalı bir kentsel forma yatırımları değiştirebilecek şekilde düzenlenebilir. Bunu yaparken, genel büyüme ve yatırım kalıplarını bu değişime uyacak şekilde koordine etmeye devam eder.                                                                                                                                     | <p>+Yeni ve daha sürdürülebilir yollara karar verme yönünü değiştirme olanağı sağlar.</p> <p>+Geniş ölçekte kanıt toplama ve analiz etme, birçok bağımlı "sistemin rolünü takdir etmeyle anlayışların geliştirilmesine izin verir</p> <p>+Bazıları için popüler olmayan ancak kolektif olarak veya uzun vadede haklı görülen kararlar için bir temel sağlar.</p> <p>Yerel yenilik ve uyum fikirlerini yok sayan güçlü merkezi bir "güce" ihtiyaç duyabilir</p> <p>-Merkezi yapılar değişimi engelleyebilir veya geciktirebilir</p> <p>-Rekabetçi siyasi ideolojiler tarafından ele geçirilebilir</p>         |
| Politika<br>Regülasyon     | Stratejik planlamayı tamamlayan ve başarılı bir uyum elde etmek için arazi kullanımı desenlerine uygun olan bireysel bina izinlerinin verilmesini sağlayan düzenleyici kurallar. Örneğin, elektrik girişlerine ihtiyaç duymadan termal konforu artırmak için pasif tasarım öğeleri içeren yoğun konutlara verilen izinler; toplu taşıma seçeneklerinden yürüme mesafesi dışında konumlanmış konutların sınırlandırılması. | <p>+Tüm sistemin nispi tutarlılığını ve adil bir yaklaşımı sağlayabilir, özellikle de 'sert' kurallar belirli bir başarı testi sağladığında.</p> <p>+Birçok bireysel küçük değişikliği koordine etmenin bir yolunu sağlayabilir ve uzun zaman dilimleri içinde hedeflere doğru yol alınmasını sağlar.</p> <p>-Karar kurallarının genel koşulları hesaba katmayacak şekilde kitlesel sonuçları olabilir, kurallar yerel özellikleri hesaba katmazsa, kuralların güncellenmesi ve değiştirilmesi zorsa veya kullanıcılar "yöntem bulur". -Kurallar diğer hedeflerle "dengelenerek" etkileri azaltılabilir.</p> |
| Tasarım                    | Kentlerin aşırı hava olaylarına dayanıklı olmasını ve hizmetlerin entegre olmasını sağlamak için kent şeklinin ayrıntılı mühendislik ve mimari tasarımı, yürünebilir bir merkeze ve istihdama erişimi olan yerleşimlerin oluşturulmasını sağlar.                                                                                                                                                                          | <p>+Yerel ölçekli ve spesifik çözümler, yüksek kaliteli ve duruma özgü sonuçlar sağlayabilir.</p> <p>+Geniş bir uzman ve uzmanlık yelpazesinden faydalanabilme imkânı var. -Yüksek maliyetli, zor ve zaman alıcıdır ve bütün sistemler boyunca geniş ölçekte sunmak daha zordur.</p> <p>-Kopyalama veya nakletme eğilimi yerel olarak uygun olmayan sonuçlara yol açabilir.</p> <p>-Genellikle sadece maliyetli projelerde sunulur, ek masrafları karşılayabilecek durumlarda terk edilebilir</p>                                                                                                            |

Bu nedenle, dayanıklı bir kalkınma için tekrarlayan öğrenme süreci oluşturmak önemlidir. Davoudi ve diğ. (2009) bu süreçlerin, yerel topluluklar, işletmeler, STK'lar ve hükümet kurumları gibi tüm ilgili paydaşları içermesi gerektiğini ifade etmektedir. Sonuç olarak, iklim değişikliği insan toplumlarına ve ekosistemlere önemli bir tehdit oluşturmakta ve mekânsal planlama bu sorunla mücadelede önemli bir rol oynamaktadır.

### **3.2.2 Arazi Kullanım Değişikliği, Toprak Erozyonu ve İklim Değişikliği İlişkisi**

Kentleşme, ormansızlaşma ve toprak kazanımı ile karakterize edilen ekonomik kalkınmanın, toprak kaybını hızlandırdığını ve toprak bozulmasına neden olduğunu belirlenmiştir (García-Ruiz, ve diğ, 2015). Diğer yandan, IPCC (2005)'ye göre fosil yakıt kullanımından sonra iklim değişikliğinde en büyük paya sahip insan kaynaklı etki ormansızlaşma ve AKAÖ değişiminden kaynaklanmaktadır.

IPCC (2005) arazi kullanım değişikliği, toprak erozyonu ve iklim değişikliği arasında güçlü bir ilişki bulunduğunu vurgulamaktadır. İnsanlar doğal alanları farklı amaçlarla kullanarak arazi kullanım değişiklikleri yaratmaktadırlar ve bu değişiklikler toprak erozyonunu tetikleyebilmektedir. Özellikle de insan faaliyetleri sırasında yüzey suyu akışının hızlanması ile toprak kaymasına, toprak aşınmasına ve akarsulara taşınan çamurlu suyun neden olduğu kirliliğe yol açabilmektedir. Bununla birlikte farklı yıllarda yapılan çeşitli çalışmaların (Wang ve diğ, 2022; Yang ve diğ, 2003; Huang ve diğ, 2020) ortaya koyduğu üzere, iklim değişikliği de bitki örtüsü ve toprak özelliklerinde değişikliklere yol açmaktadır bu da toprak erozyonu riskini arttırmaktadır. Artan yağışlar ve şiddetli fırtınalar gibi aşırı hava olayları toprak erozyonunu arttırmaktadır (Yang ve diğ, 2003). Bu nedenle, arazi kullanımı ve iklim değişikliği gibi faktörlerin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini anlamak ve yönetmek, toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından hayati önem taşımaktadır (Deng ve diğ, 2019). Arazi kullanım değişikliği toprak erozyonunu ToES ile direkt bir ilişki içerisindedir ve bunların kontrolüne yönelik politikalar ToES'lerin korunması açısından da önem taşımaktadır.

Toprak erozyonu, arazi kullanım değişikliği ve iklim değişikliği arasındaki ilişkileri inceleyen literatür (Bajocco, ve diğ, 2012; Dissanayake ve diğ, 2019; Paul, ve diğ, 2021) RUSLE toprak kaybı analizini, mekânsal planlama kararlarının alınmasında önemli bir araç olarak görmektedir. RUSLE analizi, toprak erozyonu riskini

belirlemek için faktörleri değerlendirmekte ve bu faktörler arasında yağış, toprak örtüsü, toprak yapısı, eğim ve bitki örtüsü gibi parametreler yer almaktadır. Toprak erozyonunun azaltılması, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir stratejidir, çünkü erozyon, toprak ekosistemlerinin sunduğu önemli servislerden toprak organik karbon kaybına ve sera gazı salımına neden olmaktadır. Bu nedenle, mekânsal planlama kararlarının, toprak erozyonu riskini en aza indirecek şekilde, toprak örtüsünün korunmasına ve organik karbon depolama kapasitesinin artırılmasına yönelik olması gerekmektedir.

Arazi kullanım değişikliği, toprak erozyonu ve iklim değişikliği ve mekânsal planlama bir arada düşünüldüğünde, bu bağlamın bir bölgenin çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Mekânsal planlama, arazi kullanım değişikliği, toprak erozyonu ve iklim değişikliğine karşı alınacak tedbirlerin planlanması ve uygulanması için önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Anache ve diğ. (2018) vurguladığı gibi planlama sürecinde, arazi kullanımının yarattığı olumsuz etkileri minimize etmek için uygun bir arazi kullanımı stratejisi belirlenmeli ve uygulanmalıdır.

Gedikli (2017) iklim değişikliğiyle mücadele stratejilerinin, uygun arazi kullanımı planlamasıyla birleştirildiğinde daha etkili olduğunu ifade etmektedir. Örneğin, yazarın aktardığı üzere ormanların korunması ve yeniden ağaçlandırılması, toprak erozyonunu önleyerek iklim değişikliğine karşı mücadeleyi desteklemektedir. Sonuç olarak, arazi kullanım değişikliği, toprak erozyonu ve iklim değişikliği, mekânsal planlama açısından birbirleriyle yakından ilişkilidir ve bir bölgenin sürdürülebilirliği için önemlidir. Mekânsal planlama sürecinde, bu faktörlerin etkileri dikkate alınarak, uygun tedbirlerin belirlenmesi ve uygulanması gerekmektedir.

### **3.2.3 Yeşil Altyapı Uygulamalarının İklim Değişikliği Etkilerine Uyum Sağlamada Rolü**

Günümüzde, iklim değişikliğinin yarattığı sorunlarla mücadele etmek ve etkilerini azaltmak için birçok strateji ve uygulama geliştirilmektedir (Altınok, 2021). Bu bağlamda, yeşil altyapı uygulamaları, çevresel sürdürülebilirliği artırmak, doğal kaynakları korumak ve iklim değişikliği etkilerine uyum sağlamak amacıyla giderek daha fazla ilgi görmektedir (Demuzere ve diğ, 2014). Hansen ve diğ. (2017) yeşil altyapı uygulamalarının, şehirlerde doğal süreçleri taklit etmek suretiyle çevre dostu,

sürdürülebilir ve iklim değişikliği etkilerine uyumlu bir şehir planlaması sağladığı öne sürmektedir. Bu sebeple bu çalışmada ToES ve mekânsal planlama ilişkisinde iklim değişikliğine uyum kapsamında yeşil alt yapı uygulamalarının ToES'leri hangi açılardan desteklediği ve iklim değişikliğine uyumda rolü incelenerek bu uygulamaların mekânsal planlara nasıl entegre edilebileceği tartışılacaktır.

Wilson (2007)'in yürüttüğü çalışmada yeşil altyapı uygulamalarının, yeşil alanların artırılması, su kaynaklarının yönetimi, çevre dostu ulaşım sistemleri, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları gibi birçok alanda gerçekleştirildiğini açıklamaktadır. Hansen ve diğ. (2017)'ne göre kentsel yeşil altyapı planlama yaklaşımını oluşturan dört temel prensipten bahsetmektedir (Çizelge 3.3). Bunlar: yeşil-gri bütünleşmesi, yeşil ve gri altyapının birleştirilmesi; yeşil alan ağları oluşturma; çok işlevsellik ve işbirlikçi ve katılımcı planlamadır.

Tuna (2020) yeşil altyapı uygulamaları sayesinde şehirlerdeki yüzey suyu akışının kontrol altına alınarak sel riskinin azaltılabildiğine, hava kalitesinin arttığına, doğal yaşam alanları korunarak ve kentlerin mikro iklimi iyileştiğine vurgu yapmaktadır. Hansen ve diğ. (2017)'nin belirttiği üzere bu uygulamalar ayrıca, kentlerin enerji tüketimini azaltarak sera gazı salımını azaltmaya da yardımcı olmaktadır. Sundukları bu faydalarla yeşil altyapılar iklim değişikliği uyum ve azaltmada önemli bir uygulama aracı olarak karşımıza çıkmaktadır (Wilson, 2007).

**Çizelge 3.3 : Kentsel yeşil altyapı planlama yaklaşımını oluşturan dört temel prensip (Hansen ve diğ, 2017).**

---

Kentsel Yeşil Altyapı Planlama İlkeleri

---

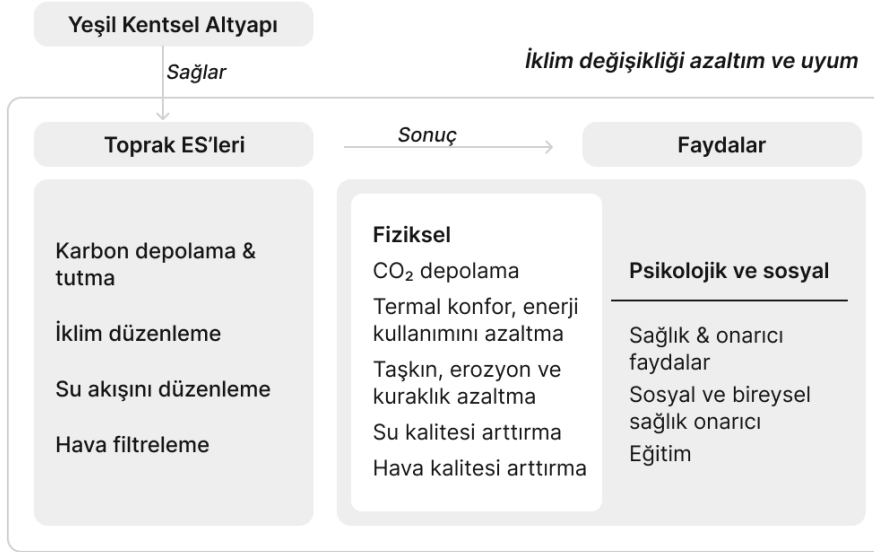
**Yeşil-gri bütünleşmesi- yeşil ve gri altyapının birleştirilmesi:** kentsel yeşil alanların, ulaşım sistemleri ve hizmetler gibi diğer altyapılarla bütünleştirilmesi ve koordinasyonunu amaçlar.

**Bağlantılık- yeşil alan ağları oluşturma:** Yeşil altyapı planlaması, bağlantılık için yeşil alanların tek başına sağlayamayacağı süreçleri, işlevleri ve faydaları desteklemek ve korumak için bağlantıları oluşturmaya ve yeniden sağlamayı içerir.

**Çok işlevsellik- Birden fazla işlev ve hizmet sağlamak ve artırmak:** Yeşil altyapı planlaması, farklı işlevleri birleştirerek, kentsel yeşil alanların birden fazla fayda sağlama kapasitesini artırmayı amaçlar - çelişkileri azaltırken sinerjiler yaratır.

**Sosyal dahil edilme – işbirlikçi ve katılımcı planlama:** Yeşil altyapı planlaması işbirlikçi, sosyal olarak dahil edici süreçleri hedefler. Bu, planlama süreçlerinin herkese açık olduğu ve çeşitli tarafların bilgi ve ihtiyaçlarını dahil ettiği anlamına gelir.

---



**Şekil 3.2:** İklim değişikliği azaltma ve uyum çerçevesinde yeşil kentsel altyapı hizmetleri ve faydaları ( Demuzere ve diğ, 2014).

Demuzere ve diğ. (2014) yeşil altyapının ve sağladığı ES'lerin iklim değişikliğinin azaltılmasına veya uyum sağlamaya olanak tanıyan biyofiziksel yararların (örneğin CO<sub>2</sub> tutma) yanı sıra sosyal ve psikolojik yararların (örneğin sağlık iyileştirmeleri) sağlanması konusundaki kanıtları açıklamıştır (Şekil 3.2). İklim açısından dayanıklı şehirler geliştirmek ve emisyonları azaltmak için, yeşil ve mavi alanların bilinçli planlama ve tasarımı fırsatlar sunmaktadır. Yeşil şehir altyapısı, su akışlarını dengeleyerek, termal konfor sağlayarak ve diğer birçok yarar sağlayarak faydalı olarak kabul edilmiştir.

Davies ve diğ. (2017) yeşil şehir altyapısının çok fonksiyonlu ve çok ölçekli doğası gereği bu altyapı alanlarının ve farklı ölçeklerde değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Yazarlar yeşil şehir altyapısından kaynaklanan faydaların üç mekânsal ölçekte (yani şehir, mahalle ve site özgü ölçeklerinde) önemini vurgulamaktadır. Bu ölçeklerin hepsi için yeşil altyapı uygulamalarının mekânsal planlara entegre edilmesi, öncelikle planlama politikalarında yeşil altyapının tanımlanması ve öneminin vurgulanmasıyla başlamaktadır. İklim değişikliğine uyumda ToES'leri destekleyen bir uygulama modeli olan yeşil altyapıların planlara entegrasyon sürecinde yerel iklim, ekosistem ve doğal kaynaklar hakkında detaylı analizlerin yapılması verilen kararların temelini oluşturmaktadır.

Hansen ve diğ. (2017)'nin çalışmasına göre yeşil altyapı ağları, parklar, koridorlar, su yolları gibi doğal alanların birbirine bağlandığı ağlar olarak planlanmalıdır. Bu ağlar,

kentin farklı bölgelerini birleştirerek ekolojik bağlantıları sağlamaktadır. Mekânsal planlarda, yeşil altyapı projelerinin belirlenmesi ve politikalara uygun olarak projelendirilmesi önemlidir. Sonuç olarak yeşil altyapı, ToES'ler ile yakından ilişkilidir ve ToES'lerin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yeşil altyapılar, su tutma, toprak erozyonunu azaltma, hava ve su kalitesini iyileştirme, habitat sağlama, doğal kaynakları koruma ve biyoçeşitlilik artırma gibi birçok ToES'i desteklemektedir. Dolayısıyla, yeşil altyapıların ToES'leri üzerinde olumlu bir etkisi vardır ve iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir araçtır (Demuzere ve diğ, 2014).

### **3.3 Türkiye’de Mekânsal Planlar, Mevzuat ve ToES İlişkisi**

1980’lerde başlayan küreselleşme ve liberal kalkınma politikaları ile Türkiye hızlı bir kentleşme süreci içerisine girmiştir. Bu dönemde, özellikle büyük kentlerin AKAÖ’sünde büyük değişimler yaşanmıştır. Sarı ve diğ. (2018) Türkiye’de yaşanan bu dönüşüm sürecinde, ulusal kalkınma ve bölgesel gelişimin sağlanması için mekânsal yaklaşımların gündeme geldiğini belirtmektedir. Teknolojide yaşanan gelişmeler, hızlı kentleşme, küreselleşme ile değişen ülke düzeninde sosyo-ekonomik konulara mekân temelli yaklaşılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Bununla birlikte mekânsal planlama kavramı ilk kez 2013 yılında çıkarılan 6495 sayılı Kanun ile İmar Kanunu’nun 8. Maddesine atıfla yer almıştır (Sarı ve diğ, 2018). 2014 yılında ise “Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği” 29030 sayılı Resmî Gazete ’de yayımlanmış ve mekânsal planlama kavramı ve kademeleri tanımlanmıştır. Yönetmelikte yapılan tanımına göre mekânsal plan “3194 sayılı İmar Kanunu uyarınca hazırlanan, kapsadıkları alan ve amaçları açısından üst kademedan alt kademeye doğru sırasıyla; Mekânsal Strateji Planı, Çevre Düzeni Planı ve İmar Planını ifade etmektedir (Url-8, 2023).

Bir sonraki başlık içerisinde öncelikle Türkiye’deki mekânsal planlama araçlarında kullanılan mevzuatın iklim değişikliğine uyum kapsamında sağladığı servisler ile öne çıkan ToES’leri hangi açılardan ele aldığı açıklanmaktadır. Daha sonra ise yukarıda bahsedilen kademeli planlama sürecindeki mekânsal planlarda ToES’leri ve bu bağlamda iklim değişikliğine mekânsal uyumun nasıl değerlendirdiği irdelenmektedir.

### 3.3.1 ToES'lerin Mekânsal Planlamaya Entegrasyonu Kapsamında Öne Çıkan Yasal Araçlar

Türkiye’de ToES'lerin korunması ve sürdürülebilir kullanımı için önemli düzenlemeler içeren mevzuat kapsamında Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu (Url-9, 2023), Orman Kanunu (Url-10, 2023), Çevre Kanunu (Url-11, 2023), Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği ve İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik (Url-12, 2023) aşağıdaki konular kapsamında ele alınmaktadır:

- i. ToES'lerin kullanımı ve korunmasına yönelik kararlar.
- ii. Destekleyen servislerin kanunda ele alınıp alınmadığı. Bunlar: biyoçeşitlilik havuzu, besin döngüsü, toprak oluşumu, toprak verimliliği, su döngüsü, karbon yutak alanı, azot bağlanması, bitki besinlerinin mineralizasyonu;
- iii. Düzenleyen servislerin kanunda ele alınıp alınmadığı. Bunlar: tozlaşma, zararlıların ve hastalıkların biyolojik kontrolü, iklim düzenlemesi, hidrolojik kontrol, gaz regülasyonu, yüzey suyu akış kontrol, erozyon kontrolü, atıkların geri dönüşümü ve detoksifikasyon, besinlerin ve kirleticilerin filtrelenmesi;
- iv. Kaynak sağlayan servislerin kanunda ele alınıp alınmadığı. Bunlar: biyokütle üretimi, işlenmemiş içerikler, temiz su temini, hammadde, fiziki mekân ve gıda teminidir.

Orman Kanunu, ormanların ToES'lerin birçok servisini sağlama potansiyeline dikkat çekmektedir. Bunlar arasında erozyon kontrolü, habitat sağlama, su tutma kapasitesi ve iklim düzenlemesi yer almaktadır (Url-10, 2023). Ancak, kanun toprağın sunduğu servislere ve bu servisleri korumaya dair yasal bir çerçeve çizmemektedir. Tolunay (2017) Orman Kanunun 16., 17. ve 18. maddeleri ile orman alanlarında başka kullanımlara izin vererek ormanlarda sağlanan ToES'lerin kaybına sebep olacak ormansızlaşma faaliyetlerine vurgu yapmaktadır. Tolunay 2017 yılında yaptığı çalışmada 502 bin hektar alanın Orman Kanunun 2B maddesi ile orman alanı dışına çıkarıldığını ifade etmektedir. Nitekim Orman Kanunu’nda nadir ekosistemlerin bulunduğu alanlarda maden aranması ve işletilmesi Tarım ve Orman Bakanlığının muvafakatine bağlanmıştır. Orman Kanunu ToES sınıflandırılmasında öne çıkan servislerinden biyo-çeşitlilik havuzu, toprak oluşumu ve toprak verimliliği, hammadde ve gıda temini nitelikleriyle öne çıkmaktadır.

Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, ToES'ler açısından değerlendirildiğinde kanunun toprak kaynaklarının korunması, sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi ile ilgili hükümleriyle ToES'leri desteklediği görülmektedir (Url-9, 2023). Kanun 9., 10. ve 14. Maddeleri ile toprağın korunmasına vurgu yapmaktadır. Nitekim kanun "*Arazi kullanımını gerektiren her türlü girişim ve yatırım sürecinde toprakların korunması, doğal ve yapay olaylar sonucu meydana gelen toprak kayıplarının önlenmesi; arazi kullanım plânları, tarımsal amaçlı arazi kullanım plân ve projeleri ile toprak koruma projelerinin uygulamaya konulması*" gibi hükümler ile toprak kaynaklarının korunması, sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi konularını kapsayarak ToES'leri desteklemektedir. Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu kapsamında heyelan, sel ve rüzgâr gibi doğal olaylar sonucu meydana gelebilecek toprak kayıplarının önlenmesi konusunda valilikler, toprak koruma projelerinin hazırlamasından sorumlu kurum olarak tanımlanmaktadır. Kanunun 14. Maddesi de "*tarımsal üretim potansiyeli yüksek, erozyon, kirlenme, amaç dışı veya yanlış kullanımlar gibi çeşitli nedenlerle toprak kaybı ve arazi bozulmalarının hızlı geliştiği ovaların*" koruma bölgesi ilan edilmesi gerektiği de vurgulanmaktadır. Erozyona duyarlı arazilerin belirlenmesi ve korunması amacıyla bu arazilerin kullanım plânları ve altyapı projelerinin ES'ler açısından önemli alanlar olan havza bazında yapılması da kanunda yer alan hükümler arasındadır.

Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, ToES'lerin biyoçeşitlilik havuzu, toprak verimliliği, erozyon kontrolü, temiz su temini, hammadde temini, fiziki mekân ve gıda temini özelliklerine değinmektedir. Kanun, ToES'lerin iklim değişikliğine uyum kapsamında öne çıkan su döngüsü, karbon yutak alanı olması, iklim düzenleme, hidrolojik kontrol, yüzey akış kontrolü gibi diğer önemli ES'lere değinmemektedir. Bu nedenle Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu'nda dolaylı ve kısmi olarak ToES kavramı yer alsa da söz konusu ES'lerin sınıflandırılmasına dair bir ibare bulunmamaktadır. ToES'lerin mekânsal planlara entegre edilmesinde bu yaklaşımın ve bileşenlerinin detaylı bir şekilde kanunlarda tanımlanması önem taşımaktadır. Bununla birlikte kanunun 15. maddesinde iklim değişikliği kaynaklı toprak bozulmalarının kontrolü için ilgili kamu kurum ve kuruluşları, sivil toplum örgütlerinin iş birliği yapmasına dair hükümler yer almaktadır. Fakat toprağın C tutma kapasitesinin iklim değişikliği ile rolü veya arazi kullanımlarının sebep olduğu C salımı herhangi bir başlık altında incelenmemektedir.

Çevre Kanunu, toprak kirliliği ve toprak kaybını önleme konusunda önemli ve açık hükümler içermektedir (Url-11, 2023). Çevre Kanunu'nda toprakla ilgili yönetmeliklerin hazırlanması ve ilgili kuruluşların görüşlerinin alınmasıyla toprağın korunması, kirliliğinin önlenmesi ve giderilmesi konusunda usul ve esaslar belirlenmektedir. Bu açıdan Çevre Kanunu, toprak ekosistemlerinin bozulan doğal yapısını restore etme ve kirlilikle mücadele altyapısını oluşturmaktadır. Çevre Kanunu'nun 5. maddesi, çevrenin korunması ve kullanımı ile ilgili esasları düzenlemektedir. Bu maddede, ÇDP'lerin hazırlanması, uygulanması ve denetlenmesi ile ilgili esaslar yer almaktadır. Nitekim söz konusu kanunun 9. Maddesi de “*doğal çevreyi oluşturan biyolojik çeşitlilik ile bu çeşitliliği barındıran ekosistemin korunması esastır*” diye başlamaktadır.

Çevre Kanunu'nun 9. Maddesinin c bendinde “*ekolojik değeri olan hassas alanların her tür ölçekteki plânlarda gösterilmesi zorunludur*” ibaresi ToES'lerin mekânsal planlama süreçlerinde haritalandırılmasını destekler niteliktedir. Bununla birlikte aynı maddenin d bendinde “*d) Ülke ve dünya ölçeğinde ekolojik önemi olan, çevre kirlenmeleri ve bozulmalarına duyarlı toprak ve su alanlarını, biyolojik çeşitliliğin, doğal kaynakların ve bunlarla ilgili kültürel kaynakların gelecek kuşaklara ulaşmasını emniyet altına almak üzere gerekli düzenlemelerin yapılabilmesi amacıyla, Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak tespit ve ilan etmeye, bu alanlarda uygulanacak koruma ve kullanma esasları ile plân ve projelerin hangi bakanlıkça hazırlanıp yürütüleceğini belirlemeye Cumhurbaşkanı yetkilidir*” ibaresi bulunmaktadır. Bu kapsamda ölçeğin gerektirdiği analizler ve üst ölçekten (MSP) gelen kararlar doğrultusunda hassas ekosistem olarak belirlenen önemli ToES'ler ÇDP'de Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak ilan edilip koruma altına alınması ToES'e dayalı mekânsal planlama açısından bir uygulama aracı olma niteliği taşımaktadır.

Çevre Kanunu'nun “*Anız yakılması, çayır ve meraların tahribi ve erozyona sebebiyet verecek her türlü faaliyet yasaktır*” maddesi iklim değişikliği etkisiyle artması beklenen ve ToES'ler için bir tehdit oluşturan toprak kayıplarının önlenmesi için önemli bir sınırlandırıcı niteliğindedir (Url-11, 2023). Ancak ToES'lerde erozyon kontrolünü sağlamak için daha ayrıntılı tedbirlerin ve koruma önlemlerinin ele alınması gerekmektedir. Toprak erozyonunu önlemeye yönelik planlama ve uygulamaların etkinliğini artırmak için net kılavuzlar ve standartlar belirlenmesi gerekmektedir. Çevre Kanunu'nda ele alınmış ToES'ler olarak sadece biyo-çeşitlik

havuzu ve erozyon kontrolü bulunmaktadır ve bu kapsamda kanunda ToES'lere yönelik değerlendirme yeterli kapsamlılığı taşımamaktadır (Çizelge 3.4).

Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nin amacı; *“fiziki, doğal, tarihi ve kültürel değerleri korumak ve geliştirmek, koruma ve kullanma dengesini sağlamak, ülke, bölge ve şehir düzeyinde sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek, yaşam kalitesi yüksek, sağlıklı ve güvenli çevreler oluşturmak üzere hazırlanan, arazi kullanım ve yapılaşma kararları getiren mekânsal planların yapımına ve uygulanmasına ilişkin usul ve esasları belirlemek”* olarak ifade edilmektedir. Bu bağlamda bu mevzuat iklim değişikliğine mekânsal uyum ve bu kapsamda ToES ile doğrudan ilgilidir. ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu kapsamında değerlendirilen yönetmelikte Mekânsal Strateji Planı'nın (MSP) sınırlarını çizen 17. Madde ve Çevre Düzeni Planı (ÇDP) hakkında hükümleri düzenleyen madde 19 bu kapsamda öne çıkmaktadır. MSP'de deprem, heyelan, taşkın, iklim değişikliği gibi tehlikelerin söz konusu olduğu alanlar, biyolojik çeşitlilik açısından önemli olan, tarımsal ekosistemler ve ormanlar, tatlı su ekosistemleri ve su kaynakları, kıyı ekosistemleri gibi ekolojik açıdan hassas alanlar ile doğa koruma alanları, özel çevre koruma bölgeleri, milli park, tabiatı koruma alanı, yaban hayatı koruma alanı, sit alanları ve benzer konular gelişmesi kısıtlanacak veya özel koşullara sahip alanlar olarak değerlendirilmektedir. Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nin Nazım İmar Planları ilgili 23. Maddesinin f bendi ise toprak niteliği ve tarımsal arazi kullanımına vurgu yaparak açıkça olmasa da ToES'lere atıfta bulunmaktadır. Yönetmelik aynı zamanda 24. maddesiyle doğal tehlikelerin dikkate alındığı yerleşime uygunluk durumunu belirlemeye yönelik jeolojik etütlerin mekânsal planlama sürecinde analiz edilmesi gerektiğine dikkat çekmektedir.

Sonuç olarak ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu için çerçeve oluşturması beklenen yasal araçlarda ToES'e dair kavramsal bir tanımlama, sınıflandırma ve değerlendirilmeye ilişkin açıklamalar bulunmamaktadır. Yönetmeliklerde ToES'lerin sürdürülebilirliği için ekosistem tabanlı yaklaşımların ve doğa temelli çözümlerin önemi vurgulanmamaktadır. Yönetmeliklerde toprak restorasyonu ve bozulan doğal yapının yeniden kazanılmasıyla ilgili detaylı düzenlemeler bulunmamaktadır.

Yönetmelikteki bu boşluklar ToES'lerin mekânsal planlama sürecine entegrasyonunda yasal ve uygulama açısından eksiklikler barındırmaktadır. Mekânsal planlar olarak tariflenen planlarda da ToES'lerin nasıl değerlendirildiği bu bağlamda önem taşımaktadır. Bu nedenle bir sonraki bölümde Mekânsal Planlar Yapım

Yönetmeliği’nde tanımlanan mekânsal planlar (Mekânsal Strateji Planı, Çevre Düzeni Planı, İmar Planları) ve Havza planları bu kapsamda ele alınacaktır.

**Çizelge 3.4 :** ToES’lerin mekânsal planlamaya dair Türkiye mevzuatında değerlendirilmesi (sırasıyla destekleyen, düzenleyen, kaynak sağlayan servisler).

| ToES                  | Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu          | Çevre Kanunu | Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği | Orman Kanunu | İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik |
|-----------------------|--------------------------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------|
| Destekleyen servisler | Biyoçeşitlilik havuzu                            | X            | X                                  | X            |                                                             |
|                       | Besin döngüsü                                    |              |                                    |              |                                                             |
|                       | Toprak oluşumu                                   |              |                                    | X            |                                                             |
|                       | Toprak verimliliği                               | X            | X                                  | X            | X                                                           |
|                       | Su döngüsü                                       |              |                                    |              |                                                             |
|                       | Karbon Yutak Alanı                               |              |                                    |              |                                                             |
|                       | Azot bağlanması                                  |              |                                    |              |                                                             |
|                       | Bitki besinlerinin mineralizasyonu               |              |                                    |              |                                                             |
| Düzenleyen servisler  | Tozlaşma                                         |              |                                    |              |                                                             |
|                       | Zararlıların ve hastalıkların biyolojik kontrolü |              |                                    |              |                                                             |
|                       | İklim düzenlemesi                                |              |                                    |              |                                                             |
|                       | Hidrolojik kontrol                               |              | X                                  |              |                                                             |
|                       | Gaz regülasyonu                                  |              |                                    |              |                                                             |
|                       | Yüzey Suyu Akış kontrol                          |              |                                    |              |                                                             |
|                       | Erozyon kontrolü                                 | X            | X                                  |              |                                                             |
|                       | Atıkların geri dönüşümü ve detoksifikasyon       |              |                                    |              |                                                             |
| Kaynak sağlayan       | Besinlerin ve kirleticilerin filtrelenmesi       |              |                                    |              |                                                             |
|                       | Biokütle üretimi                                 |              |                                    |              |                                                             |
|                       | İşlenmemiş içerikler                             |              |                                    |              |                                                             |
|                       | Temiz su temini                                  | X            |                                    |              |                                                             |
|                       | Hammadde                                         | X            |                                    | X            |                                                             |
|                       | Fiziki mekân                                     | X            | X                                  |              |                                                             |
|                       | Gıda temini                                      | X            | X                                  | X            |                                                             |

### 3.3.2 Mekânsal Strateji Planı (MSP) ve ToES

2011 yılında Mekânsal Strateji Planı ilk kez planlama mevzuatında yer almış ve ilgili kurum ve kuruluşlarla iş birliği içerisinde bu planları hazırlama görevi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na verilmiştir. İmar Kanunu'nda 2018 yılında yapılan değişikliklerle Mekânsal Strateji Planı tanımlanmış ve mekânsal planlama kademelerinde Mekânsal Strateji Planları, Çevre Düzeni Planları ve imar planlarının üzerinde konumlandırılarak, “kalkınma planları ve varsa bölge planları, bölgesel gelişme stratejileri ve diğer strateji belgelerinde ortaya koyulan hedeflerin” mekânsal strateji planlarında dikkate alınacağı belirtilmiştir (Url-13, 2023).

2014 yılında yürürlüğe giren Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği ile de ülke mekânsal strateji planlarının kalkınma planı ile en üst kademe plan olduğu ve bölge düzeyinde hazırlanacak planları yönlendireceği hüküm altına alınmış; mekânsal strateji planlarının tanımı, planlama ilkeleri ve esasları, plan kademelenmesindeki yeri ve araştırma konularına açıklık getirilmiştir (Url-13, 2023).

Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nde mekânsal planın ilk aşaması olarak ele alınan Mekânsal Strateji Planı şu şekilde tanımlanmaktadır: *Ülke kalkınma politikaları ve bölgesel gelişme stratejilerini mekânsal düzeyde ilişkilendiren, bölge planlarının ekonomik ve sosyal potansiyel, hedef ve stratejileri ile ulaşım ilişkileri ve fiziksel eşiklerini de dikkate alarak değerlendiren, yer altı ve yer üstü kaynakların ekonomiye kazandırılmasına, doğal, tarihi ve kültürel değerlerin korunmasına ve geliştirilmesine, yerleşmeler, ulaşım sistemi ile kentsel, sosyal ve teknik altyapının yönlendirilmesine dair mekânsal stratejileri belirleyen, sektörlere ilişkin mekânsal politika ve stratejiler arasında ilişkiyi kuran, 1/250.000, 1/500.000 veya daha üst ölçek haritalar üzerinde şematik ve grafik dil kullanılarak hazırlanan, ülke bütününde ve gerekli görülen bölgelerde yapılabilen, sektörel ve tematik paftalar ve raporu ile bütün olan plandır* (Url-13, 2023).

Sarı ve diğ. (2018)'ne göre Türkiye'de Mekânsal Stratejik Planları dengeli arazi kullanım yapısının oluşturulması, ölçülü yapılaşma yoğunluğu ve dokusunun temin edilebilmesi ve yaşanabilir kentsel ve kırsal mekânların oluşturulması için ihtiyaç duyulan ulusal politikaların, hedeflerin, stratejilerin ve kriterlerin belirleneceği bir stratejik plan olarak değerlendirilmektedir. Türkiye MSP Vizyonu, Öncelikleri ve Mekânsal Gelişme Senaryosu” Raporunda ülkenin 3053 yılı vizyonu “Kapsayıcı,

yaşanabilir, yenilikçi, rekabetçi, iklim değişikliğine ve afetlere duyarlı, dayanıklı ve sürdürülebilir ülke mekânı” olarak belirtilmiştir (Url-13, 2023). Bu vizyon 6 temel madde ile desteklenmektedir. Bunlar:

- Yaşanabilir Yerleşmeler, Erişilebilirlik ve Hareketlilik,
- Doğal Yapı, Doğal Afetler ve Ekosistem Servislerinde Sürdürülebilirlik,
- İklim Değişikliği ile Mücadele,
- Rekabetçilik ve Çekicilik,
- Yenilikçilik ve Teknoloji,
- Nüfus Dinamikleri ve Beşerî Gelişmedir.

Türkiye MSP’nin özellikle doğal yapı, doğal afetler ve ekosistem servislerinde sürdürülebilirlik eksenini ilk bakışta ToES’ler açısından ümit vadeden bir başlık gibi gözükmektedir. 6 temel hedeften biri olan bu maddenin içeriği doğal kaynakların etkin kullanımı; havzaların (tarım, su) korunması ve etkin yönetimi; doğal afet risklerinin ortaya konulması ve yerleşmelerin dayanıklılığı; yenilenebilir enerji kaynaklarının verimli, etkin ve yaygın kullanımı; atıkların geri dönüşümü ve bertarafı olarak belirtilmiştir.

Doğal yapının ve ES’lerin önemli ve büyük bir kısmını oluşturan toprağın doğal afet riskini azaltmada ve atmosferdeki C’nu tutma ve depolama kapasitesiyle iklim değişikliğine uyumda önemli bir araç olduğu çeşitli çalışmalarda ortaya koyulmaktadır (Turner ve diğ., 2009; Jónsson ve Davíðsdóttir, 2016; Lal, 2004; Kardol ve diğ., 2010). Planda direkt olarak ToES veya toprak kavramından bahsedilmemekle ToES’lerin sunduğu servislerin yerel ve küresel ölçekte önemi vurgulanmaktadır. Örneğin ToES’lerin su akışı düzenleme ve su döngüsü, yağmur suyu akışını düzenleme, evapotranspirasyon, suyu filtreleme ve yeraltı suyunun depolanması ile ilişkili hidrolojik ilişkilerinin planda ele alındığı görülmektedir. MSP için Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği’nde belirlenen lejantlardan ToES’le ilgili olarak “Su, Doğal Peyzaj ve Ekosistemler” başlığı bu bağlamda irdelenebilir (Şekil 3.3). Söz konusu bu işlevleri topraktan bağımsız olarak düşünmek mümkün değildir. Bununla birlikte iklim değişikliğinin önemli bir sebebi olarak AKAÖ değişimleri ve iklim düzenlemede karbon tutumunun önemi vurgulanmakta fakat toprağın bu süreçteki işlevine değinilmemektedir. Dayanıklılığın sağlanmasında kaynak sağlayan ekosistem servislerinin önemi vurgulanmakta fakat özellikle ToES’lere atıf yapılmamaktadır.

Sonuç olarak MSP ES'leri kapsamına alsa da ayrıca ToES'ler özelinde içeriği bulunmamaktadır (Url-13, 2023).

| SU, DOĞAL PEYZAJ VE EKOSİSTEMLER |                                                                |         |           |  |  |            |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------|-----------|--|--|------------|
| SU HAVZALARI                     |                                                                | POLİGON | 0/160/240 |  |  |            |
| ÖNEMLİ KORUMA ALANLARI           | Ulusal ve Uluslararası mevzuatla koruma altına alınmış alanlar |         |           |  |  | 120/195/0  |
| HASSAS EKOLOJİK SİSTEMLER        | Henüz koruma statüsü kazanmamış alanlar                        |         |           |  |  | 180/225/30 |

**Şekil 3.3 :** MSP lejantında su, doğal peyzaj ve ekosistemler (ÇSB, 2014).

ToES'lere yönelik mevcut durumun tespiti, gerekli analizlerin yapılması ve senaryoların üretilmesi sonucu yapılan haritalama çalışmalarında ortaya çıkan bölgeler MSP lejantında "Hassas Ekolojik Sistemler/Alanlar" olarak değerlendirilip ele alınması gerekmekte ve bu lejant altında bu alanlar daha detaylı tariflenmelidir. Bu bağlamda da sadece analiz haritalama değil aslında plana yönelik hazırlanan plan açıklama raporları da önem taşımaktadır. Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği 3. Bölüm, Genel Planlama Esasları Madde 7'de şu şekilde belirtilmektedir:

- b) Planlar; pafta, gösterim, plan notları ve plan raporu ile bir bütündür.
- c) Planlar, kademesine ve ölçeğine göre ve yapılış amacının gerektirdiği ayrıntı düzeyinde kalmak koşuluyla alt kademedeki planları yönlendirir.
- ç) Üst kademe planlar, alt kademesindeki planlara mekânsal nitelikte hedef koyan, yol gösteren ve ilke belirleyen plandır.

Bu doğrultuda MSP'de Hassas Ekolojik Sistemler'in daha ayrıntılı tasnif edilmesi ve bu başlıkların plan açıklama raporunda detaylandırılması gerekmektedir. Böylece üst ölçek olan MSP'de belirlenen ve tariflenen bu alanlara ilişkin olarak alt ölçekli planlarda da uygulamaya yönelik kararlar geliştirmek mümkün olacaktır.

### 3.3.3 Çevre Düzeni Planı ve ToES

Çevre Düzeni Planı, Türkiye'de mekânsal planlama sürecinde yer alan planlama araçlarından biridir. Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'ne göre Mekânsal Strateji Planlarından sonra mekânsal planlama hiyerarşisinde çevre düzeni planları gelmektedir. Bu bölümde ÇDP ve ToES'lerin bu planlara entegrasyonu Çevre Kanunu, Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği ve İstanbul Çevre Düzeni Planı örneğinden yola çıkılarak incelenmektedir.

ÇDP'ler genel hatlarıyla arazi kullanım kararlarını belirleyerek imar planları için yönlendirici işlev görmektedir. Bu bağlamda bu planlar iklim değişikliğine mekânsal uyum konusunda öne çıkmaktadır çünkü iklime duyarlı arazi kararları, dayanıklı altyapı sistemlerinin geliştirilmesi gibi mekânsal politikalar oluşturma ve uygulama niteliğine sahiptir. Bu plan, ülke genelinde veya belirli bir bölgede yer alan doğal, ekonomik, sosyal ve kültürel değerleri koruma, geliştirme ve kullanımı ile ilgili stratejik hedeflerin belirlenmesini ve bunları gerçekleştirme yöntemlerinin belirlenmesini içermektedir. ÇDP, mevcut durum analizi, hedeflerin belirlenmesi, stratejik seçeneklerin belirlenmesi ve uygulama önerilerinin sunulması gibi aşamalardan oluşmaktadır (Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, 2014).

1/100.000 Ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı içeriğine göre incelendiğinde ÇDP'lerde aşağıdaki hususların değerlendirilmesi beklenmektedir (İBB, 2009):

1. Mevcut durum analizi: ÇDP'ler, mevcut çevre koşullarının tespiti için yapılmaktadır. Bu nedenle, bu planlarda çevrenin fiziksel, biyolojik ve sosyal özellikleri gibi hususlar incelenir. ToES'lerin mekânsal planlamaya entegre edildiği bir durumda ToES'lerin mevcut durum analizlerinin de ÇDP'lerde bulunması beklenmektedir.
2. Hedeflerin belirlenmesi: Çevrenin korunması ve geliştirilmesi amacıyla hedefler belirlenmektedir. Bu hedefler, çevrenin mevcut durumunun iyileştirilmesi, çevrenin korunması ve geliştirilmesi gibi konular olabilmektedir. Karbon tutma kapasitesi, hammadde üretimi, gıda üretimi gibi çeşitli hizmetleri azalan ToES'lerden sağlanan faydanın tekrar arttırılması amacıyla bu alanlara yönelik hedeflerin belirlenmesi düşüncesi bu planlar kapsamında öne çıkmaktadır.
3. Stratejik seçeneklerin belirlenmesi: Hedeflerin gerçekleştirilmesi için stratejik seçenekler belirlenmektedir. Bu seçenekler, çevrenin korunması ve geliştirilmesi amacıyla yapılacak çalışmaları içermektedir.
4. Uygulama önerilerinin sunulması: ÇDP'lerde hedeflerin gerçekleştirilmesi için yapılması gereken çalışmaların nasıl yapılacağı konusunda öneriler sunulmaktadır. Bu öneriler, çevrenin korunması ve geliştirilmesi amacıyla yapılacak çalışmaların yöntemlerini belirtmektedir.

Bu hususlar çerçevesinde, ÇDP'lerde çevrenin fiziksel, biyolojik ve sosyal özellikleri gibi hususlar incelenmekte ve çevrenin korunması ve geliştirilmesi amacıyla hedefler

belirlenmektedir. Bu özellikleri ile ÇDP ToES'lerin sundukları servislerin değerlendirilmesi ve bu özelliklerin geliştirilip iyileştirilmesi aynı zamanda iklim değişikliğine uyum konusunda mekânsal kararların oluşturulması açısından önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

ÇDP'lerin sınırları Çevre Kanunu ve Çevre Yönetmeliği gibi yasal araçlar çerçevesinde çizilmektedir. Bu yönetmelik ÇDP'lerin hazırlanması, uygulanması ve denetlenmesi ile ilgili esasları düzenlemektedir. Bu yönetmelik ToES özelinde bölüm girişinde değerlendirilmektedir. İstanbul Çevre Düzeni Planı incelendiğinde (2009) planda toprağın, özellikle tarım, ormancılık ve turizm gibi sektörler için önemli bir kaynak olarak değerlendirildiği görülmektedir. Toprak kullanımı ve toprak kaynaklarının korunması gibi hususlar ÇDP'lerde değerlendirilmekte, toprakta meydana gelebilecek zararların önlenmesi ve toprak kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için önlemler alınarak çevrenin korunması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda planda toprağın yüzeyinin sunduğu servislerin ön plana çıktığı ancak toprağın altındaki servislerin değerlendirilmediği anlaşılmaktadır (İBB, 2009).

Türkiye'de ÇDP'lerde ToES'lerin, çevrenin fiziksel özelliklerinin incelenmesi sırasında değerlendirildiği görülmektedir. ToES'lerin özellikleri, toprak kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı amacıyla dikkate alınmaktadır (Url-9, 2023). İstanbul ÇDP incelendiğinde toprağın mevcut durumunu ortaya koyan, ToES ile bağlantılı analizlerin olduğu görülmektedir. Bu planda ToES'lerin mevcut durumunun incelenmesi, Baldwin ve diğ. (1938) tarafından geliştirilen "Eski Amerikan Sınıflandırması" olarak adlandırılan toprakların sınıflandırılması ile başlamaktadır. 5403 sayılı "Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu" ile araziler; mutlak tarım arazileri, marjinal tarım arazileri, özel ürün ve dikili tarım arazileri olarak dört grup altında sınıflandırılmaktadır. Bunun yanı sıra, yapılan planlama toprak etütleri ölçütlerine göre 8 arazi kullanım kabiliyet sınıflaması (AKK) tanımlanmıştır. Toprak özellikleri ve sahip olduğu iklim özellikleri, toprak derinliği de analiz edilmektedir.

Planda aynı zamanda toprakların korunması ve kullanımına yönelik hedefler belirlenmektedir. Bu hedefler, ToES'lerin korunması ve geliştirilmesi amacıyla yapılacak çalışmaları da kapsamaktadır (İBB, 2009). Toprak kirliliğine de planda yer verilmektedir. ToES'ler için büyük bir tehdit olan toprak kirliliğinin sebepleri planda ortaya koyulmakta ve bu konuda stratejiler geliştirilmektedir. Aynı zamanda, plan kapsamında "İstanbul İlinde Su Döngüsünün Sürdürülebilirliği Açısından Kritik

Toprak Kaynakları" veri katmanı üretilmesi de ToES'lerin en önemli işlevlerinden biri olan hidrolojik döngü ile alakalıdır ve ToES'e dayalı mekânsal planlama yaklaşımının da bir parçasıdır.

ToES'lerin ÇDP'ye entegrasyonu açısından temel eksiklikler de bulunmaktadır. Bu eksikliklerin sebebi, planların temelini sağlayan mevzuatta ToES'lerin tanım ve sınıflandırılmasına yönelik eksikliklerden kaynaklanmaktadır. ToES'ler bir bütün olarak ele alınmadığı için ToES'leri destekleyen toprak koruma ve geliştirme politikaları da eksik ve yetersiz kalmaktadır. Bunun için bu politikaların mekânsal çerçevesi çizen mekânsal planlarda politika uygulama araçları da bulunmamakta bu konu içerisine girenlerde yeterli olamamaktadır. Bu durum, ToES'lerin sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını ve çevrenin korunmasını engellemektedir.

### 3.3.4 İmar Planları ve ToES

Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nde mekânsal planların ÇDP'den sonra gelen üçüncü ayağı imar planlarıdır ve yönetmelikte NİP ve UIP şu şekilde tanımlanmaktadır:

- “NİP: Mevcut ise ÇDP'nin genel ilke, hedef ve kararlarına uygun olarak, arazi parçalarının genel kullanım biçimlerini, başlıca bölge tiplerini, bölgelerin gelecekteki nüfus yoğunluklarını, çeşitli kentsel ve kırsal yerleşme alanlarının gelişme yön ve büyüklükleri ile ilkelerini, kentsel, sosyal ve teknik altyapı alanlarını, ulaşım sistemlerini göstermek ve uygulama imar planlarının hazırlanmasına esas olmak üzere, varsa kadastral durumu işlenmiş olarak 1/5.000 ölçekte, büyükşehir belediyelerinde 1/5000 ile 1/25.000 arasındaki her ölçekte, onaylı halihazır haritalar üzerine, plan notları ve ayrıntılı raporuyla bir bütün olarak hazırlanan plan.” (Url-13, 2023).
- “UIP: NİP ilke ve esaslarına uygun olarak yörenin koşulları ve planlama alanının genel özellikleri, yapının kullanım amacı ve ihtiyacı, erişilebilirlik, sürdürülebilirlik ve çevreye etkisi dikkate alınarak; yapılaşmaya ilişkin yapı adaları, kullanımları, yapı nizamı, bina yüksekliği, taban alanı katsayısı, kat alanı kat sayısı veya emsal, yapı yaklaşma mesafesi, ön cephe hattı, ifraz hattı, kademe hattı, ada ayırım çizgisi, taşıt, yaya ve bisiklet yolları, ulaşım ilişkileri, parkları, meydanları, kentsel, sosyal ve teknik altyapı alanlarını, gerektiğinde; parsel büyüklükleri, parsel cephesi ve derinliği, arka cephe hattı, yol kotu ve

bu kotun altındaki kat adedi, bağımsız bölüm sayısı gibi yapılaşma ve uygulamaya ilişkin kararları, uygulama için gerekli imar uygulama programlarına esas olacak uygulama etaplarını ve diğer bilgileri ayrıntıları ile gösteren ve varsa kadastral durumu işlenmiş olarak 1/1.000 ölçekte onaylı halihazır haritalar üzerinde, plan notları ve ayrıntılı raporuyla bir bütün olarak hazırlanan planı.” (Url-13, 2023).

Güneş ve Uzunay (2017) imar planlarının Türkiye'de kentlerin büyümesi ve gelişmesi sürecinde meydana gelen ihtiyaçlar doğrultusunda değiştiğini öne sürmektedir. Özellikle 1940'lerden sonra yaşanan göç hareketleriyle Türkiye'de kentlerin büyümesi ve gelişmesi hızlanmış ve bu süreç kentlerin düzenlenmesi ve planlanmasını gerekli kılmıştır. Bu nedenle, Türkiye'de imar planlarının oluşturulması için çeşitli yasal düzenlemeler bu dönemde şekillenmiştir.

İmar planları, ülke genelinde bir dizi yasal çerçeve içinde oluşturulmaktadır. Nazım imar planlarının yasal çerçevesi, Türkiye'de uygulanan kentsel düzenleme yasalarıyla belirlenmektedir. Bu yasalar arasında önemli olanlar:

- 5737 Sayılı İmar Kanunu: Bu kanun, Türkiye'de imar faaliyetlerinin düzenlenmesi ve denetlenmesi ile ilgili çeşitli hükümler içermektedir. Bu kanunun amacı, ülkede yapılaşmayı düzenlemek ve kentlerin doğal, ekonomik, sosyal ve kültürel değerlerini koruma amacıyla bir düzenleme sistemi oluşturmaktır.
- 6306 Sayılı Kentsel Dönüşüm Kanunu: Bu kanun, Türkiye'de kentsel dönüşüm faaliyetlerinin düzenlenmesi ve denetlenmesi ile ilgili çeşitli hükümler içermektedir. Bu kanunun amacı, kentlerin sosyal, ekonomik ve çevresel yönden gelişimini desteklemektir.
- 6443 sayılı Kanun Hükmünde Kararname: Bu kanun hükmünde kararname, imar planlarının nasıl hazırlanacağı, onaylanacağı ve uygulanacağı gibi konuları düzenleyen yasal bir belgedir.

İmar planı oluşturulurken, planlama alanının incelenmesi ve araştırılması amacıyla ilgili kurum ve kuruluşlardan toplanan veriler, meclis tarafından kabul edilerek plan hükümlerine dönüştürülmektedir. NİP oluşturma sürecinde değerlendirilmesi gereken ToES ile ilişki kurulabilecek verilerden bazıları şunlardır:

- Jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik yapı.

- Yerleşme alanlarının karakteristik özellikleri ile mekânsal gelişme eğilimleri ve potansiyelleri.
- İklim özellikleri.
- Bitki örtüsü.
- Toprak niteliği ve tarımsal arazi kullanımı.
- Ekolojik yapı.
- Koruma statüsü verilmiş alanlar, hassas alanlar (sit alanları, uluslararası sözleşmelerle korunan alanlar, sulak alanlar, özel çevre koruma bölgeleri, milli park, tabiat parkı, tabiat anıtı, tabiatı koruma alanı, yaban hayatı geliştirme alanı, yaban hayatı koruma alanı, tür koruma alanı, içme suyu havzaları koruma alanları ve diğerleri).
- Orman alanları, mera, yaylak, kışlak alanları.
- Genel peyzaj öğeleri, makroform analizi.
- Ekonomik yapı.
- Çevre sorunları.

Shi ve diğ. (2015)'ne göre imar planları ve ekosistem servisleri, arazi kullanımı ve geliştirme yönetiminde rol oynamaktadır. Arazi kullanımı ve geliştirme, ekosistemlerin ve sağladıkları hizmetlerin ihtiyaçlarını dikkate alarak planlandığında ve yönetildiğinde, bu değerli kaynakları koruma imkânı sağlamaktadır. İmar planlarının kapsamında, verilen arazi kullanım kararları, ES'lerin sağlanması ve iklim değişikliği ile mücadelede etki yaratmaktadır. Örneğin, parklar ve yeşil alanlar gibi doğal alanların geliştirilmesine izin veren bir nazım imar planı, karbon emilimi, su filtrasyonu ve doğal yaşam alanları gibi ekosistem servislerini koruma ve geliştirme imkânı sunmaktadır. Bununla birlikte Shi ve diğ. (2015)'nin vurguladığı üzere çok sayıda beton ve bina ile yoğun şekilde kentleştirilmiş alanların geliştirilmesine izin veren bir nazım imar planı, ekosistemler ve sağladıkları hizmetlere olan yararları azaltmakta ve kentsel ısı adası etkisi, sel gibi çeşitli iklim değişikliği etkilerini de arttırmaktadır. Bu nedenle, arazi kullanımı türlerinin belirlenmesinde, ekosistem servislerine olan potansiyel etkilerin dikkate alınması önemlidir. Bu, geliştirme ve arazi kullanımının sürdürülebilir olmasını ve insanların ve çevrenin uzun vadeli sağlığını ve refahını desteklemesini sağlamaktadır.

Sonuç olarak, imar planları, ES ve iklim değişikliği arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır ve NİP oluşturulurken doğal çevrenin korunması ve ES'lerin

sürdürülebilir bir şekilde kullanılması hedeflenmektedir. ToES'ler kapsamında değerlendirildiğinde Türkiye'de NİP'ler toprağı ve yapılaşmayı düzenleyen resmi planlar olması sebebiyle toprak kullanımını da değerlendirmektedir. Fakat bu değerlendirme yine ÇDP'de olduğu gibi toprağın yüzeyinde kalan bir değerlendirme olması neticesiyle ES'lerin mekânsal planlama ölçeğine entegre edilmesinde yetersi kalmaktadır. Tuna (2020) bu sorunların başında *üst ölçekte planlama stratejilerinin alt ölçeklere adapte edilememesi, uygulamalarda net tanımı yapılmayan kavramlarda oluşan boşluklar, sistematik veri temini ve yönetimi eksikliği ile holistik ve hiyerarşik planlama sürecinin yanlış ya da hatalı işleyişi* olduğunu ifade etmektedir.

Sonuç olarak, İklim değişikliğine mekânsal uyum ve ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonunun sağlanabilmesi için ToES'ler üzerindeki tehlike ve potansiyellerin haritalandırılarak imar planlarına aktarılması ve bu planın getirdiğı yapılaşma kararlarında bu hususların dikkate alınarak bir planlama yaklaşımının oluşturulması gerekmektedir. Mekânsal plan ve yönetmeliklerde net tanımları yapılmamış kavramlardan kaynaklanan boşluklar, sistematik veri temini ve yönetimi eksikliği ve hiyerarşik planlama sürecinin yanlış ya da hatalı işleyişi, ToES'lerin değerlendirilmesini mekânsal planlarda eksik bırakmaktadır.

### **3.3.5 Havza Planları ve ToES**

Başaran Uysal ve Bölen (2006) havza planlarını, havza içinde bulunan aktörlerin etkinliklerinin koordine edilmesi, çevresel etkilerin azaltılması ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımının sağlanması amacıyla oluşturulan planlar olarak değerlendirmektedir. Delibaş ve diğ (2018) havzaların sahip oldukları hidrolojik ve ekolojik özelliklerle öne çıktığını ve bu alanların ekosistemlerin ve ES'lerin kaybına ve etkin şekilde çalışamamasına neden olmayacak şekilde planlanması gerektiğine vurgu yapmaktadır. Havza planları bu kapsamda önemli bir mekânsal planlama aracı olarak karşımıza çıkmakta ve havza içinde bulunan su kaynaklarını, toprağı, biyolojik çeşitliliğı ve diğere doğal kaynakların kullanımını düzenleyen bir çerçeve sunmaktadır. Bu açıdan havza planları ToES'ler ile güçlü bağlantı içindedirler. Son yüzyılda insan faaliyetleri ve bunun sonucunda artan çevre sorunları ve iklim değişikliğine etkisi hızla artmış ve tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Isard, 1972; Başaran Uysal ve Bölen, 2006). Bunun sonucunda Uluggereli (2021)'nin de vurguladığı gibi insan refahı için önemli ES'ler sağlayan havzaların planlanması da önemli bir gereklilik oluşturmaktadır.

Garipoğlu (2012) Türkiye’de erozyon, ıslah, kalkınma tabanlı havza planlarının 1940’lı yıllarda başladığını ifade etmektedir. Bununla birlikte önemli bir doğal kaynak olan suyun yönetimi anlayışına dayanan havza yönetimi kavramı 1950’li yıllarda ortaya çıkmıştır. Öztürk ve diğ. (2014) Türkiye için havza planlamaya geçişin 1954 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanun’un yürürlüğe girmesi ile olduğunu belirtmektedir. 1980’li yıllarda ekonomik büyüme ve doğal kaynaklar arasındaki dengenin kurulmasını hedefleyen sürdürülebilirlik kavramı ön plana çıkmaya başlamış ve bu özellikle gelişmekte olan tüm dünya ülkelerinin çevre politikalarını etkilemiştir. Küresel olarak sürdürülebilirlik kavramının ön plana çıkmasıyla havza planlanmamasına olan yaklaşımlarda değişmiş, akarsu havzaları ölçeğinde değerlendirilen bütünleşik doğal kaynak planlaması ve yönetimi benimsenmeye başlanmıştır (Tüzün, 2010; Başaran Uysal ve Bölen, 2006).

ES’e dayalı havza yönetimi yaklaşımının temeli ise havzada bulunan flora, fauna, insan gibi canlı ve topografya, hidrolojik ve iklimik koşullar gibi cansız unsurlar arasındaki etkileşiminin korunmasına dayanmaktadır (Garipoğlu ve Uzun, 2020). Uluggerli (2021) içme suyu havzalarında ekosistem yaklaşımlı planlama paradigmalarını incelediği çalışmasında BHY yaklaşımının ekosistem servislerine dayalı yaklaşımın içerisinde ele alınması gereken bir alt başlık olduğunu vurgulamaktadır. ES’ler bu iki yaklaşımın bütünleştirilmesinde önemli uygulanma araçları olarak ön plana çıkmaktadır ve havzalarda ES’ler ön plana çıktığı takdirde havza için fayda ve fırsatlar da artmaktadır. Havza planlama yaklaşımlarındaki bu gelişmelerde hidrolojik döngüdeki yeri ile düzenleyen servisleri ve gıda hammadde üretimi gibi kaynak sağlayan servisleri ile toprak yerini almaktadır. Ancak İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmeliğin incelendiğinde iklim değişikliği uyum kapsamında toprağın C tutma kapasitesi ve sunduğu ES’ler ile doğal tehlikelerle mücadeledeki rolünün geri planda kaldığı görülmektedir.

Türkiye’de havza planlarının yapılması ve uygulanmasını destekleyen kanunlardan biri de Toprak Kanunu’dur. Bu kanunun amacı, toprağın çevresel, ekonomik ve sosyal yararlarının korunmasını sağlamaktır. Bu doğrultuda, havza planlarında ToES’lerin önemli bir yere sahip olması beklenmektedir. Kanun bu servislerin korunması amacıyla çeşitli önlemler almaktadır. Bu önlemler arasında, toprağın tarımsal üretim amaçlı kullanımını düzenlemek, toprakta oluşabilecek erozyon ve tahribatı önlemek, toprağın yüzey ve derin yapısını koruma altına almak ve toprağın çevresel

faydalarının korunmasını sağlamak gibi önlemler yer almaktadır (Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, 2005).

Ulugergerli (2021) ES'ler çerçevesinde oluşturulan planlama çalışmalarının genellikle arazi kullanım ve çeşitli sektörler üzerinde yoğunlaştığına vurgu yapmaktadır. Oysa Garipoğlu ve Uzun (2020)'un da vurguladığı gibi yapılacak planlama çalışmalarında her havzanın kendine özgü olduğu göz önünde bulundurularak tek bir yaklaşım benimsenmesi doğru değildir. Bununla birlikte ekosistem bir bütün olarak değerlendirilmeli ve servislerin birbiri üzerindeki etkisi göz önüne alınmalıdır (Tezer, 2018). Havzanın bir bölümünde yaşanacak bir sorun havzanın başka alanlarını etkileyebilmektedir bu sebeple ekosistem bir bütün olarak değerlendirilmeli ve servislerin birbiri üzerindeki etkisi göz önüne alınmalıdır (Ulugergerli, 2021; Kuru ve Tezer, 2019). Bu bağlamda havza planları ve yönetimi yere özgü olacak şekilde özellikle toprak, su ve biyolojik (flora ve fauna) kaynakların kullanımını yönlendirmeyi hedeflemek gerekmektedir. Öztürk ve diğ. (2014)'ne göre bir havza planı oluşturma çalışmasında izlenecek yol şu şekildedir.

- 1. Adım: Havzanın nasıl bir yer olduğu sorgulanmalı ve havzanın mevcut durumu tanımlanmalıdır,
- 2. Adım: havzanın ekolojik, sosyal ve kültürel değerleri ortaya koyulmalıdır.
- 3. Adım: Uzun dönemde havzanın nasıl görüneceği planlanarak, uzun dönem hedefleri belirlenmelidir.
- 4. Adım: Önceki adımda belirlenen hedeflerin sınırlayıcıları ve destekleyicileri belirlenmelidir.
- 5. Adım: Bunlara göre iyi tanımlanmış kısa dönem hedefleri belirlenmelidir.
- 6. Adım: Belirlenen kısa dönem hedeflere ulaşmak için nelerin, nasıl yapılması gerektiği çerçevesi çizilmeli, hedefler projelendirilmelidir.
- 7. Adım: Önceliklere göre uygulamalara başlanmasıdır.
- 8. Adım: Son adım planın etkinliğinin sorgulanmasıdır. Yapılan veya yapılamamış hedeflerin değerlendirilmesidir.

Öztürk ve diğ. (2014) Türkiye'de havzaların doğal, sosyo-demografik ve ekonomik potansiyelleri korunup, değerlendirilemediğini öne sürmektedir. Yazarlar bu sorunun sebebi olarak ise alanlara yönelik yasal ve politik yaptırımların etkin bir uygulama sunamaması, havza alanlarına ilişkin yapılan projelerin, Çevre Düzeni Planları

(1/100000, 1/25000), Bölge Planları (Kalkınma Ajansları) ve Nazım İmar Planlarıyla (1/5000) ilişkilendirilememesini göstermektedir. Yani havza planları diğer planlardan bağımsız birer çalışma olarak .

Havza planları Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nde mekânsal planlardan biri olarak değerlendirilmemektedir. Türkiye'de mekânsal planlar, bir bölgenin fiziksel yapısını, özelliklerini ve kullanımını düzenleyen önemli araçlardır. Mekânsal planlar, Türkiye Büyükşehir Belediyeleri Kanunu ve Yerel Yönetimlerin Kanunu gibi yasal düzenlemeler çerçevesinde, belediyeler ve diğer yerel yönetimler tarafından hazırlanmakta ve uygulanmaktadır (Url-13, 2023). Havza planları ise, belli bir havza içinde (örneğin bir nehir havzası) çevre, su, toprak, orman ve benzeri kaynakların korunması, kullanımı ve yenilenmesi ile ilgili planlardır ve Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanıp ve uygulanmaktadır (Url-12, 2023).

Garipoğlu (2012)'nin ortaya koyduğu gibi havzalar sahip oldukları su, toprak ve biyoçeşitlilik ile zengin ekosistemlerdir ve havza planları ile ES'ler arasında da doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Havza planları, bir bölgenin toprak yönetimine, su kaynaklarına ve çevresel koruma önlemlerine yönelik bir stratejidir ve bu stratejinin amacı, bölgenin toprak, su ve çevre kaynaklarının kullanımını düzenlemek ve koruma altına almaktır (Garipoğlu, 2012). Bu planlar vizyonları gereği, ToES'lerin korunmasını ve zarar görmüş alanlarda rehabilitasyonun çalışmalarının yapılmasını içermektedir.

Ulusal Havza Yönetimi Stratejisi Raporu incelendiğinde havza yönetiminde toprağın önemli bir unsur olarak değerlendirildiği görülmektedir. Nitekim ulusal ölçekte havzaların yönetiminde çerçeve oluşturma amacı güden UHYS temel önceliğini “toprak, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının verimliliğini ve kalitesini korumak ve geliştirmek, havzadaki fauna ve floranın korunmasını ve durumlarının iyileştirilmesini sağlamak” olarak tanımlamaktadır. Ülkenin havza yönetimi GZFT'si de bu çalışma kapsamında yapılmakta ve toprak muhafaza ve havza rehabilitasyon uygulamalarının artması güçlü bir yön olarak değerlendirilmektedir (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2014).

Dolayısıyla havza planlamalarında, ToES özelliklerinin dikkate alınması zorunluluğu vardır. Havza genelinde toprak tipleri ve kabiliyet sınıflarının farklılığı, arazi kullanımını da farklı kılmaktadır. Her şeyden önce arazi yetenek sınıflarına göre,

havzaların tabanları ile yüksek kısımları arasında önemli farklar bulunmaktadır. Genellikle I., II., III. ve IV sınıf tarım arazileri tabana bağlı gözükmemektedir. Garipoğlu (2012) bu arazilerin, kesinlikle konut ve sanayi faaliyetleri dışında, tarım amaçlı planlanmaları gerektiğine vurgu yapmakta ve havzaların yüksek kısımlarında yayılış gösteren tarım dışı arazilerin ise, özelliğine göre orman, mera, konut, sanayi alanları, turizm gibi çeşitli amaçlara yönelik kullanılması gerektiğini söylemektedir.

Havza planlarının amaçlarından biri, ToES'leri koruma altına almak ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmalarını sağlamak olmalıdır. Bu, toprağın zarar görmemesi, değiştirilmemesi ve tahrip edilmemesi için önlemler alınmasını gerektirmektedir. Ayrıca, havza planları, ToES'ler ile oluşan toprağın ürettiği gıda ve bitkisel su tutma, atık yönetimi, hava kalitesini düzenleme ve doğal afetleri azaltma gibi çevresel faydaları ve bu servislerin korunmasının bölge için ne kadar önemli olduğuna dikkat çekmektedir. Garipoğlu (2012) havza planları yapılırken de toprak oluşum koşulları, toprak kirliliği, iklim, hidrografi, flora, fauna, fiziki coğrafya, erozyon koşullarının detaylıca araştırılması gerekliliğine vurgu yapmaktadır. Bu sayede, ToES'lerin toplumlar ve doğal ortam için sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilmesi mümkün olabilmektedir.

### **3.4 Bölüm Sonucu**

İklim değişikliği etkileri kanıtlanmış bir gerçektir ve bu etkiler kentleri, doğal çevreyi ve buradaki nüfusu olumsuz yönde etkilemektedir. Bu bağlamda iklim değişikliği, konusu doğal, yapı ve sosyal çevre olan mekânsal planlarda değerlendirilmektedir. İklim değişikliğine uyum konusunda C tutma, doğal tehlikelere karşı koruma gibi özellikleri ile öne çıkan ToES'ler kentleri iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı daha dirençli hale getirme potansiyeline sahiptir. ToES'ler bu bağlamda önemli bir mekânsal planlama aracı olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle arazi kullanımı ile ilişkisi ToES'leri arazi kullanım planlamasının ön plana çıktığı mekânsal plan ölçeklerinde değerlendirmeyi gerektirmektedir (Schils ve diğ., 2008; Jónsson ve Davíðsdóttir, 2016). ToES'lerin kentsel ölçekte iklim değişikliğine uyum kapsamında uygulama yöntemlerinden biri literatürde yeşil altyapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeşil altyapılar, su tutma, toprak erozyonunu azaltma, hava ve su kalitesini iyileştirme, habitat sağlama, doğal kaynakları koruma ve biyoçeşitlilik artırma gibi birçok ToES sağlar. Dolayısıyla, yeşil altyapıların ToES'ler üzerinde

olumlu bir etkisi vardır ve iklim değışikliğiyle mücadelede önemli bir araçtır (Demuzere ve diğ, 2014).

Türkiye’de mekânsal planlar ile ilgili mevzuat kapsamında Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, Orman Kanunu, Çevre Kanunu, Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliğı ve İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik gibi mevzuatı değerlendirmek mümkündür. Bu kanunlarda ToES ile ilgili hükümler mekânsal planları ve kentleri fiziksel ve sosyo-demografik açıdan şekillendirme gücüne sahiptir. Bir değerlendirme yapıldığında ToES özelliklerine en çok değinen kanunun Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu olduğı görölmektedir. Bununla birlikte tüm kanunlar özelinde ToES’lere yönelik teknik bir tanımlama ve hüküm bulunmamakla birlikte ToES özellikleri ile ilişkisi kurulan hükümlerde toprağın yüzeyine yönelik servislere odaklanmaktadır. Özellikle iklim değışikliği ile ilişkisi kurulan karbon tutma/depolama ve hidro-meteorolojik afetler ile ilgili ToES özelliklerini koruma ve geliştirmeye dair hükümlerin Türkiye’deki mevzuatta ele alınmamaktadır.

Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliğı’nde mekânsal planlar olarak değerlendirilen MSP, ÇDP ve imar planları ile ES’ler için önemli planlar olan havza planları değerlendirildiğinde de aynı sorun karşımıza çıkmaktadır. ToES’e dayalı mekânsal planlamanın gerekli adımlarından biri olan ToES’lerin haritalandırılması konusunda girdi verebilecek mekânsal verilerin analizlerine bu planlarda yer verilse de kapsam olarak yetersizlikler bulunmakta ve iklim değışikliği ile ilgili mekânsal hükümler bulunmamaktadır. Planlar ve yönetmelik inceliğinde ToES’leri aşağıdaki planlama süreçlerine dahil etmek mümkündür:

- ToES’lerin değerlendirilmesi: İlk olarak, mevcut toprak ES’lerin tespit edilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu, toprak kalitesi, toprak C tutma ve su tutma kapasitesi, erozyon kontrolü gibi faktörlerin incelenmesini içermektedir. Mevcut ToES’lerin belirlenmesi, mekânsal planlamada hangi servislerin öncelikli olduğunu belirlemeye yardımcı olmaktadır.
- ToES’lerin haritalanması: ToES’lerin mekânsal dağılımının belirlenmesi için haritalama çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu, toprak özellikleri, iklim verileri gibi çeşitli faktörlerin kullanılmasıyla gerçekleştirilebilmektedir.

Haritalama sonuçları, mekânsal planlama sürecinde hangi bölgelerin hangi servisleri sağladığını ve potansiyel riskleri göstermektedir.

- Toprak yönetimi stratejilerinin entegrasyonu: Mekânsal planlamada ToES'leri korumak ve geliştirmek için uygun toprak yönetimi stratejileri belirlenmelidir. Bu, tarım uygulamalarının sürdürülebilirliği, erozyon kontrolü önlemleri, orman rehabilitasyonu gibi politikaları içermektedir. Toprak yönetimi stratejilerinin mekânsal planlamaya entegre edilmesi, ToES'lerin uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamaktadır.
- İzleme ve değerlendirme: Mekânsal planlamada ToES'lerin etkinliğini ve başarısını izlemek ve değerlendirmek ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu sürecinde önem taşımaktadır. Bu, düzenli aralıklarla servislerin durumunu izlemek, planlamada yapılan müdahalelerin etkilerini değerlendirmek ve gerektiğinde düzeltici önlemler almak anlamına gelmektedir.

Sonuç olarak, mekânsal planlamada ToES yaklaşımının, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir araç olduğu değerlendirilmiştir. ToES'ler iklim değişikliği ile mücadelede etkili bir şekilde kullanıldığında, toplumlar için önemli faydalar sunmaktadır. Ancak, bu faydaları sağlamak için, mekânsal planlama kararları, ToES'leri ve iklim değişikliği arasındaki ilişkileri dikkate alan içerikte olmalıdır. Özellikle havzalardaki alan yönetimi, ekosistemlerin ve ES'lerin kaybına ve ekolojik işlevlerin etkin şekilde işlemesine neden olmayacak şekilde yönetilmeli ve planlanmalıdır (Grêt-Regamey ve diğ., 2017). Bu kapsamda ToES'lerin mekânsal planlamaya entegrasyonu sürecinde hangi analiz ve veri toplama yöntemlerinin kullanılabileceği netleştirilmelidir. Bu nedenle bir sonraki bölümde bu konudaki değerlendirmeler ele alınacaktır.



#### **4. ToES ve MEKÂNSAL PLANLAMA ENTEGRASYONUNDA VERİ TOPLAMA VE ANALİZ YÖNTEMLERİ**

Önceki bölümlerde ToES tanımlanmış, İ-ToES'ler tespit edilmiş ve ToES'lerin iklim değişikliği ve mekânsal planlama ile ilişkisi ortaya koyulmuştur. Yapılan araştırmada ToES ve iklim değişikliğinde toprağın C ve su depolama, iklim düzenleme, taşkın kontrolü ve toprak kaybı gibi hidro-meteorolojik afetlerin etkilerini azaltma kabiliyetleri ile ilişkisi değerlendirilmiştir (Weber, 2007; Lehman ve Stahr, 2010; Orwin ve diğ, 2015; Dominati, ve diğ, 2010; Eekhout ve Vente, 2022; Yang ve diğ, 2003; Berberoğlu ve diğ, 2020; Chen, 2002). Bunun yanı sıra, bu servislerin mekânsal planlanma ile ilişkisi incelenerek Türkiye'de ilgili mevzuat kapsamında değerlendirilmesi ele alınmıştır. Bu bölümde ise; ToES'lerin mekânsal planlara entegre edilmesi sürecinde iklim değişikliği ilişkisiyle öne çıkan ToES'lerin mekânsal planlamaya girdi oluşturacak veriye dönüştürülmesi, bir diğer ifade ile haritalandırılması için veri toplama ve analiz yöntemleri irdelenerek ortaya koyulmaktadır.

Bu çalışma kapsamında yapılan analiz ve sentez çalışmalarında temelde dört veri seti kullanılmaktadır. Bunlar; toprak, arazi kullanımı, iklim ve topoğrafya verileridir. Toprak verilerini toprak türleri, toprak sınıfları, toprak derinliği, toprak C kapasitesi, toprak erozyonu; iklim verilerini sıcaklık, yağış yoğunluğu ve şiddeti; arazi kullanımı verilerini CORINE'e dayalı arazi kullanımı arazi örtüsü (AKAÖ) verileri; topoğrafya verilerini eğim ve DEM verileri oluşturmaktadır (Şekil 4.1). Veri setlerinden faydalanarak dünya çapında en yaygın kullanılan toprak erozyonu modellerinden biri olarak değerlendirilen Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) toprak kaybı modelinden faydalanarak bu analiz gerçekleştirilmektedir (Tanyaş ve diğ, 2018). Buna ek olarak Nedkov ve Burkhard (2022) ve Dewanve ve diğ. (2007)'nin ToES'lerin taşkınlar ve seller üzerindeki etkisini ortaya koyan çalışmalarındaki yönteme dayalı taşkın riski modeli oluşturulmaktadır.

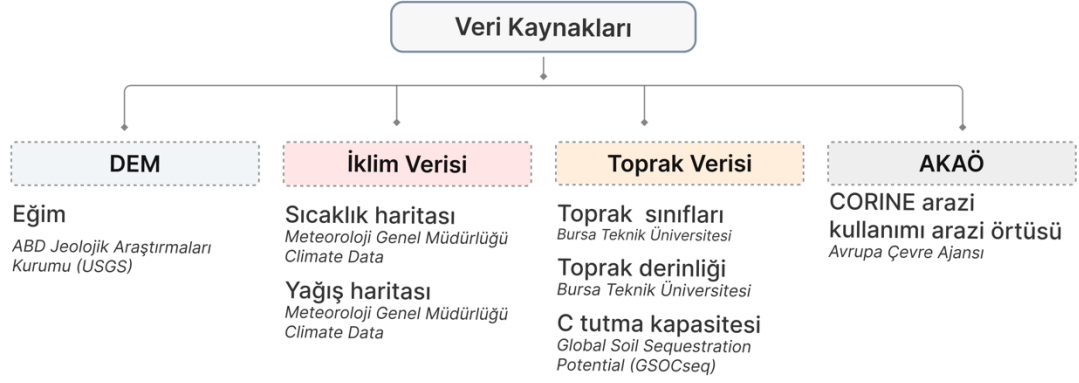
ToES'lere yönelik veri tabanı ve toprak kaybı ile taşkın riski modeli oluşturulduktan sonra Tezer ve diğ. (2020)'ne göre özellikle ekolojik işlevsellik açısından rasyonel değerlendirme sunan yerleşime uygunluk analizi yardımı ile tüm analitik

değerlendirmeler ağırlıklandırılarak bütünleşik değerlendirme yapılmaktadır (Şekil 4.1). Yer seçimine uygunluk analizi için seçilen parametrelerin ağırlıklandırılması konusunda Hassan ve diğ. (2020)'nin CBS kullanarak yerleşime uygunluk analizi yaptıkları ve bu bağlamda toprak kabiliyetlerini değerlendirdikleri çalışma ile Kopperoinen ve diğ. (2014)'nin ES doğrultusunda arazi kullanımı planlaması için yaptıkları yer seçimi metodolojisinde kullandıkları puanlama ve Özşahin (2015)'in yerleşime uygunluk analizinde doğal çevre bileşenlerini değerlendirdiği çalışmalar referans alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan faktörlerin ağırlıklandırması ile ilgili değerlendirme Bölüm 5.3'te verilmektedir.



**Şekil 4.1 : ToES ve Mekânsal Planlama Entegrasyonunda Veri Toplama ve Analiz Yöntemleri.**

Sağladıkları çok-yönlü ES'ler ile ön plana çıkan havzalar (Albayrak 2012; Delibaş ve diğ., 2018) bu tez kapsamında yapılan teorik yaklaşımın uygulama alanı ile test edilmesi adımı da yönlendirici olmuş ve bir havza alanında uygulamanın irdelenmesi uygun bulunmuştur. Bu nedenle söz konusu veri toplama ve analiz çalışmaları hızlı kentleşme örneklemini oluşturan, Bursa'nın metropoliten alan sınırları içinde yer alan Nilüfer Çayı Havzası'nda ele alınacaktır. Çalışmanın 4. Bölümü olan bu bölümde dikkate alınması gereken analizler literatür ışığında değerlendirilmekte ve bir sonraki bölümde ise çalışma alanı üzerinde bu verilerin uygulaması gerçekleştirilmektedir. Alan analizlerinde kullanılan verilerin çoğunluğu açık veri kaynaklarından temin edilmekle birlikte; kamu kurum ve kuruluşlarından elde edilen veriler de çalışmada kullanılmaktadır. Kullanılan veriler ve kaynakları Şekil 4.2'de aktarılmaktadır.



**Şekil 4.2 :** Çalışma alanında kullanılan verilerin kaynakları.

#### 4.1 Toprak Sınıfları, Derinliği ve C Tutma Analizi

Franzluebbbers (2002), toprakların sınıflandırılması ve derinliği analizinin, ToES'lerin tanımlamasının temel bileşenlerinden olduğu öne sürülmektedir. Toprak derinliği ve toprak organik yapısı dikkate alınarak oluşturulan toprak sınıfları bilgileri, toprakların özelliklerinin ve işlevlerinin anlaşılmasını sağlamakta, bu değerlendirmeler de arazi kullanım kararlarında yol gösterici olmaktadır. Ayrıca, toprak sınıfları ve derinliği konuları toprak verimliliği, bitki yetiştiriciliği, su döngüsü ve iklim değişikliği gibi konuları değerlendirmek için de önemli veri setleri oluşturmakta ve toprak kaybı, taşkın gibi afetlerin analiz edilmesinde girdi niteliği taşımaktadır.

Toprak sınıfı ve toprak derinliği verileri alınan verilerin kategorileri düzenlenerek elde edilmektedir. Arrouays ve diğ. (2017) toprak sınıfları arasında organik madde içeriği, pH, tuzluluk, su tutma kapasitesi, toprak derinliği ve toprak yapıları gibi özelliklerde farklılıklar bulunduğunu ve bu özelliklerin, toprak yapısını değiştirdiğini ifade etmektedir.

Franzluebbbers (2002) farklı toprak sınıflarının, farklı ekosistem servislerini sağlamada öne çıktığına vurgu yapmaktadır. Örneğin, I., II., III., IV. toprak sınıfları su tutma kapasitesi yüksek olduğu için sel önleme ve su kaynakları koruma servisleri sağlamakta iken; bazı toprak tipleri ise su geçirgenliği yüksek olduğu için su tutma kapasitesi düşük olmakta ve su kaynakları koruma hizmeti sağlayamamaktadırlar. Bu nedenle, toprak sınıfları, ToES'ler ile ilgili politika kararları alınırken de dikkate alınabilecek özellikleri barındırmaktadır.

Toprak sınıfları genellikle bitki örtüsü, iklim, topoğrafya ve jeolojik özelliklere göre belirlenmektedir. En yaygın toprak sınıflandırma sistemleri şunlardır: USDA Toprak Sınıflandırma Sistemi; Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından geliştirilmiştir ve tarımsal kullanım için arazinin sınırlayıcı faktörlerini değerlendirmek amacıyla oluşturulmaktadır. FAO Toprak Sınıflandırma Sistemi; Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından geliştirilmiş olup fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine göre toprakları sınıflandırmaktadır. Bu yöntem, 8 ana toprak grubunu ve 32 alt sınıfa ayırmaktadır. Bu tez kapsamında Türkiye'deki mekânsal planlarda kullanılan, Amerika Birleşik Devletleri Toprak Koruma Servisi tarafından geliştirilen arazi yetenek sınıflaması kullanılmaktadır. Sınırlayıcı faktörlere göre alt sınıflar ve derecelere göre sınıflar içerisinde gruplandırılan yetenek birimleri, işlemeli tarıma uygun olan I-IV. sınıflar ve mera, orman ve doğal hayata uygun olan V-VIII. sınıflar olarak ayrılmaktadır. Bu bağlamda Nilüfer Havzası toprak sınıf haritaları 8 toprak sınıfında gruplandırılarak oluşturulmuştur (Bkz. Bölüm 5.1.3).

Hancock ve diğ. (2015) toprak derinliğini, ToES'lere olan etkisi bakımından önemli bir faktör olarak değerlendirmektedir. Söz konusu çalışmada toprak derinliğinin bitki yetiştirme kapasitesi, su tutma kapasitesi ve C depolama kapasitesi gibi ES'lerin sağlanmasında kritik öneme sahip olduğu değerlendirilmektedir. Daha derin topraklarda, bitki kökleri daha geniş bir alana yayıldığından ve su ve besin maddelerini daha iyi emebildiğinden; bitki büyümesi ve üretkenliğinin artmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, derin topraklar daha fazla su depolama kapasitesine sahip olduğu için, taşkınlar, seller ve kuraklık gibi doğal afetlere karşı daha dirençli hale gelmektedir. Bununla birlikte, insan faaliyetleri, özellikle de tarım ve inşaat gibi etkenlerle toprak kullanımını değiştirmekte, toprak derinliğini azaltabilmekte ve nihayetinde ToES'leri olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle, toprak derinliği, toprak kullanım planlaması ve yönetimi açısından dikkate alınması gereken önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Toprak derinliği, toprağın üst yüzeyinden itibaren hangi derinliğe kadar organik ve mineral malzemeler içerdiğini ifade etmektedir ve bu sebepten ötürü de Buol ve diğ. (2011) tarafından ToES'ler ile ilişkilendirilmektedir. Toprak derinliği verisi Bursa Teknik Üniversitesi'nden alınan veri dahilinde A, B, C, D, E olmak üzere 5 sınıfı gösterecek şekilde haritalandırılmaktadır. Bu sınıflama farklı toprak katmanlarını ifade etmek için kullanılmaktadır:

- A horizontu, toprağın en üst tabakasıdır ve organik malzemelerin en yoğun olduğu kısmı ifade etmektedir. Derinliği genellikle 10-20 cm arasındadır.
- B horizontu, A horizontunun hemen altında yer alan toprak tabakasıdır ve organik madde miktarı daha azdır. Bu tabaka, mineral malzemenin biriktiği ve köklerin daha derine inebildiği bir bölgedir. Derinliği genellikle 20-50 cm arasındadır.
- C horizontu, daha altta yer alan toprak tabakasıdır ve genellikle taşlı ve kayaçlı bir yapıdadır. Derinliği genellikle 50-100 cm arasındadır.
- D horizontu, ana kaya kaynaklı toprağın altındaki birikimli malzemeleri ifade etmektedir. Derinliği genellikle 100 cm'den fazladır.
- E horizontu ise, toprak yüzeyine yakın, genellikle suya doymuş olan ve organik madde içeriği yüksek bir tabakadır. Derinliği genellikle 10-20 cm arasındadır.

Lehman ve Stahr (2010) ve Weber (2007)'in de vurguladığı gibi; sürdürülebilir kalkınmanın ve iklim değişikliğine uyumun sağlanabilmesi için toprağın C tutma kapasitesi özelliği mekânsal kararlarda öncelikli parametrelerden biri olarak dikkate alınmalıdır. Toprak C tutma kapasitesi iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. C tutma haritaları Türkiye için üretilmiş olsa da (T.C Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023) tez kapsamında bu analizin sayısal verisine ulaşamamıştır. Bu doğrultuda bu tez çalışması için FAO'nun sağladığı, dünya genelinde toprak karbonu seviyelerinin dağılımını gösteren açık veri kaynaklarından faydalanılmıştır. FAO toprak haritalarını üretmek için Dünya genelinde toprak örnekleri toplamaktır. Bu örnekler, farklı iklim, bitki örtüsü, toprak tipi ve kullanım türlerine göre seçilmektedir. Bu örnekler daha sonra laboratuvarlarda analiz edilmekte ve CBS teknolojisi ile haritalandırılmaktadır. Bu çalışmada toprak C verisi Global Soil Sequestration Potential (GSOCseq) (Url-14, 2023) TIFF formatında elde edilmiştir. Ardından bu veri ArcGIS üzerinde raster ve vektörel veriye dönüştürülerek yerleşilebilirlik analizlerinde girdi olarak kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 5.2.3).

## 4.2 Sıcaklık ve Yağış Analizi

Bir bölgenin kendi iklim durumunu anlamak yere özgü plan kararları getirmede ve bu verilerin bağlantılı olduğu toprak kaybı, kuraklık, taşkın gibi afetleri anlamak açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte Lal (2019) sıcaklık ve yağışın ToES'lerin birçok eko-fizyolojik süreci etkilediğini ortaya koymaktadır. Bitki

büyümesi, su döngüsü, besin döngüsü ve C döngüsü gibi önemli süreçler, sıcaklık ve yağış düzenlemelerine duyarlıdır. Bu nedenle, çalışma alanının sıcaklık ve yağış analizleri, ToES'lerin nasıl etkilenebileceğini ve bu etkilerin neden olduğu değişikliklerin boyutunu anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Bu tez çalışması için sıcaklık ve yağış haritalarının oluşturulması için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Bursa'nın hava ölçüm istasyonlarının konumları alınmıştır. Bu istasyonlara ait sıcaklık ve yağış verileri Climate Data (Url-15, 2023) kaynağındaki ilçe ortalama sıcaklık ve yağış verileri ile eşleştirilmektedir. Çalışma alanında sıcaklık ve yağış haritası oluşturmak için bu istasyonlar çalışma içerisinde yeterli olmadığından bu haritaların oluşturulması için rastgele nokta dağıtımı yöntemi kullanılmaktadır.

Rastgele nokta dağıtımı yöntemi, bu noktalardan yola çıkarak diğer noktaların sıcaklık ve yağış değerlerini tahmin etmek için istatistiksel bir yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemi kullanmak için, öncelikle ölçümlerinin yapıldığı noktaların verileri kullanılmaktadır. Daha sonra, rastgele nokta dağıtımı yapmak için ArcGIS'te "Create Random Points" aracı kullanılmaktadır. Bu araç, kullanıcı tarafından belirtilen sayıda rastgele noktayı bir kapsam içinde oluşturmaktadır. Bu kapsam, haritaların oluşturulacağı alanı ifade etmektedir. Rastgele noktalar oluşturulduktan sonra, bu noktaların sıcaklık ve yağış değerlerinin tahmin edilmesi için ArcGIS'te "Kriging" yöntemi kullanılmaktadır. Bu sayede rastgele noktalar arasındaki uzaklık ve değişkenliği kullanarak noktalar arasında kısa mesafelerde düzenli bir sıcaklık tahmini sağlanmaktadır.

#### **4.3 Arazi Kullanım Analizi**

Arazi kullanım analizi, bir bölgedeki arazi kullanımının ve potansiyel değişikliklerin belirlenmesini sağlamaktadır. Bu, ToES'lerin (örneğin, gıda üretimi, su temini, erozyon kontrolü) değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Arazi kullanımının uygun şekilde yönetilmesi, ES'lerin sürdürülmesini ve iklim değişikliğinin neden olduğu streslere uyum sağlanmasını desteklemektedir (Hasan ve diğ., 2020).

Bu çalışma kapsamında Nilüfer Çayı Havzası için yapılan arazi kullanımı analizi CORINE verisinden elde edilmektedir. CORINE (Coordinate Information on the Environment) Avrupa Çevre Ajansı tarafından üretilen bir veri setidir ve Avrupa'daki

arazi kullanımını ve örtüsünü sınıflandırmak için kullanılmaktadır. Veri seti, çeşitli kaynaklardan elde edilen uydu görüntüleri ve diğer jeo-verilerin birleştirilmesi ile oluşturulmaktadır.

CORINE verisi, ESRI formatında sağlanmaktadır ve ArcGIS’de veri seti içindeki farklı sınıflar düzenlenerek oluşturulmaktadır. CORINE verileri birinci düzeyde 5 adet en genel sınıf (yapay yüzeyler, tarım alanları, ormanlık ve doğal alanlar, sulak alanlar, su kütleleri), ikinci düzeyde 15 ana sınıf ve üçüncü düzeyde ise 44 temel sınıftan oluşmaktadır (Çizelge 4.1). Havza ölçeğinde verilerin okunabilirliği açısından bu çalışma kapsamında CORINE verisi 2. düzey sınıflandırılmasına bağlı kalınmaktadır. Havzaya ait en güncel CORINE verisi 2018 yılına ait olduğu için bu veri kullanılarak yapılan analizler için bu yıl verisi kullanılmaktadır.

**Çizelge 4.1 : CORINE sınıflandırma tablosu, 1. düzey 5 sınıf, 2. düzey 15 sınıf 3. düzey 44 sınıf tanımları (Avrupa Çevre Ajansı, 1994).**

| 1.Düzye           | 2. Düzey                                         | 3.Düzey                                                                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.Yapay yüzeyler  | 1.1 Yerleşim alanları                            | 1.1.1 Yoğun yerleşim                                                                           |
|                   |                                                  | 1.1.2 Dağınık yerleşim                                                                         |
|                   | 1.2 Endüstriyel, ticari ve taşımacılık bölümleri | 1.2.1 Yollar, raylı sistem ve bağlantı kavşakları                                              |
|                   |                                                  | 1.2.3 Limanlar                                                                                 |
|                   |                                                  | 1.2.4 Havalimanları                                                                            |
|                   |                                                  | 1.3.1 Maden ocakları                                                                           |
|                   | 1.3 Maden boşaltım ve inşaat yapıları            | 1.3.2 Boşaltım alanları                                                                        |
|                   |                                                  | 1.3.3 İnşaat bölümleri                                                                         |
|                   | 1.4 Tarımda kullanılmayan bitkili alanlar        | 1.4.1 Yeşil yerleşim alanları (park ve bahçeler)                                               |
|                   |                                                  | 1.4.2 Spor ve dinlenme alanları                                                                |
| 2. Tarım alanları | 2.1 Sürülüp ekilebilen arazi                     | 2.1.2 Sulu tarım alanları                                                                      |
|                   |                                                  | 2.1.3 Çeltik tarlaları                                                                         |
|                   |                                                  | 2.2.1 Bağ, üzüm bağı                                                                           |
|                   | 2.2 Kalıcı ürünler                               | 2.2.2 Meyve ağaçları ve meyveli bitkiler                                                       |
|                   |                                                  | 2.2.3 Zeytinlik                                                                                |
|                   |                                                  | 2.3.1 Mera                                                                                     |
|                   | 2.3 Meralar                                      | 2.4.1 Sürekli ürünler ile yıllık                                                               |
|                   |                                                  | 2.4.1 Sürekli ürünler ile yıllık                                                               |
|                   | 2.4 Heterojen tarım alanları                     | 2.4.2 Karışık çiftçilik                                                                        |
|                   |                                                  | 2.4.4 Ormanla karışık tarım alanları                                                           |
|                   |                                                  | 2.4.3 Önemli doğal bitki alanlarının, tarım tarafından çoğunlukla işgal edilmiş olduğu alanlar |
|                   |                                                  | 2.4.4 Ormanla karışık tarım alanları                                                           |

**Çizelge 4.1 (devam) : CORINE sınıflandırma tablosu, 1. düzey 5 sınıf, 2. düzey 15 sınıf 3. düzey 44 sınıf tanımları (Avrupa Çevre Ajansı, 1994).**

| 1.Düzye                      | 2. Düzey                                       | 3.Düzey                                   |
|------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 3. Ormanlık ve doğal alanlar | 3.1 Ormanlar                                   | 3.1.1 Geniş yapraklı ormanlar             |
|                              |                                                | 3.1.2 Kozalaklı ve iğne yapraklı ormanlar |
|                              |                                                | 3.1.3 Karışık ormanlar                    |
|                              | 3.2 Maki ve otsu bitkiler                      | 3.2.1 Doğal çayırlar                      |
|                              |                                                | 3.2.2 Bozkır ve fundalık                  |
|                              |                                                | 3.2.3 Sklerofil bitki örtüsü              |
|                              |                                                | 3.2.4 Bitki değişim alanları              |
|                              | 3.3 Bitki olmayan veya az bitkili açık alanlar | 3.3.1 Plaj, kum tepesi, kumullar          |
|                              |                                                | 3.3.2 Verimsiz toprak ve kayalar          |
|                              |                                                | 3.3.3 Seyrek bitkili alanlar              |
|                              |                                                | 3.3.4 Yanık alanlar                       |
|                              |                                                | 3.3.5 Buzul ve kalıcı kar                 |
| 4. Sulak alanlar             | 4.1 Ankarada sulak alanlar                     | 4.1.1 Karasal bataklıklar                 |
|                              |                                                | 4.1.2 Turbalık *                          |
|                              | 4.2 Deniz kaynaklı sulak alanlar               | 4.2.1 Tuz bataklığı                       |
|                              |                                                | 4.2.2 Tuzlalar                            |
|                              |                                                | 4.2.3 Gel-git düzlükleri                  |
| 5. Su kütlesi                | 5.1 Karasal sular                              | 5.1.1 Akarsu yüzeyleri                    |
|                              |                                                | 5.1.2 Su kütlesi                          |
|                              | 5.2 Deniz suları                               | 5.2.1 Lagünler                            |
|                              |                                                | 5.2.2 Haliçler                            |
|                              |                                                | 5.2.3 Deniz ve okyanus                    |

#### 4.4 Topoğrafya Analizleri

Stewart ve diğ. (2014) topoğrafyayı karasal ekosistemlerin en önemli bileşeni olarak değerlendirmektedir. Bu bağlamda Renard ve diğ. (1991) topoğrafya analizini, toprak erozyonu riskini değerlendirmek için kullanılan en temel bileşenlerden biri olarak ifade etmektedir. Bu sebeple bu analiz, erozyon eğilimli bölgelerin tespit edilmesine ve erozyonla mücadele stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır.

Digital Elevation Model (DEM) verisi, yer yüzeyinin sayısal yükseklik verilerini içeren bir raster veri türüdür. Bu veri eğim haritasının ve toprak kaybı modelinin oluşturulması ve yerleşilebilir alanların belirlenmesi için girdi sağlamaktadır (Renard ve diğ, 1991). Bu çalışma kapsamında kullanılan DEM verisi ABD Jeolojik Araştırmaları Kurumu (USGS), web sitesinden (Url-16, 2023) elde edilmektedir. Eğim analizi için bu DEM verisi ArcGIS'te "Spatial Analyst" araç kutusu kullanılarak raster

hale getirilmektedir. Bu harita, arazi eğimi hakkında bilgi sağlamakta ve toprak kaybı ve yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılmaktadır.

#### **4.5 Taşkın Riski Modeli**

Dewan ve diğ. (2007)'ne göre taşkın riski haritalandırması, mekânsal planlama ve iklim değişikliğine uyum sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. Sel riski haritası, sel tehlikesi olan alanların tespit edilmesi yoluyla kaynakların tahsis edilmesini, uygun arazi kullanım planlarının geliştirilmesini ve etkili önlemlerin uygulanmasını sağlamaktadır. İklim değişikliği, sel gibi aşırı hava olaylarının sıklığını ve yoğunluğunu artıracığından, sel riski haritalandırması iklim değişikliğine mekânsal uyum kapsamında büyük önem taşımaktadır. Nedkov ve Burkhard (2022) ToES'lerin sel riski haritalandırmasına entegre edilmesinin, doğal özelliklerin, sulak alanlar veya ormanlar gibi, sel azaltma veya su emme yeteneklerine sahip olduğu alanları belirlemeye yardımcı olduğunu ifade etmektedir. Bu doğal özellikler, taşkın şiddetini azaltarak savunmasız alanları korumak için tampon görevi görmektedir.

Rincon ve diğ. (2018) CBS ve ArcGIS ağırlıklı toplam analiz aracını, sel riski haritalandırmasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olarak değerlendirmektedir. Bu yöntemler, belirli parametrelerin ağırlıklarını atayarak ve bunları birleştirerek kapsamlı bir sel riski haritası oluşturmayı sağlamaktadır. Yükseklik parametresi, sel riskini etkileyen önemli bir faktördür. Yüksek bölgeler genellikle sel riskinden daha az etkilenirken, düşük alanlar su birikimi ve sel tehlikesi açısından daha hassas olmaktadır. Eğim de su akışını etkileyen bir faktördür. Dik eğimli alanlarda su hızlı bir şekilde akmakta ve bu durum sel riskini artırmaktadır. Arazi kullanımı, sel riski haritalandırmasında dikkate alınması gereken bir diğer önemli faktördür. Örneğin, yapılaşmış veya betonlaşmış alanlar, suyun yüzeyde birikmesine ve akış hızının artmasına neden olarak sel riskini artırmaktadır. Akarsulara yakınlık da sel riski modelinde değerlendirilmektedir. Akarsuların yakınındaki alanlar, su taşkınlarına daha yatkın olmaktadır.

#### **4.6 RUSLE Toprak Kaybı Modeli**

İklim değişikliğinin ToES'ler üzerindeki iki önemli etkisinden biri olan toprak kaybının en önemli sebeplerinden biri erozyon olarak değerlendirilmektedir (Eekhout

ve Vente, 2022; Yang ve diğ, 2003; Berberoglu ve diğ, 2020; Chen, 2002). Tanyaş ve diğ. (2018) göre Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) dünya çapında en yaygın kullanılan toprak erozyonu modellerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Özellikle havzalarda erozyonun modellenmesi için kullanılan bu yöntem, toprak kaybının ana faktörlerini yağış, toprak erozyon potansiyeli, toprak tipi ve eğim açısından ele almaktadır (Şekil 4.3).

Bu çalışma kapsamında oluşturulan model çeşitli aşamalar sonucunda ArcGIS yazılımında oluşturulabilmektedir. İklim, jeoloji, DEM, ve toprak verilerinin toplanması modellemenin ilk aşamasını oluşturmaktadır. DEM verileri kullanılarak eğim raster haritaları oluşturulmaktadır. Yağış verileri kullanılarak yağışın aşındırma gücü hesaplanmaktadır. Bu işlemlerin değerlendirilmesinden sonra RUSLE modeli için gerekli olan raster haritalar hazırlanmakta ve erozyon sınıflarını karşılayacak şekilde yeniden sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırılmış bu veriler ile erozyon ve toprak kaybı haritası oluşturulmakta ve bu harita vektörel veriye dönüştürülerek erozyon alansal hesaplamaları yapılmaktadır. RUSLE modeli oluşturulurken takip edilen denklem şu şekildedir:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (4.1)$$

Burada;

$A$  = Ortalama yıllık toprak kaybı

$R$  = Yağış yoğunluğu ve şiddeti faktörü (Rainfall factor)

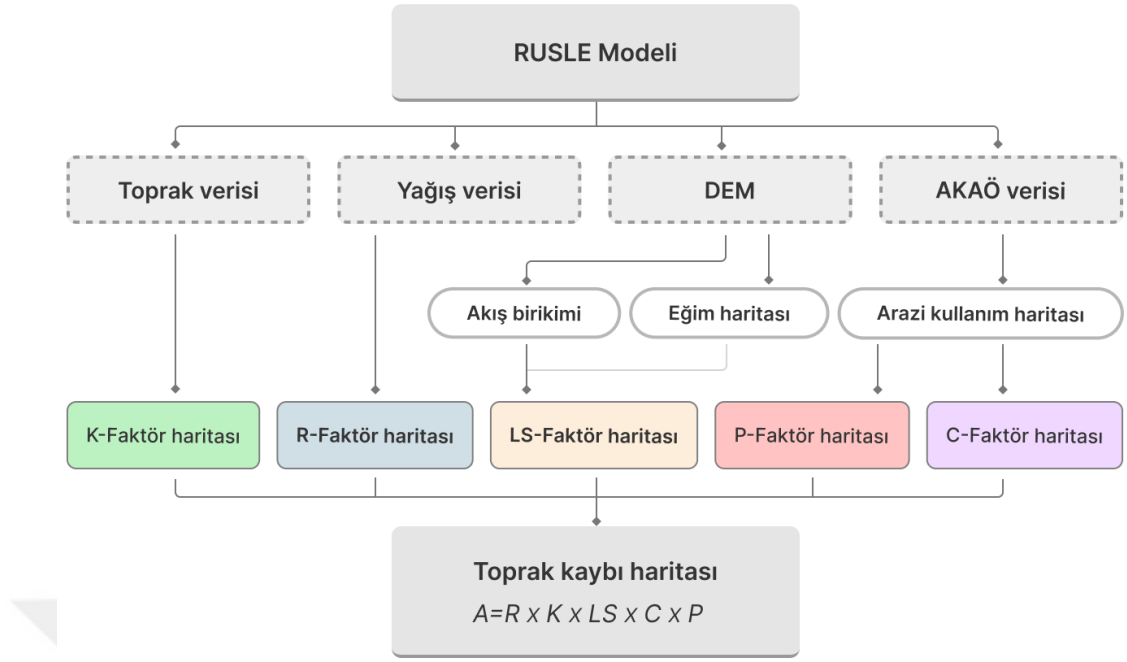
$K$  = Toprak erozyon potansiyeli faktörü (Soil erodibility factor)

$LS$  = Yüzey eğimi ve uzunluğu faktörü (Slope length and steepness factor)

$C$  = Bitki örtüsü ve örtünün toprak kaybı kontrol etme kapasitesi faktörü (Cover and management factor)

$P$  = Destekleyici uygulama faktörü (Support practice factor)

Bu faktörlerin her biri için farklı hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır.  $R$  faktörü için, yağış yoğunluğu verisi kullanılmakta ve bölgenin iklim koşullarına göre farklı katsayılar belirlenmektedir.  $K$  faktörü, toprak özellikleri ile ilgilidir ve toprak türüne ve yapısına göre değişmektedir.  $LS$  faktörü, yüzey eğim açısına ve şekline bağlıdır.  $C$  faktörü ise arazinin kullanım şekline göre değişmektedir.



**Şekil 4.3:** RUSLE modeli toprak kaybı analizinin kavramsal çerçevesi.

#### 4.6.1 C faktörünün hesaplanması

Farklı arazi kullanımların erozyon üzerinde farklı etkileri bulunmaktadır (Stocking, 1984). Bu kapsamda *C* faktörü hesaplanırken öncelikle Çizelge 4.3'teki arazi kullanımlarının *C* faktörlerinin karşılıkları ArcGIS'te öznetelik tablolarına eklenmektedir ve bu veri raster veriye dönüştürülmektedir.

**Çizelge 4.2 :** Arazi kullanımların *C* faktörü katsayıları (Stocking, 1984).

| Arazi Kullanım | C Factor |
|----------------|----------|
| Yapılı alan    | 1.0      |
| Ekili alan     | 0.28     |
| Çıplak alan    | 0.18     |
| Orman          | 0.04     |
| Su kütleleri   | 0        |

#### 4.6.2 LS Faktörünün hesaplanması

*LS* faktörünü hesaplamak için FA (akış yönü) raster verileri kullanılmaktadır. Bu raster veriler, ArcGIS'in "Flow Direction" ve "Flow Accumulation" araçları kullanılarak hesaplanmıştır. *LS* faktörünün denklemi şu şekildedir:

$$LS = \left(FA \times \frac{Cs}{23,13}\right)^{0,4} \times \left(\frac{\sin(SI \times 0,01745)}{0,9}\right)^{1,4} \times 1,6 \quad (4.2)$$

Burada;

$LS$  = Yüzey eğimi ve şekil faktörü

$FA$  = Akış yönü

$Cs$  = Hücre boyutu (Cell size)

$Sl$  = Eğim

Bu denklem ArcGIS yazılımının “Raster Calculator” aracı kullanılarak hesaplanıp ve  $LS$  faktörü haritası oluşturulmaktadır.

#### 4.6.3 P Faktörünün hesaplanması

P faktörü hesaplanması aşağıdaki denklem aracılığıyla yapılmaktadır:

$$P = 0,2 + 0,03 \times S \quad (4.3)$$

Burada;

$S$  = Eğim derecesi yüzdesi

Bu formül ile oluşturulan raster formatındaki eğim verisine “Raster Calculator” aracı uygulanmaktadır.

#### 4.6.4 K Faktörü

Stocking toprağın aşınabilirlik faktörünü ( $K$ ), duyarlı toprak türlerini ve bunların parçacıklarının yağış ve yüzey akışı yoluyla ayrılmasına ve taşınmasına karşı ölçmek olarak tarif etmektedir.  $K$  faktörü toprak dokusundan, organik maddeden, toprak yapısından ve toprak profilinin geçirgenliğinden etkilenmektedir (Stocking, 1984).  $K$  faktör hesaplanırken iki toprak türü değerlendirilmektedir. Bunlar; killi tınlı toprak, killi kumlu topraktır. Çalışma alanı içerisinde bu iki toprak türü verisine bu ulaşılamamaktadır. Fakat bu toprak özellikleri araştırıldığında Anderson ve diğ. (2018)’nin çalışmasında mevcut toprak sınıfı verileriyle bu verilerin tarıma uygunluk açısından çakışabildiği görülmektedir. Örneğin; killi tın toprak, orta düzeyde kum, silt ve kil içerikli olan bir karışımı ifade etmektedir. İyi toprak yapısı sayesinde, genellikle üretim için uygun bir toprak türü olarak kabul edilmektedir. Bu da 1., 2., 3., 4. sınıf toprak gruplarını kapsamaktadır. Öte yandan tarıma elverişli olmayan killi kumlu toprak ise 5., 6., 7., 8. sınıf toprak grubuna karşılık gelmektedir. Bu bağlamda bu tez çalışması kapsamında  $K$  faktörü hesaplanırken ilk dört sınıf toprak grubu killi tınlı toprak olarak değerlendirilirken, 4-8. sınıf toprak sınıfları killi kumlu toprak olarak

değerlendirilmeye alınmaktadır. Çizelge 4.4'teki veri söz konusu toprak sınıflarının öz nitelik tablosuna işlendikten sonra raster verisi oluşturulmaktadır.

**Çizelge 4.3 : Toprak türleri ve K faktör katsayıları (Stocking, 1984).**

| Toprak Türleri     | K Faktör |
|--------------------|----------|
| Killi tınlı toprak | 0.24     |
| Killi kumlu toprak | 0.28     |

#### 4.6.5 R Faktörünün hesaplanması

R faktörü, yağış şiddetinin etkisini gösteren bir faktördür. Bu faktör, belirli bir yerdeki yıllık yağış miktarına ve yağışın dağılımı gibi faktörlere bağlıdır. Stocking'e göre R faktör hesaplaması arazi kullanımı ve iklim değişikliği risk değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır (Stocking, 1984). Daha yüksek yağış şiddeti, daha yüksek bir R faktörüne neden olmakta ve bu da daha yüksek toprak erozyonu riski anlamına gelmektedir. Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen Bursa ilinin yıllık yağış verisinden yararlanılmaktadır.

R faktör şu şekilde hesaplanmaktadır (Thapa, 2020):

$$R = 0.0483 \times P^{1.61} \quad (4.4)$$

Burada;

$$P = \text{Yıllık ortalama yağış miktarı, } P < 850 \text{ mm için.}$$

R faktörü haritasını oluşturmak için ArcGIS yazılımının “Raster Calculator” aracı kullanılmaktadır.

Son aşamada hesaplanan  $R$ ,  $K$ ,  $LS$ ,  $P$  ve  $C$  değerleri ArcGIS Model Builder kullanılarak “Raster Calculator” ile RUSLE formülü kullanılarak oluşturulmaktadır.

#### 4.7 Çok Kriterli Yerleşime Uygunluk Analizi

Hassan ve diğ. (2020) çok kriterli yerleşime uygunluk analizinin sürdürülebilir kentsel gelişim için umut verici sonuçlar ortaya koyduğunu ifade etmektedir. Bu analiz bir bölgede belirli kriterlere dayalı olarak yerleşilebilirlik haritasını oluşturmak için kullanılan bir yöntemdir. Basharat ve diğ. (2016) bu kriterlerin arazi eğimi, toprak tipi, bitki örtüsü, su kaynakları ve insan faaliyetleri gibi faktörler olabilirken yürütülen çalışmaların temalarına göre de değişiklik gösterebileceğini vurgulamaktadır.

Tezer ve diğ. (2020) Ekosistem Servislerine Dayalı “Havza Koruma Alanları” Tanımlamasının Önemi ve Kapsamı: Düzce – Melen Havzası adlı çalışmalarında yerleşime uygunluk analizinde jeoloji, su geçirgenliği, eğim, erozyon, toprak kabiliyeti ve habitat kırılganlığı verilerini kullanmaktadır. Yazarlar yaptıkları yerleşilebilirlik analizini ürettikleri ES haritaları ile karşılaştırmaktadır. Çıkan sonuç geleneksel yerleşime uygunluk analizinin, ES yaklaşımının *“çok katmanlı olarak sunduğu farklı doğal niteliklere dayalı değerlendirmeyi önemli oranda dikkate alamamakta ve ekolojik işlevsellik açısından rasyonel olmayacak karar alınmasına neden olabilecek sonuçlar ortaya koymadığını”* ifade etmektedir.

Bu tez çalışmasında Tezer ve diğ. (2020)’nin yaptığı yerleşime uygunluk analizi ToES ve iklim değişikliği bağlamında çeşitlendirilerek geliştirilmektedir. Çalışmada kullanılan parametreler Tezer ve diğ (2020)’nin kullandığı jeoloji, su geçirgenliği, eğim, erozyon, toprak kabiliyeti verileri yanı sıra; toprak C tutma kapasitesi, toprak derinliği, sıcaklık, yağış ve taşkın riski verilerini de içermektedir (Çizelge 5.5). Yerleşime uygunluk analizini oluşturmak için kriterler belirlendikten sonra her bir faktör için bir raster veri kümesi oluşturulmaktadır. Daha sonra, her faktörün önem derecesini belirleyen bir ağırlık raster veri kümesi oluşturulmaktadır. Ağırlıkların belirlenmesinde kullanılan yöntemler, birçok değişkene bağlı olarak değişebilmektedir. Bu çalışma kapsamında ağırlıklar örnek çalışmalar referans alınarak belirlenmiştir. Bu çalışmalar Hassan ve diğ. (2020)’nin CBS kullanarak Azad Jammu ve Keşmir'deki arazilerin uygunluk analizini yaptıkları ve bu bağlamda toprak ve dolayısıyla ToES'i baz aldıkları çalışmaları, Kopperoinen ve diğ. (2014)’nin ES doğrultusunda arazi kullanımı planlaması için yaptıkları yer seçimi metodolojisinde kullandıkları puanlama ve Özşahin (2015)’in yerleşime uygunluk analizinde doğal çevre bileşenlerini değerlendirdiği çalışmadır.

Ardından, her faktör raster verisi, ağırlık raster verileri ile çarpılarak ağırlıklı faktör raster verileri elde edilmektedir. Daha sonra, tüm ağırlıklı faktör raster verileri toplanmakta ve sonuçta, her nokta için bir toplam yerleşilebilirlik raster verisi elde edilmektedir. Bu raster verisi, farklı renk tonları veya sınırlarla işaretlenerek son haline getirilmektedir. Sonuç olarak bu yöntem bir bölgenin yerleşilebilirlik düzeyini belirlemede yardımcı olmaktadır ve mekânsal planlama süreçlerinde kullanılarak katkı sunma potansiyeli taşımaktadır.

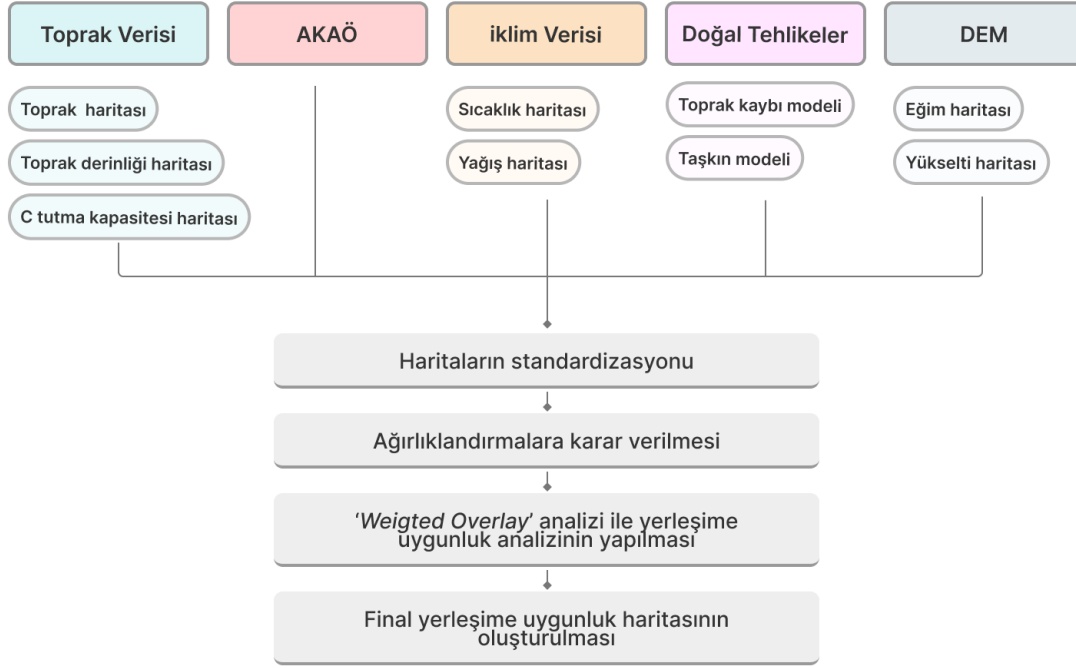
#### 4.8 Bütünleşik Ekosistem Servisleri Analizi

Bu çalışmada bütünleşik ES haritalarının üretilmesinin amacı çıkan sonucun çok kriterli yerleşime uygunluk analizi ile karşılaştırılması ve İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizini bu doğrultuda test edilmesidir. Tez çalışmasında bütünleşik ES haritaları üretilirken Tezer ve diğ. (2020)'nin çalışmalarında kullandığı Burkhard ES matris modeli kullanılmaktadır. Tez çalışmasında örnek olarak Burkhard ve Maes (2017)'in çalışmalarındaki matris yaklaşımı referans alınmıştır. ES haritalandırmanın ilk adımı olarak ES'ler seçilmiş daha sonra çalışma alanının AKAÖ haritası oluşturulmuştur. Bu çalışma kapsamında AKAÖ haritası oluşturulurken Wangai ve diğ. (2019)'nin çalışmaları referans alınmıştır. Bu kapsamda harita dördüncü düzey CORINE arazi örtüsü sınıflandırmasına göre hazırlanmıştır. Bunlar; yerleşim alanları (settlement), orman alanları (forestland), tarım alanları (cropland), grassland (yeşil alanlar), sulak alanlar (wetlands) ve diğer alanlardır (otherland). Bu alanlar matriste belirtilen değerler dikkate alınarak hava kalitesi ve iklim düzenleme, gıda ve su ve erozyon kontrolü ES haritaları üretilmiştir (Wangai ve diğ, 2018). Sonraki adımda raster AKAÖ verilerinin ağırlıklandırılmasıyla üretilen raster ES haritaları eşit ağırlıklandırılarak bir bölgeleme haritası oluşturulmuştur. Bu analizinin üretilmesinin amacı çalışma alanı için üretilen ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizi haritasının mekânsal planlar için doğrulamasını yapmaktadır. Bu analiz yöntemlerinin sonucu bir sonraki bölümde paylaşılmaktadır (Bkz. Bölüm 5.4)

#### 4.9 Bölüm Sonucu

İklim değişikliğine uyum bağlamında ToES'lerin mekânsal planlamaya entegre edilmesi, öncelikle iklim değişikliği ile ilişkilendirilen ToES'lerin tanımlanmasını ve haritalandırılmasını gerektirmektedir (Şekil 4.4). Bu süreçte C ve su depolama, iklim düzenlemesi ve taşkın azaltma servisleri gibi ToES'ler göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, iklim değişikliğinin ToES'ler üzerindeki en öneli etkisi olarak kabul edilen toprak kaybının boyutlarının belirlenmesi de önem taşımaktadır. ToES'lerin mevcut durumu ve karşı karşıya olduğu, öncelik sıralamalarına göre değerlendirilmiştir. Diğer yandan elde edilen yerleşime uygunluk analizleri, toprak yönetimi ve yerleşim planlarının oluşturulmasında yol gösterici bir kılavuz sağlama potansiyeline sahiptir. Bu analizler, mekânsal planlama süreçlerinde dikkate alınmalıdır. Bu sayede, ToES'lerin etkili bir şekilde korunması ve iyileştirilmesi için stratejik kararlar almak

mümkün olacaktır. Çalışmanın bundan sonraki bölümünde bu bölümde açıklanan analiz yöntemlerinin Nilüfer Çayı Havzası üzerindeki uygulamaları paylaşılmaktadır. Çıkan nihai ürün mevcut arazi kullanımı ve ÇDP planı ile değerlendirilerek ToES'lerin nasıl kullanılacağı aktarılmaktadır.



**Şekil 4.4:** ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizinin yöntem şeması.

## 5. BURSA NİLÜFER HAVZASI'NIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ToES'LER BAĞLAMINDA İNCELEMESİ

Havzalar, ToES'lerin sürdürülebilirliği açısından önemli bir rol oynamaktadır. Havzalar, toprakların su ve besin maddeleriyle beslenmesini, erozyonun önlenmesini ve biyoçeşitliliğin korunmasını sağlayan doğal süreçleri desteklemektedir. Bu nedenle ToES'lerin iklim değişikliğine uyum kapsamında değerlendirilmesinin, havza ölçeğinde yapılması önem taşımaktadır. Havza ölçeğinde yapılacak çalışmalar, ToES'lerin korunması ve geliştirilmesi için gerekli tedbirlerin alınmasına yardımcı olacaktır. Bu bağlamda, Bursa Nilüfer Havzası, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Nilüfer Çayı Havzası Bursa ilinin en önemli doğal, doğal kaynaklarından biridir. Havza, Bursa ili ve çevresinin merkez ilçelerini kapsamaktadır. Kentin bu alanda yoğunlaşması ve doğal kaynakların hızlı dönüşümü alanın iklim değişikliğine karşı hassasiyetini artırma riskine sahiptir. Havzanın ToES açısından önemi şu şekilde sıralanabilir:

- Havza, Bursa ili ve çevresinin önemli bir kısmını, merkezini kapsamaktadır. Bu nedenle, havzanın sağladığı ToES'ler, Bursa ili ve çevresi için önemli bir yaşam kaynağıdır.
- Havzalar sundukları ES'ler ile iklim değişikliği etkilerinin merkezindedir ve bu nedenle iklim değişikliği ile mücadele ve uyum stratejilerinin geliştirilmesinde ve uygulanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Havza yönetimi, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, ES'lerin korunması ve insan yerleşimlerinin iklim değişikliği ile başa çıkması için önem taşımaktadır.
- Havzanın toprak yapısı ve kullanımı, ToES sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Havzanın toprak yapısı ve kullanımının değiştirilmesi, ToES'lerin azalmasına neden olabilir.

Bu nedenle, Bursa Nilüfer Havzası, ToES'lerin iklim değişikliğine uyum kapsamında değerlendirilmesi için uygun bir çalışma alanıdır. Bu bölümde uygulanan analiz süreçlerinin amacı, iklim değişikliğine uyum kapsamında önemli servisler sağlayan toprak ekosistemlerini mekânsal planlara entegre edebilmeyi mümkün kılacak bir

yaklaşım oluşturmaktır. Sonuç olarak bu bölümde ToES ve mekânsal planlama ilişkisi doğrultusunda yapılan belirli bir alan üzerindeki analizler ele alınmaktadır. Bu bölümde veri toplama ve analiz yöntemi bölümünde ele alınan analizler Nilüfer Çayı Havzası üzerinde uygulanmaktadır.

## **5.1 Bölgenin Tanıtımı**

Şiltu (2014) Nilüfer Çayı Havzası'nın, Bursa ilinde yaşanan yoğun yapılaşma ve göç baskısıyla ciddi bir kentsel gelişme baskısı altında olduğuna vurgu yapmaktadır. Bu nedenle Nilüfer Çayı Havzası, sahip olduğu doğal değerlere rağmen yaşadığı hızlı toprak kaybı ve karşı karşıya olduğu baskılar ile ToES ve arazi kullanım ile mekânsal planlama ilişkisini anlamaya uygun bir araştırma alanı olarak değerlendirilmiştir. Örnek alan kapsamında yapılan alan araştırmasının amacı iklim değişikliği ile ToES'lerin Nilüfer Havzası'nda nasıl değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktır. Bölgenin tanıtımı başlığı altında havzanın coğrafi konumu, iklim özellikleri ve toprak sınıfları konularına değinilecektir. Bu başlık altında iklim değişikliğine mekânsal uyum kapsamında ToES'lerin değerlendirilmesi konusuna açıklık kazandırmak için alanın özellikleri ortaya koyulacaktır.

### **5.1.1 Coğrafi Konumu**

Nilüfer Çayı havzası, Bursa ilinin doğusunda yer almaktadır. 40°15' Kuzey enlemi ve 29°08' Doğu boylamı arasında yer alan bölge, Türkiye'nin Marmara bölgesinde yer almaktadır. Nilüfer Çayı Havzası, Susurluk Havzası'nın bir alt havzasıdır. Nilüfer Çayı Bursa ili sınırlarında doğmakta ve Susurluk Çayı ile birleşip Bursa ili sınırları içerisinde Marmara denizine dökülmektedir.

Nilüfer Çayı Havzası 2560.65 km<sup>2</sup>'lik yüz ölçümüyle Bursa ilinin %23.69'unu kaplamakta ve merkez ilçelerin de içinde bulunduğu Mudanya, Gürsu, Osmangazi, Nilüfer, Kestel, Orhaneli, Kestel, Keles, Karacabey, Yenişehir, Gemlik Yıldırım, İnegöl ilçelerini kapsamaktadır (Şekil 5.1). Nilüfer ilçesine adını veren çayın toplam uzunluğu 103 kilometreyi bulmaktadır (Url-17, 2023) üzerinde Doğanca ve Nilüfer barajı olmak üzere iki baraj kurulu olan nilüfer Çayı Havzasının nüfusu ise 2014 yılı Susurluk Havzası Yönetim Heyeti Toplantısında 2.560.444 kişi olarak belirtilmiştir (Şiltu, 2014).



**Şekil 5.1 :** Çalışma alanı konumu.

### 5.1.2 İklim Özellikleri

Çalışma alanı Bursa ili sınırları içerisinde, Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Marmara Denizi kıyısında yer almaktadır. Bu sebeple yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (2023)’nden alınan bilgiye göre Bursa’da en sıcak aylar Temmuz ve Ağustos, en soğuk aylar Ocak ve Şubat’tır. En yüksek yağışlı aylar Kasım ve Aralık’tır. Bursa’da en sıcak ay ortalama 24.6 °C ile Temmuz’dur, en soğuk ay ise ortalama 5.4 °C ile Ocak’tır. Günlük ortalama sıcaklık yaz aylarında sık sık 35 °C’nin üzerine çıkarken, kış aylarında nadiren -7 °C’nin altına düşmektedir. Bursa ve çevresinde yapılan ölçümlere göre, ortalama toprak sıcaklığı yüzeyde (0 cm) 16.4 °C’dir ve en düşük değer -8.0 °C olarak kaydedilmiştir (Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2023).

Bursa'da en çok yağış kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. Bu nedenle, yaz döneminde de yağış almasına karşın ilde yağış rejimi bakımından Akdeniz ikliminin egemen olduğunu söylemek mümkündür. Bursa ve çevresindeki rasat istasyonlarından alınan verilere göre; yıllık ortalama en az yağış 456.2 mm ile Yenişehir’de, yıllık en fazla yağış ise 782.9 mm ile Keles'te kaydedilmektedir. İl merkezinin yıllık yağış ortalaması ise 713.1 mm'dir (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2023).

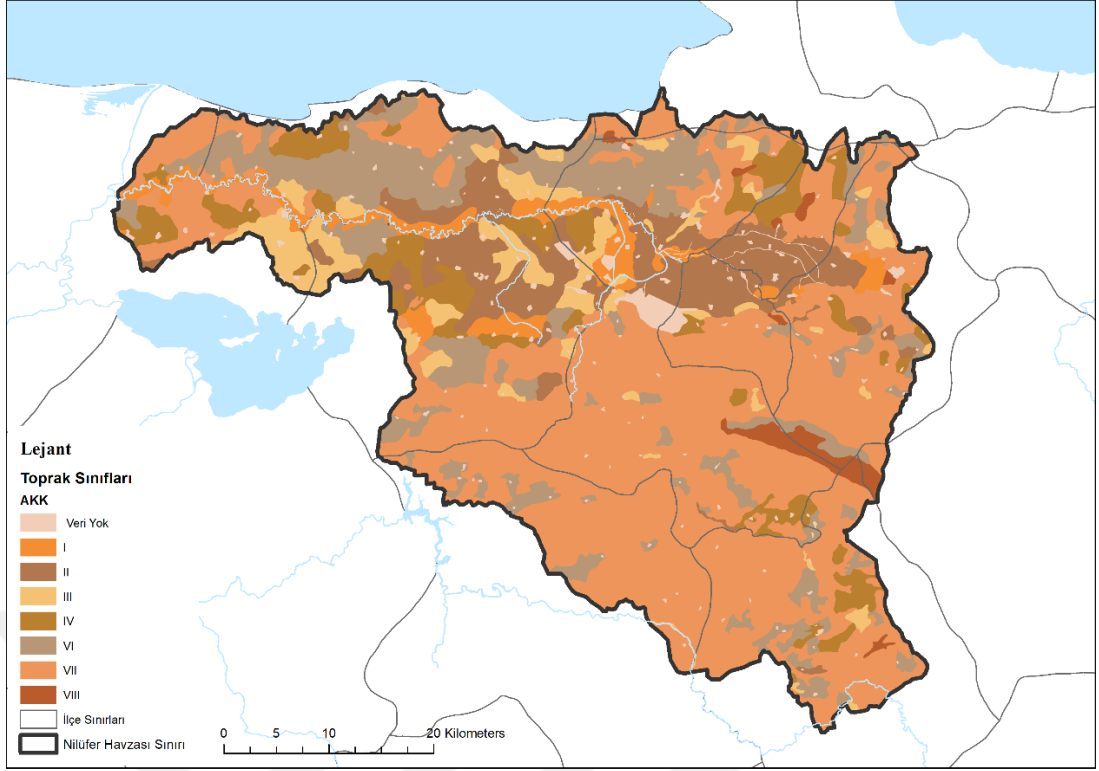
### 5.1.3 Toprak Sınıfları ve Toprak Derinliği

Nilüfer Havzası arazi kullanım kabiliyetleri (AKK) incelendiğinde, alanın %65'inin VII. sınıf toprak sınıfı olduğu görülmektedir. V., VI., VII. ve VIII. sınıf araziler sadece mera, orman ve doğal yaşam için uygun olup, işlemeli tarım için kullanılamaz. García-Gaines ve Frankenstein (2017)’a göre toprak yetenek sınıflandırmasının temel amacı toprak korumasıdır.

Bu çalışmada kullanılan toprak sınıfları ve toprak derinliği haritaları Bursa Teknik Üniversitesi’nden (BTÜ) elde edilen veriler ile ArcGIS programında oluşturulmuştur. En fazla alana sahip toprak grubu Havza’nın %51’ini kaplayan VII. Sınıf toprak grubudur. En fazla yüzdeye sahip ikinci toprak grubu ise alanın %16’sını kaplayan VI. sınıf toprak grubudur. Verimli tarım topraklarını ifade eden I. ve II. Sınıf toprak grupları ise sırasıyla alanın %4 ve %10’unu kaplamaktadır. (Çizelge 5.1) (Şekil 5.2). Alanın %2’sinde ise toprak sınıfı verisi bulunmamaktadır. Bu alanların dağılımı incelendiğinde verisi olmayan alanların yerleşim alanları içerisinde kaldığı görülmektedir.

**Çizelge 5.1 : Nilüfer Çayı Havzası'nda arazi kullanım kabiliyetleri.**

| AKK      | Oran (%) | Alan (km <sup>2</sup> ) |
|----------|----------|-------------------------|
| Veri yok | 2,10     | 5379,043                |
| I        | 4,07     | 10422,73                |
| II       | 10,88    | 27866,95                |
| III      | 6,46     | 16530,20                |
| IV       | 7,93     | 20316,99                |
| VI       | 16,01    | 40994,40                |
| VII      | 51,03    | 130686,01               |
| VIII     | 1,52     | 3884,46                 |
| TOPLAM   | 100      | 256.080,78              |

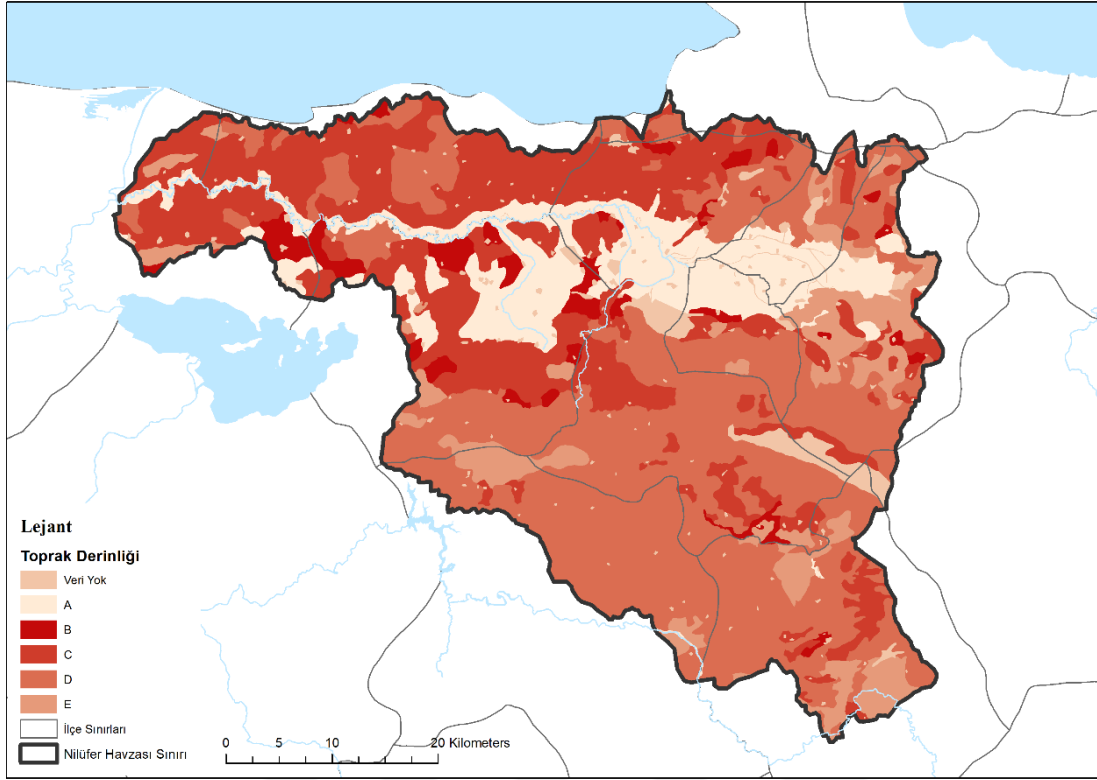


**Şekil 5.2 : Nilüfer Çayı Havzası toprak sınıfları.**

Çalışma alanında toprak derinliği analizi yapıldığında alanın %44'ünün ana kaya kaynaklı toprağın altındaki alanı ifade eden D grubu derinlikte toprak yapısına sahip olduğu görülmektedir. Bu topraklar yaklaşık 10081 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kaplamaktadır. Alanda en büyük dağılıma sahip 2. Toprak derinliği grubu ise alanın %23'ünde bulunan C grubu toprak derinliğidir. Organik maddelerin yoğun olduğu A toprak horizontunu grubu ise alanın %15'ini oluşturmaktadır. Alanın yüzde %6'sının toprak derinliği verisi bulunmamaktadır. Bu alanlar yerleşim alanlarında yoğunlaşmaktadır (Çizelge 5.2) (Şekil 5.3).

**Çizelge 5.2 : Nilüfer Çayı Havzası'nda toprak derinliği.**

| Derinlik | Oran (%) | Alan (km <sup>2</sup> ) |
|----------|----------|-------------------------|
| Veri yok | 6,28     | 92,64                   |
| A        | 15,46    | 340,09                  |
| B        | 3,72     | 102,31                  |
| C        | 23,77    | 709,73                  |
| D        | 44,60    | 1081,68                 |
| E        | 6,16     | 234,31                  |
| TOPLAM   | %100     | 2560,80                 |



**Şekil 5.3 :** Nilüfer Çayı Havzası'nda toprak derinliği (A horizontu: en üstteki ve en verimli katmandır. B horizontu: A horizontundan yıkanan minerallerin biriktiği katmandır. C horizontu: ana kayaya doğru uzanan ve ana kayanın özelliklerini taşıyan katmandır. D horizontu: ana kayanın parçalanması ile oluşan katmandır. E horizontu: kayanın parçalanması ile oluşan ve organik madde bakımından fakir olan katmandır.).

## 5.2 Nilüfer Çayı Havzası'nda İklim Değişikliği ve Etkileri

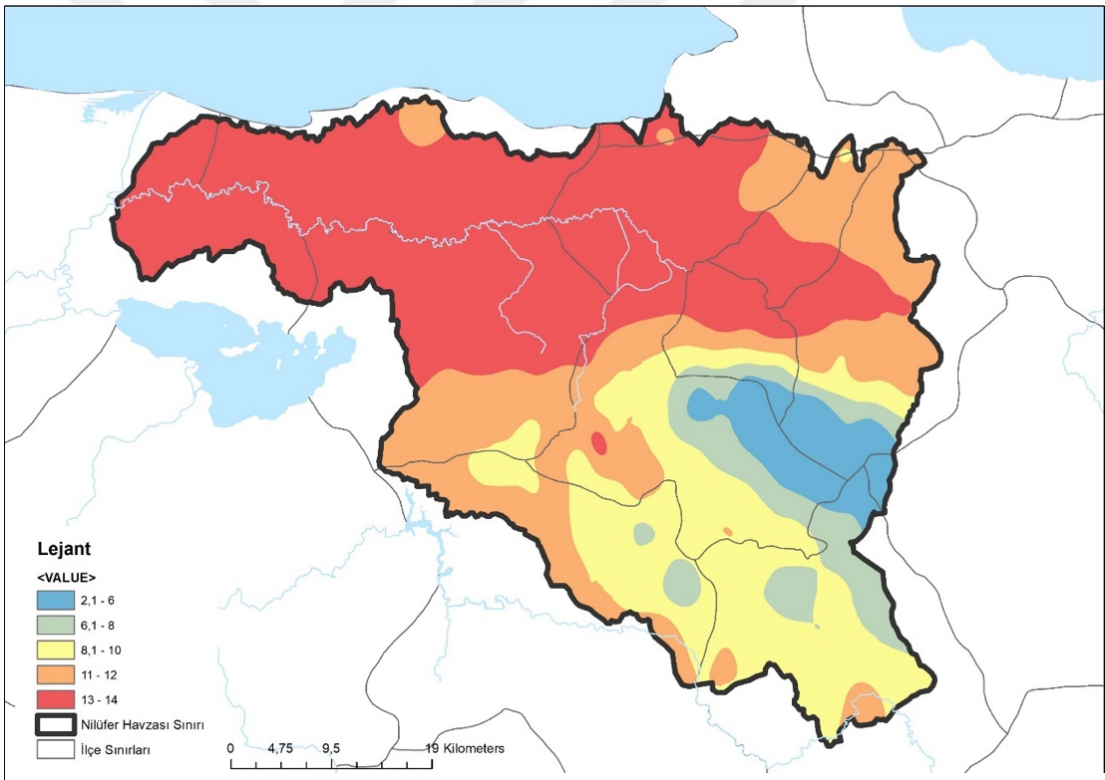
Fossey ve diğ. (2020)'nin de ifade ettiği gibi ToES'ler ve iklim değişikliği arasındaki ilişki, mekânsal planlama açısından büyük önem taşımaktadır. Mekânsal planlama ile ToES'lerin iklim düzenleme işlevleri arasında hassas ve karşılıklı bir ilişki bulunmaktadır. İklim değişikliği ve ToES'ler özellikle toprağın C döngüsü ve hidro-meteorolojik afetler ile olan ilişkisi açısından öne çıkmaktadır (Turner ve diğ, 2009). Bu bağlamda bu başlık altında öncelikle çalışma alanının sıcaklık, yağış ve C haritaları ve RUSLE toprak kaybı modeli ile taşkın riski modeli analizinin sonuçları paylaşılacaktır.

### 5.2.1 Sıcaklık Mekânsal Analizi

Xu ve diğ. (2022)'nin ortaya koyduğu üzere sıcaklık değişimleri, ToES'lerin sürdürülebilirliği üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Sıcaklık haritaları, toprakların sıcaklık değişimlerini ve bu değişimlerin toprak özellikleri ve bitki örtüsü üzerindeki

etkilerini analiz etmek için önemli veriler sunmaktadır. Sıcaklık değişimleri, bitki örtüsünün büyümesi, su döngüsü, toprak erozyonu ve diğer toprak özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Ayrıca, sıcaklık değişimleri, toprağın nem içeriğini değiştirmekte ve bu da bitki örtüsünün büyümesi ve toprak verimliliği üzerinde doğrudan etkiye sahip olmaktadır. Bu nedenle, ToES ve sıcaklık haritaları arasındaki ilişki, toprak verimliliği, bitki örtüsü ve diğer ekosistem servisleri için sürdürülebilir stratejiler geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Çalışma alanı sıcaklık haritası incelendiğinde alandaki en yüksek yıllık ortalama sıcaklık değerine sahip bölgelerin 13-14°C ile alanının kuzeyinde kümелendiği görülmektedir. 2.1 C<sup>0</sup> ile yıllık ortalama sıcaklık değerine sahip bölge ise Kestel, Osmangazi, İnegöl Kestel ilçe sınırlarının kesiştiği çalışma alanının güneydoğusunda bulunmaktadır (Şekil 5.4) (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2023).



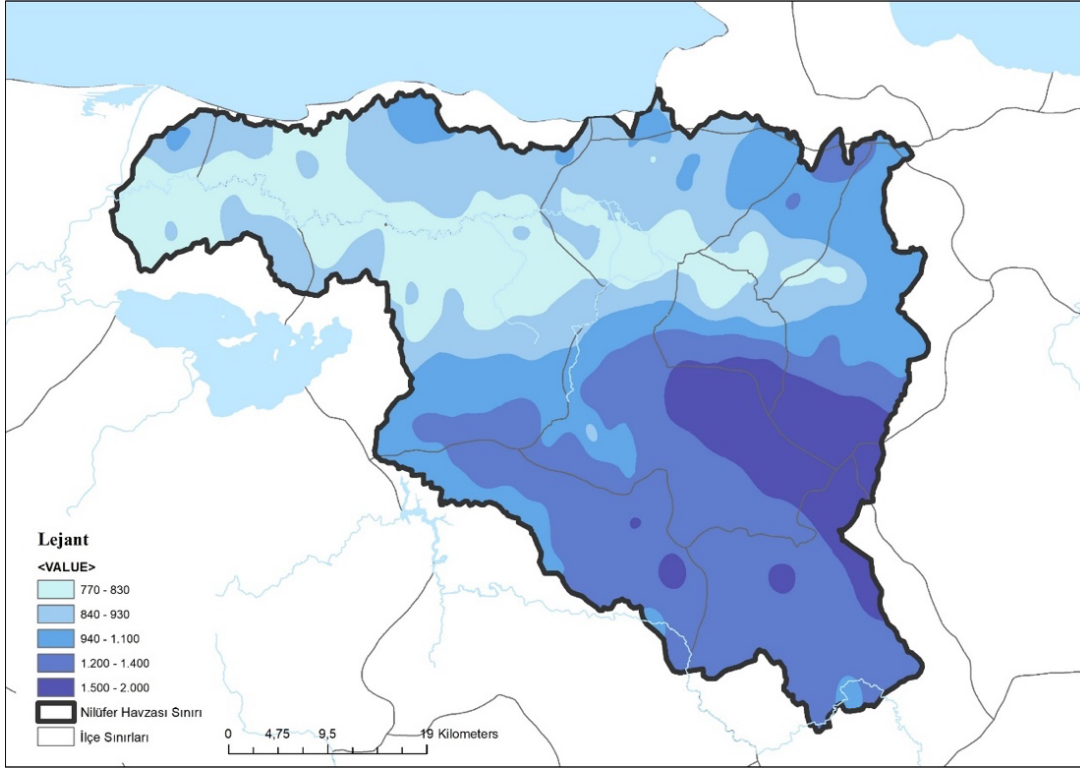
Şekil 5.4 : Nilüfer Havzası sıcaklık haritası.

### 5.2.2 Yağış Değişimlerinin Mekânsal Analizi

Yağış rejimi, su kaynakları, tarım, ormancılık ve diğer ES'ler üzerinde doğrudan etkiye sahiptir (Costanza ve diğ, 1997). Yağış özellikleri önceden belirlenerek su kaynakları yönetimi, tarım ve ormancılık uygulamaları, yeşil alanların korunması ve mekânsal planlamada ekosistem servislerinin desteklenmesinde bu veriler

kullanılabilir. Çalışma alanının yağış haritası incelendiğinde yıllık en çok yağış alan bölgenin, yıllık ortalama sıcaklık değeri en düşük olan Kestel, Osmangazi, İnegöl Kestel ilçe sınırlarının olduğu görülmektedir. Yağışların en az olduğu alan ise yerleşim alanlarının yoğunlaştığı, alanın kuzeyinde Marmara Denizi sınırına yakın olan bölgedir ve bu bölgenin yıllık yağış miktarı 770-830 mm'dir (Şekil 5.5).

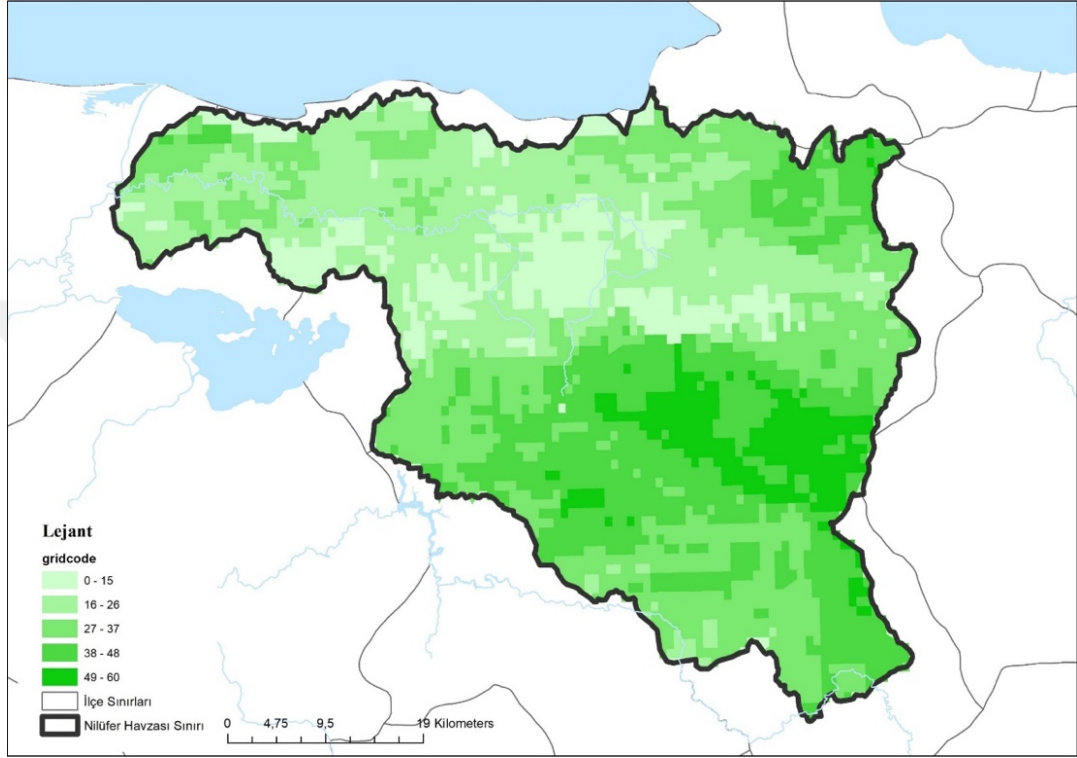
### 5.2.3 C tutma Kapasitesi Analizi



Şekil 5.5 : Nilüfer Havzası yağış haritası.

Toprağın C tutması, topraktaki organik madde içeriği ve toprak karbon stoklarının korunması veya artırılması ile ilgilidir. Karbon tutan topraklar, organik madde içeriği yüksek ve korunması gereken önemli topraklar olarak tanımlanmaktadır (Lehman ve Stahr, 2010; Weber, 2007). Nilüfer Çayı Havzası'nda C tutma oranı en yüksek olan alanlar Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Bu alanlar koyu yeşil renk ile ifade edilmiş ve 49-60 kg/m<sup>3</sup> karbon tutan alanlardır. Bu alanlar, toprağın C tutma kapasitesinin yüksek olduğu bölgelerdir ve C tutma potansiyeli açısından önem taşımaktadır. Çalışma alanı içerisinde C tutma oranı en yüksek olan alanlar alanın güney doğusunda bulunan Uludağ ve eteklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu alanlar çoğunlukla orman alanı sınıfındadır.

C tutan toprakların yoğunlaştığı alanlar, toprak yönetimi stratejileri açısından örnek olabilecek alanlardır ve toprak karbonunun korunması veya artırılması için çeşitli uygulamaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca, bu alanların, küresel iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynadığı ve C tutma kapasitelerinin artırılmasıyla sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkı sağladığı bilinmektedir (Weber, 2007).



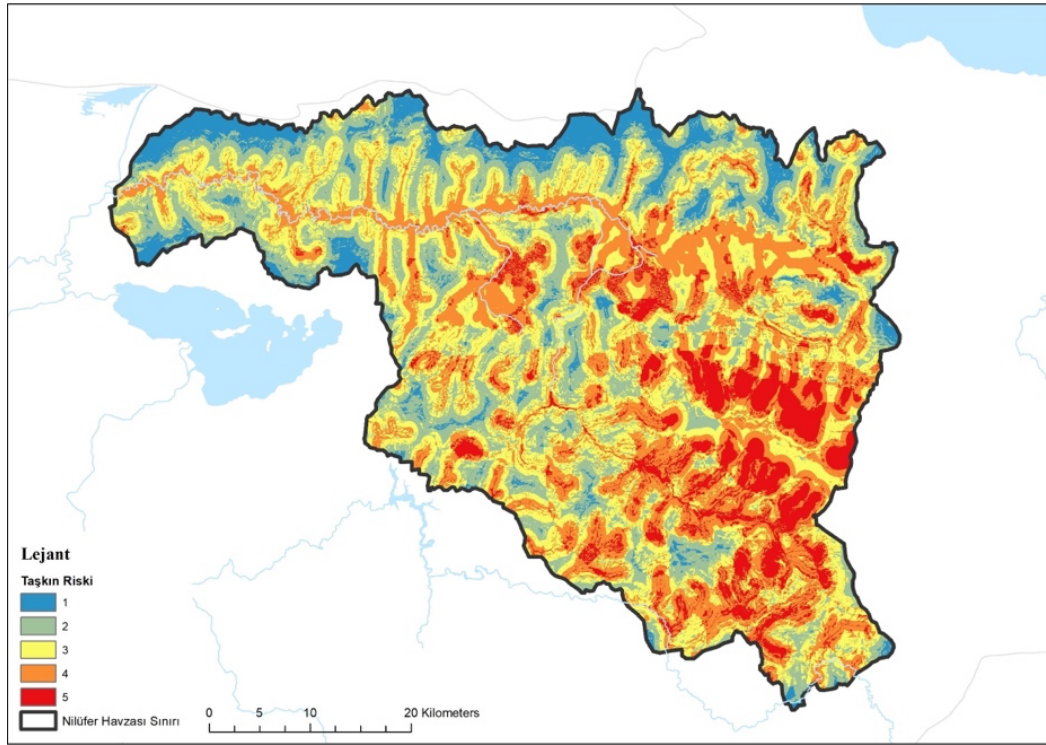
Şekil 5.6 : Nilüfer Havzası C tutma haritası.

#### 5.2.4 Taşkın Riski Modeli

ArcGIS kullanılarak hazırlanan taşkın riski haritası, iklim değişikliğine uyum için mekânsal planlama sürecinde önemli bir araç niteliği taşımaktadır. Bu çalışma kapsamındaki taşkın riski haritası, ArcGIS yazılımından farklı veri setleri (Çizelge 5.3) kullanılarak ağırlıklı toplam analiz (weighted overlay analysis) aracı ile oluşturulmuştur. Bu analiz farklı parametrelerin sel riskine olan katkısını yansıtmaktadır. Bu ağırlıklandırma yapılırken Rinkon ve diğ. (2018)'nin çalışmaları referans alınmıştır. Yapılan analiz sonucunda, havza içerisinde taşkın riskinin en fazla olduğu alanların çalışma alanının doğusunda ve Uludağ eteklerinde yoğunlaştığı görülmüştür (Çizelge 5.3) (Şekil 5.7).

**Çizelge 5.3 :** Taşkın risk haritası kriterler ve ağırlıklandırmaları (Rincón ve diğ., 2018).

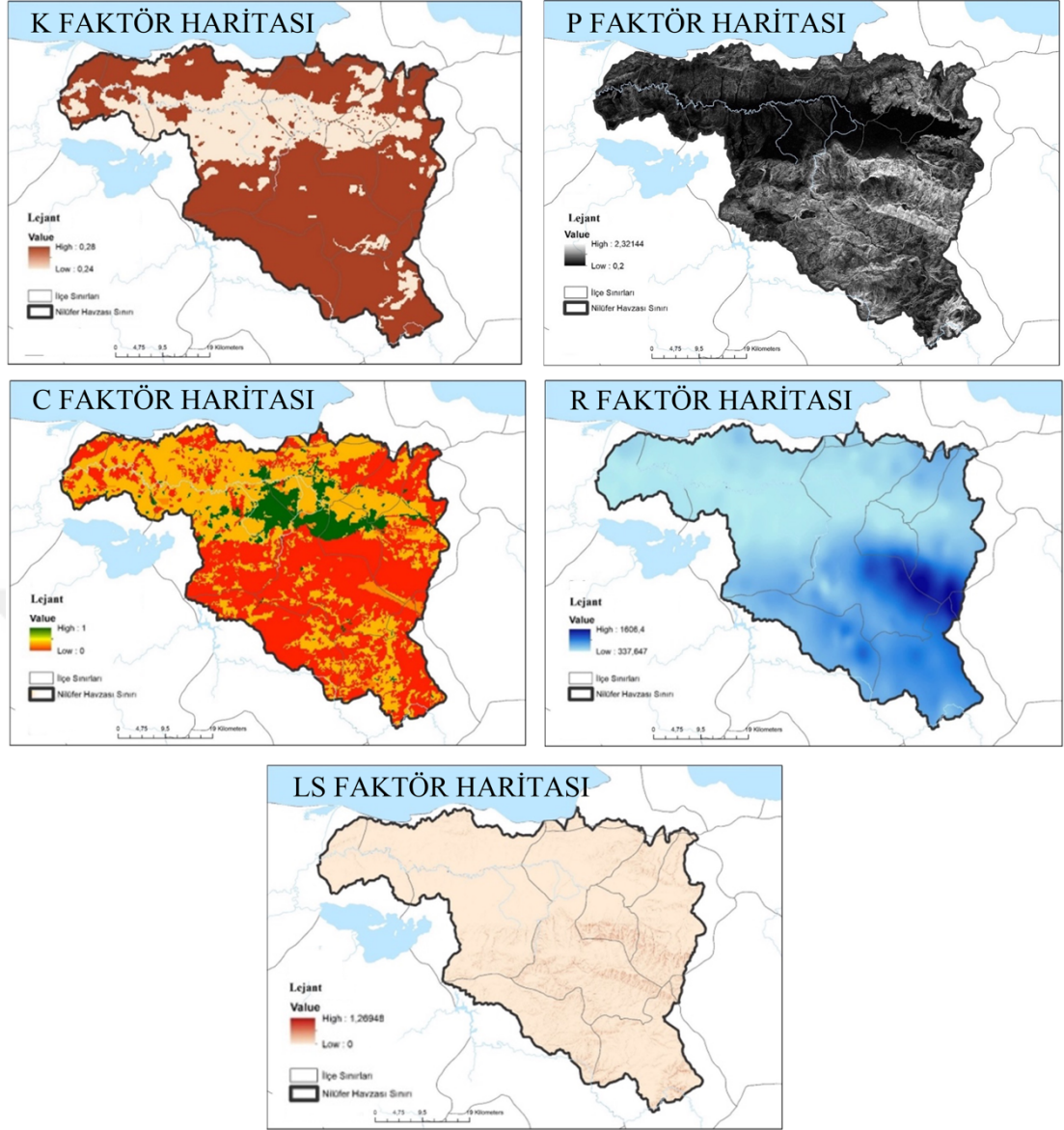
| Kriterler           | Ağırlıklandırmalar |
|---------------------|--------------------|
| Yükseklik           | 0.10               |
| Eğim                | 0.15               |
| Arazi Kullanımı     | 0.10               |
| Yağış               | 0.35               |
| Akarsulara Yakınlık | 0.30               |
| TOPLAM              | 100                |



**Şekil 5.7 :** Nilüfer Çayı Havzası taşkın riski.

### 5.2.5 RUSLE Analizi ile Toprak Kaybının Değerlendirilmesi

Çalışma alanında toprak kaybının analiz edilmesi için RUSLE toprak kaybı modeli kullanılmıştır. Bunun için öncelikle  $K$ ,  $R$ ,  $P$ ,  $C$ ,  $LS$  faktör haritaları hazırlanmıştır.  $K$  faktörü toprağın erozyona duyarlılık katsayısıdır. Toprağın yapısal özelliklerini, su emme kapasitesini ve toprak türünü göz önünde bulundurur.  $K$  faktörü ne kadar yüksekse, toprağın erozyona daha duyarlı olacağı değerlendirilmektedir. Yapılan  $K$  faktör analizi sonucunda havzanın güneyinin toprak erozyonuna daha duyarlı olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 5.8).

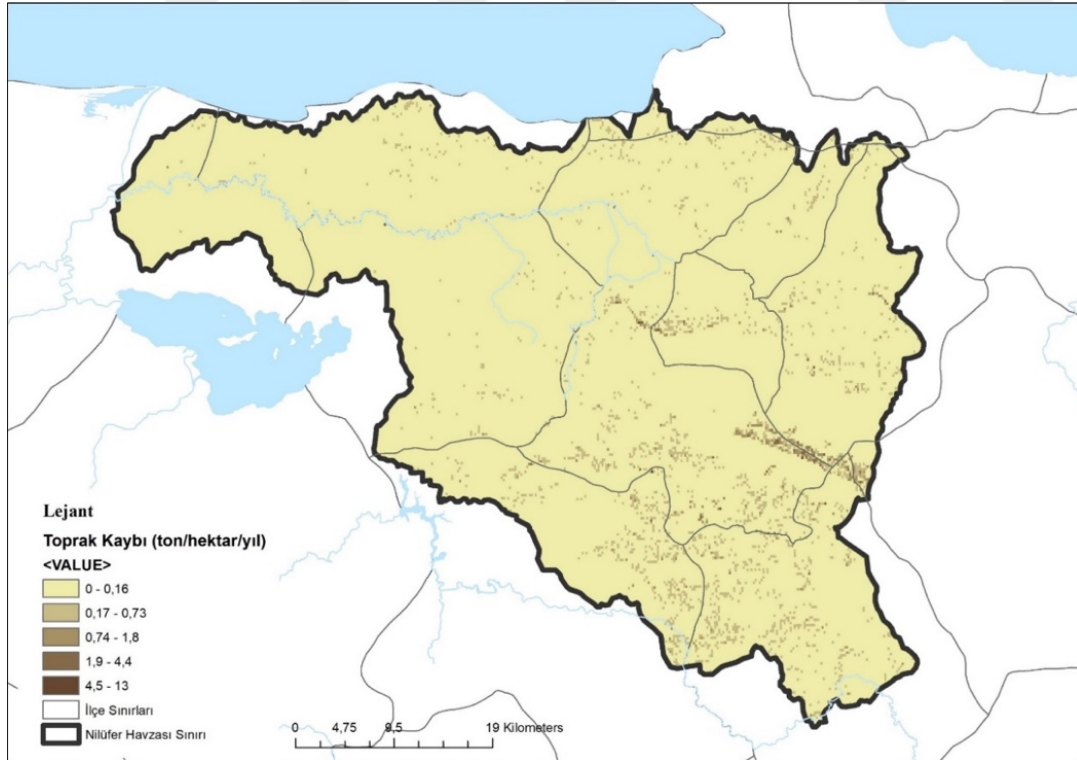


**Şekil 5.8 : RUSLE analizi faktör analizleri sonuçları.**

*P*, destekleyici uygulama faktörü toprak sınıfları ile bağlantılı olup *P* faktör değerinin yüksek olduğu alanlar erozyon riskinin düşük olduğu alanları temsil etmektedir. Bu alanların da havza içerisinde yine bölgenin güneyinde Uludağ ve eteklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. *C* faktörü arazi kullanımının erozyona direnç sağlama yeteneğini temsil etmektedir. Bitki örtüsü ne kadar yoğun ve sağlam ise, *C* faktörünün o kadar yüksek, yapılaşmış alan ne kadar yoğun ve yaygın ise erozyona direncin o kadar düşük olacağı ifade edilmektedir. *C* faktörü haritasında yeşil ile temsil edilen *C* faktörünün yüksek olduğu alanlar havza içerisinde yapılaşmanın fazla olduğu ve erozyona karşı direncin en düşük olduğu alanları temsil etmektedir.

Yağış şiddeti ve dağılımını temsil eden *R* faktörü haritası yıllık yağış haritasıyla örtüşmekte ve benzer bir sonuç ortaya koymaktadır. *R* faktörü ne kadar yüksekse, toprağın erozyona daha duyarlı olduğunu göstermektedir. *R* faktör haritası sonucuna göre, Uludağ ve çevresinin bulunduğu alanların erozyona karşı daha duyarlı olduğu görülmektedir. *LS* faktörü, toprağın yüzey şekilleri (uzunluk ve eğim) ile ilgilidir. *LS* faktörü ne kadar yüksekse, toprağın erozyona daha duyarlı olduğu değerlendirilmektedir. Bu analiz sonucunda Nilüfer Çayı Havzası'nın kuzeyinin erozyona daha dayanıklı olduğu sonucu elde edilmiştir.

Nilüfer Çayı Havzası'nda toprak kaybının boyutlarını ortaya koymak için analiz yöntemlerinde detaylıca açıklanan RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) yöntemi ArcGIS yazılımıyla entegre edilerek kullanılmıştır. Bu analiz sonucu Şekil 5.9'da verilmiştir. Yapılan analizin sonucuna göre toprak kaybının çalışma alanı genelinde yılda 0-0,16 ha'dır. Çalışma alanında yıllık yağış miktarının en yüksek, sıcaklık değerinin en düşük olduğu çalışma alanının güney doğusunda toprak kaybı miktarının da yüksek olduğu görülmektedir. Kestel ve Osmangazi ilçe sınırlarının kesiştiği alan ise toprak kaybının 4.5-13 ha ile en çok görüldüğü alan olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 : Nilüfer Havzası toprak kaybı haritası.

### 5.3 Bursa Nilüfer Havzası Yerleşime Uygunluk Analizi

Bu bölümde Nilüfer Çayı Havzası için İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizi üretilmektedir. Bu analizin amacı, iklim değişikliğine uyum ve azaltım konusunda öne çıkan ToES'lerin mekânsal planlamaya bir araç olarak nelerin dahil edilebileceği ve bunun nasıl gerçekleştirileceği sorularına cevap bulmaktır. Bu analiz, ArcGIS programında coğrafi verilerin bir araya getirilmesi ve farklı faktörlerin ağırlıklandırılarak birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Çalışma alanında öne çıkması istenen kriterlere göre parametreler belirlenebilmekte ve bu doğrultuda ağırlıklandırılabilir. Bu aşamada da yerleşilebilirlik analizi yapılırken ToES ve iklim değişikliği açısından öne çıkan ve mekânsallaştırılabilen veriler dikkate alınmıştır. Bunlar; yağış, sıcaklık, eğim, DEM, toprak derinliği, toprak sınıfları, toprak C tutma kabiliyeti, arazi kullanım özellikleri, taşkın riski verileri ve RUSLE analizi sonucu elde edilen toprak kaybı verileridir.

Yer seçimine uygunluk analizi için seçilen parametrelerin ağırlıklandırılması konusunda çeşitli çalışmalardan yararlanılmıştır. Bunlardan ilki Hassan ve diğ. (2020)'nin CBS kullanarak yaptıkları ve çalışmalarında toprağı, dolayısıyla ToES'i baz aldıkları çalışmalarıdır. Bir diğeri ise Kopperoinen ve diğ. (2014)'nin ES doğrultusunda arazi kullanımı planlaması için yaptıkları yer seçimi metodolojisinde kullandıkları puanlamadır. Sonuncu referans çalışma ise Özşahin (2015)'in yerleşime uygunluk analizinde doğal çevre bileşenlerini değerlendirdiği çalışmasıdır. Ağırlıklandırmada arazi yetenek sınıfları, eğim, toprak kaybı, yükseklik, toprak derinliği, sıcaklık, yağış, taşkın, AKAÖ verileri değerlendirilmektedir. Analiz sürecinde öncelikle bu verilerin her biri kendi içerisinde ağırlıklandırılmış. İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizine dahil edilen veriler ve sınıfları şu şekildedir (Çizelge 5.4):

- Arazi yetenek sınıfları “veri yok” ve VIII. Sınıf toprak sınıfı arasında 9 kategoride ele alınmaktadır.
- Eğim %0-2, %3-6, %7-12, %13-20, %21-30 ve %30 ve üstü veriler dahilinde değerlendirilmektedir.
- Toprak kaybı; yok yada az, orta, şiddetli, çok şiddetli ve veri yok olmak üzere 5 kategoride değerlendirilmektedir.

- Analizde kullanılan yükseklik verileri şu şekildedir: 1250 m-1300 m, 1301 m-1350 m, 1351 m-1400 m, 1401 m-1550 m, 1551 m-1700 m
- C tutma ise 49,1-60, 37,1-49, 26,1-37, 15,1-26, 0-15 gridcode değerleri üzerinden çalışmaya dahil edilmektedir.
- Toprak derinliği A, B, C, D, E horizontlarının ağırlıklandırılması ile değerlendirilmektedir.
- Sıcaklık veri aralıkları ise şunlardır: 2.1-6, 6.1-8, 8.1-10, 10.1-13, 13.1-14.
- Yağış veri aralıkları şunlardır: 770-830, 840-930, 940-1100, 1200-1400, 1500-2000.
- AKAÖ verisi CORINE verisinin sınıflandırılması ile analize dahil edilmektedir. Çalışmada ağırlıklandırılan AKAÖ verileri şunlardır; bitki olmayan veya az bitkili açık alanlar, denizler, endüstriyel alanlar, heterojen tarım alanları, kalıcı ürünler, karasal sular, maden alanları, maki otsu, mera, orman, tarım alanları, tarımda kullanılmayan bitkili alanlar, yerleşim alanları.
- Çalışmada kullanılan bir diğer veri seti ise taşkın riski analizi sonucu elde edilmektedir. Bu analiz yerleşime uygunluk analizine 5 kategorinin ağırlıklandırılması ile dahil edilmektedir. Bu sınıflar şunlardır: yok yada az, orta, şiddetli, çok şiddetli, veri yok.

Bu veriler düzenlendikten ve kendi içerisinde ağırlıklandırılmış analizleri üretildikten sonra ise yerleşime uygunluk analizi için bu veriler bütünde tekrar ağırlıklandırılmıştır. Bu süreç ağırlıklandırma yapılırken veriler üç kategoride değerlendirilmiştir. Bu kategorilerin ağırlıklandırılması 1. kategori geleneksel yerleşime uygunluk analizinde de kullanılan eğim, yükseklik gibi verilerdir ve ağırlıklandırılması 0.5'tir. 2. kategori arazi yetenek sınıfları ve AKAÖ gibi ToES ile bağlantılı veri setlerinden oluşmaktadır. 3. kategori ise İ-ToES kapsamında değerlendirilen toprağın C kapasitesi, toprak derinliği, taşkın riski, toprak kaybı verileridir.

Yapılan yerleşime uygunluk analizi sonucu Nilüfer Çayı Havzası'nda yerleşime uygunluk durumu 5 derecede incelenmiştir (5 en uygun, 4 uygun, 3 orta, 2 uygun değil, 1 hiç uygun değil). Yerleşime uygun olmayan alanlar harita 5.14'te kırmızıyla gösterilen alanlardır. Bu alanlar 44.918 ha olup Nilüfer havzasının %17.75'ini oluşturmaktadır. Yerleşime uygun olmayan alanlar çalışma alanının güneydoğusunda kümelenmiştir. Bu alanların Uludağ ve çevresinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 5.10).

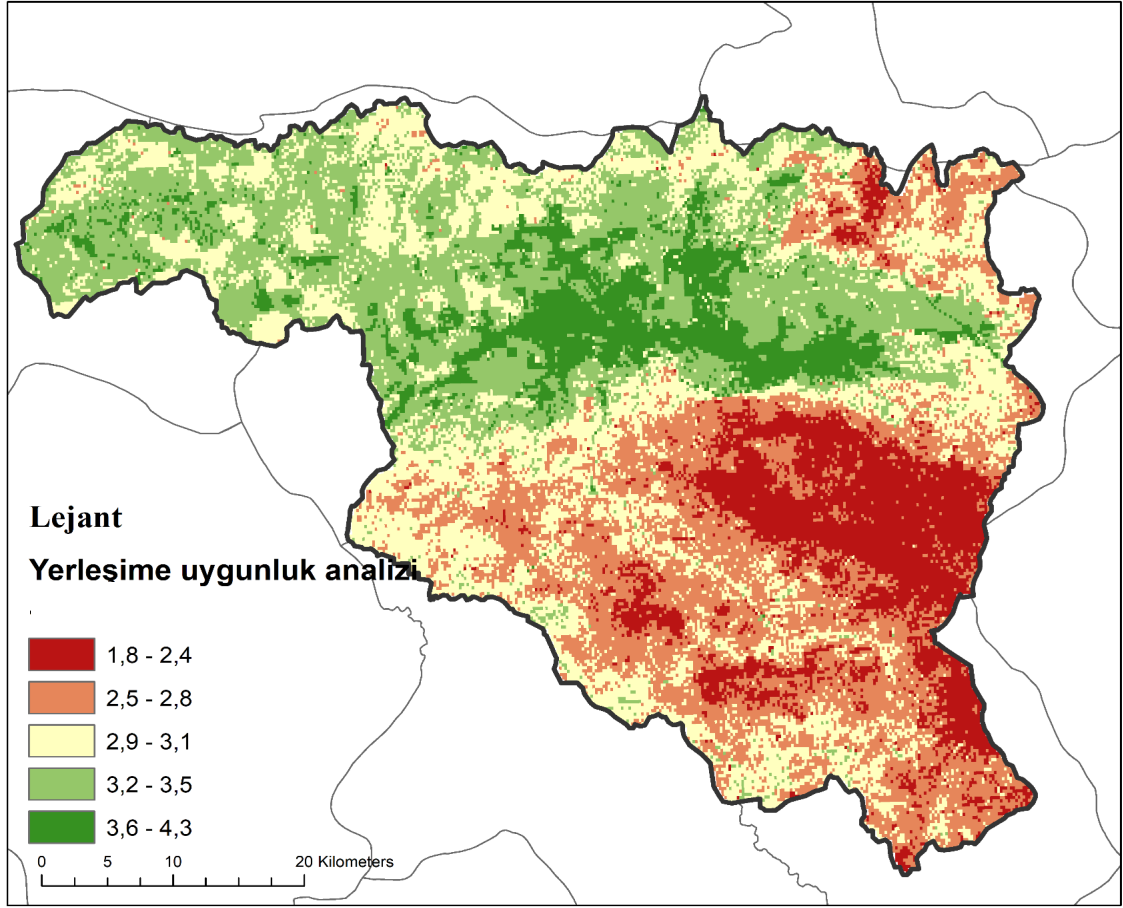
Orta derece alanların, 4. derece alanlara kıyasla ToES açısından daha kırılgan olması beklenmektedir. Bu alanlar Şekil 5.10 üzerinde sarı ile ifade edilmekte olup çalışma alanı içerisinde en çok alana sahip alanlardır. Bu alanlar toplam 150.995 hektarlık bir alanı ifade etmektedir ve çalışma alanının %59'unu kaplamaktadır. Yerleşime uygunluk analizi sonucunda yerleşime en uygun alanlar olarak değerlendirilen 4. derece alanlar ise çalışma alanında mevcut yerleşme alanları çevresinde kümelenmiş olup toplam 57137 hektarlık bir alanı ifade etmektedir bu alan Nilüfer Çayı Havzasının %22'sini oluşturmaktadır.

**Çizelge 5.4 : Yerleşime uygunluk analizi parametreleri ve ağırlıklandırmaları.**

| Faktörler               | Değişkenler/alt birimler | Puanlama | Ağırlık |
|-------------------------|--------------------------|----------|---------|
| Sıcaklık                | 13,1-14                  | 5        | 0.05    |
|                         | 10,1-13                  | 4        |         |
|                         | 8,1-10                   | 3        |         |
|                         | 6,1-8                    | 2        |         |
|                         | 2,1-6                    | 1        |         |
| Yağış                   | 770-830                  | 5        | 0.05    |
|                         | 840-930                  | 4        |         |
|                         | 940-1100                 | 3        |         |
|                         | 1200-1400                | 2        |         |
|                         | 1500-2000                | 1        |         |
| Eğim                    | %0-2                     | 4        | 0.05    |
|                         | %2-6                     | 4        |         |
|                         | %6-12                    | 3        |         |
|                         | %12-20                   | 2        |         |
|                         | %20-30                   | 1        |         |
| Taşkın riski            | %0-2                     | 4        | 0.05    |
|                         | %2-6                     | 4        |         |
|                         | %6-12                    | 3        |         |
|                         | %12-20                   | 2        |         |
|                         | %20-30                   | 1        |         |
|                         | %>30                     | 0        |         |
| Arazi yetenek sınıfları | VIII. Sınıf              | 4        | 0.10    |
|                         | VII. Sınıf               | 3        |         |
|                         | VI. Sınıf                | 2        |         |
|                         | IV. Sınıf                | 1        |         |
|                         | V. Sınıf                 | 0        |         |
|                         | III. Sınıf               | 0        |         |
|                         | II. Sınıf                | 0        |         |
|                         | I. Sınıf                 | 0        |         |
|                         | Veri yok                 | 0        |         |

**Çizelge 5.4 (devam) : Yerleşime uygunluk analizi parametreleri ve ağırlıklandırmaları.**

| Faktörler                      | Değişkenler/alt birimler                   | Puanlama | Ağırlık |
|--------------------------------|--------------------------------------------|----------|---------|
| Arazi kullanımı & arazi örtüsü | Yerleşim                                   | 5        | 0.10    |
|                                | Endüstriyel                                | 4        |         |
|                                | Bitki olmayan veya az bitkili açık alanlar | 3        |         |
|                                | Tarımda kullanılmayan bitkili alanlar      | 3        |         |
|                                | Maden                                      | 3        |         |
|                                | Karasal sular                              | 1        |         |
|                                | Maki-otsu                                  | 2        |         |
|                                | Karasal sular                              | 1        |         |
|                                | Mera                                       | 1        |         |
|                                | Orman                                      | 1        |         |
|                                | Tarım alanları                             | 1        |         |
|                                | Deniz suları                               | 1        |         |
|                                | Kalıcı ürünler                             | 1        |         |
|                                | Heterojen tarım alanları                   | 1        |         |
|                                | Kalıcı ürünler                             | 1        |         |
| Taşkın riski                   | Yok yada az                                | 4        | 0.15    |
|                                | Orta                                       | 3        |         |
|                                | Şiddetli                                   | 2        |         |
|                                | Çok şiddetli                               | 1        |         |
|                                | Veri yok                                   | 0        |         |
| Toprak derinliği               | A                                          | 5        | 0.15    |
|                                | B                                          | 4        |         |
|                                | C                                          | 3        |         |
|                                | D                                          | 2        |         |
|                                | E                                          | 1        |         |
| Toprak C kapasitesi            | 0-15                                       | 5        | 0.15    |
|                                | 16-26                                      | 4        |         |
|                                | 27-37                                      | 3        |         |
|                                | 38-49                                      | 2        |         |
|                                | 50-60                                      | 2        |         |
| Toprak kaybı                   | Yok yada az                                | 4        | 0.15    |
|                                | Orta                                       | 3        |         |
|                                | Şiddetli                                   | 2        |         |
|                                | Çok şiddetli                               | 1        |         |
|                                | Veri yok                                   | 0        |         |



**Şekil 5.10:** Nilüfer Havzası yerleşime uygunluk analizi (5 en uygun, 4 uygun, 3 orta, 2 uygun değil, 1 hiç uygun değil).

#### **5.4 Bursa Nilüfer Havzası Bütünleşik Ekosistem Servisleri Haritaları ve Yerleşime Uygunluk Analizi Değerlendirmesi**

Bu tez çalışmasında Bütünleşik ES analizinin yapılmasının amacı yapılan İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizinin ES sağlama potansiyeli yüksek olan alanları nasıl değerlendirdiğini tespit etmektir. Özetle bu analiz İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizinin sağlamasını yapmak amacıyla üretilmiştir. Elde edilen çıktılar literatürde daha önce yapılmış yerleşime uygunluk analizi ve bütünleşik ES haritası karşılaştırması yapan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Tezer ve diğ. (2020)'nin çalışmalarında da ifade edildiği üzere ES'ler AKAÖ verileri kullanılarak mekânsallaştırılmakta, ve arazi örtüsünün sahip olduğu ES potansiyeli bağlamında mekânsal karar destek aracı olarak kullanılabilmektedir. Bu çalışmada bütünleşik ES Haritası Burkhard'ın ES matrisi yöntemi kullanılarak üretilmiştir (Wangai ve diğ, 2018). Bu analiz temelde uzman görüşlerinin ES sağlamada AKAÖ'yü değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu

çalışmada Nilüfer Çayı Havzası özelinde bir uzman görüşü çalışması yapılmamış, matris oluşturulurken ikincil kaynaklardan yararlanılmıştır.

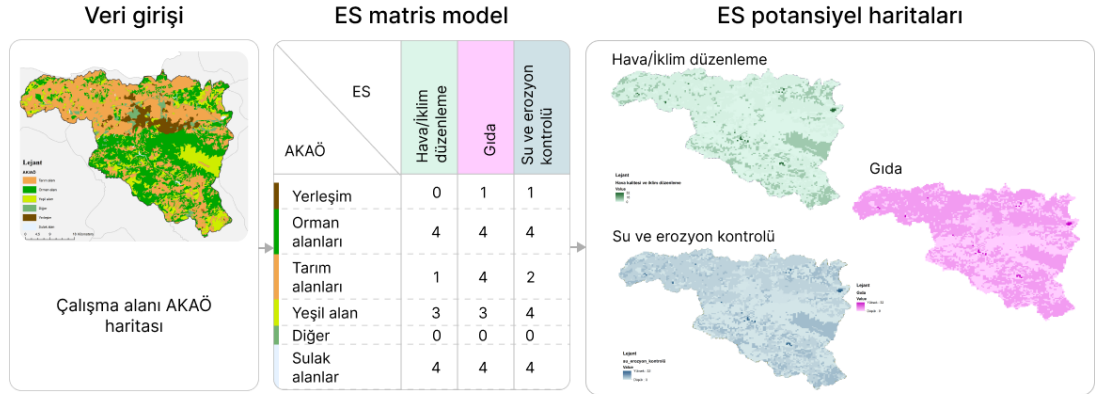
Çalışma yürütülürken öncelikle bütünleşik ES Haritası'na girdi sunması beklenen ES'ler belirlenmiştir. Bu ES'ler CICES sınıflandırmasına göre seçilmiştir. Bu çalışmada ES'ler kaynak sağlayan, düzenleyen ve kültürel olarak değerlendirilmektedir. CICES (Url-18, 2017) ES'leri yüksek, orta ve düşük öncelikli olarak sıralamaktadır (high priority, medium priority, low priority). Bu tez çalışmasında düzenleyici ve kaynak sağlayan servisler değerlendirilmeye alınmış ve yüksek öncelikli olarak değerlendirilen hava/iklim düzenleme, gıda sağlama, su ve erozyon kontrolü ES matrisine alınmıştır.

Bu çalışmada kullanılan AKAÖ sınıfı için ise referans olarak ES haritalandırmada Burkhard'ın ES matrisi'ni kullanan Wangai ve diğ. (2019) ile Nedkov ve diğ. (2021)'ne ait çalışmalar referans alınmaktadır. Matrisin satırlarını oluşturan bu veriler yerleşim alanları (settlement), orman alanları (forestland), tarım alanları (cropland), yeşil alanlar (grassland), sulak alanlar (wetlands) ve diğerleridir (otherland). Matriste CORINE verisinin gruplandırılması ve düzenlenmesiyle matrise dahil edilen bu veriler şu alt sınıfları içermektedir:

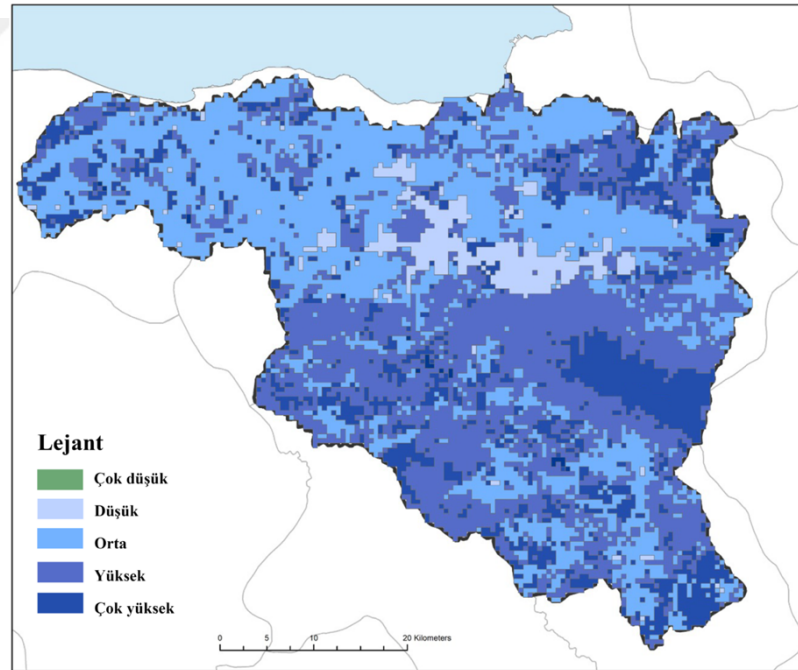
- Yerleşim alanları; yerleşim alanları, yeşil şehir alanları, endüstriyel ve maden çıkarma alanları .
- Tarım alanları; sürülüp ekilebilen arazi, kalıcı ürünler ve heterojen tarım ürünleri.
- Yeşil alanlar; meralar, maki ve otsu bitkiler, bitki olmayan veya az bitkili açık alanlar.
- Orman alanları; ormanlar.
- Sulak alanlar: karasal sular, deniz suları
- Diğer; CORINE AKAÖ sınıflandırmasında bu verilerden birine dahil olmayan veya bilinmeyen alanlar.

Matris, bu her arazi kullanımının 3 Es'in sağlanmasına nasıl katkı sağlayabileceği hususunda tekrar Wangai ve diğ. (2019) ile Nedkov ve diğ. (2021)'nin çalışmalarındaki uzman görüşlerinden faydalanılmaktadır. Matristeki değerler 0-4 arasında (0=hiçbir potansiyel, 1=düşük potansiyel, 2=orta potansiyel, 3=yüksek potansiyel, 4=çok yüksek potansiyel) kullanılmaktadır. Şekil 5.11, çalışma alanının 3

ES için potansiyelini göstermektedir. Wangai ve diğ. (2019) ile Nedkov ve diğ. (2021)'nin çalışmalarında hava/iklim düzenleme, gıda ve su/erozyon kontrolü için orman alanları ve sulak alanları çok yüksek potansiyel alanlar olarak değerlendirmektedir. Yerleşim ve diğer olarak tanımlanan alanlar ise düşük veya orta potansiyele sahip alanlar olarak değerlendirilmektedir. Yerleşim alanlarının gıda ve su/erozyon düzenleme matrislerinde orta değer almasının en büyük sebebini ise bu sınıfa dahil edilen yeşil şehir alanları oluşturmaktadır (Şekil 5.12).



**Şekil 5.11 : ES haritalama matris modeli (Wangai, vd., 2018' den uyarlanmıştır)**



**Şekil 5.12 : Nilüfer Çayı Havzası bütünlük ES haritası.**

3 ES içinde yüksek potansiyele sahip olan ormanlar ve sulak alanlar, çalışma alanının batı kısmında bulunmaktadır. Alanın ortasından kuzey kısmına uzanan bölgeler, gıda sağlama potansiyeli olan, bir başka deyişle ES kapasitesi yüksek alanlar iken; kuzeye

doğru ES kapasitesi daha düşük yerleşim yoğun bölgeler yer almaktadır. Bütünleşik ES haritası ve ToES'e dayalı yerleşime uygunluk haritasının karşılaştırılması ile elde edilen bütünleştirilmiş değerlendirmenin verdiği sonuçlara göre ise; yerleşime uygun olmayan alanların %92,16'sı çok yüksek, %5,3'ü yüksek ES kapasitesine sahip alanlarla çakışmaktadır. Çıkan sonuç ToES verisi kullanılarak üretilen yerleşime uygunluk analizinin ES açısından zengin alanların desteklediğini göstermektedir. Yerleşime uygun alanların ise %2,13'ü orta, %97,87'si düşük ES kapasitesine sahip alanlarla çakışmaktadır. Yerleşime uygun alanların içerisinde “çok düşük” ES sağlama potansiyeli olan alan olmamasının sebebi ise Havza'da bu sınıfta verinin çıkmamış olmasıdır (Çizelge 5.6).

Bu analizin son adımı olarak İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizi ile bütünleşik ES haritasının karşılaştırılması ile elde edilen sonuçlar önceki literatür çalışmaları ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.5). Çıkan sonuçlar İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizinin doğal niteliklere dayalı değerlendirmeyi dikkate aldığını ve ekolojik işlevsellik açısından rasyonel bir sonuç sunduğunu göstermektedir.

**Çizelge 5.5 :** Yerleşime uygun alanlar içerisinde ES sağlama potansiyeli çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük olan alanların önceki çalışmalar ile karşılaştırılması.

|                                            | Çok yüksek | Yüksek | Orta   | Düşük  | Çok düşük |
|--------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|-----------|
| İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizi | 0          | 0      | %2,13  | %97,87 | 0         |
| Tezer ve diğ., 2020                        | %34,20     | %0,10  | %64,10 | 0      | 0         |

**Çizelge 5.6 :** Yerleşime uygun olmayan alanlar içerisinde ES sağlama potansiyeli çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük olan alanların dağılımı.

|                                            | Çok yüksek | Yüksek | Orta  | Düşük | Çok düşük |
|--------------------------------------------|------------|--------|-------|-------|-----------|
| İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizi | %92,16     | %5,30  | %2,54 | 0     | 0         |

## 5.5 Bursa Nilüfer Havzası Arazi Kullanımının ToES Özelinde Değerlendirilmesi

Hasan ve diğ. (2020)'nin ortaya koyduğu üzere AKAÖ verileri ToES'lerin belirlenmesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, AKAÖ'nün ToES

özelinde değerlendirilmesi, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi için önem taşımaktadır. AKAÖ'nün ToES özelinde değerlendirilmesi, arazi kullanımının potansiyel etkilerini belirlemeyi, hangi ToES'lerin sağlandığını ve hangilerinin kaybolduğunu göstermeyi amaçlamaktadır. Bu değerlendirme, doğru arazi kullanımı politikalarının ve yönetim stratejilerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Hasan ve diğ, 2020).

Ormanlık alanların tarım arazilerine dönüştürülmesi, C depolama, su tutma ve erozyon kontrolü gibi ToES'lerin kaybına neden olmaktadır. Aynı şekilde, su kıyıları ve sulak alanlar üzerinde yapılan yapılar, suyun kalitesi, miktarı ve akış hızı gibi ToES'leri etkilemektedir. Arazi kullanımının ToES özelinde değerlendirilmesi, farklı arazi kullanım senaryolarının, örneğin ormansızlaşma, kentleşme, endüstriyel tarım vd. faktörlerle ToES üzerindeki olası etkilerini de göstermektedir. Bu nedenle, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi için, arazi kullanımının ToES özelinde değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Hasan ve diğ, 2020).

Bu çalışmada, ToES'e dayalı yerleşilebilirlik analizi 5'li ölçekte incelenmiştir (5 en uygun, 4 uygun, 3 orta, 2 uygun değil, 1 hiç uygun değil). Bu bölümde ArcGIS kullanılarak yerleşilebilirlik analizi ve arazi kullanımının karşılaştırılması yöntemiyle, “1-yerleşime hiç uygun değil” ve “2 yerleşime uygun değil” olarak tanımlanan alanlarda bulunan arazi kullanım türleri ve bu türlerin oranları hesaplanmıştır. Bu analiz, özellikle ToES'ler dikkate alınarak yapılan bir puanlama sonucu hesaplanan ve iklim değişikliğine uyum konusunda öne çıkan ve korunması gereken arazi alanların belirlenmesi için oluşturulmuştur.

Hassan ve diğ. (2020) genellikle, yerleşilemez alanların doğal kaynakları koruma, rekreasyon, ormancılık gibi amaçlarla kullanılması gerektiğine vurgu yapmaktadır. Bunun yanı sıra, tarım için uygun olmayan yamaçlar, çöller gibi alanlar da enerji üretimi için kullanılma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, “1-yerleşime hiç uygun değil” niteliğindeki alanlar için en uygun arazi kullanımları, analizde kullanılan kriterler ve bölgenin özelliklerine göre değişebilmektedir.

2013 yılında yapılan 2023 projeksiyonlu, 100.000 ölçekli Bursa ÇDP'de yerleşime hiç uygun olmayan alanların çoğunluğunun korunacak alan sınıfında orman olarak değerlendirildiği görülmektedir (Şekil 5.16). 2018 arazi kullanımının da bununla örtüştüğü görülmektedir. Nitekim yerleşime “1-hiç uygun değil” olarak tanımlanan

alanların %58'inin orman alanı olduğu görülmektedir. Ancak bu alanların çoğunluğunu oluşturan orman alanlarını kapsayan Uludağ Milli Parkı 2023 yılında milli park koruma statüsünden çıkartılıp Kültür ve Turizm Bakanlığı kontrolündeki Alan Başkanlığı'na devredilmiştir (Url-19, 2023). Yürütülen bu tez çalışmasında yerleşime hiç uygun değil sınıfında bulunan eski milli parkı Uludağ ve çevresi için Dünya Doğayı Koruma Vakfı- Türkiye (WWF, 2022) söz konusu kanunun turistik gelişimi kolaylaştırmak olduğuna vurgu yapmıştır. Bu alana yönelik kararların, Bursa Büyükşehir Belediye'sinden temin edilen ÇDP kararları ile örtüşmediği görülmektedir.

“1-Yerleşime hiç uygun değil” olarak tanımlanan alanlar Havza'nın yaklaşık %4'ünü oluşturmaktadır. Bu alanların %72'sini ise orman alanları oluşturmaktadır. Yerleşime hiç uygun olmayan alan sınırlarında ise ormanlardan sonra gelen en büyük arazi grupları bu sınıfın %16'sını oluşturan maki ve otsulardır (Çizelge 5.7) (Şekil 5.13). Yerleşime hiç uygun olmayan alanlar içerisindeki yerleşim alanları, 17.64 ha yer kaplamakla birlikte bu alanlar kırsal yerleşimlerdir.

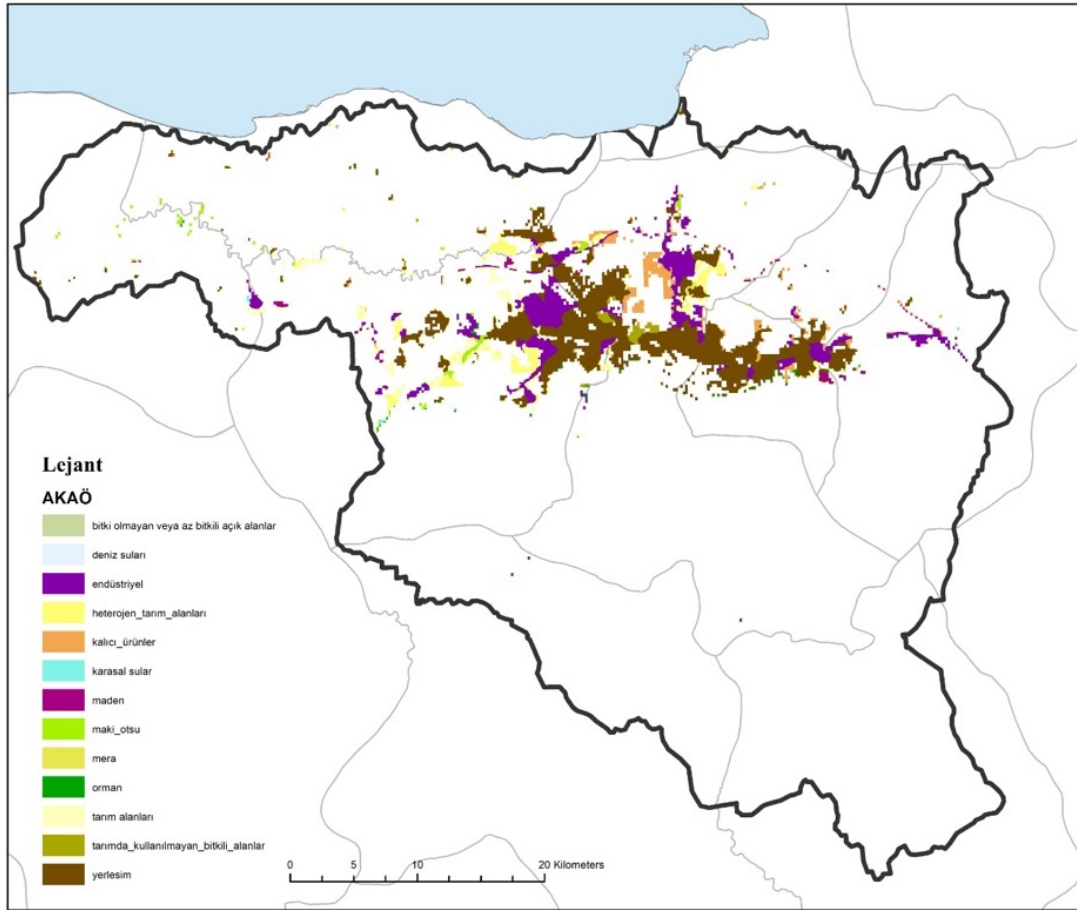
**Çizelge 5.7 :** Nilüfer Havzası “1- yerleşime hiç uygun değil” sınıfındaki alanların mevcut arazi kullanımları.

| <b>Yerleşime hiç uygun olmayan alan içerisinde AKAÖ</b> | <b>Alan (m<sup>2</sup>)</b> | <b>Oran (%)</b> | <b>Havza içindeki payı (%)</b> |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------------------|
| Orman                                                   | 69.589.759,92               | 72,42           | 2,72                           |
| Maki-otsu                                               | 15.381.985,74               | 16,02           | 0,60                           |
| Heterojen tarım alanları                                | 9.453.186,93                | 9,85            | 0,37                           |
| Kalıcı ürünler                                          | 440.721,34                  | 0,46            | 0,02                           |
| Tarım alanları                                          | 268.919,83                  | 0,28            | 0,01                           |
| Yerleşim                                                | 176.400,72                  | 0,18            | 0,01                           |
| Karasal sular                                           | 94.282,83                   | 0,10            | 0,00                           |
| Tarımda kullanılmayan bitkili alanlar                   | 46.685,90                   | 0,05            | 0,00                           |
| Endüstriyel                                             | 43.743,87                   | 0,05            | 0,00                           |

Yapılan yerleşime uygunluk analizinde sınıfı “2-yerleşime uygun değil” olan alanlar Nilüfer Çayı Havzası'nın %18'ini kaplamaktadır. Bu alanlarda yerleşim için uygun koşullar sınırlıdır ve riskler bulunmaktadır. Bununla birlikte bu alanlar ToES sağlamada öne çıkan alanlardır. Bu alanlarda tarım, hayvancılık, ormancılık, turizm ve rekreasyon faaliyetleri gibi doğal kaynakları koruyan ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen faaliyetlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Çalışma alanında bu alanların (2-yerleşime uygun değil) mevcut arazi kullanımları incelendiğinde alanda %56 ile

orman alanlarının en yüksek dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Alanda öne çıkan diğer AKAÖ'ler ise %20, %17 oranları ile sırasıyla heterojen tarım alanları, maki, otsu alanlarıdır alanlardır. (Çizelge 5.8).

**Şekil 5.13 :** Nilüfer Havzası “1-yerleşime hiç uygun olmayan” alanlarda arazi kullanımı.



**Şekil 5.14 :** Nilüfer Havzası “5-yerleşime en uygun” alanlarda arazi kullanımı.

**Çizelge 5.8 :** Nilüfer Havzası “2-yerleşime uygun değil” sınıfı içindeki alanların mevcut arazi kullanımları.

| Yerleşime hiç uygun olmayan alan içerisinde AKAÖ | Alan (m <sup>2</sup> ) | Oran (%) | Havza içindeki payı (%) |
|--------------------------------------------------|------------------------|----------|-------------------------|
| Orman                                            | 261.673.205,85         | 56,67    | 10,22                   |
| Heterojen tarım alanları                         | 92.346.234,44          | 20,00    | 3,61                    |
| Maki Otsu                                        | 83.082.988,86          | 17,99    | 3,24                    |
| Kalıcı ürünler                                   | 9.225.804,77           | 2,00     | 0,36                    |
| Bitki olmayan veya az bitkili açık alanlar       | 7.959.919,36           | 1,72     | 0,31                    |
| Tarım alanları                                   | 5.414.066,31           | 1,17     | 1,17                    |
| Karasal sular                                    | 716.470,32             | 0,16     | 0,03                    |
| Maden                                            | 459.546,53             | 0,10     | 0,02                    |
| Yerleşim                                         | 340.940,63             | 0,07     | 0,01                    |

**Çizelge 5.9 :** Nilüfer Havzası “5-yerleşime en uygun” sınıfı içindeki alanların mevcut arazi kullanımları.

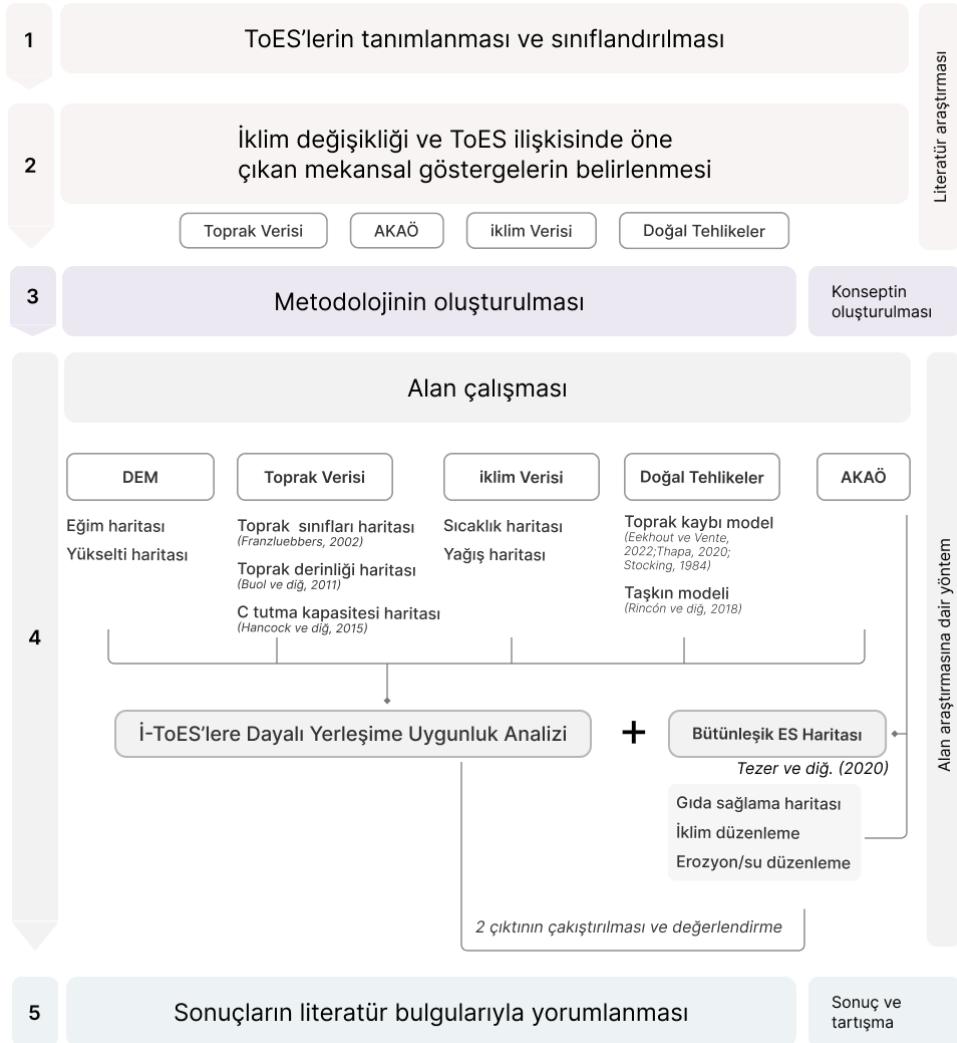
| Yerleşime uygun alan içerisinde<br>AKAÖ | Alan<br>(m <sup>2</sup> ) | Oran<br>(%) | Havza içindeki<br>payı (%) |
|-----------------------------------------|---------------------------|-------------|----------------------------|
| Yerleşim                                | 102.952.990,77            | 78,01       | 4,02                       |
| Endüstriyel                             | 7.853.186,43              | 5,95        | 0,31                       |
| Maki-otsu                               | 7.173.649,95              | 5,43        | 0,28                       |
| Maden                                   | 3.848.632,93              | 2,91        | 0,15                       |
| Kalıcı ürünler                          | 3.154.836,21              | 2,39        | 0,12                       |
| Heterojen tarım alanları                | 2.583.578,66              | 1,95        | 0,10                       |
| Tarım alanları                          | 1.549.872,86              | 1,17        | 0,06                       |
| Orman                                   | 1.387.491,07              | 1,05        | 0,05                       |
| Tarımda kullanılmayan bitkili alanlar   | 590.241,07                | 0,44        | 0,02                       |

## 5.6 Bölüm Sonucu

5. bölümde iklim değişikliği ile olan ilişkisiyle öne çıkan ToES’lerin mekânsal planlama araçlarına entegrasyonu için bir model oluşturulması hedeflenmiştir. Bu bağlamda önceki bölümlerde ortaya koyulan ToES ve iklim değişikliği ilişkisinde öne çıkan toprağın C tutma kapasitesi, toprak sınıfları, toprak derinliği, sıcaklık, yağış gibi veriler çalışma alanı olarak seçilen Nilüfer Çayı Havzası’nda analiz edilmiştir. Sonraki adımda iklim değişikliğinin ToES’ler üzerindeki en büyük tehditlerinden olan aynı zamanda ToES’lerin etkilerini azaltma kabiliyetleri olduğu hidro-meteorolojik afetler haritalandırılmıştır. Bu kapsamda RUSLE toprak kaybı modeli ve taşkın riski modeli üretilmiştir (Şekil 5.15).

Üretilen analizler öncelikle kendi içerisindeki sınıflar ağırlıklandırılarak değerlendirilmiştir. Sonraki adımda yerleşime uygunluk analizinde kullanılan her veri seti puanlandırılarak İ-ToES’e dayalı yerleşime uygunluk analizi yapılmıştır. Bu analizin amacı iklim değişikliğine uyum ve azaltım konusunda önemli ES’ler sağlayan ToES’lerin mekânsal kararlara girdi vermesini sağlamaktır. Bu kapsamda çalışma alanı için 5 kategoriden oluşan bir analiz üretilmiştir: 5 yerleşime en uygun, 4 yerleşime uygun, 3 orta, 2 yerleşime uygun değil, 1 yerleşime hiç uygun değil. Özellikle 1. ve 2. derece alanlar orman yoğun alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu bağlamda iklim değişikliği ile mücadelede önen çıkan bu alanlara yönelik yapışma kararları büyük bir tehdit oluşturmaktadır.



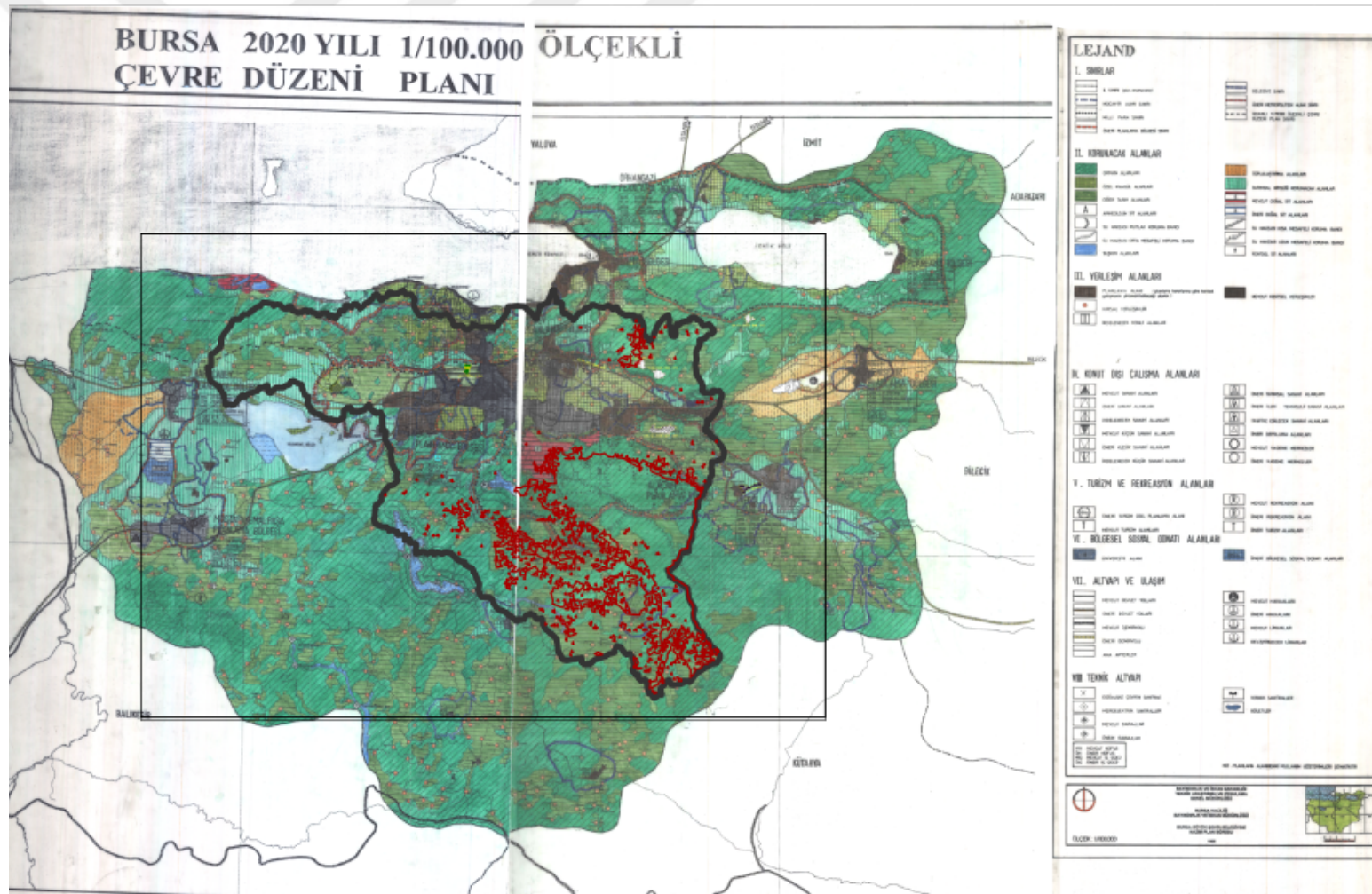
**Şekil 5.15 :** İklim değişikliğine mekânsal uyumda ToES'lere analitik bakış ve Nilüfer Çayı Havzası'nda izlenen yöntem.

Bir sonraki adımda yapılam ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizinin tutarlılığını test etmek amaçlanmış ve bu amaçla bütünleşik ES haritası üretilmiştir. Bu harita Burkhard'ın matris yönteminden faydalanılmıştır. Matriste AKAÖ ve seçilen ES'ler 0 ve 4 arasında puanlandırılmaktadır. Kullanılan ES'ler CICES'in ES sınıflandırmasında yüksek önceliğe sahip ES'lerden olan iklim/hava düzenleme, gıda sağlama ve erozyon/su kontrolüdür. AKAÖ olarak ise kentsel alanlar, orman alanları, tarım alanları, yeşil alanlar, sulak alanlar ve diğerleri'dir. Puanlama sonucu üretilen iklim/hava düzenleme, gıda sağlama ve erozyon/su kontrolü haritaları birleştirilerek

ES sağlama potansiyeli en yüksek olan alanlar çok düşükten çok yükseğe sınıflandırılmıştır.

Bütünleşik ES haritası ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizi ile karşılaştırıldığında ise çok yüksek ES sağlama potansiyeline sahi alanların yerleşime hiç uygun olmayan alanlar ile örtüştüğü görülmektedir. Bu sonuç ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizinin iklim değişikliğine uyum için üretilen mekânsal kararlar için uygun bir yaklaşım sunduğunu ortaya koymaktadır.

Son adım olarak çalışma alanına yönelik politikaların önerilebilmesi için çalışma alanında, yapılan ağırlıklandırılmış yerleşime uygunluk analizi ile mevcut AKAÖ ve ÇDP haritaları karşılaştırılmıştır. “1-Yerleşime hiç uygun değil” ve “2-uygun değil” olarak sınıflandırılan alanların mevcut AKAÖ'sünü ağırlıklı olarak orman alanları oluşturmaktadır. “1-Yerleşime hiç uygun değil” olarak değerlendirilen alanların çoğunluğu Uludağ orman alanı ve çevresidir. 2020 yılı Bursa ÇDP'ye göre bu alan milli park olarak doğal sit alanı olarak değerlendirilse de 2023 yılında milli park statüsünden çıkartılmış Kültür ve Turizm Bakanlığı kontrolünde Alan Başkanlığı sistemine geçilmiştir. Özellikle iklim değişikliğine uyum konusunda öne çıkan, ToES ve ES sağlama kabiliyeti yüksek olan bu bölge için “1-yerleşime hiç uygun değil” sınıfının mekânsal politikalarda göz önünde bulundurulması ve koruma statülerinin bu bağlamda gerekmektedir.



**Şekil 5.16 : Bursa 1/100.000 ölçekli ÇDP ve Nilüfer Havzası yerleşilemez alanlar.**

## 6. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu tez çalışmasının amacı ToES'lerin iklim değişikliği ile mücadeledeki rolünü anlamak ve bu rolün mekânsal planlamaya nasıl entegre edilebileceğini ortaya koymaktır. Araştırma soruları doğrultusunda oluşturulmuş ve test edilmiş hipotez şu şekildedir: ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu, iklim değişikliğine uyum için etkili bir araçtır. Bu hipotezi test etmek için öncelikle konunun literatürde nasıl ele alındığı değerlendirilmiş ve bu kapsamda uygun metodolojinin oluşturulması hedeflenmiştir. Tez çalışmasının son bölümü olan bu bölümde araştırma kapsamında elde edilen literatür ve örnek alan araştırması bulgularına dair genel sonuçların değerlendirilmesi ile araştırma kapsamının ülkemizde mevzuat ve ilgili planlama araçlarına yapacağı katkı tartışılacaktır.

### 6.1 ToES Kavramının Literatürdeki Yeri ve Bağlamı

Ulusal Tez Merkezi üzerinden yapılan analizlere göre 2022 yılına kadar olan kayıtlı süreçte ToES'ler üzerine bir araştırma yapılmadığı görülmüştür. ES araştırma konusunda sistemde kayıtlı 4 çalışma bulunmaktadır. Ulusal Tez Merkezi'nde iklim değişikliği ve farklı ES'ler ile ilgili tezlere erişilmiş olsa da; bu araştırmaların doğrudan ToES'lerin iklim değişikliği ile ilişkisini ele alan çalışmalar olmadığı görülmüştür (Bkz. Bölüm 1.5). Bu çalışma kapsamında ise; hızlı kentleşme ve buna bağlı AKAÖ değişiminin getirdiği toprak kaybına dikkat çekmek istenmiş; bu sebeple ToES'ler tarafından sunulan ekosistem servislerinin halihazırda ele alınmamış bir konu olarak açıklığa kavuşturulması ve iklim değişikliğine mekânsal uyumda ToES'lerin rolünün ortaya koyulması amaçlanmıştır. iklim değişikliğine uyumda ES'lerin rolü ve mekânsal yaklaşımlar konusunda eksiklikler görülmüş ve bu eksikliklerin giderilmesi amaçlanmıştır.

Literatürde ToES kavramı incelendiğinde ES kavramı içerisinde toprağın çok az ilgi gördüğü tespit edilmiştir (Bartkowski ve diğ, 2020; Weber, 2007; Lal, 2004; Dominati ve diğ, 2010; Orwin ve diğ, 2015). ToES'lerin insanlık refahı üzerindeki belirgin önemine karşın onları tanımlamak, sınıflandırmak için üzerinde anlaşmaya varılmış bir çerçeve olmadığı görülmüştür. Jónsson ve Davíðsdóttir (2016) ToES'ler ile ilgili

yapılan çalışmaların eksikliğine vurgu yapmakta ve bu konuda kapsamlı bir ES yaklaşımına ihtiyaç olduğunu ifade etmektedir. İklim değişikliği ve ToES konusunun literatürde hangi çerçeve­de ele alındığını incelemek için SCOPUS üzerinden yapılan bibliyometrik analiz sonucunda ise; toprak C/su depolama, iklim düzenleme ve taşkın ve toprak kaybı azaltmanın temelini oluşturduğu için erozyon önleme kavramları karşımıza çıkmaktadır.

Literatürde ToES konusundaki çalışmaların yetersizliğine vurgu yapılsa da (Bartkowski ve diğ, 2020; Weber, 2007; Lal, 2004; Dominati ve diğ, 2010; Orwin ve diğ, 2015); toprak ve ToES kavramları son yıllarda küresel bir farkındalık kazanmaya da başlamıştır. Bunlara örne­ek olarak: 2006 yılında AB Toprak Tematik Stratejisi'nin belirlenmesi, 2012'de Küresel Toprak Ortaklığının kuruluşu, 2013 yılında Hkmetler Arası Toprak Teknik Panelinin kurulması, 2015 yılında Dünya Toprak Günü'nn belirlenmesi ve Uluslararası Toprak Yılı ilan edilmesi, SKH'lerin kabul ve 2017'de Küresel Toprak Organik Karbon Haritası oluşturulması verilebilir (Delibaş et al. 2021). Bu çalışmalara ek olarak 2013 yılında IPCC'nin yayımladığı İklim Değişikliği ve Toprak Özel Raporu da bu farkındalığın artmasına katkı sağlamaktır.

ToES ve iklim değişikliği arasındaki ilişkinin genel çerçevesinin anlaşılabilir şekilde tanımlanabilmesi ToES'lerin mekânsal uyum ve azaltım politikalarına entegrasyonunu kolaylaştıracaktır. ToES'lerin bu bağlamda öne çıkan özelliklerini şu şekilde açıklamak mümkündür (şekil 6.1):

- Toprak ve C depolama/tutma: Topraklar, atmosferdeki CO<sub>2</sub> seviyelerini düzenlemektedir. Topraktaki organik madde içeriği arttıkça, C depolama kapasitesi de artmaktadır. Ancak, toprak kullanımı değişiklikleri (örneğin, ormansızlaşma veya tarım faaliyetleri) toprağın organik madde içeriğini azaltmakta/değiştirmekte ve bunlar da C depolama kapasitesini azaltmaktadır. Bu nedenle, toprak ve C depolama/tutma, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir faktördür (Weber, 2007; Lehman ve Stahr, 2010). Bu bağlamda mekânsal planlarda yeşil alanlar ve ormanlar gibi toprakları koruma ve artırma stratejileri büyük önem taşımaktadır.
- Toprak ve su: Topraklar, yağışların depolanması, suyun filtrelenmesi ve su kaynaklarının yenilenmesi için önemlidir (Delibaş ve diğ, 2021; Pereira ve diğ, 2018). İklim değişikliği, yağış desenlerindeki değişiklikler ve artan sıcaklıklar nedeniyle toprak su tutma kapasitesini etkilemektedir. ToES toprakların su

tutma kapasitesini korumak ve su kaynaklarını yönetmek için önemlidir (Orwin ve diğ, 2015).

- Toprak ve iklim düzenleme: ToES'ler, mikro iklimlerin oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Bu, sıcaklık düzenlemesi, rüzgâr koruması ve mikro iklimlerin oluşturulmasını içermektedir. Özellikle şehir planlamada, bu özelliklerin kullanılması, yerleşimlerin daha sürdürülebilir ve iklim dostu olmasına katkı sağlayacaktır (Henriksen ve diğ, 2019; Lal ve diğ, 2021).
- Toprak bozulması: Toprak bozulması, toprağın verimliliğini, organik madde içeriğini ve su tutma kapasitesini azaltan bir süreçtir. İklim değişikliği, toprak uygulamalarının hayata geçirilmesi, yeşil kuşaklar ve toprak stabilizasyonu projeleri gibi altyapılar geliştirilmelidir.
- Taşkın azaltma: Topraklar, yağışların kontrolsüz akışını önleyerek taşkınları azaltma kabiliyetine sahiptir. Özellikle kentsel alanlarda, sağlam ToES'ler, sel olaylarının etkilerini en aza indirmeye potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, ToES'ler, taşkın azaltma stratejilerinde önemli bir rol oynamaktadır önemlidir (Eekhout ve Vente, 2022).

Mekânsal uyum ile ilgili planlama politikaları, iklim değişikliği etkilerini hafifletme ve kentsel direnç oluşturma çabalarının önemli bir bileşenidir (Gustafsson ve Andréen, 2017; Fossey ve diğ, 2020). ToES'lerin, mekânsal planlama sürecinde değerlendirildiğinde iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir role sahip olduğu görülmektedir. İklim değişikliği ile bağlantılı ToES'leri mekânsal planlamaya dahil ederek, yerleşimlerin daha esnek, uyumu ve azaltımı destekleyen, sürdürülebilir hale getirmek mümkündür. Toprak ve iklim değişikliği arasındaki ilişkileri dikkate alarak, toprağın C tutması, toprak kaybı, yağış ve suyun filtrasyonu ve toprağın afetlerin etkilerini azaltmadaki rolünün mekânsal planlama sürecine entegre edilebileceği görülmektedir. Bu entegrasyonun gerçekleşebilmesi için ToES'lerin mevzuatta değerlendirilmesi ve bu alanlara dair koruma ve kullanma politika sınırlarının oluşturulması gerekmektedir.

## **6.2 Türkiye’de Mevzuat Kapsamında ToES’lerin Rolünün Değerlendirilmesi**

Türkiye’de mevzuat içerisinde ToES'lere dair kavramsal bir tanımlama, sınıflandırma ve değerlendirmeye ilişkin bir hüküm ya da açıklama bulunmamaktadır. Yönetmeliklerde ToES'leri korumak için ekosistem tabanlı yaklaşımların, doğa

temelli çözümlerin ve toprak restorasyonu ve bozulan doğal yapının yeniden kazanılmasıyla ilgili düzenleme bulunmamaktadır. Yönetmelikteki bu boşluklar ToES'lerin mekânsal planlama sürecine entegrasyonu açısından yasal ve uygulama açısından eksiklikler oluşturmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Türkiye'de Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu (Url-9, 2023), Orman Kanunu (Url-10, 2023), Çevre Kanunu (Url-11, 2023), Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği ve İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik (Url-12, 2023) gibi mevzuatlar ToES'lerin kullanımı açısından incelenmiştir (Bkz. Bölüm 3.3.1). Bu düzenlemelerde, ToES'lerin kullanımı ve korunmasına yönelik kararlar, destekleyen ve düzenleyen servislerin ele alınıp alınmadığı, kaynak sağlayan servislerin mevzuatta nasıl yer aldığı konuları incelenmiştir. Orman Kanunu, ToES'lerin birçok servisini sağlama potansiyeline vurgu yaparken, Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu toprak kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı konusunda hükümler içermektedir. Çevre Kanunu, toprak kirliliği ve kaybını önlemeye yönelik açık hükümler içerirken, Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonunu ele almaktadır. Ancak mevcut yasal düzenlemelerin ToES kavramını ve sürdürülebilirlik için ekosistem tabanlı yaklaşımları yeterince tanımlamadığı ve detaylandırmadığı görülmüştür.

Türkiye'deki mekânsal planlar bu bağlamda değerlendirildiğinde mekânsal planların yasal çerçevesinin ToES'lerin bütünsel olarak ele alınmasına imkân sağladığı görülmektedir. Öncelikle, MSP'nin doğal afet risklerini azaltma ve iklim değişikliği ile mücadele gibi hedefleri göz önüne alarak, toprakların erozyonla mücadele, sel kontrolü ve suyun tutulması gibi mevcut hassasiyetlerini öne çıkarması ve gelecek hassasiyetleri değerlendirmesi ve bu bağlamda uygun araç ve stratejilerin geliştirmesi gerekmektedir. Bununla birlikte iklim değişikliğine uyum konusunda toprağın rolünün öne çıkarılması ve bunların planların lejant sınıflarında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu hedeflere ulaşmak için toprakların doğal yapısının korunması, erozyon önleme önlemlerinin uygulanması ve ağaçlandırma gibi stratejilerin MSP'de önceliklendirilmesi gerekmektedir. Yaşanabilir yerleşmelerin oluşturulması ve erişilebilirlik gibi hedefler doğrudan toprak kalitesi, tarım alanları ve yeşil alanların korunmasıyla ilişkilidir (Daily ve diğ., 2009). Bu nedenle, MSP'nin yerleşim

alanlarının doğal alanlarla uyumlu ve sürdürülebilir olmasını sağlamak için toprak kullanımına ilişkin politikaları ve stratejileri içermesi önemlidir.

ÇDP'ler ise doğal, ekonomik, sosyal ve kültürel değerlerin korunması, geliştirilmesi ve kullanımıyla ilgili stratejik hedeflerin belirlenmesini ve bunların gerçekleştirilme yöntemlerinin planlanmasını içermektedir. Bu planlar, arazi kullanım kararlarını belirleyerek imar planları için yol gösterici bir rol oynamaktadır. ÇDP'lerin oluşturulma aşamalarına ToES'ler şu şekilde entegre edilebilir:

1. Mevcut durum analizi: ÇDP hazırlığı aşamasında, bölgenin doğal kaynakları, ES'ler ve çevresel durum analiz edilmelidir. Bu analiz, toprak sınıfları, toprak derinliği gibi toprak özelliklerini, toprağın C kapasitesini, toprak kaybı, taşkın, iklim ve diğer ekosistem bileşenlerini değerlendirmeyi içermelidir. Bu analiz, ToES'lerin potansiyelini ve önemli alanları belirlemeye yardımcı olacaktır.
2. Hedef belirleme: ÇDP'lerin hedefleri doğrultusunda, ToES'lerin korunması, sürdürülebilir kullanımı ve iyileştirilmesi için spesifik hedefler belirlenmelidir. Örneğin, toprak erozyonunu önlemek, su kaynaklarını korumak, tarımsal verimliliği artırmak gibi hedefler ToES'leri destekleyecektir.
3. Stratejik seçenekler: ÇDP'lerin stratejik seçenekleri, ToES'lerin korunması ve sürdürülebilir kullanımını teşvik edecek şekilde tasarlanmalıdır. Örneğin, tarımsal alanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi, ekosistemlerin yeniden ağaçlandırılması veya restorasyonu, su kaynaklarının korunması ve etkin kullanımı gibi stratejik kararlar göz önünde bulundurulmalıdır.
4. Uygulama önerileri: ÇDP'lerde, ToES'lerin uygulanması için spesifik önlemler ve eylem adımları sunulmalıdır. Bu öneriler, toprak koruma tedbirlerini, tarım uygulamalarını, ormancılık politikalarını, su kaynakları yönetimini ve diğer ilgili alanlardaki politika ve eylemleri içerebilir. Erozyon kontrolü için tarım arazilerinde sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi veya içme/kullanma suyunun etkin kullanımını teşvik eden önlemler bunlara örnek olarak verilebilir.
5. İzleme ve değerlendirme: ÇDP'lerde ToES'lerin entegre edilmesi sürecinde, izleme ve değerlendirme mekanizmaları oluşturulmalıdır. Bu mekanizmalar, ToES'lerin sağladığı hizmetlerin durumunu takip etmeyi ve planlama

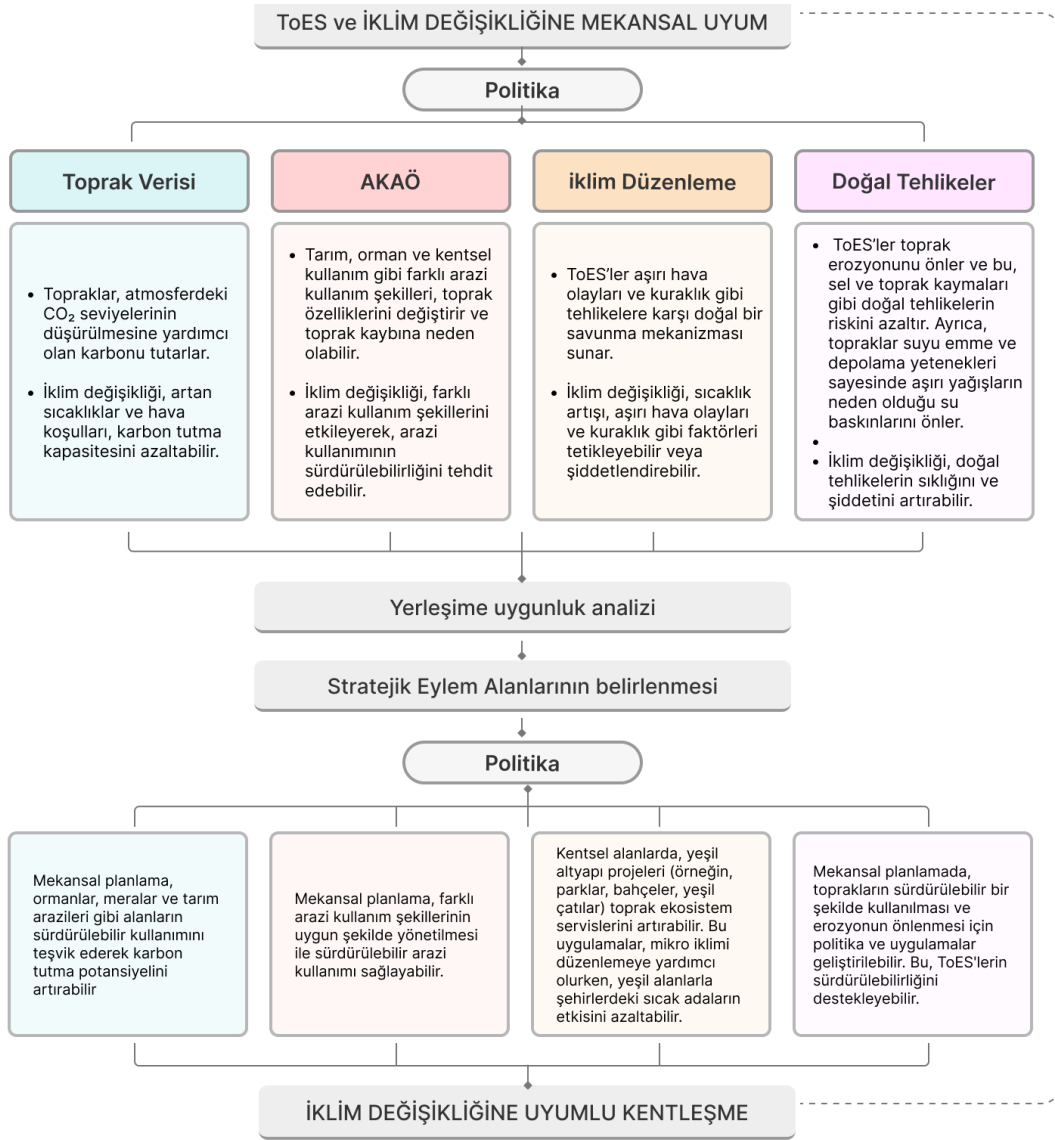
kararlarının etkinliğini değerlendirmeyi sağlamalıdır. İzleme ve değerlendirme sonuçları, gelecekteki planlama süreçlerine yol gösterici olacaktır.

6. Katılım ve işbirliği: ÇDP'lerin oluşturulması sürecinde, ilgili paydaşların katılımı ve işbirliği önemlidir. ToES'lerin korunması ve sürdürülebilir kullanımı, farklı sektörler ve toplum arasında koordinasyon ve işbirliği gerektiren bir konudur. Bu nedenle, planlama sürecinde ilgili paydaşların görüşleri, önerileri ve katkıları dikkate alınmalıdır.
7. Kapasite geliştirme: ÇDP'lerin ToES ile entegrasyonu, yerel yönetimlerin ve diğer ilgili kuruluşların kapasitelerinin güçlendirilmesini gerektirebilir. Toprak yönetimi, su kaynakları yönetimi, ormancılık, tarım gibi alanlarda yetkinlik ve bilgi sahibi olmak, doğru kararlar almak için önemlidir. Bu nedenle, eğitim, danışmanlık ve teknik destek gibi kapasite geliştirme faaliyetlerine öncelik verilmelidir.

ToES'lerin ÇDP ile entegrasyonu, çevresel sürdürülebilirlik ve doğal kaynakların korunması açısından önemli bir adımdır. Bu entegrasyon, planlama sürecinde çevresel değerlerin ve ES'lerin dikkate alınmasını sağlayacaktır. Böylece toprak, su, biyolojik çeşitlilik gibi kaynakları daha etkin bir şekilde korumak ve sürdürülebilir kalkınma sağlamak mümkün olacaktır.

MSP ve ÇDP'lerde ToES'ler belirlenip hassasiyet derecelerine göre önceliklendirilmelidir. Önceliklendirilen ToES'ler için MSP ve Çevre Düzeni Planı'nda yeni bir lejant oluşturulmalı ve bu alanların sürdürülebilir ve nitelikli kullanımına yönelik stratejik kararlar geliştirilmelidir. MSP ve ÇDP'lerde oluşturulan öncelikli ToES alanlarına ilişkin uygulama aşamasında plan kararları getirilip bu kararlar yasa ve yönetmeliklerle desteklenmelidir. Örneğin “Birinci Öncelikli toprak ekosistem servisi sunan alanlarda hiçbir yapı yapılamaz” maddesi planlara ve yönetmeliğe işlenmelidir.

İklim değişikliğine uyum kapsamında ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu için imar planları da MSP ve ÇDP gibi üst ölçekli planlardan gelen kararları desteklemeli, arazi kullanım kararlarında ToES'leri dikkate almalıdır. Havza koruma planlarında ise su kaynakları yönetiminde ToES ile ilişkili kararları içeren bir kapsam mevzuatla desteklenmelidir. Bu planlarda iklim değişikliğine bağlı toprak kaybı analizi, yeni yerleşim alanlarının seçimi için önemli bir parametre olarak ele alınmalıdır.



**Şekil 6.1 : İklim değişikliğine mekânsal uyumda ToES'lerin entegrasyonu.**

### 6.3 İklim Değişikliğine Mekânsal Uyumda ToES Yaklaşımına Dair Metodolojinin Oluşturulması ve Örnek Alan İncelemesinden Elde Edilen Bulgular

Mekânsal plarlarda ToES yaklaşımının uygulanabilmesi için ToES'lerin doğru bir şekilde tespit edilmesi ve bu alanların haritalandırılması gerekmektedir. Bu çalışma İ-ToES'e dayalı çok kriterli yerleşime uygunluk analizinin mekânsal planlama süreçlerinde kullanımının daha sürdürülebilir ve iklim değişikliğine uyumlu bir mekânsal planlama yaklaşımı sunacağını ortaya koymuştur. İklim değişikliğine mekânsal uyumun sağlanması için ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu için önerilen modelin aşamaları aşağıda sıralanmaktadır (Şekil 6.2):

1. İlk adımı veri analizi ve alanın karakteristik niteliklerinin çıkarılması oluşturmaktadır. Veri analizinin ilk adımı ise; iklim değişikliği bağlamında öne çıkan ToES'lerin tespit edilmesidir.
2. İkinci aşama tespit edilen İ-ToES'lerin ve alanın karakteristik özellikleri ile doğal tehlikelerin mekânsal modellerinin oluşturulmasıdır.
3. Üçüncü aşama elde edilen bulguların değerlendirilmesi aşamasıdır. Bu aşamada İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizi ve bu analizin bütünleşik ES ve AKAÖ ile değerlendirilmesi ortaya koyulmalıdır.
4. Son aşama ise bir karar destek aracı olarak İ-ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonun sağlanmasıdır.

İ-ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu Ulusal Ölçekli Kalkınma Planları, Bölgesel Planlar, MSP, ÇDP, Havza Planları gibi üst ölçekli planlardan başlamaktadır. Bu planların özelinde ve gerektirdiği şekilde mekânsal kararlar üretilmektedir. (Şekil 6.3). Kademeli birliktelik kapsamında üst ölçekte belirlenen mekânsal kararların ara ve alt ölçekli planlarda da uygulanması ve bu ölçeklerin gerektirdiği politikaları takip etmesi gerekmektedir.

Bu modelde önerilen analiz, yöntem ve araçları Nilüfer Çayı Havzası'nda uygulanmıştır. İklim değişikliğine mekânsal uyum kapsamında değerlendirilen İ-ToES'e dayalı yerleşime uygunluk analizinde jeoloji, su geçirgenliği, eğim, erozyon, toprak kabiliyeti verilerine ek olarak toprak C tutma kapasitesi, toprak derinliği, toprak kaybı, taşkın riski, sıcaklık ve yağış verileri de değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuç, Burkhard (2009) ES matrisi yaklaşımı ile üretilen bütünleşik ES haritası ile karşılaştırılmıştır.

Nilüfer Çayı Havzası'nda bu yaklaşım uygulandığında yerleşime uygun olmayan alanların %92,16'sının çok yüksek, %5,3'ünün yüksek ES kapasitesine sahip alanlarla karşılaştığı sonucu elde edilmiştir. Çıkan sonuç ToES verisi kullanılarak üretilen yerleşime uygunluk analizinin ES açısından zengin alanları desteklediğini göstermektedir. Üretilen yerleşime uygunluk analizinin sonuçları, mevcut Bursa İli 1/100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planı ve AKAÖ ile karşılaştırıldığında ise yerleşime hiç uygun olmayan alanların orman ve tarım alanları olarak planlandığı görülmektedir. Bu sonuç yapılan analizin mevcut planlama süreçlerinin temel amaçlarını desteklediğini ve yerleşim alanının belirlenen uzun vadeli plan kararlarını güçlendirdiğini göstermektedir. Bununla birlikte yerleşime hiç uygun olmayan ve yüksek ES sağlama

potansiyeline sahip alanlar olarak değerlendirilen ÇDP’de milli park statüsünde koruma alanı bölgesidir. Bu karar 2023 yılında kaldırılmıştır. Verilen kararın çıkan analiz sonuçları ile örtüşmediği, bu bölgenin kesinlikle yapılaşmaya kapalı, yüksek koruma öncelikli alan olduğu görülmektedir.



**Şekil 6.2 :** Mekânsal planlamada ToES’lerin karar destek aracı olarak kullanılmasına yönelik model önerisi.

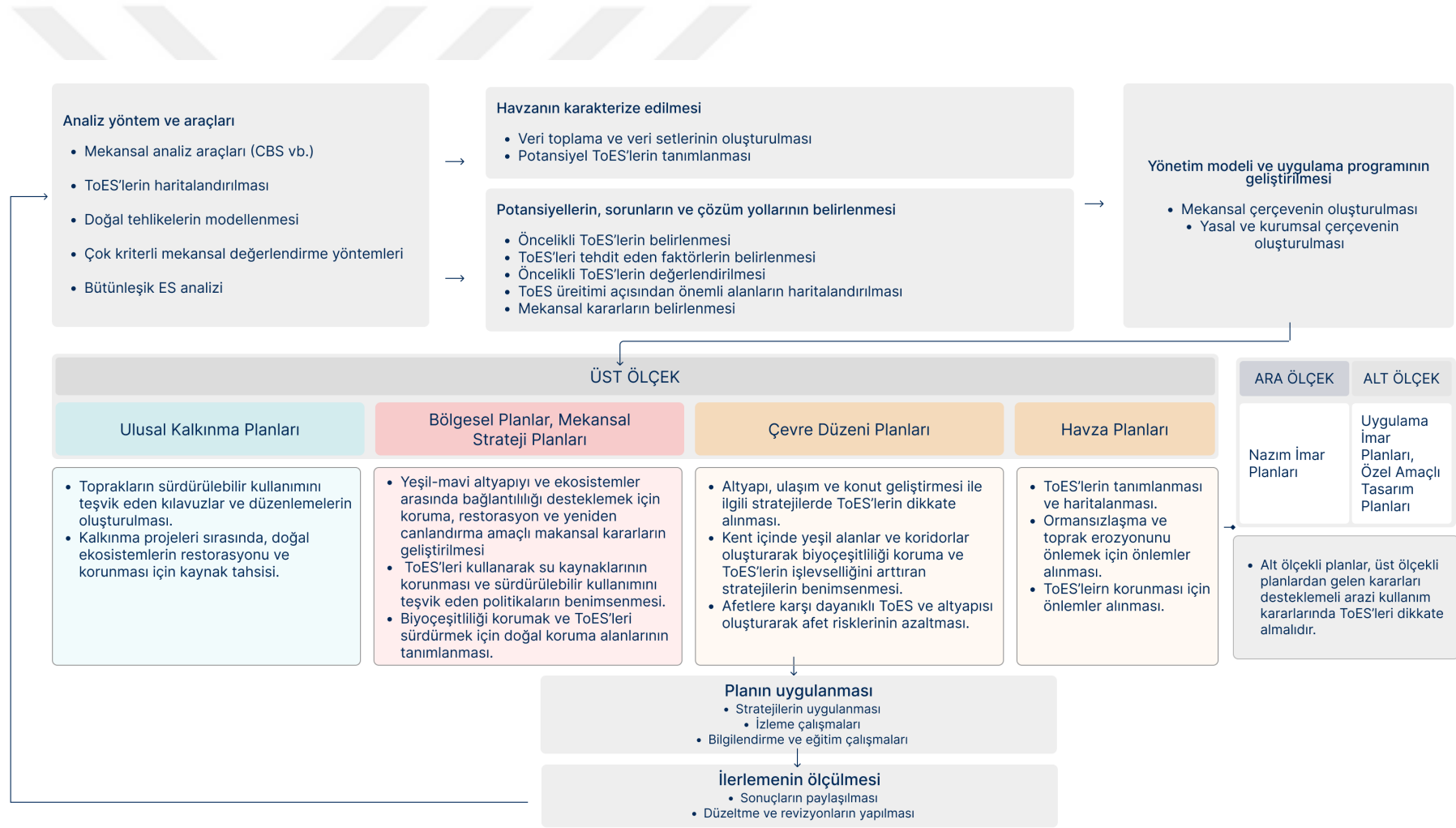
Nilüfer Çayı Havzası’nda ToES’ler açısından kritik öneme sahip alanların özelliklerinin korunması, niteliğini kaybetmiş kısımlarda ise restorasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda Bursa ili Nilüfer Çayı Havzası’nda iklim değişikliğine mekânsal uyum kapsamında yapılan yerleşime uygunluk analizinde yerleşilemez çıkan alanlar sundukları servisler açısından restorasyona ihtiyaç duyan alanlar olarak değerlendirilmektedir. Bu alanlarda ToES’lerin iklim değişikliğine uyum ve azaltım katkılarını arttırmak adına bu bölgelerde yeşil, mavi ve kahverengi altyapı çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

Yeşil altyapılar, yüzey akışını azaltarak, toprak erozyonunu önleyerek, su kalitesini artırarak, habitat koruma alanları sağlayarak ve iklim değişikliğine karşı dirençli ekosistemlerin korunmasını sağlayarak ToES’leri desteklemek için etkili bir yol

sağlamaktadır. Bu stratejiler, parklar, bahçeler, doğal koruma alanları, su havzaları ve sulak alanlar gibi birçok farklı alansal kullanımda (AKAÖ'de) uygulanabilir. Toprak kaybı gibi ciddi sorunları çözmek için uygun bir strateji olan yeşil altyapı uygulamalarının üst ölçek plan kararlarında ele alınarak alt ölçekte mekânsal planlarda da uygulanması bu açıdan önem arz etmektedir (Demuzere, ve diğ, 2014). Mavi alt yapılar, su yönetimini düzenleyerek, sel riskini azaltarak, su kalitesini iyileştirerek ve ekosistem hizmetleri sağlayarak ToES'leri koruma konusunda etkili bir strateji sunmaktadır. Bu stratejiler, su havzaları, sulak alanlar ve dere ıslahları gibi uygulamalarda suyun sürdürülebilir yönetimini sağlayarak, ToES'lerin korunması ve sürdürülebilir kullanımını desteklemektedir. Bu çerçevede, mavi ve yeşil alt yapı stratejilerinin entegre bir şekilde planlanması, ToES'lerin uzun vadeli korunması açısından büyük önem taşımaktadır.

Kahverengi altyapılar, çevresel baskıların azaltılmasına, su kaynaklarının korunmasına ve toprak erozyonunun önlenmesine yardımcı olmaktadır (Demuzere ve diğ, 2014). Bu tür altyapı, mekânsal planlara sel kontrolü için su tahliye sistemleri, yağmur bahçeleri, yeşil çatılar ve gezen bahçeler gibi farklı özelliklerle uygulamak ToES'leri desteklemekte ve iklim değişikliğine uyum konusunda kentlere katkı sağlamaktadır. Mekânsal planlama sürecinde, yeşil, mavi ve kahverengi altyapıların entegrasyonu, ToES'lerin korunmasında ve toprak kaybının önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Sara ve Joshua P., 2017). Bu stratejileri, kentsel gelişim, tarım, ormanlık alanlar, arazi kullanımı ve planlama kararları gibi birçok alanda uygulamak mümkündür ve Nilüfer Çayı Havzası'nda da bu yaklaşımların uygulanması havzanın sürdürülebilir yönetimi için katkı sağlayabilir (Connop ve diğ, 2016) (Şekil 6.2).

Sonuç olarak, iklim değişikliğine uyum kapsamında ToES'lerin mekânsal planlama sürecinde analizi, ToES'lerin korunması ve sürdürülebilir toprak yönetimi için kritik öneme sahiptir. ToES'ler, yerleşim alanlarının seçimi ve kent planlaması sürecinde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir faktördür. Bu nedenle, ToES'lere dayalı mekânsal planlama, iklim değişikliği ile mücadele etmek ve sürdürülebilir toprak yönetimi için önemli bir araç olabilme potansiyeli taşımaktadır.



**Şekil 6.3 : İklim değişikliğine mekânsal uyum kapsamında ToES'lerin mekânsal planlara entegrasyonu için model önerisi.**



## KAYNAKLAR

- Aksay, C. S., Ketenoğlu, O., & Kurt, L. (2005). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 29-42.
- Albayrak, İ. (2012). Ekosistem Servislerine Dayalı Havza Yönetim Modelinin İstanbul-Ömerli Havzası Örneğinde Uygulanabilirliği.(Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Albert, C., Geneletti, D., & Kopperoinen, L. (2017). Application of ecosystem services in spatial planning. B. Burkhard, & J. Maes içinde, *Mapping Ecosystem Services*, (100-113) . Sofia:Pensoft. doi:10.3897/ab.e12837
- Altınok, G. K., Tezer A. (2021). İklim Değişikliğine Uyumda Mekânsal Planlama ve Akıllı Yönetişim. *Journal of Planning*. 31(2), 302-320. doi: 10.14744/planlama.2021.87487
- Altobelli, F., Vargas, R., Corti, G., Dazzi, C., Montanarella, L., Monteleone, A., . . . Benedetti, A. (2020). Improving soil and water conservation and ecosystem services by sustainable soil management practices: From a global to an Italian soil partnership. *Italian Journal of Agronomy*.
- Anache, J., Flanagan, D., Srivastava, A., & Wendland, E. (2018). Land use and climate change impacts on runoff and soil erosion at the hillslope scale in the Brazilian Cerrado. *Science of The Total Environment*. 1(622-623),140-151. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.257.
- Andrews, S., Karlen, D., & Cambardella, C. (2004). The Soil Management Assessment Framework:A Quantitative Soil Quality Evaluation Method. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 19451-962. doi:https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1945
- Arrouays, D., Leenaars, J. G., C., A., Richer-de-Forges, Adhikari, K., Ballabio, C., . . . Carvalho, E. (2017). Soil legacy data rescue via GlobalSoilMap and other international and national initiatives. *GeoResJ*, 14, 1-19.
- Avrupa Çevre Ajansı. (2012). *Environmental indicator report 2012 - Ecosystem resilience and resource efficiency in a green economy in Europe*. EEA. Copenhagen, Denmark.
- Başaran Uysal, A., & Bölen, F. (2006). Su havzasında planlama ve oyun teorisi. *İTÜ Dergisi*, 5(2), 187-196.
- Baggethun, E., & Barton, D. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245.
- Bajocco, S., Angelis, A., Perini, L., & Salvati, L. (2012). The Impact of Land Use/Land Cover Changes on Land Degradation Dynamics: A Mediterranean Case Study. *Environmental Management*, 49(5), 980-989.
- Baldwin, M., Kellogg, C., & Thorp, J. (1938). Soil Classification. *Soils and Men: Yearbook of Agriculture*, 979–1001.

- Barrios, E.** (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, 2, 269–285. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.03.004
- Bartkowski, B., Bartke, S., Helming, K., Paul, C., Tehen, A.-K., & Hansjürgens, B.** (2020). Potential of the economic valuation of soil-based ecosystem services to inform sustainable soil management and policy. *PeerJ*, 8. doi:10.7717/peerj.8749
- Basharat, M., Shah, H., & Hameed, N.** (2016). Landslide susceptibility mapping using GIS and weighted overlay method: a case study from NW Himalayas, Pakistan. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(292). <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2308-y>
- Baveye, P., Baveye, J., & Gowdy, J.** (2016). Soil “Ecosystem” Services and Natural Capital: Critical Appraisal of Research on Uncertain Ground. *Frontiers in Environmental Science*, 4(41). <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00041>
- Berberoglu, S., Cilek, A., & Kirkby, M.** (2020). Spatial and temporal evaluation of soil erosion in Turkey under climate change scenarios using the Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) model. *Environmental monitoring and assessment*, 192(8). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08429-5>
- Birgé, H. E., Bevans, R. A., Allen, C. R., Angeler, D. G., Baer, S. G., & Wall, D. H.** (2016). Adaptive management for soil ecosystem services. *Journal of environmental management*, 183(2), 371–378. doi:10.1016/j.jenvman.2016.06.024
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J. E., Alewell, C., . . . Ballabio, C.** (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(36), 21994-22001. doi:10.1073/pnas.2001403117
- Brady, M., Hristov, J., Wilhelmsson, F., & Hedlund, K.** (2019). Roadmap for Valuing Soil Ecosystem Services to Inform Multi-Level Decision-Making in Agriculture. *Sustainability*, 11(19):5285. <https://doi.org/10.3390/su11195285>
- Brevik, E., Pereg, L., Steffan, J., & Vurgess, L.** (2018). Soil ecosystem services and human health. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 87-92. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.003>
- Buol, S., Southard, R., Graham, R., & Mcdaniel, P.** (2011). *Soil Genesis and Classification: Buol/Soil Genesis and Classification*. John Wiley & Sons, Inc.
- Carpenter, S., Bennett, E., & Peterson, G.** (2006). A Scenarios for Ecosystem Services: An Overview. *Ecology and Society*, 11(1), 29.
- Carter, J., Handley, J., Butlin, T., & Gill, S.** (2017). Adapting cities to climate change – exploring the flood risk management role of green infrastructure landscapes. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(9), 1-18.
- Chen Jie.** (2002). Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. *Journal of Geographical Sciences*, 12(2), 243-252.
- CICES.** (2018). *Guidance on the Application of the Revised Structure*. Nottingham, UK: oy Haines-Young and Marion Potschin Fabis Consulting Ltd.

- Connop, S., Vandergert, P., Eisenberg, B., Collier, M., Nash, C., & Clough, J.** (2016). Renaturing cities using a regionally-focused biodiversity-led multifunctional benefits approach to urban green infrastructure. *Environmental Science & Policy*, 62, 99-111. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.013>
- Costanza, R., Groot, R. d., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., Limbur, K., & Suttonkk, P.** (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Costanza, R., Rudolfde Groot, Sutton, P., Sandervan der Ploeg, Anderson, S., Kubiszewskia, I., Turner, R.** (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158. doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002
- Davies, C., Laforteza, R., Rall, E., Hansen, R., & Pauleit, S.** (2017). Urban green infrastructure in Europe: Is greenspace planning and policy compliant? *Land Use Polic*, 69, 93-101.
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Faehnle, M.** (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and. *Journal of Environmental Management*, 146, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>
- ÇSB.** (2014). *Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği EK1-b. 2* 17, 2022 tarihinde [https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/editordosya/file/MEVZUAT/PlanGosterim/EK\\_1b%20Mekansal%20Strateji%20Planlar%20Gosterimleri.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/editordosya/file/MEVZUAT/PlanGosterim/EK_1b%20Mekansal%20Strateji%20Planlar%20Gosterimleri.pdf) adresinden alındı
- Daily, G., Polasky, S., Goldstein, J., Mooney, H., Pejchar, P., & Ricketts, T.** (2009). *Ecosystem services in decision making: time to deliver*, 7(1), 21-28. doi:10.1890/080025
- Davoudi, S., Crawford, J., & Mehmood, A.** (2009). Climate Change and Spatial Planning Responses. *Planning for Climate Change*. içinde London: Routledge.
- De Groot, R. W.** (2002). A Typology for the Classification, Description and Valuation of Ecosystem Functions. *Goods and Services. Ecological Economics*, 41, 393-408. doi:[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Delibas, M., Tezer, A., & Bacchin, T.** (2018). Soil Ecosystem Services (SoES) in Urban Planning. *A Review on Urban Soil. 54th ISOCARP Congress*, (679-691). Bodø, Norway. October 1-5.
- Delibas, M., Tezer, A., & Bacchin, T.** (2021). Towards embedding soil ecosystem services in spatial planning. *Cities*, 113(2). doi:10.1016/j.cities.2021.103150
- DeLong, C., Cruse, R., & Wiener, J.** (2015). The Soil Degradation Paradox: Compromising Our Resources When We Need Them the Most. *Sustainability*, 7(1), 868-879. doi:10.3390/su7010866
- Deng, L., Kim, D., Li, M., Huang, Q., Liu, Q., Cheng, Z., & Shangguan, Z.** (2019). Land-use changes driven by 'Grain for Green' program reduced carbon loss induced by soil erosion on the Loess Plateau of China. *Global Planet*, 177, 110-115. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.03.017>
- Deurer M, G. D.** (2009). The impact of soil carbon management on soil macropore structure: a comparison of two apple orchard systems in New Zealand.

- European Journal of Soil Science*, 60(6), 945-955.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01164.x>
- Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü.** (2023). Erişim: 04 Nisan 2023,  
<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURSA> adresinden alındı
- Dewan, A., Islam, M., Kumamoto, T., & Nishigaki, M.** (2007). Evaluating Flood Hazard for Land-Use Planning in Greater Dhaka of Bangladesh Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Water Resources Management*, 21, 1601–1612.  
<https://doi.org/10.1007/s11269-006-9116-1>
- Dissanayake, D., Morimoto, D., & Ranagalage, M.** (2019). Accessing the soil erosion rate based on RUSLE model for sustainable land use management: a case study of the Kotmale watershed, Sri Lanka. *Earth Syst. Environ*, 5, 291-306. <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0534-x>
- Dominati, E., Patterson, M., & Mackay, A.** (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*, 9, 1858–1868. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.05.002
- Drobnik, T., Greiner, L., Keller, A., & Grêt-Regamey, A.** (2018). Soil quality indicators – From soil functions to ecosystem services. *Ecological Indicators*, 94, 151–169. doi:10.1016/j.ecolind.2018.06.052
- Eekhout, J. P., & Vente, J.** (2022). Global impact of climate change on soil erosion and potential for adaptation through soil conservation. *Earth-Science Reviews*, 226(9). doi:10.1016/j.earscirev.2022.103921
- Egerer, M., Philpott, S., Liere, H., Jha, S., Bichier, P., & Lin, B.** (2017). People or place? Neighborhood opportunity influences community garden soil properties and soil-based ecosystem services. *Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 14(1), 32-44, doi: 10.1080/21513732.2017.1412355 .
- Elinbaum, P., & Galland, D.** (2016). Analysing Contemporary Metropolitan Spatial Plans in Europe Through Their Institutional Context, Instrumental Content and Planning Process. *European Planning Studies*, 24(1), 181-206  
doi:10.1080/09654313.2015.1036843
- Erdoğan, B. U.** (2020). Ekosistem Hizmetleri Kavramının Havza Ölçeğinde Değerlendirilerek Planlamaya Entegrasyonu. *Ormanlık Dergisi*, 16(2), 196–216.
- Erol, A.** (2007). Türkiye’de Arazi Kullanımı ve Havza Yaklaşım. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2, 21-25,.
- Eusse-Villa, L. F., Franceschinis, C., Thiene, M., Meyerhoff, J., McBratney, A., & Field, D.** (2021). Attitudes and Preferences towards Soil-Based Ecosystem Services: How Do They Vary across Space? *Sustainability*.
- FAO.** (2016). *The State of Food and Agriculture*. Rome.
- Forouzangohar, M., Crossman, N., MacEwan, R., Wallace, D., & Bennett, L.** (2014). Ecosystem Services in Agricultural Landscapes: A Spatially Explicit Approach to Support Sustainable Soil Management. *The Scientific World Journal*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/483298>

- Fossey, M., Angers, D., Bustany, C., Cudenne, C., Durand, P., Gascuel-Oudou, C., . . . Christelle, B.** (2020). A Framework to Consider Soil Ecosystem Services in Territorial Planning. *Front. Environ. Sci. (Frontiers in Environmental Science)*, 8. doi:10.3389/fenvs.2020.00028
- Franzluebbers, A.** (2002). Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil and Tillage Research*, 66, 95-106. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00018-](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00018-)
- García-Gaines, R., & Frankenstein, S.** (2015). USCS and the USDA Soil Classification System. *Engineer Research and Development Center*.
- García-Ruiz, J., Beguería, S., Nadal-Romero, E., González-Hidalgo, J., Lana-Renault, N., & Sanjuán, Y.** (2015). A meta-analysis of soil erosion rates across the world. *Geomorphology*, 239, 160-173. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.008>
- Garipoğlu, N.** (2012). Havza Planlamalarında Coğrafyanın Rolü ve Türkiye’de Havza Planlamacılığı. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 303-336.
- Garipoğlu, N., & Uzun, M.** (2020). Havza Yönetiminin Gelişim Evreleri ve Farklı Modelleri. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*. 338-357 . doi: 10.32003/igge.816758
- Gedikli, B.** (2017). Approaches To Climate Change In Spatial. *METU.JFA*, 35(1), 89-109. doi: <http://dx.doi.org/10.4305/metu.jfa.2018.1.9>
- Geneletti, D., & Mandle, L.** (2017). Mapping of ecosystem services for impact assessment. B. Burkhard , & J. Maes içinde, *Mapping Ecosystem Services*. Sofia: Pensoft Publishers.
- Guerra, C., Alkemade, R., & Maes, J.** (2017). When to map? B. Burkhard, & J. Maes içinde, *Mapping Ecosystem Services*. Sofia: Pensoft Publishers.
- Gustafsson, S., & Andréen, V.** (2017). Local Spatial Planning Processes and Integration of Sustainability Perspective Through a Broad Systems Perspective and Systematic Approach. *Handbook of Sustainability Science and Research*. İçinde. (567-580). doi:10.1007/978-3-319-63007-6\_35
- Güneş, M., & Uzunay, M.** (2017). Belediyelerde İmar Planlama Süreci Ve Denetim. *Ombudsman Akademik*, 6, 161 - 179.
- Güngör, G.** (2021). *Gelecek Arazi Kullanım Modellerinin Yağış-Akış İlişkisi İçerisinde Değerlendirilmesi: Nilüfer Çayı Havzası Örneği (Bursa)*. (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Greiving, S., & Fleischhauer, M.** (2006). Spatial planning response towards natural and technological hazards. *Natural and Technological Hazards and Risks Affecting the Spatial Development of European Regions* içinde (109–123). Geological Survey of Finland.
- Grêt-Regamey, A., Sirén, E., Brunner, H., & Weibel, B.** (2017). Review of decision support tools to operationalize the ecosystem services concept. *Ecosystem Services*, 26, 306-315. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.012>
- Groshans , G., Mikhailova, E., Post, C., Schlautman , M., & Zurqani, H.** (2018). Assessing the Value of Soil Inorganic Carbon for Ecosystem Services in the

- Contiguous United States. *Land.* 7(4), 149.  
<https://doi.org/10.3390/land7040149>
- Haines-Young, R., & Potschin, M.** (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services*. Fabis Consulting.
- Hancock, G., Kunkel, V., Wells, T., & Martinez, C.** (2019). Soil organic carbon and soil erosion – Understanding change at the large catchment scale. *Geoderma*, 343, 60-71.
- Hansen, R., Rall, E., Chapman, E., & Werner, R.** (2017). *Urban Green Infrastructure Planning: A Guide for Practitioners*. GREEN SURGE.
- Hasan, S., Zhen, L., Miah, M., Ahamed, T., & Samie, A.** (2020). Impact of land use change on ecosystem services: A review. *Environmental Development*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100527>
- Haygarth, P. M., & Ritz, K.** (2009). The future of soils and land use in the UK: Soil systems for the provision of land-based ecosystem services. *Land Use Policy*, 26, 187-197. doi:10.1016/j.landusepol.2009.09.016
- Henriksen, M., Henriksen, C., Ghaley, B., Lugato, E., Kuzmanovski, V., Trajanov, . . . Creamer, R.** (2019). Assessing the Climate Regulation Potential of Agricultural Soils Using a Decision Support Tool Adapted to Stakeholders' Needs and Possibilities. *Front. Environ. Sci.*, 7. doi:<https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00131>
- Huang, C., Zhou, Z., Teng, M., Wu, C., & Wang, P.** (2020). Effects of climate, land use and land cover changes on soil loss in the Three Gorges Reservoir area, China. *Geography and Sustainability*, 1(3), 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.08.001>
- Hurlimann, A., & March, A.** (2012). The role of spatial planning in adapting to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 3(5). DOI:10.1002/wcc.183
- IPCC.** (2015). *Climate Change 2014*.
- IPBES.** (2016). *Summary for policymakers of the methodological assessment of scenarios and models of biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPCC.** (2023). *Climate Change and Land A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Isard, W.** (1972). *Ecologic-Economic Analysis For Regional Development*,. The Free Press.
- Ivashchenko, K., Lepore, E., Vasenev, V., Ananyeva, N., Demina, S., Khabibullina, F., & Selezneva, A.** (2021). Assessing Soil-like Materials for Ecosystem Services Provided. *Land.* 10(11), 1185; <https://doi.org/10.3390/land10111185>
- İBB.** (2009). *1/100.000 Ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı Şehir Planlama Müdürlüğü.

- Jónsson, J. Ö., & Davíðsdóttir, B.** (2016). Classification and valuation of soil ecosystem services. *Agricultural Systems*, 145, 24–38. doi:10.1016/j.agsy.2016.02.010
- Kanber, Ç.** (2015). *Bütünleşik Nehir Havzası Yönetiminde Paydaş Katılımı: Modeller ve Süreç* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karabulut, A., Egoh, B. N., Lanzaova, D., Grizzetti, B., Bidoglio, G., Pagliero, L., . . . Mubareka, S.** (2016). Mapping water provisioning services to support the ecosystem–water–food–energy nexus in the Danube river basin. *Ecosystem Services*, 17, 278–292. doi:10.1016/j.ecoser.2015.08.002
- Karakuş, C., & Cerit, O.** (2017). Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Sivas Kenti ve Yakın Çevresi İçin Yerleşim Açısından En Uygun Alanların Belirlenmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 38(1), 131-145.
- Kardol, P., Cregger, M., & Campa, C.** (2010). Soil ecosystem functioning under climate change: plant species and community effects. *Ecology*, 91(3), 767-781.
- Kokou, K., Marks, E., Aflakpui, G., Nkem, J., Sagoe, R., & Sebastia, M.** (2009). Conservation of soil organic carbon, biodiversity and the provision of other ecosystem services along climatic gradients in West Africa. *Biogeosciences*, 6(8), 1825-1838. https://doi.org/10.5194/bg-6-1825-2009
- Kopperoinen, L., Itkonen, P., & Niemelä, J.** (2014). Using expert knowledge in combining green infrastructure and ecosystem services in land use planning: An insight into a new place-based methodology. *Landscape Ecology*, 29(8). doi:10.1007/s10980-014-0014-2
- Kuru, A., & Tezer, A.** (2019). İçme suyu havzası koruma sınırlarının belirlenmesine yeni yöntem önerisi: Kırklareli barajı içme suyu havzası örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(1), 519-536. doi:10.17341/gazimmfd.486855
- Lal, R.** (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1-2), 1-22. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032
- Lal, R.** (2013). Soil carbon management and climate change. *Carbon Management*, 4(4), 439-462. doi: 10.4155/cmt.13.31
- Lal, R.** (2019). Eco-intensification through soil carbon sequestration:. *Journal of Soil and Water Conservation*, 4(3) 55-61. doi: https://doi.org/10.2489/jswc.74.3.55A
- Lal, R., Monger, C., Nave, L., & Smith, P.** (2021). The role of soil in regulation of climate. *Biological Sciences*, 27(376), 1834. doi:https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0084
- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., . . . Rossi, J.-P.** (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42, 3-15. doi:10.1016/j.ejsobi.2006.10.002
- Lehman, A., & Stahr, K.** (2010). The potential of soil functions and planner-oriented soil evaluation to achieve sustainable land use. *Journal of Soils and Sediments volume*, 10(6), 1092-1102. doi:https://doi.org/10.1007/s11368-010-0207-5

- Liu, J., Hull, V., Mooney, H., Davis, S. J., Gaskell, J., Herte, T., Li, S.** (2015). Systems integration for global sustainability. *Science*, 347(6225). doi: 10.1126/science.1258832
- Potschin M., Young R. H., Fish R., Turner K.** (2016). *Routledge handbook of ecosystem services*. London; Routledge.
- Maes, J. E.** (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1(1), 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004>
- Makovnikova, J., Kanianska, R., & Kizekova, M.** (2017). The ecosystem services supplied by soil in relation to land use. . *Hungarian Geographical Bulletin*, 6(1). <https://doi.org/10.15201/hungeobull.66.1.4>
- Martinez-Harms, M. J., Bryan, B. A., Balvanera, P., Law, E. A., Rhodes, J. R., Possingham, H. P., & Wilson, K. A.** (2015). Making decisions for managing ecosystem services. *Biological Conservation*, 184(6), 229–238. doi:10.1016/j.biocon.2015.01.024
- MEA.** (2003). *Ecosystems and Human Well-Being. A Framework for Assessment*. Island Press, Washington, DC.
- MEA.** (2005a). *Ecosystems and Human Well-Being. Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- MEA.** (2005b). *Ecosystems and Human Well-Being. Opportunities and Challenges for Business and Industry*. Island Press, Washington, DC.
- Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği EK1-c.** (2014). 1 7, 2023 tarihinde [https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/editordosya/file/MEVZUAT/PlanGosterim/EK\\_1c%20Cevre%20Duzeni%20Plani%20Gosterimleri.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/editordosya/file/MEVZUAT/PlanGosterim/EK_1c%20Cevre%20Duzeni%20Plani%20Gosterimleri.pdf) adresinden alındı
- Mikhailova, E., Zurqan, H., J. Post, C., & Schlautman, M.** (2020). Assessing Ecosystem Services of Atmospheric. *Geosciences*, 10(5), 200; <https://doi.org/10.3390/geosciences10050200>
- Montgomery, D.** (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *PNAS*, 104 (33) 13268-13272. <https://doi.org/10.1073/pnas.0611508104>
- Mooney , H., Larigauderi, A., Yahara, T., Cesario, M., Elmquist, T., Hoegh-Guldberg, O., Scholes, R.** (2009). Biodiversity, climate change, and ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 46-54. doi 10.1016/j.cosust.2009.07.006
- Motiejūnaitė, J., Børja, I., Ostonen, I., Bakker, M. R., Bjarnadottir, B., Brunner, I.** (2019). Cultural ecosystem services provided by the biodiversity of forest soils: A European review. *Geoderma*, 343, 19-30.
- Nadin, V. H.** (1997). Regional development studies: The EU compendium of spatial planning systems and policies. Luxembourg: European Comission.
- Nedkov , S., & Burkhard, B.** (2022). Flood regulating ecosystem services—Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria. *Ecological Indicators*, 21, 67-79. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.022>
- Nilsson, K.** (2007). Managing Complex Spatial Planning Processes. *Planning Theory & Practice*. doi:10.1080/14649350701664473

- Orwin, K. H., Stevenson, B. A., Smail, S. J., Kirschbaum, M. U., Dickie, I. A., Clothier, B. E., Gentile, R.** (2015). Effects of climate change on the delivery of soil-mediated ecosystem services within the primary sector in temperate ecosystems: a review and New Zealand case study. *Global change biology*, 8. doi:10.1111/gcb.12949
- Özşahin, E., & Kaymaz, Ç.** (2015). Cbs Ve Ahs Kullanılarak Doğal Çevre Bileşenleri Açısından Kentsel Mekânın Yerleşime Uygunluk Analizine Bir Örnek: Antakya (Hatay). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(33), 11-134.
- Öztürk, S., Ubay Tönük, G., & Gülgün, B.** (2014). Türkiye’de Havza Yönetimi ve Yönetim Planı Yaklaşımları. *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 361, 59-63.
- Palm, C., Sanchez, P., Ahamed, S., & Awiti, A.** (2007). Soils: A Contemporary Perspective. *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 99-129. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.31.020105.100307>
- Paul, S., Li, J., Li, Y., & Shen, L.** (2021). Simulating the effects of land use changes on soil erosion using RUSLE model. *Geocarto International*. 32(1), 97-111. doi:10.1080/10106049.2015.1130083
- Pavan, A. L., & Ometto, A. R.** (2018). Ecosystem Services in Life Cycle Assessment: A novel conceptual framework for soil. *The Science of the total environment*, 1337–1347. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.06.191
- Pereira, P., Bogunovic, I., Muñoz-Rojas, M., & Brevik, E. C.** (2018). Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 7–13. doi:10.1016/j.coesh.2017.12.003
- Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C., Pérès, G., & Rutgers, M.** (2012). Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services—an overview of European approaches. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5, 529–538. doi:10.1016/j.cosust.2012.10.009
- Ragab, R., & Prudhomme, C.** (2002). Climate Change and Water Resources Management in Arid and Semi-arid Regions: Prospective and Challenges for the 21st Century. *Biosystems Engineering*, 81(1), s. 3-34. doi:10.1006/bioe.2001.0013
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., & Porter, J.** (1991). RUSLE: Revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46(1).
- Rendon, P., Steinhoff-Knopp, B., Saggau, P., & Burkhard, B.** (2020). Assessment of the relationships between agroecosystem condition and the ecosystem service soil erosion regulation in Northern Germany. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234288>
- Rincón, D., Khan, U., & Armenakis, C.** (2018). Flood Risk Mapping Using GIS and Multi-Criteria Analysis: A Greater Toronto Area Case Study. *Hydrology of Urban Catchments*, 8(8), 275; <https://doi.org/10.3390/geosciences8080275>
- Ruskule, A., Vinogradovs, I., & Pecina, M. V.** (2018). “Integrated planning tool to ensure viability of grasslands [PowerPoint slides]. Retrieved from [https://projects20142020.interregeurope.eu/fileadmin/user\\_upload/tx\\_tevprojects/library/file\\_1649684123.pdf](https://projects20142020.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/file_1649684123.pdf)

- Sandhu, H. S., Wratten, S. D., & Cullen, R.** (2010). Organic agriculture and ecosystem services. *Environmental Science & Policy*, 13, 1–7. doi:10.1016/j.envsci.2009.11.002
- Sarı, V., İnan, Ö., Yener, Ö., & Işık, N.** (2018). *Mekansal Planlama Sistemine İlişkin Değerlendirme Raporu*. T.C Kalkınma Bakanlığı.
- Sara, M., & Joshua P., N.** (2017). Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. *Landscape and Urban Planning*, 159, 62-75. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005>
- Schils, R., Kuikman, P., Liski, J., Van Oijen, M., Smith, P., Webb, J., . . . Hiederer.** (2008). *Review of existing information on the interrelations between soil and climate change. (ClimSoil). Final report*. Brussels: European Commission.
- Schindelegger, A., Steinbrunne, B., & Ertl, M.** (2022). *Climate-Resilient Spatial Planning in the Alps*. EUSALP Action Group 8.
- Schwilch, G., Lemann, T., Berglund, Ö., Camarotto, C., Cerdà, A., aliakopoulos, I., . . . Rietra, R.** (2018). Assessing Impacts of Soil Management Measures on. *Sustainability*, 0(12), 4416. <https://doi.org/10.3390/su10124416>
- Smit, E., Bakker, P. A., Bergmans, H., Bloem, J., Griffiths, B. S., Rutgers, M., . . . Glandorf, D. C.** (2012). General Surveillance of the soil ecosystem: An approach to monitoring unexpected adverse effects of GMO's. *Ecological Indicators*, 14, 107–113. doi:10.1016/j.ecolind.2011.08.017
- Smith, L.** (2002). What might we learn from climate forecast? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 2487–2492.
- Souliotis, I., & Voulvoulis, N.** (2021). Incorporating Ecosystem Services in the Assessment of Water Framework Directive Programmes of Measures. *Environmental Management*, 68, 38–52.
- Steinhoff-Knopp, B., Kuhn, T., & Burkhard, B.** (2019). The impact of soil erosion on soil-related ecosystem services: development and testing a scenario-based assessment approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 274 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08814-0>
- Stewart, K., Grogan, P., Coxson, D., & Siciliano, S.** (2014). Topography as a key factor driving atmospheric nitrogen exchanges in arctic terrestrial ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry*, 70(034027), 96–112. doi:10.1016/j.soilbio.2013.12.005
- Stocking, M.** (1984). Rates of erosion and sediment yield in the African environment. *Challenges in African hydrology and water resources. Proc. Harare symposium, 1984*, 285-293.
- Strange, E., Faush, K., & Covich, A.** (1999). Sustaining Ecosystem Services in Human-Dominated Watersheds: Biohydrology and Ecosystem Processes in the South Platte River Basin. *Environmental Management*, 24, 39-51.
- Swinton, S., Lupi, F., Robertsonc, P., & Hamiltond, S.** (2007). Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecological Economics*, 2, 245–252. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.09.020

- Şiltu, E.** (2014). *Nilüfer Çayı Alt Havzası İçin Alıcı Ortam Bazlı Deşarj Standartlarının Hesaplanması*. T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı. [PowerPoint slides].
- T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.** (2019). Türkiye Mekânsal Strateji Planı Vizyonu, Öncelikleri ve Mekânsal Gelişme Senaryosu” Raporu. Ankara.
- T.C Tarım ve Orman Bakanlığı.** (2023). *Ülkesel Toprak Bilgi Sistemi*. Erişim 10.05.2023, <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Duyuru/111/Ulkesel-Toprak-Bilgi-Sistemi> adresinden alındı.
- Türkoğlu, H., Ocağcı, M., Ataöv, A., Uşun, M., Işık, A., & Güvener, U.** (2011). Participatory Spatial Planning Process: The Case of Bursa, Turkey. *48th ISOCARP Congress*.
- Tüzün, G.** (2010). Havza Planlama Ve Yönetiminde Yöntem Arayışı: Meriç-Ergene Havzası Örneği (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Tanyaş, H., Kolat, Ç., & Süzen, M. L.** (2018). A new approach to estimate cover-management factor of RUSLE and validation of RUSLE model in the watershed of Kartalkaya Dam. *Journal of Hydrology*, 528, s. 584-598.
- Taylor, R. G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., van Beek, R., Wada, Y., . . . Bierkens.** (2013). Ground water and climate change. *Nature Clim Change (Nature Climate Change)*, 4. doi:10.1038/nclimate1744
- TEEB.** (2007). *TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management*. European Communities.
- Tezer, A., Uzun, O., Okay, N., Terzi, F., Köylü, P., Yılmaz Kaya, M., . . . Kara, D.** (2020). Ecosystem services-based multi-criteria assessment for ecologically sensitive watershed management. *Environ Dev Sustain*, 22, 2431-2450.
- Thapa, P.** (2020). Spatial estimation of soil erosion using RUSLE modeling: a case study of Dolakha district, Nepal. *Environmental Systems Research*. 9, 15. <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00177-2>
- Tolunay, D.** (2017). Dünyada Ve Türkiye’de Ormansızlaşma. *Ekoloji Birliği*.
- Troy, W.** (2006). Mapping ecosystem services: Practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer. *Ecological Economics*, 60(2):435-449. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.04.007
- Tuna, A.** (2020). İngiltere’de Yeşil Altyapı Kavramının Uygulama Örnekleri Üzerinden . *European Journal of Science and Technology*, 21, 416-423. doi: 10.31590/ejosat.814954)
- Turner, W., Oppenheimer, M., & Wilcove, D.** (2009). Aforce to fight global warming. *Nature*, 3, 304-312. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2010.00128.x>
- Uluggerli, F. G.** (2021). İçme Suyu Havzalarının Ekosistem Yaklaşımlı Planlama Paradigmalarının Kapsamı. *Resilience*. doi:10.32569/resilience.876486
- UNEP.** (2006). *Findings of the Millennium Ecosystem Assessment*. UNEP
- UNEP.** (2007). *Proceedings of the Governing Council/Global Ministerial*. UNEP
- UNEP.** (2022). *Emissions Gap Report 2022*. UNEP

- Url-1.** <https://tez.yok.gov.tr/>, erişim tarihi :01.05.2022.
- Url-2.** <https://www.elsevier.com/solutions/scopus> , erişim tarihi: 10.04.2023.
- Url-3.** <https://www.vosviewer.com.>, erişim tarihi: 10.04.2023.
- Url-4.** [www.mrgscience.com](http://www.mrgscience.com), erişim tarihi: 18.06.2022.
- Url-5.** [https://www.wikiwand.com/en/Carbon\\_budget](https://www.wikiwand.com/en/Carbon_budget), erişim tarihi: 23.12.2022
- Url-6.** [https://www.wikiwand.com/tr/Kyoto\\_Protokol%C3%BC](https://www.wikiwand.com/tr/Kyoto_Protokol%C3%BC), erişim tarihi: 37.08.2022.
- Url-7.** UNDRR: [www.unisdr.org](http://www.unisdr.org), erişim tarihi: 13.12.2022.
- Url-8.** <https://www.csb.gov.tr/>, erişim tarihi: 21.02.2023.
- Url-9.** <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/07/20050719-2.htm>, erişim tarihi: 10.04.2023.
- Url-10.** <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/04/20230405-1.htm>, erişim tarihi: 27.03.2023.
- Url-11.** <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=2872>, erişim tarihi: 05.03.2022.
- Url-12.** <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/10/20171028-8.htm>, erişim tarihi: 05.03.2023.
- Url-13.** <https://mpgm.csb.gov.tr/mekansal-planlar-yapim-yonetmeligi-degisikligi-yayimlandi-duyuru-257679>, erişim tarihi: 11.04.2023.
- Url-14.** <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/soil-carbon-sequestration/en/> , erişim tarihi: 26.02.2022.
- Url-15.** [climatedata.org](http://climatedata.org), erişim tarihi :17.04.2023.
- Url-16.** <https://earthexplorer.usgs.gov/>, erişim tarihi: 09.03.2022.
- Url-17.** <http://www.nilufer.gov.tr/index.php?MenuID=182>, erişim tarihi: 05.03.2022.
- Url-18.** <https://cices.eu/> , erişim tarihi: 05.03.2023.
- Url-19.** <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/19.5.117.pdf>, erişim tarihi: 29.06.2023.
- USDA.** (2017). *Considering Forest and Grassland Carbon in Land Management*.
- Üstündağ, Ö., & Şengün, M.** (2011). Türk İmar Mevzuatındaki Plan Türleri Ve Fiziki Planlama-Coğrafya İlişkisi Üzerine Genel Bir Değerlendirme. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2).
- Vári, Á., Kozma, Z., Pataki, B., Jolánkai, Z., Kardos, M., Decsi, B., . . . Czúcz, B.** (2022). Disentangling the ecosystem service ‘flood regulation’: Mechanisms and relevant ecosystem condition characteristics. *Ambio*.
- Vicente-Vicent, J. L., Fuss, S., Song, C., Lee, J., Kim, M., Lee, W.-K., & Son, Y.** (2019). A Holistic View of Soils in Delivering Ecosystem. *Forest*.
- Yang, D., Kanae, S., Oki, T., Koike, T., & Musiak, K.** (2003). Global potential soil erosion with reference to land use and climate changes. *Hydrol. Process. (Hydrological Processes)*, 17(14). doi:10.1002/hyp.1441

- Wall, D.** (2004). *Sustaining Biodiversity and Ecosystem Services in Soils and Sediments*. London, Island Press.
- Wang, H., Wang, W., Wang, L., Ma, S., Liu, Z., Liu, Z., . . . Jang, M.** (2022). Impacts of Future Climate and Land Use/Cover Changes on Water-Related Ecosystem Services in Changbai Mountains, Northeast China. *Frontiers in ecology and evolution*, 10, <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.854497>
- Wangai, P., Burkhard, B., & Müller, F.** (2018). Quantifying and mapping land use changes and regulating ecosystem service potentials in a data-scarce peri-urban region in Kenya. *Ecosystems and People*, 15(1), 11-32, DOI: 10.1080/21513732.2018.1529708
- Weber, J.-L.** (2007). Accounting for soil in the SEEA. *Meeting of the London Group on Environmental Accounting*. Rome: European Environment Agency.
- Wilson, E.** (2007). Adapting to Climate Change at the Local Level: The. *Local Environment*, 11(6).
- WMO.** (2022). *State of Global Climate*. Geneva: WMO.
- WWF.** (2022). *Uludağ'ın "Alan Başkanlığı'na" Değil Daha Fazla Korumaya İhtiyacı Var*. <https://www.wwf.org.tr/?13020/Uludag-alan-baskanligi> adresinden alındı
- Xu, Y., Zeng, Z., & Sun, D.** (2022). Experimental and numerical investigation on the effect of heat and. *Energy & Buildings*, 276. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112499>



## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Merve Yılmaz Mutlu

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2020, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama
- **Yükseklisans** : 2023, İstanbul Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama, Şehir Planlama

### YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Yılmaz Mutlu M., Tezer A.** 2023. Daylighting the Role of Soil Ecosystem Services (SoESs) for Climate Change Adaptation, *Journal of Geoscience and Environment Protection*, Vol.11 No.9. DOI: 10.4236/gep.2023.11902.
- **Yılmaz Mutlu M., Tezer A.** 2023. İklim Değişikliğine Mekansal Uyum ve Azaltım Yaklaşımlarında Toprak Ekosistem Servislerinin Rolü. *Resillience*.