

## Ekosistem Servislerinde Toprağın Rolü

Safiye BÜLBÜL<sup>1\*</sup>, Abdulkadir SÜRÜCÜ<sup>1</sup>, Hikmet GÜNAL<sup>1</sup>, Mesut BUDAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 27.09.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 24.02.2022

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

[orcid.org/0000-0002-4552-0405](https://orcid.org/0000-0002-4552-0405) [orcid.org/0000-0002-1366-4522](https://orcid.org/0000-0002-1366-4522) [orcid.org/0000-0002-4648-2645](https://orcid.org/0000-0002-4648-2645) [orcid.org/0000-0001-5715-1246](https://orcid.org/0000-0001-5715-1246)

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: safiyebulbul95@gmail.com

**Öz:** Ekosistemin yapısının ve işlevlerinin insan refahına katkıları ekosistem servisleri olarak tanımlanmaktadır. Toprak, “ekosistem servisleri” olarak adlandırılan, tedarik etme (örneğin tatlı su, odun, yiyecek ve lif), düzenleme (örneğin iklim, erozyon ve sel), kültürel (örneğin estetik veya manevi değerler) ve destekleme (örneğin bitkilere, hayvanlara ve insan altyapısına fiziksel destek) gibi insan refahı ve sürdürülebilir sosyo-ekonomik kalkınma için önemli olan çok çeşitli mal ve hizmetlerin sağlanmasına katkı sunmaktadır. Litosfer, biyosfer, hidrosfer ve atmosfer arasında ara yüz olan toprağın ekosistem servislerinin yerine getirilmesindeki çok fonksiyonlu rolünü anlamak son derece önemlidir. Topraklar ekosistem servislerinin yerine getirilmesinde diğer ekosistemler ile birlikte görev almaktadır. Ekosistem servisleri, çoklu ekosistemler arasındaki etkileşimin sonucu olduklarından, ekosistem servislerini sadece toprağa bağlı olarak tanımlamak yeterli olmayacaktır. Tarımsal faaliyetler ile gıdanın üretilmesi, toprak özelliklerinin yanında, yağış, güneş ışığı ve sıcaklık gibi iklimsel değişkenler ve ekim veya gübreleme gibi insan müdahaleleri ile mümkün olabilir. Bu nedenle, ekosistem servislerinin sağlanmasında topraklar ancak bazı servislerin ne kadar iyi sağlanacağını belirleyen önemli bir ekosistem olarak görev yapmaktadır. Bu çalışmada, diğer ekosistemler ile birlikte insan refahına katkı sağlayan toprağın ekosistem servislerinin gerçekleşmesindeki önemi, yayınlanan güncel araştırmalardan derlenerek ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ekosistem, toprak fonksiyonu, ekosistem servisleri, tedarik hizmetleri, düzenleme hizmetleri, kültürel hizmetler

## The Role of Soil in Ecosystem Services

**Abstract:** The contributions of the structure and functions of the ecosystem to human welfare are defined as ecosystem services. Soils provide a wide range of goods and services called ecosystem services, such as provisioning (e.g., freshwater, wood, food, and fiber), regulating (e.g., climate, erosion, and floods), cultural (e.g., aesthetic or spiritual values) and supporting (e.g., physical support to plants, animals and human infrastructure), important for human well-being and sustainable socio-economic development. Understanding the multifunctional role of soil, which is the central interface between the lithosphere, biosphere, hydrosphere and atmosphere, in ecosystem services is extremely important. Soils play an active role in the fulfillment of ecosystem services together with other ecosystems. Ecosystem services are the results of the interaction between multiple ecosystems; therefore, ecosystem services cannot be explained only by soil. The production of food by agricultural activities may only be possible through soil characteristics along with the contribution of climatic variables such as precipitation, sunlight and temperature, and human interventions such as planting or fertilization. Therefore, soils serve as an important ecosystem in the provision of ecosystem services and determine how well some services will be supplied. In this study, the importance of soil, which contributes to human welfare along with other ecosystems, in the realization of ecosystem services has been revealed by compiling the currently published research.

**Keywords:** Ecosystem, soil function, ecosystem services, provisioning services, regulating services, cultural services

## 1. Giriş

Ekosistem, bir bölgede bulunan canlılar ile bunların etrafındaki cansız çevrelerinin karşılıklı etkileşimlerinden meydana gelen ve devamlılık arz eden ekolojik sistem bütünlüğü şeklinde tanımlanmaktadır (Bormann ve Likens, 1969). Rowe (1961) ekosistemi, belirli bir zaman diliminde, dünya yüzeyinin belirli bir kısmındaki toprak, hava ve organik bileşenleri kapsayan bir topoğrafik bölüm olarak tanımlamıştır. Evrenin küçük bir bölümü ya da bir parçası olmakla beraber ekosistemin genişliği veya büyüklüğü değişkenlik gösterebilir. Kara ve su ekosistemleri olmak üzere ikiye ayrılan ekosistemler, kendi içerisindeki her bileşen birbiri ile bağlantılı ve karşılıklı bir etkileşim halindedir. Çöl, orman, çayır, mera, mağara, tundra, vadi, dağ, kent ve tarımsal ekosistemler gibi daha küçük ekosistemlere ayrılan karasal ekosistemlerin tamamı biyom olarak tanımlanmaktadır (Eken ve ark., 2005).

Ekosistem, besin zinciri ile şekillenmekte ve kendi sınırlarını belirleyen açık bir sistem olarak kabul edilmektedir. Evrendilek (2004), bu sistemin zamansal boyut, mekânsal boyut, ekosistemin yapısı, ekosistemin fonksiyonu ve baskılar olarak 5 bileşene ayrılarak analiz edilebileceğini bildirmiştir. Ekosistemlerin sağlıklı işleyişini destekleyen bir dizi hizmetler bulunmaktadır. Binyıl Ekosistem Değerlendirmesi raporuna göre (Carlos ve ark., 2005), ekosistem servisleri; ekosistemlerin insanlara sağladığı faydalar olarak tanımlanmaktadır. Ekosistem hizmetleri, "kademeli model" olarak adlandırılan insan ve doğa arasındaki bir ara yüz olarak da algılanabilir (Potschin ve Haines-Young, 2016). Bu model, bir uçta ekosistem ile diğer uçta insan refahı arasındaki ilişkilerin şeklini tanımlamaktadır (Boyd ve Banzhaf, 2007). Bu modeldeki ekosistem, biyofiziksel yapıları ve süreçleri ile karakterize edilmektedir. Biyofiziksel yapı, ormanlık alan, sulak alan ve otlak gibi bir habitat türü olarak tanımlanabilirken, süreçler ekolojik sistemi oluşturan dinamikleri ve etkileşimleri (örneğin, birincil üretim) ifade etmektedir (Boyd ve Banzhaf, 2007; Potschin ve Haines-Young, 2016).

Kademeli model bağlamında ekosistem işlevleri, ekosistemin bir ekosistem servisi sunma kapasitesini destekleyen özellikleri veya davranışları olarak anlaşılır. Ekosistemin hizmet sunma kapasitesinin arkasındaki bu unsurlar ve özellikler bazen "destekleyici" veya "ara" hizmetler olarak adlandırılırken, "nihai" ekosistem hizmeti aslında ormanlık alanlarda hasat edebileceğimiz kereste veya ekosistemden elde edilen taşkın koruması ve güzel manzara gibi nesnelere, 'Nihai' hizmetler, sağlık ve güvenlik gibi destekledikleri

faydalar aracılığıyla insan refahına doğrudan katkıda bulunur. İnsanların refah düzeyine olan etkisine göre faydalara değer atanır. Burada "fayda" "mal" ve "ürünler" olarak tanımlanırken "değer", parasal, ahlaki, estetik veya diğer niteliksel kriterlerin yanı sıra birçok farklı şekilde ifade edilebilir.

Ekosistemin insan refahı için hizmet sağlama kapasitesi doğrudan ekosistemin durumuna (yapısı ve süreçleri) bağlıdır. Nitekim insanoğlunun ekosistem üzerindeki baskısı artarken veya bu baskıdan dolayı arazi kullanım türü değişirken (ve dolayısıyla önceki ekosistemi temelden etkilerken veya yok ederken), ekosistem hizmet arzı veya farklı hizmetler arasındaki takasları da etkilemektedir. Örneğin, bir sulak alanın kurutulmasıyla insanlar ekilebilir araziler ve dolayısıyla değerli gıda ürünleri elde edebilirler, ancak aynı zamanda taşkın koruma, doğal yaşam alanları ve tür çeşitliliği gibi hizmetleri ve doğa turizmi olanaklarını da kaybederler. Tüm faydaları birlikte değerlendirildiğinde, sulak alanın değeri büyük olasılıkla ekilebilir arazinin değerinden çok daha yüksek olacaktır (Kasparinskis ve ark., 2018).

Canlıların yaşamlarını idame edebilmeleri için gereken ihtiyaçlarının ekosistemler tarafından karşılanması ekosistem servislerinin tanımına yeni bir bakış açısı getirmiştir. Bu kapsamda, ekosistem servisleri, özellikle de insanların rahat bir yaşam sürdürmeleri ve temel ihtiyaçları için gereken yararlar ve ürünlerin tümünün ekosistemden elde edilmesi şeklinde de tanımlanabilir. Ekosistem servisleri insan refahı için doğrudan tüketilen ve yararlanılan ekolojik ürünlerdir (Boyd ve Banzhaf, 2007). Ekosistemlerin düzgün bir şekilde işleyişi, ekosistem servislerinin doğru sunulması ile mümkün olabilir. İnsanların yaşam kalitesinin artması ve refahı için ekosistem servislerinin çok önemli bir rolü vardır.

Ekosistem servisleri konusunda yapılan çalışmaların çoğunluğunda ekosistem servisleri, ekolojik, ekonomik ve sosyal açıdan ele alınarak tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır (Costanza ve ark., 1997; Carlos ve ark., 2005; Tschardt ve ark., 2005; Daily ve ark., 2009; Comino ve ark., 2014). Atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer arasındaki merkezi ara yüz konumunda bulunan toprak, birçok ekosistem servislerinin oluşumuna ve sunumuna katkıda bulunur (Dominati ve ark., 2014). Bu nedenle de insan yaşamı toprağın varlığı ile yakından ilişkilidir. Bununla birlikte, ekosistem servisleri ile ilgili ilk çalışmalarda, toprağı ekosistem ile ilişkilendirip, detaylandırılan pek az araştırma bulunmaktadır. Ancak günümüzde iklim değişimi ile ortaya çıkan şiddetli kuraklığın da etkisi ile gıda ve lif üretiminin azalması, toprağın

ekosistem servislerinin üretilmesindeki rolü, toprak kalitesinin tanımlanması ve iyileştirilmesi ve toprağın üretkenlik fonksiyonunun geliştirilmesi gibi konulara da çalışmaların düzenlenmesine öncülük etmiştir. Greiner ve ark. (2017) yayınladığı derlemede; toprakların ekosistem servislerinin gerçekleşmesindeki rollerini dikkate alan 181 ayrı ekosistem servisi için haritalama çalışmasının olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmaların % 60'ında kullanılan ekosistem servislerinin bir göstergesi olarak en az bir toprak özelliğine değinilmiş ve çalışmaların % 13'ünde temel olarak ekosistem servislerinin sağlanmasında toprağın rolleri ele alınmıştır (Greiner ve ark., 2017).

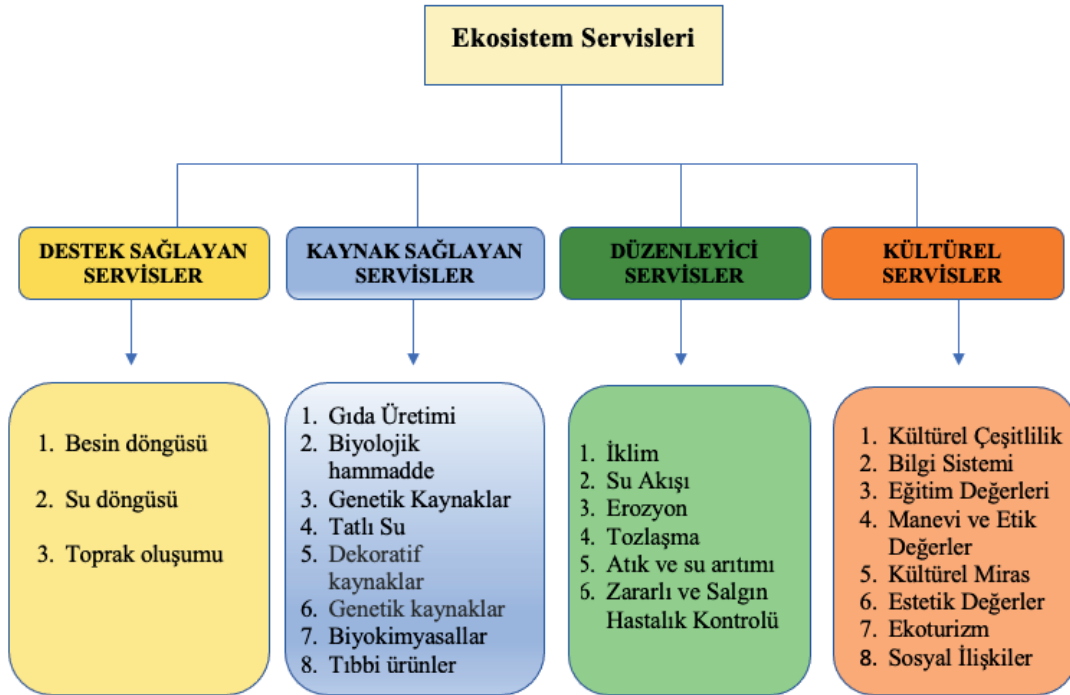
Toprak, ekosistem servislerinin tedarikine katkıda bulunur. Özellikle de ayrılmaz bir parçası olan organizmalar ile ekosistem süreçlerini önemli derecede etkilemektedir (Barrios, 2007). Topraklar tarafından sağlanan destekleyici, kaynak sağlayan, düzenleyici ve kültürel servisler ve bu servislerin kullanılmasını mümkün kılan toprak işlevlerine ve biyolojik çeşitliliğe zarar vermeden sürdürülebilir veya geliştirilebiliyorsa, toprak yönetimi uygulanabilir olarak kabul edilebilir.

Ekosistem Hizmetleri ile ilgili araştırmalara ait raporlar, 1990'ların ortalarından bu yana yayınlanmasına rağmen; Ekosistem Hizmetleri kavramı nispeten hala yeni bir kavram olup, toprak bazlı Ekosistem Hizmetleri ile ilgili araştırmalar ise

daha da az yaygındır. Bu derlemenin amacı, sahip olduğu fonksiyonları sayesinde karasal ekosistemlerde çeşitli faydaların üretilmesinde toprağın rolünü anlamaya yardımcı olabilmektir. Bu kapsamda, toprak fonksiyonları ve ekosistem servisleri ilişkilerini konu edinen yayınlanmış çok sayıda güncel araştırma sonucu incelenmiş ve araştırmaların dikkat çekici olan bulguları ve sonuçları özetlenerek konu açıklanmaya çalışılmıştır. İngilizce yayınlanmış az sayıda derleme olmasına rağmen, bu konuda Türkiye'de ulusal dergilerde yayınlanmış bir eser bulunmamaktadır.

## 2. Ekosistem Servislerinin Tanımı

Ekosistem servisleri terimi, ekosistemlerin sağlıklı işleyişine yardımcı olan farklı yolları ifade etmektedir. Ekosistemlerin sunduğu faydaların, insan hayatını sürdürülebilmesi ve refahının tümü olarak tanımlanabilir (Boyd ve Banzhaf, 2007). Ekosistem servislerini "insanların ekosistemlerden sağladığı faydalar" olarak tanımlayan Binyıl Ekosistem Değerlendirmesi raporu, destekleyici servislerin, diğer üç ekosistem servisi için temel olarak kabul edildiği toplam dört ekosistem servisi olduğunu ortaya koymuştur (Carlos ve ark., 2005) (Şekil 1). Toprak kullanımı ve sağladığı faydalar kapsamında, ekosistem servislerinin gruplarına göre değerlendirilebilir. Bu servis grupları; kaynak



Şekil 1. Toprak ile ilişkili ekosistem servisleri [Carlos ve ark. (2005)'dan yararlanılarak oluşturulmuştur]

Figure 1. Soil-associated ecosystem services [Created from Carlos et al. (2005)]

sağlayan, düzenleyen, kültürel ve destekleyici servisleridir. Kaynak sağlayan servisler; gıda üretimi, biyolojik hammadde, dekoratif kaynaklar, genetik kaynaklar, tatlı su, biyokimyasallar ve tıbbi ürünleri, düzenleyen servislerde; hava kalitesi ve iklim düzenleme, su akışı, erozyon, atık ve su arıtımı, zararlı ve salgın hastalık kontrolü, böceklerle tozlaşma, afet kontrolü, destekleyen servislerde; besin döngüsü, su döngüsü, fotosentez ve toprak oluşumu ve kültürel servislerde ise kültürel çeşitlilik, manevi ve etik değerler, bilgi sistemi, eğitim değeri, ilham, estetik değerler, yer ve mekan hissi, kültürel miras değeri, sosyal ilişkiler, rekreasyon ve ekoturizm hizmetlerini içermektedir (Carlos ve ark., 2005) (Şekil 1).

### 3. Ekosistem Servislerinin Gerçekleşmesinde Toprağın Rolü

Topraklar, ana materyal, topoğrafya, bitki örtüsü, canlılar ve iklimin etkisi ile buldukları yere göre farklılaşan kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklere sahiptir. Mineral ve organik maddenin karışımı olan, içerisinde belirli oranda su ve havayı da barındıran toprak, içerisinde milyonlarca canlının yaşamını sürdürdüğü ve etkileşim içinde bulunduğu bir ekosistemdir. Deniz ekosisteminde bulunan canlılar dışında kara ekosistemindeki bütün canlı türlerinden üyeler toprak içerisinde veya üzerinde yaşamaktadır. Dünyanın üst kısmını kaplayan toprak atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer arasındaki çok aktif bir ara yüz konumundadır. Bu nedenle topraklar, çeşitli ekosistem ürünleri ve servisleri için kritik öneme sahiptir ve gıda üretimi, su ve iklim düzenlemesi, enerji temini ve biyoçeşitlilik dahil olmak üzere geniş bir ekosistem servisleri yelpazesinin sunulmasını destekler (Dominati ve ark., 2014; McBratney ve ark., 2014).

Toprak, canlılara gıda sağlaması ve su tutabilmesi nedeniyle hem canlı sayısının fazla olmasını hem de canlı çeşitliliğinin yüksek olmasını sağlamaktadır. Bir ekosistem olan toprak, aynı zamanda çeşitli ekosistemlere de ev sahipliği yapmaktadır. Birçok fonksiyonu olan toprağın her ekosistemde temel rolleri bulunmaktadır. Bunlar; bitkiye gelişme ortamı sunması, besin elementleri ve organik atıklar için dolaşım sistemi oluşturması, toprak organizmaları için ortam, su depolama ve temizleme sistemi ve inşaat, sanayi ve çeşitli üretim dallarında hammadde olarak görev yapmasıdır (Pereira ve ark., 2018). Ekosistem servisleri, genellikle topraklar da dâhil olmak üzere çoklu ekosistemler arasındaki etkileşimin sonucu olduklarından, ekosistem servislerini sadece toprağa bağlı olarak tanımlamak sorunludur. Örneğin, tarımsal ürünlerden gıda sağlanması, toprak özelliklerinin yanında, yağış, güneş ışığı ve

sıcaklık gibi iklimsel değişkenlere ve ekim veya gübreleme gibi insan müdahalelerine bağlıdır. Bu nedenle, ekosistem servisleri sadece topraklar tarafından sağlanmaz; ancak, bazı hizmetlerin ne kadar iyi sağlanacağı toprağın kalitesi tarafından belirlenir (Paul ve ark., 2021).

Toprak özelliklerine ve bunların kendi aralarındaki etkileşimine bağlı olan toprak ile ilişkili ekosistem servisleri çoğunlukla arazi kullanımı ve yönetiminden etkilenmektedir. Toprak kaymaları, erozyon, toprak karbonundaki azalma ve biyoçeşitliliğin azalması, gıda güvenliği ve ekosistemin sürdürülebilirliği için ciddi bir küresel sorun olan toprak bozulmasına yol açar (Godfray ve ark., 2010). Geçmiş medeniyetler, çoğunlukla nehir kenarlarındaki verimli topraklar üzerine (Örneğin, Fırat ve Dicle nehirleri arasında yer alan Mezopotamya gibi) kurulmuş (Brady ve Weil, 2008) ve verimli topraklarda yaptıkları tarımsal üretimle gereksinimleri olan gıda ve lifi üretmişlerdir. Mezopotamya'da sulama yapılan tarım arazilerinde zamanla meydana gelen tuzluluk, artan nüfusun gıda ve lif ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için yeni tarım arazilerinin açılması amacı ile orman alanlarının tahrip edilmesine bağlı olarak şiddetlenen erozyon, toprak kayıplarının artmasına neden olmuştur. Zamanla, arazilerin yanlış kullanımı ile birlikte erozyonun şiddetlenmesi ve arazilerin verimsizleşmesi birçok medeniyetin çöküşüne ve tarihten silinmesine neden olmuştur (Tolunay, 2019).

Artan dünya nüfusuna paralel olarak beslenme ihtiyacı da artmaktadır. Yeryüzünde tüm gıdanın yaklaşık % 95'i topraktan üretilmekle birlikte (Lal, 2004a; Anonymous, 2015a), toprakların yanlış kullanımı gıda güvenliğini ciddi anlamda tehdit eder hale gelmiştir. Nitekim birçok çalışmada, dünya genelinde toprakların yaklaşık % 33'ünün orta derecede ya da yüksek derecede bozulduğu rapor edilmiştir (Anonymous, 2015b). Türkiye, toprak kaybının en önemli nedeni olan erozyonun çok şiddetli görüldüğü ülkeler arasında yer almaktadır. Dinamik Erozyon Modeli ve İzleme Sistemi verilerine göre Türkiye'de her yıl 642 milyon ton toprak, erozyon sonucu yer değiştirmektedir (Anonim, 2022). Türkiye'de, erozyonun yanı sıra; sulama suyunun fazla kullanımı, tuzluluk ve alkalilik, eğimli arazilerde gerçekleşen erozyon, tarım arazilerinde organik madde ve azot eksikliği (Özyazıcı ve ark., 2016), nadas, yoğun toprak işleme ve tarım arazilerinin tarım dışı kullanımları başlıca toprak sorunlarını oluşturmaktadır (Günel ve ark., 2015).

Ekosistemler her ne kadar birbirinden farklı olsa da bazı ortak öğelerden oluşmaktadır. Ekosistemi oluşturan canlı (üreticiler, tüketiciler ve

ayırıştırıcılar) ve cansız (toprak, su, ışık, sıcaklık ve iklim) öğeler işlevlerine göre gruplanmaktadır. Toprak, fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından oldukça değişkenlik gösteren, içerisindeki çok sayıda çeşitli organizmaların gelişimini ve hayatlarının devamlılığını destekleyen yeryüzündeki en karmaşık biyo malzemelerden biri olarak kabul edilmiştir (Tiedje ve ark., 2001; Ettema ve Wardle, 2002). Toprak organizmaları boyutlarına, beslenme düzenlerine ve yaşadıkları toprak derinlikleri de dâhil olmak üzere birçok farklı şekilde sınıflandırılabilir. Toprak canlıları büyüklüklerine göre sınıflandırıldıklarında mikrofauna (5-120 µm), mesofauna (80 µm-2mm) ve makrofauna (500 µm-50 mm) olmak üzere üç gruba ayrılırlar (Swift ve ark., 1979; Wall ve ark., 2001). Toprak canlıları sürekli aktif olduklarından hem toprakların canlı bir yapıda olmasını sağlamakta hem de kimyasal elementlerin döngü ve değişiminde büyük rol oynamaktadırlar (Gülle ve Özdemir, 2015).

Toprak organizmaları, topraktan ayrı düşünülmemeyen, temel ekosistem servislerine katkı sağlamakta ve ekosistem süreçlerini etkilemektedir (Barrios, 2007). Toprak organizmalarının; besin döngüsü, gıda üretimi, tıbbi ürünler, iklim, atık ve su arıtımı, zararlı ve salgın kontrolü gibi birçok ekosistem servisinde önemli rolü bulunmaktadır. Toprak canlıları tarafından gerçekleştirilen en önemli ekosistem servisi, besin döngüsü işlevinde rol almalarıdır. Nitekim toprak bakterileri tarafından, azot ve fosforun bitkilere bağlanmasının sağlandığı ve bitkide mevcut besin maddelerindeki artışlar nedeniyle mahsul verimini doğrudan olumlu yönde etkilediği kanıtlanmıştır (Swift ve ark., 1979; Giller, 2001). Toprak canlılarının toprakta gerçekleşen işlemler içinde, organik maddenin ayrışmasında, humus oluşumu gibi ekosistem süreçlerinde önemli görevleri vardır (Çakır, 2017). Toprak içinde veya toprağa bağımlı yaşayan bu canlılar hem öldükleri zaman topraktaki organik maddenin kaynağını oluşturur, hem de bu organik maddelerin ve anorganik minerallerin ayrıştırılması ve birleştirme süreçlerinde etkili olurlar (Kantarcı, 2000). Organik maddenin sürekli yenilenmesi, toprağın canlılığını arttırmaktadır.

Dünya nüfusundaki hızlı artış; yerleşim alanlarının artmasına, iklimin değişmesine, tarım alanlarının barınma ve sanayi alanlarına dönüşmesine, mera ve orman alanlarının tahrip edilmesine ve giderek toprağın daha da bozulmasına neden olmaktadır. Ekosistemlerin bozulmasında en önemli etken insan aktiviteleridir. Topraklar ekosistem servislerinin ve gıda üretiminin temelini oluşturmaktadır.

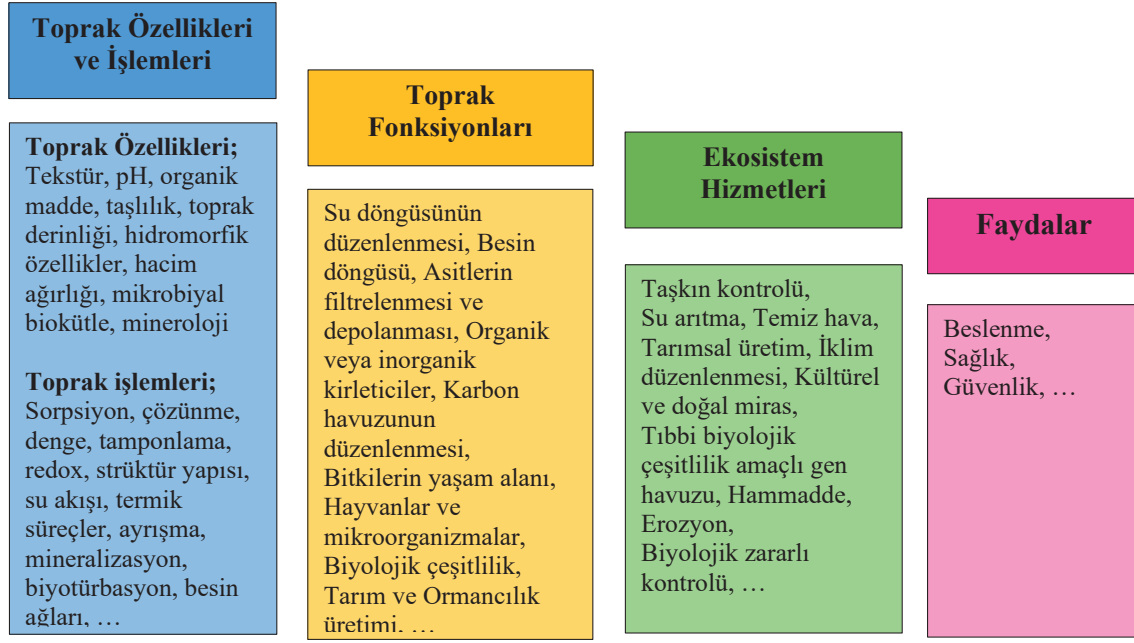
#### 4. Toprak ile İlişkili Ekosistem Servisleri

Ekosistem servisleri doğa ve insan arasındaki ilişkinin özüne dayalı olup, bu servislerin insanlara sağladığı faydalar ve insanların bu sistemlerden nasıl yararlandığına odaklanılır. Toprak, insan refahını arttıran ekosistemler için oldukça önem taşıyan ve vazgeçilmez bir kaynaktır. Ekosistem servislerine katkı ve fayda sağlayan topraklar son derece önemlidir. İnsan refahını etkileyen gıda üretimi, su akışı ve/veya kalite düzenlemesi, iklim değişiminin etkisinin azaltılması gibi bazı ekosistem hizmetleri toprak ile doğrudan ilişkilidir (Adhikari ve Hartemink, 2016).

Toprakla ilgili ekosistem hizmetlerinin sağlanması, enerji ve organizasyon yoluyla birbiriyle ilişkili biyotik ve abiyotik kütle stoklarından oluşan toprak doğal sermayesinin akışı olarak tanımlanmaktadır (Robinson ve ark., 2009). Bu stoklar, toprak oluşum faktörleri olan ana materyal, topografya, iklim, organizmalar ve zaman tarafından belirlenen toprak oluşum süreçlerinin ürünleridir (Jenny, 1941). Toprak özellikleri, toprak doğal sermaye stoklarının durumunu ve dolayısıyla ekosistem hizmetleri arzını destekleme potansiyelini karakterize eder. Toprak oluşumu ve destekleme süreçleri stoğu zenginleştirirken, toprak erozyonu, tuzluluk ve sıkışma gibi bozunma süreçleri toprağın doğal sermayesinin tükenmesini yol açmaktadır (Steinhoff-Knopp ve ark., 2021).

Topraklar ürün yetiştirmek, yem, lif ve yakıt üretimi ve her yıl on binlerce kilometreküp suyun filtrelenmesi ve temizlenmesi gibi birçok ekosistem servisinin temelini oluşturmaktadır (Anonim, 2019). Toprak, arazi bünyesine ve bitki örtüsüne bağlı olarak bölgeye düşen yağmur sularının toprak gövdesi içerisine alımından ve dağıtımından sorumlu olup; bütün canlılar için tatlı su kaynağını geliştirip korurken, yüzey sularının toprağın kabiliyetine bağlı olarak infiltrasyonu sağlamaktadır. Bu şekilde yaşam alanlarını sel ve taşkınlara karşı korumaktadır. Topraklar aynı zamanda dünyanın en büyük karasal havuzu olup, sera gazı emisyonu ve karbon tutumu arasındaki değişimleri vasıtasıyla iklimi düzenlemede ve iklim değişikliğine neden olmakla beraber bu değişikliklerin etkilerini azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (Anonim, 2019).

Toprakların ekosistem servislerini yerine getirme kapasitesi, büyük ölçüde fonksiyonları tarafından belirlenir ve her bir toprak fonksiyonu, ekosistem servislerine toprakla ilgili bir katkı sağlamaktadır (Haines-Young ve Potschin, 2008) (Şekil 2). Toprak fonksiyonları kavramı, biyokütle üretimi, insan ve çevrenin korunması, gen



**Şekil 1. Haines-Young ve Potschin (2008) tarafından geliştirilen basamaklı çerçeve kapsamında toprak fonksiyonlarının ekosistem hizmetlerine katkıları**

Figure 2. Contribution of soil functions to ecosystem services under the stepped framework developed by Haines-Young and Potschin (2008)

rezervuarı, insan faaliyetlerinin fiziksel temeli, hammadde kaynağı ve kültürel mirası içeren bir toprağın yerine getirdiği altı görevi tanımlamaktadır (Blum, 2005). Avrupa Komisyonu tarafından 2006 yılında toprağın bir karbon havuzu olarak görev yapma kabiliyetini vurgulayan yedinci bir fonksiyon eklenmiştir (Anonymous, 2006a).

#### 4.1. Destek sağlayan toprak ekosistem hizmetleri

Ekosistem servislerinin kategorileri ile toprak fonksiyonları arasındaki ilişki özet olarak aşağıda detaylandırılmıştır. Toprak ile ilişkili destek sağlayan servisler arasında birincil üretim, besin döngüsü, su döngüsü, habitat ve toprak oluşumu bulunmaktadır. Mikroorganizmalar bir taraftan yaşam yeri olan toprakta çeşitliliği sağlarken, bir taraftan da toprakta bulunan organik atıkları ayrıştırarak bitkiler ve diğer canlılar için değerli besinlere dönüştürmekte ve toprakta bulunan toksik elementlerin hareketini azaltarak zararlı etkilerinin en aza indirilmesine yardımcı olmaktadır (Anonymous, 2022a).

#### 4.2. Kaynak sağlayan toprak ekosistem hizmetleri

Kaynak (tedarik) hizmetleri, genel olarak abiyotik çıktılardan yanı sıra canlı sistemlerden gelen tüm besinsel, besinsel olmayan materyal ve enerji çıktılarını ifade etmektedir (Anonymous, 2022b). Toprak ile ilişkili kaynak sağlayan servisler arasında gıda, lif, yakıt, biyolojik hammadde,

genetik kaynaklar ve tatlı su tedariki yer almaktadır. İnsan sağlığı için önemli olan besinlerin çoğu topraktan temin edilmektedir. Bu besinlerin birçoğu, bitkilere toprakta gelişirken verilir ve sonrasında bitki materyalini tüketen insanlara veya bu bitkilerle beslenen hayvanların etlerine geçer (Brevik ve ark., 2018a). Bir hektarlık arazide bitki kök bölgesinde yılda 1 ton organik karbon artışı, toprak kalitesini iyileştirerek yıllık ortalama 24 ile 32 milyon ton gıda üretimini artırabileceği tahmin edilmekte ve gelişmekte olan ülkelerde gıda güvenliğini sağlamaya yardımcı olabileceği bildirilmektedir (Lal, 2004b). Anonymous (2022a), toprağın sağladığı bazı ekosistem hizmetlerinin hesaplanan değerlerini, yılda 17 trilyon dolardan daha fazla olduğunu rapor etmektedir. Zira sadece toprak mikroorganizmaları tarafından biyolojik azot fiksasyonu ile yılda ~50 milyar dolar katkı sağlandığı düşünülmektedir.

Kaynak sağlayan toprağın fonksiyonları arasında uzun yıllardır bilinenlerden bazıları ise inşaat, sanayi ve çeşitli üretimlerde hammadde olarak kil, kum veya kömür tedarikidir (Baveye ve ark., 2016). Ahşap (kereste için) ve kil (tuğla için) gibi yapı malzemeleri, evlerin ve firtınalardan korunma sağlayan binaların yapımında kullanılır ve sıcaklıkların düzenlenebildiği kontrollü alanların yaratılmasına izin verirler (Brevik ve ark., 2018a).

Kaynak sağlama adına, toprağın en önemli hizmeti şüphesiz, artan nüfusun gıda ve lif

gereksiniminin karşılanmasıdır. Pamuk, keten ve kenevir gibi bitki lifleri giysi yapımında kullanılan temel hammaddelerdir; lifi ile tekstil ve hazır giyim sanayinin temel hammaddesi olan pamuk, tohumundaki yüksek yağ içeriği nedeniyle yağ, yem ve enerji alanlarında da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Özüdoğru, 2021).

Bazı durumlarda organizmalar, bitki üretimini artırarak insan sağlığını iyileştirebilir ve kendileri bir besin kaynağı olabilirler. En çok aranan yenilebilir mantarlardan bazıları, bir besin kaynağı sağlayan ve ekinlerden ağaçlara kadar bitkilerin ihtiyaç duydukları topraktan türetilen besinleri elde etmesine yardımcı olan mikorizal mantar grubuna aittir (Yun ve Hall, 2004).

### 4.3. Düzenleyici toprak ekosistem hizmetleri

Toprağın düzenleyici hizmetleri, tarım alanlarının sürdürülebilir verimliliği için çok önemlidir. Toprağın karbon, su ve besin maddelerini koruma kapasitesi, onların üretkenliğini ve bozulmaya karşı direncini belirlemektedir (Balbi ve ark., 2015). Sağlıklı toprakların karbon, su ve besin maddelerini tutma, sera gazı emisyonlarını düzenleme ve zararlılara ve hastalıklara karşı direnme kapasitesi daha yüksektir. Toprak fonksiyonları ile ilişkili olan düzenleyici servisler; iklim düzenleme, yüzey akışı, erozyon, sel ve taşkın kontrolünü içermektedir. Özellikle küresel iklim değişikliğinin etkisinin azaltılması ile ilişkili olan toprağın atmosferde konsantrasyonu artan karbon için önemli bir havuz görevi görmesi her geçen gün daha fazla dikkat çekmektedir (Baveye ve ark., 2016). Toprakтан salınan büyük miktardaki CO<sub>2</sub>, metan ve diğer sera gazları, canlıların yaşamını tehdit eden küresel boyutta iklim değişimlerine neden olmaktadır. Bu nedenle, iklim değişikliği üzerinde potansiyel olarak olumlu bir etkiye sahip olan toprağın karbon tutması ile ilişkisi nedeniyle "iklim düzenlemesi" fonksiyonu çok önemlidir (Blum, 2005).

Tarımsal ekosistemlerde su kalitesi sorunları, besin elementlerinin, pestisitlerin, organik kirleticilerin ve çiftlik hayvanlarından gelen patojenlerin ve bozulmuş topraklardan gelen sedimentlerin yüzey akışı ile ilişkilidir. Karasal ekosistemler, özellikle kirleticilerin toprağa sızması ve tutulması yoluyla yüzey sularına yaygın kirletici taşınmasının düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. Aşırı otlatma nedeniyle toprak sıkışması, suyun toprağa girişini azaltabilir. Bu sorunlar, gelişmiş tarımsal üretim besin yönetimi hassas tarım uygulamalarının adaptasyonu kısmen de olsa azaltılabilir (Smith ve ark., 2013). Suyun toprağın içerisine girmesi (infiltrasyonu), yeraltı suyunu yeniden doldurulması veya bitkiler tarafından alınması açısından değil, aynı zamanda sızan suyun

yer üstünde yüzey akışa geçmeyerek toprağın taşınmasını önlemesi açısından da önemlidir. Bu fonksiyon, toprakların bulunduğu bölgelerin hidrolojisi, özellikle havzaların yağış olaylarına tepkisi ve ilişkili sel ve taşkın riskleri açısından da son derece önemlidir (Lehmann ve Stahr, 2010). Suyun koruması ile toprağın oluştuğu yerde tutulması, toprağı, suyu ve besinleri tutarak ekosistemlerin istikrarını korumaktadır (Liu ve ark., 2021).

Toprak içerisinde bulunan canlılar, fitoremediasyon ve mikrobiyal biyoremediasyon yoluyla çevrenin toksik atıklardan arındırılmasına katkı sunarlar (Gerhardt ve ark., 2009). Bununla birlikte, tarım topraklarının ekosistem hizmetlerini düzenleme kapasitesi, hayvan ve insanları beslemek için yoğun bitkisel üretim yapılan alanların genişlemesi ve daha fazla gübre ve pestisit kullanımının bir sonucu olarak azalmaktadır. Bu durum, ekosistemlerin ve içerisinde yaşanan canlı topluluklarının sürdürülebilirliği için gerekli olan hizmetleri düzenlemek adına toprakların sahip olduğu uzun vadeli kapasitelerinin azalmasına yol açmaktadır (Anonymous, 2017). Doğal olaylar ve insan baskısı ile toprak süreçlerinin hızı ve doğasında meydana gelen değişimler toprağın doğal sermaye stoğunda önemli düzeyde farklılaşmaya neden olabilmektedir. Özellikle, arazi kullanım türü ve tarımsal uygulamalar, toprak özelliklerinin önemli düzeyde değişmesine neden olabilmektedir. Toprakla ilgili ekosistem hizmetlerinin üretilmesini engelleyen ve toprak bozulmasına yol açan tehditler içerisinde; toprak erozyonu, toprak organik maddesinin azalması, toprak kirliliği, toprakta hava ve suyun iletiminin azalması, toprak sıkışması, toprak biyoçeşitliliğinde azalma, tuzlanma, sel ve toprak kaymaları yer almaktadır (Anonymous, 2006b).

### 4.4. Kültürel toprak ekosistem hizmetleri

Genel anlamda, kültürel hizmetler, insanların fiziksel ve zihinsel durumlarını etkileyen ekosistemlerin maddi olmayan ve normalde rakip olmayan ve tüketime dayalı olmayan çıktılarını ifade etmektedir (Anonymous, 2022b). Toprak ile ilişkili kültürel servisler ise ana maddesi toprak olan estetik ve kültürel yapı ve mirasları oluşturmaktadır. İnsan kimliğinin bir parçası olan topraklar, kültürel gelişim için son derece değerli varlıklardır. Eski uygarlıkların gelişmesinin temelinde toprağı kullanarak üretim yapmaları etkin olmuştur. Ancak, yoğun kullanım toprak bozulmasına yol açtığına bu medeniyetlerinde yok olmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, tarihte uzun vadeli, sürdürülebilir uygulamalar yapan toplumların medeniyetlerini çok daha uzun yıllar devam ettirebildikleri görülmüştür. Toprak, tarih

öncesi çağlardan beri sanatçılara ilham veren farklı bitki örtüsü türlerinin ve geleneksel insan arazi kullanımlarının temelini oluşturmaktadır (Brevik ve ark., 2018a). Ayrıca, topraklar bir iklim ve kültür arşividir. Yüksek ve alçak kabartmaların yanı sıra gravürler de dahil olmak üzere bazıları olağanüstü sembolik görüntülere sahip olan yekpare T şeklindeki sütunlarıyla anıtsal mimarisi nedeniyle son on yılların en önemli tarih öncesi keşiflerinden biri olarak öne çıkan Göbeklitepe’de toprağı inceleyen bilim insanları, o dönemdeki çevre koşullarının günümüzden önemli ölçüde farklı olduğunu, daha yoğun bitki örtüsü ve geniş bir çökel örtüsü gösterdiğini rapor etmektedirler (Knitter ve ark., 2019).

Boş zamanların değerlendirilmesinde toprak oldukça önemlidir. Günümüzde birçok şehirde insanların boş zamanlarını geçirebilmeleri adına düzenlenmiş hobi bahçeleri bunun en güzel örneklerindedir. Toprak ile uğraşarak, üretim yapmanın, insanın zihinsel ve fiziksel sağlığını iyileştirdiği ve ayrıca taze meyve ve sebze tüketimini artırarak sağlıklı beslenmeyi teşvik ettiği bildirilmiştir. Sağlık ile bağlantısı dolaylı olsa da Hanyu ve ark. (2014), sağlıklı topraklar ile meşgul olan insanların fizyolojik ve zihinsel olarak rahatladığını ve streslerinin azaldığını ifade etmişlerdir. Yürüyüş, kampçılık ve bisiklete binme gibi boş zaman değerlendirme faaliyetleri de zihinsel ve fiziksel sağlığın iyileşmesine ve gelişmesine katkı sağlamaktadır. Bu faaliyetler için gerekli parkurları ve kamp alanlarını planlarken toprak bilgisi önemlidir (Brevik ve ark., 2018b).

## 5. Sonuç ve Öneriler

Toprak, iklim değişikliği, biyolojik çeşitliliğin azalması, su ve enerji güvenliği, açlığın ortadan kaldırılması ve gıda güvenliği gibi sorunların en temel bileşeni olduğundan tüm dünyada toprak ile ilgili konulara ilgi giderek artmaktadır. Çeşitli ekosistem servislerinin sağlanmasında kilit öneme sahip olan toprağın tarımsal üretim, ormancılık, mera ve kentleşme için kullanımı arasında artarak devam eden rekabet, gıda üretimi, içme için temiz su, taşkın önleme ve bitki ve hayvanlar için yaşam alanı gibi hayatı destekleyen servislerin sağlanmasını her geçen gün daha fazla etkilemektedir.

Karasal ekosistemin ayrılmaz bir bileşeni olarak toprak, yalnızca somut hizmetler (örneğin, gıda ve lifler) sağlamakla kalmaz, aynı zamanda çevrenin ve enerji güvenliğinin korunmasında ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında da önemli roller oynar. Bu nedenle, ekosistemler korunurken aynı

zamanda, topraklar, ormanlar, hayvanlar, insanlar ve diğer canlılar da korunmaktadır. Toprak kalitesini arttıran bir dizi strateji, çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından geliştirilmiştir. Bunlar; biyosferin karbon içeriğinin zenginleştirilmesi, toprak erozyonunun minimize edilmesi, toprak besin dengesinin ve döngülerinin güçlendirilmesi, toprakta tuzluluk ve sodikliğin önlenmesi ve azaltılması, toprak kirliliğinin önlenmesi, toprakların asitleşmesinin önlenmesi, biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi, topraktaki geçirgenlik kaybının minimize edilmesi ve zemin sularının yönetiminin iyileştirilmesidir.

Çok sayıda ekosistem hizmetinin insanlara fayda sağlamasını temin eden toprakların korunması ve kalitelerinin iyileştirilmesi insanlığın yeryüzündeki yaşamının varlığı ve kalitesinin sürdürülmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Solunan temiz hava, içilen su ve tüketilen gıdanın üretimi ile doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılı olan topraktan elde edilen hizmetler, dünyada yoksulluğun azaltılması ve her seviyede insan yaşamını tehdit eden iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesi için hayati öneme sahiptir.

Topraklardan elde edilen ekosistem hizmetlerinin türü, miktarı veya kalitesi, toprağın doğal özellikleri ve işlevlerinin yanında, çevresel özellikler ve toprağın kullanımında uygulanan yöntemlere de son derece bağlıdır. Toprağın bozulmasına ve sahip olduğu potansiyel ile ortaya çıkacak çok sayıda hizmetin aksamına neden olabilecek sürdürülebilir olmayan uygulamalardan vazgeçmek ve yerlerine sürdürülebilir uygulamaların adaptasyonu toprağın ekosistem hizmetlerinin devamlılığını sağlamak adına gereklidir. Bu kapsamda, uzun vadede toprakların insan yaşamının sağlığı ve kalitesi adına sunacağı servislerin kalitesi ve miktarı, sınırlı bir kaynak olan toprakların ne kadar sürdürülebilir bir şekilde yönetildiği ile ilişkili olacağı unutulmamalıdır.

## Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını; makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

## Finansman

Bu araştırma, hiçbir dış finansman almamıştır.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.



## Kaynaklar

- Adhikari, K., Hartemink, A.E., 2016. Linking soils to ecosystem services. *Geoderma*, 262: 101-111.
- Anonim, 2019. Sürdürülebilir Toprak Yönetimi Gönüllü Kılavuz İlkeleri. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, Roma, (<https://www.fao.org/3/i6874tr/I6874TR.pdf>), (Erişim tarihi: 10.08.2021).
- Anonim, 2022. Dinamik Erozyon Modeli ve İzleme Sistemi (DEMİS). (<https://cem.csb.gov.tr/dinamik-erozyon-modeli-ve-izleme-sistemi-demis-i-103569>), (Erişim tarihi: 02.01.2022).
- Anonymous, 2006a. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for the Protection of Soil and Amending Directive 2004/35/EC. Commission of the European Communities, Brussels, (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0232:FIN:EN:PDF>), (Erişim tarihi: 27.11.2021).
- Anonymous, 2006b. Thematic Strategy for Soil Protection. European Union (EU), Commission of the European Communities, Brussels, (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0232:FIN:EN:PDF>), (Erişim tarihi: 27.11.2021).
- Anonymous, 2015a. Healthy Soils Are The Basis for Healthy Food Production. Fact Sheet., p. 4., (<https://www.fao.org/documents/card/en/c/645883cd-ba28-4b16-a7b8-34babb3c505/>), (Erişim tarihi: 02.02.2022).
- Anonymous, 2015b. Status of the World's Soil Resources (SWSR)-Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
- Anonymous, 2017. The Future of Food and Agriculture-Trends and Challenges. Rome.
- Anonymous, 2022a. Soil Ecosystem Services. Soil Science Society of America, (<https://www.soils.org/files/science-policy/issues/reports/ssa-soils-eco-services.pdf>), (Erişim tarihi: 01.02.2022).
- Anonymous, 2022b. Towards a Common Classification of Ecosystem Services. (<https://cices.eu/>), (Erişim tarihi: 09.02.2022).
- Balbi, S., del Prado, A., Gallejones, P., Geevan, C.P., Pardo, G., Pérez-Miñana, E., Manrique, R., Hernandez-Santiago, C., Villa, F., 2015. Modeling trade-offs among ecosystem services in agricultural production systems. *Environmental Modelling and Software*, 72: 314-326.
- Barrios, E., 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, 64(2): 269-285.
- Baveye, P.C., Baveye, J., Gowdy, J., 2016. Soil "ecosystem" services and natural capital: critical appraisal of research on uncertain ground. *Frontiers in Environmental Science*, 4: 41.
- Blum, W.E.H., 2005. Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 4(3): 75-79.
- Bormann, F.H., Likens, G.E., 1969. The watershed-ecosystem concept and studies of nutrient cycles. V. Dyne (Ed.), *The Ecosystem Concept in Natural Resource Management*, Academic Press, New York, pp. 49-75.
- Boyd, J., Banzhaf, S., 2007. What are ecosystem services? They need for standardized environmental accounting units, *Journal of Ecological Economics*, 63: 616-626.
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2008. The Nature and Properties of Soils. 14th Edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hally.
- Brevik, E.C., Homburg, J.A., Sandor, J.A., 2018a. Soils, climate, and ancient civilizations. W.R. Horwath and Y. Kuzyakov (Eds.), *Climate Change Impacts on Soil Processes and Ecosystem Properties*, Developments in Soil Science, Elsevier, 35: 1-28.
- Brevik, E.C., Pereg, L., Steffan, J.J., Burgess, L.C., 2018b. Soil ecosystem services and human health. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 5: 87-92.
- Carlos, C., Simon, H., Mc Michael, A., 2005. Millennium Ecosystem Assessment (MEA), Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. World Resources Institute, Island Press, Washington, DC.
- Comino, E., Bottero, M., Pomarico, S., Rosso, M., 2014. Exploring the environmental value of ecosystem services for a riverbasin through a spatial multicriteria analysis, *Land Use Policy*, 36: 381-395.
- Costanza, R., Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hanhon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruleo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., 1997. The value of the world ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- Çakır, M., 2017. Kurak ekosistemlerde toprak faunasının önemi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3(1): 67-78.
- Daily, G.C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P.M., Mooney, H.A., Pejchar, L., Ricketts, T.H., Salzman, J., Shallenberger, R., 2009. Ecosystem services in decision making: Time to deliver. *Journal of Frontiers in Ecology and The Environment*, 7: 21-28.
- Dominati, E.J., Mackay, A., Lynch, B., Heath, N., Millner, I., 2014. An ecosystem services approach to the quantification of shallow mass movement erosion and the value of soil conservation practices. *Ecosystem Services*, 9: 204-215.
- Eken, G., Bozdoğan, M., Karataş, A., Kılıç, D.T., Gem, E., 2005. Türkiye'nin önemli doğa alanları-yeni koruma bölgelerinin seçiminde öncelikli alanlar. *Korunan Doğa Alanları Sempozyumu*, 8-10 Eylül, Isparta, s. 133-140.
- Ettema, C.H., Wardle, D.A., 2002. Spatial soil ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 17(4): 177-183.
- Evrendilek, F., 2004. Ekolojik Sistemlerin Analizi, Yönetimi ve Modellemesi. 1. Baskı, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Gerhardt, K.E., Huang, X.D., Glick, B.R., Greenberg, B.M., 2009. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: potential and challenges. *Plant Science*, 176(1): 20-30.

- Giller, K.E., 2001. Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems (2nd Edn.), CABI Publishing, CAB International, Wallingford.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C., 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967): 812-818.
- Greiner, L., Keller, A., Grêt-Regamey, A., Papritz, A., 2017. Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. *Land Use Policy*, 69: 224-237.
- Gülle, F., Özdemir, S., 2015. Sağlıklı toprağın görülmeyen kahramanları: toprak mikroorganizmaları. *Sakarya Ticaret Borsası Dergisi*, 51: 6-8.
- Günal, H., Korucu, T., Birkas, M., Özgöz, E., Halbac-Cotoara-Zamfir, R., 2015. Threats to sustainability of soil functions in Central and Southeast Europe. *Sustainability*, 7(2): 2161-2188.
- Haines-Young, R., Potschin, M., 2008. England's Terrestrial Ecosystem Services and the Rationale for an Ecosystem Approach. Full Technical Report to DEFRA (Project Code NR0107), Nottingham.
- Hanyu, K., Tamura, K., Mori, H., 2014. Changes in heart rate variability and effects on POMS by whether or not soil observation was performed. *Open Journal of Soil Science*, 4(1): 1-6.
- Jenny, H., 1941. Factors of Soil Formation. McGrawHill, Newyork.
- Kantarıcı, M.D., 2000. Toprak İlmi Ders Kitabı (2. Baskı). İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 4261, Çantay Basımevi, İstanbul.
- Kasparinskis, R., Ruskule, A., Vinogradovs, I. Pecina, M.V., 2018. The introduction to the ecosystem service framework and its application in integrated planning. University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, Latvia, pp. 5-86. ([https://vivagrass.eu/wp-content/uploads/2018/10/guidebook\\_eco\\_system\\_services\\_vivagrass-compressed.pdf](https://vivagrass.eu/wp-content/uploads/2018/10/guidebook_eco_system_services_vivagrass-compressed.pdf)), (Erişim tarihi: 09.01.2022).
- Knitter, D., Braun, R., Clare, L., Nykamp, M., Schütt, B., 2019. Göbekli Tepe: a brief description of the environmental development in the surroundings of the UNESCO World Heritage Site. *Land*, 8(4): 72.
- Lal, R., 2004a. Carbon sequestration in dryland ecosystems. *Environmental Management*, 33(4): 528-544.
- Lal, R., 2004b. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677): 1623-1627.
- Lehmann, A., Stahr, K., 2010. The potential of soil functions and planner-oriented soil evaluation to achieve sustainable land use. *Journal of Soils and Sediments*, 10(6): 1092-1102.
- Liu, S., Lei, Y., Zhao, J., Yu, S., Wang, L., 2021. Research on ecosystem services of water conservation and soil retention: a bibliometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(3): 2995-3007.
- McBratney, A., Field, D.J., Koch, A., 2014. The dimensions of soil security. *Geoderma*, 213: 203-213.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H., Ünal, E., 2016. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1): 136-148.
- Özüdoğru, T., 2021. Dünya ve Türkiye’de Pamuk Üretim Ekonomisi. *Tekstil ve Mühendis*, 28(122): 149-161.
- Paul, C., Kuhn, K., Steinhoff-Knopp, B., Weisshuhn, P., Helming, K., 2021. Towards a standardization of soil-related ecosystem service assessments. *European Journal of Soil Science*, 72(4): 1543-1558.
- 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.
- Potschin, M., Haines-Young, R., 2016. Defining and measuring ecosystem services. In: M. Potschin, R. Haines-Young, R. Fish and R.K. Turner (Eds.), *Routledge Handbook of Ecosystem Services*, 1st Edition, Routledge, London, pp. 25-44.
- Rowe, J.S., 1961. The level-of-integration concept and ecology. *Ecology*, 42(2): 420-427.
- Robinson, D.A., Lebron, I., Vereecken, H., 2009. On the definition of the natural capital of soils: A framework for description, evaluation, and monitoring. *Soil Science Society of America Journal*, 73(6): 1904-1911.
- Smith, P., Ashmore, M.R., Black, H.I., Burgess, P.J., Evans, C.D., Quine, T.A., Thomson, A.M., Hicks, K., Orr, H.G., 2013. The role of ecosystems and their management in regulating climate, and soil, water and air quality. *Journal of Applied Ecology*, 50(4): 812-829.
- Steinhoff-Knopp, B., Kuhn, T.K., Burkhard, B., 2021. The impact of soil erosion on soil-related ecosystem services: development and testing a scenario-based assessment approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(1): 1-18.
- Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M., 1979. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- Tiedje, J. M., Cho, J.C., Murray, A., Teves, D., Xia, B., Zhou, J., 2001. Soil teeming with life: new frontiers to soil science. In: R.M. Rees, B.C. Ball, C.D. Cambell and C.A. Watson (Eds.), *Sustainable Management of Soil Organic Matter*, CAB International, Wallingford, pp. 393-412.
- Tolunay, D., 2019. Toprak fonksiyonları. Y. Aksoy (Ed.), *Yaşamın Her Karesinde Toprak*, İstanbul Aydın Üniversitesi, s. 27-47.
- Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8): 857-874.
- Yun, W., Hall, I.R., 2004. Edible ectomycorrhizal mushrooms: challenges and achievements. *Canadian Journal of Botany*, 82(8): 1063-1073.

Wall, D.H., Adams, G.A., Parsons, A.N., 2001. Soil biodiversity. In: Y. Qi, S.F. Chapin III, O.E. Sala and E. Huber-Sannwald (Eds.), *Global Biodiversity in a*

*Changing Environment: Scenarios for the 21st Century*. Springer-Verlag, New York, pp. 47-82.

**ALINTI / CITATION:** Bülbül, S., Sürücü, A., Günal, H., Budak, M., 2022. Ekosistem Servislerinde Toprağın Rolü. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(1): 107-117.