

## **Toprak Temelli Ekosistem Servisleri**

### **Soil Based Ecosystem Services**

**Elif GÜNAL<sup>1</sup> Nurullah ACİR<sup>2</sup>**

#### **Öz:**

Topraklar, sahip oldukları genetik özellikleri ve buldukları ortamın iklim ve bitki örtüsü gibi oluşum faktörlerine bağlı olarak gıda üretimi, hammadde kaynağı, insan faaliyetlerinin yeri, tarihi arşiv, biyolojik çeşitlilik, organik karbon havuzu, su ve besin döngüsünün düzenlenmesi gibi fonksiyonları yerine getirirler. Toprak fonksiyonları, insan refahı ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğine önemli düzeyde etki etmektedir. Bu kapsamda, toprak karbonu, toprak canlıları, toprak besin döngüsü ve su tutulması ile ekosistem hizmetleri arasındaki ilişkiler birçok araştırmacı tarafından çalışılmış ve konunun önemi ortaya konulmuştur. Araştırmacılar, toprak fonksiyonlarının destekleyici, düzenleyici, provizyon (tedarik) ve kültürel olarak sınıflandırılan ekosistem hizmetlerine önemli düzeyde katkı yaptığını bildirmişlerdir. Toprak kökenli ekosistem hizmetlerinin gerçekleşmesi ve iyileştirilmesi ile gıda güvenliği ve sürdürülebilirlik arasında bir denge sağlayabilmek için arazi kullanımındaki uygulamaların sürdürülebilirlikleri son derece önemlidir. Uzun vadede toprak fonksiyonlarının gerçekleşmesi için önemli olan ve toprak özelliklerinin değişmesine neden olacak uygulamalar, ekosistem hizmetlerini azaltacaktır.

**Anahtar sözcükler:** destekleme, düzenleme, provizyon, kültürel, toprak fonksiyonu, karbon

#### **Abstract**

Soils, depending on the genetic characteristics and formation factors such as climate and vegetation, fulfill several functions such as food production, source of raw material, place for human activities, historical archive, biodiversity, organic carbon pool and regulation of water and nutrient cycle. The soil functions have a significant influence on sustainability of human

<sup>1</sup> Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat/Türkiye, Sorumlu yazar: Elif Günal, elifgunal@yahoo.com

<sup>2</sup> Ahi-Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kırşehir/Türkiye

welfare and ecosystem services. In this context, the relationship between soil carbon, soil biota, soil nutrient cycle and water retention and ecosystem services has been studied and demonstrated by many researchers. Previous studies revealed that soil functions contribute significantly to the ecosystem services classified as supporting, regulating, provisioning and cultural. Sustainability of land use practices is extremely important to reach an equilibrium between the realization and improvement of soil-based ecosystem services and food safety and sustainability. Land use practices that will change the soil properties which are important for the realization of the soil functions in the long term may also cause decrease in the ecosystem services.

**Keywords:** supporting, regulating, provisioning, cultural, soil functions, carbon

## Giriş

Doğal ve yönetilen ekosistemlerde yer alan topraklar, "toprak fonksiyonları" olarak adlandırılan ve ekosistem servislerinin yerine getirilmesinde büyük bir pay sahibi olan çok sayıda işlevin gerçekleştiği, dinamik üç boyutlu bir sistemdir (Blum, 2005). İnsanların yaşamlarını devam ettirebilmeleri adına çok sayıda fonksiyonu yerine getiren topraklar değerli bir kaynak olarak kabul edilse de karar alma süreçlerinde yeterince yer almamaktadırlar. Son yıllarda oldukça sık bir şekilde gündem olan ekosistem hizmetleri kavramı, toprak fonksiyonlarını tanımaya ve fonksiyonlar ile insan refahı arasındaki bağlantıyı daha net bir şekilde anlamaya yardımcı olacak araştırmaların başlatılmasına katkı sunmuştur. Düzgün bir şekilde yönetildiğinde ekosistemler, mal üretimi (örneğin, gıda, lif ve enerji) ve yaşam destek süreçleri (örneğin, su arıtımı) gibi insanlık için hayati öneme sahip olan hizmetlerin sunumunu sağlayabilir. Oldukça önemli olmasına rağmen, insanlığa ve tüm canlılara sunulmuş olan bu doğal sermaye yeterince anlaşılammış, değişimin yönünü tespit etmek amacı ile izlenmemiş ve birçok durumda hızlı bir şekilde bozulmuş ve tükenmiştir. Ekosistem yaklaşımı, provizyon gibi nihai hizmetlere verilen önem nedeniyle tarımsal açıdan toprak bilimine kıyasla daha fazla ilgi çekmiş ve çalışılmıştır (Robinson et al., 2013). Bununla birlikte, ekosistem hizmetleri kavramı, toprakların öneminin karar vericiler tarafından da anlaşılması ve toprakların değerini insan refahına bağlanması adına önemli bir fırsatı da sağlamaktadır (Keller, 2016).

Ekosistem servisleri (ES) kavramı ile ilgili literatürde çok sayıda tanım olmakla birlikte, en yaygın ve en çok kabul gören tanım Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MEA) tarafından yapılan tanımlamadır. Bu tanıma göre; ekosistem hizmeti, sağlıklı bir ekosistemde var olan işlemlerden toplum adına elde edilen faydadır (MEA, 2005). Örneğin, iklim düzenlemesi

üzerindeki olumlu etkisinden dolayı karbon tutumu, su kalitesi üzerindeki olumlu etkisinden dolayı besin tutma, sel ve kuraklığın azaltılmasındaki rolü nedeniyle su akış zamanlaması ekosistemin sağladığı hizmetlere örnek olarak verilebilir (Polasky ve ark., 2011). Literatürdeki tanımında olduğu gibi ekosistem hizmetlerinin gruplandırılmalarında da farklılıklar bulunmaktadır. En yaygın olarak kullanılan gruplamalardan biri Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MEA) tarafından yapılmıştır. Bu gruplamada ekosistem değişiminin insan refahı üzerindeki sonuçlarını değerlendirmek için ekosistem servisleri, toprak, su, bitki örtüsü ve diğer doğal kaynakları;

- Destek hizmetleri (“diğer ES'lerin üretimi için gerekli hizmetler”),
- Provizyon hizmetleri (“ekosistemlerden elde edilen ürünler”),
- Düzenleyici hizmetler (“ekosistem işlemlerinin düzenlenmesinden elde edilen fayda”) ve
- Kültürel hizmetler (“Ekosistemlerden elde edilen maddi olmayan fayda”) şeklinde dört kategoride sınıflandırmıştır (MEA, 2005).

Bu çalışmada, Adhikari ve Hartemink, (2016) tarafından ekosistem hizmetleri ve topraklar arasındaki ilişkilerin değerlendirildiği derlemede yer alan üç uluslararası sınıflama sisteminde yer alan ekosistem hizmetleri sınıflamasının özeti Çizelge 1’de verilmiştir. Her üç sınıflama sisteminde de ekosistem hizmetleri provizyon, düzenleyici, kültürel ve destekleyici hizmetler şeklinde 4 ana gruba ayrılmış ve her grup kendi içerisinde yiyecek, lif, su temini ve estetik değerler gibi düşük seviyeli hizmetlere ayrılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MEA, 2005), Ekonomi ve Ekosistemler ve Biyoçeşitlilik (TEEB, 2010) ve Ortak Uluslararası Sınıflandırma Servisleri (CICES, 2011) tarafından gruplandırılan ekosistem hizmetleri (Adhikari ve Hartemink, 2016)

Ekosistem Hizmetleri	MEA Grupları	TEEB Grupları	CICES Grupları
Provizyon Hizmetleri	Gıda, yem	Gıda	Biyokütle (besinler, tarımsal kullanım için hayvan ve bitki materyalleri)
	Taze su	Su	Su (besin, içme suyu, içme dışındaki amaçlar)
	Lif, odun	Ham madde	Biyokütle (bitki ve hayandan elde edilen ve direk kullanılan ve işlenen materyaller)
	Biyokimyasal	Tıbbi kaynaklar	Biyokütle (bitki ve hayandan elde edilen ve direk kullanılan ve işlenen materyaller)
	Genetik kaynaklar	Genetik kaynaklar	Biyokütle (Her türlü biyokütleden üretilmiş genetik materyaller)
	Dekoratif kaynaklar	Dekoratif kaynaklar	Biyokütle (bitki ve hayandan elde edilen ve direk kullanılan ve işlenen materyaller)

			Enerji kaynakları ile ilişkili biyokütle Mekanik enerji (hayvan kökenli)
Düzenleyici ve Destekleyici Hizmetler (MA)	Hava kalitesi ve gaz düzenleme	Hava kalitesi ve gaz düzenleme	Gaz ve hava akışında düzenleme
Düzenleme Hizmetleri (TEBB)	Su arıtma ve işleme	Atık işleme (suyun arıtılması)	Atıkların, toksik ve diğer zararlı maddelerin toprak canlıları ve ekosistemin diğer bileşenleri ile düzenlenmesi
Düzenleme ve bakım hizmetleri (CICES)	Su düzenleme	Su akışının düzenlenmesi	Sıvı akışının düzenlenmesi
	Erozyon düzenleme	Ekstrem olayların etkisinin azaltılması	Katı akışının düzenlenmesi
	İklim düzenleme	Erozyon önlemesi	Atmosferik bileşim ve iklim düzenlemesi
	Tozlaşma	İklim düzenlemesi	Yaşam döngüsünü sağlanması, habitat ve gen havuzunu korunması
	Zararlı ve hastalık düzenlemesi	Tozlaşma	Zararlı ve hastalık kontrolü
	Birinci üretim	Biyolojik kontrol	Yaşam döngüsünü sağlanması, habitat ve gen havuzunu korunması
	Besin döngüsü	Yaşam döngüsü temini (göçmen türler)	Toprak oluşumu ve bileşimi, suyun durumunun korunması
		Genetik çeşitliliğinin sağlanması	
Kültürel Hizmetler (MA)	Manevi ve dini değerler	Manevi deneyim	Manevi ve/veya sembolik
	Estetik değerler	Estetik bilgi	Entelektüel ve temsili etkileşimler
	Kültürel çeşitlilik	Kültür, sanat ve tasarım için ilham kaynağı	Entelektüel ve temsili etkileşimler
	Rekreasyon ve ekoturizm	Rekreasyon ve turizm	Manevi ve/veya sembolik
	Bilgi sistemi ve eğitim ile ilgili değerler	Bilişsel gelişim için bilgi	Fiziksel ve deneysel etkileşimler Entelektüel ve temsili etkileşimler Diğer kültürel çıktılar (varlık, istek)

Toprak yönetimi tarımsal ekosistemlerin etkinliği ve işlevlerinin devamlılığını etkileyen en önemli etkidir. İşlenebilir tarım arazilerinin miktarı artmamasına rağmen, yeryüzünde yaşayan insanların nüfusunun ve beraberinde gereksinimlerinin sürekli artıyor olması, mera ve orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesine yol açmış ve birim alandan daha yüksek miktarda ürün alınmasını zorunlu kılmıştır. Doğal ekosistemlerin işlemeli tarımın yapıldığı arazilere dönüştürülmesi, toprağın çok temel bir ekosistem servisi olan toprak organik karbonunun etkin bir şekilde depolanmasına olumsuz etki yapmaktadır (Olson ve ark., 2017). Birim alanda verim artışını sağlamak, çoğunlukla toprak, yüzey ve yüzey altı sularını kirleten

gübre ve tarım ilaçlarının kullanımı ile mümkün olmaktadır. Bunlara ilaveten, toprak işleme uygulamalarının yoğunlaştırılması, tarım topraklarında uzun yıllar içerisinde depolanmış olan ve birçok toprak fonksiyonunun gerçekleşmesinde anahtar rol oynayan karbon stoklarının da hızla tüketmesine neden olmuştur (Lal, 2018). Organik karbon stoku, gıda üretimi, temiz ve taze suyun sağlanması, havanın kalitesinin iyileştirilmesi, erozyonun önlenmesi, besin döngüsünün sağlanması ve canlılar için yaşam yeri sağlama gibi provizyon ve düzenleme hizmetlerinin yerine getirilmesinde kritik görevleri yerine getiren organizmalar için son derece önemlidir. Yaşamsal faaliyetleri toprağın organik karbon stoklarının varlığına bağlı olan organizmaların sayısı ve toprakta kirleticilerin etkilerinin azaltılması ve besin döngüsündeki aktiviteleri bu azalmadan olumsuz etkilenmektedir (Robinson ve ark., 2013; Adhikari ve Hartemink, 2016).

Bu nedenle, artan dünya nüfusunun gıda ve enerji gereksinimi için tarımsal üretim alanları genişletilir ve üretim arttırılırken yirmi birinci yüzyılın en önemli sorunu, temel ekosistem hizmetlerinin yeterli ve güvenilir bir şekilde sunumunun devamlılığını sağlamaktır (Hatfield ve Walthall 2013; Olson ve ark., 2017).

### **Toprak Sağlığı ve Ekosistem Servisleri Arasındaki İlişkiler**

Ekosistem hizmetleri ile ilgili çalışmalarda ve politika düzeyindeki kararlarda, oldukça önemli olmasına rağmen toprak, çoğunlukla ihmal edilen bir bileşen olmuştur (Hewitt ve ark., 2015). Tarım toprakları, toprak biyotası olarak adlandırılan ve biyokütle üretimi ve besin döngüsünü destekleme, iklim, su ve zararlı ve hastalıkların biyolojik kontrolünü düzenleme gibi toprağın ekosistem hizmetlerinin sağlanmasına katkıda bulunan temel işlevsel organizmalar için yaşam yeridir (Adhikari ve Hartemink, 2016; Andrea ve ark., 2018). Toprağın sağlığı, canlıların gıda, biyoenerji, lif, yem gibi çeşitli ihtiyaçları karşılamak ve birden fazla ekosistem servisinin sunumunu sağlamak için olması gereken en temel koşul olarak tanımlanmıştır (FAO, 2015; Adhikari ve Hartemink, 2016). Kibblewhite ve ark. (2007), toprak sağlığını toprağın tarımsal müdahaleye yanıt verme kapasitesini yansıtan ve böylece hem tarımsal üretimi hem de çoklu ekosistem hizmetlerinin sunumunu desteklemeye devam eden bütünleştirici bir özellik olarak tanımlamaktadır.

Toprak, biyolojik çeşitliliğin korunmasını temin edecek şekilde toprak canlıları için bir habitat temin eder. Besin döngüsü, ayrışma ve atıkların parçalanması gibi işlevler için mutlak gerekli olan canlıların varlığı ve çeşitliliği ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir olmasını

sağlamaktadır. Bunun aksine, toprak bozulmasının görüldüğü yani sağlığının bozulduğu arazilerde, biyolojik çeşitliliğin azalmasından dolayı toprak fonksiyonlarının kötüleştiği ve ekosistem hizmetlerinin de sekteye uğradığı rapor edilmiştir (Adhikari ve Hartemink, 2016). Yoğunlaştırılmış tarımsal üretim sistemlerinde toprak bozulma süreçleri toprağın organik karbon stokunu etkiler. Bu durum, tarımsal alanların üretkenliğini ve ekosistemin sağlığını sınırlandıran en önemli ekosistem bozulma örneklerinden biridir (Dominati ve ark. 2010). Atmosfer sıcaklığının artması ile toprakta uzun yıllar boyunca depolanmış olan karbon miktarı azalmaktadır. Bu nedenle de son zamanlarda bunun farkında olan araştırmacılar koruyucu tarımsal uygulamalar (sıfır veya azaltılmış toprak işleme ve örtücü bitkilerin kullanımı gibi) ile toprak kalitesinin iyileştirilebileceğini ve tarımsal-ekosistemlerdeki toprak karbon havuzlarının restorasyonun mümkün olduğunu bildirmişlerdir (Baker et al., 2007; Palm ve ark., 2014). Lal (2004), kök bölgesindeki organik maddede yılda 1 ton ha<sup>-1</sup> artışla toprağın fonksiyonlarını çok daha yüksek düzeyde yerine getirebileceğini belirtmiş ve bununla yılda yaklaşık 24 ile 32 milyon ton daha fazla tahıl üretiminin mümkün olabileceğini rapor etmiştir.

Toprak ile ilişkili ekosistem hizmetleri, toprak özelliklerine ve toprak özelliklerinin kendi arasındaki etkileşimleri ile son derece yakından ilişkilidir ve çoğunlukla toprakların kullanımı ve yönetimi tarafından etkilenirler. Toprak kökenli ekosistem hizmetleri, bu hizmetler ile ilişkili toprak fonksiyonları ve toprak fonksiyonlarının gerçekleşmesinde etkili olan toprak özelliklerine ait özet bilgiler Calzolari ve ark. (2016) tarafından özetlenmiştir (Çizelge 2).

Erozyon ve toprak karbon içeriği ve biyolojik çeşitliliğinin azalması, toprağın sağlığı dolayısı ile gıda güvenliği ve ekosistem sürdürülebilirliği için ciddi bir küresel tehdit olan toprak bozulmasına yol açmaktadır (Godfray ve ark., 2010). Sağlıklı bir toprağın yerine getirmesi beklenen fonksiyonları; (1) suyun tutulması, kullanımı ve depolanması, karbon depolanması, ağır metaller, kirleticiler ve asitlerin filtrelenmesi ve bağlanması gibi düzenleme fonksiyonları, (2) tarımsal üretim, kereste üretimi ve içme suyu gibi üretim fonksiyonları, (3) mikroorganizmalar ve bitkiler için yaşam yeri sağladığından habitat fonksiyonları, (4) jeolojik ve arkeolojik mirası koruma kapasitesi nedeni ile arşiv fonksiyonları, (5) insan faaliyetleri için fiziksel ve kültürel çevre gibi mühendislik fonksiyonları ve (6) hammadde bakımından kaynak fonksiyonlarıdır (CEC, 2006). Sürdürülebilir bir şekilde yönetilen topraklar uzun vadede düzenleme, üretim ve habitat fonksiyonlarını yerine getirebilmelerine rağmen insanların bu hizmetler için toprağı aşırı kullandıklarının mühendislik ve kaynak fonksiyonlarında bir azalmaya neden olacağı tahmin edilmektedir (Keller, 2016).

Topraklar çok sayıda ekosistem hizmetinin üretimini sağlamaktadır; bu nedenle de başta insanlar olmak üzere yaşamın sürdürülmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Sağlıklı bir topraktan beklenen fonksiyonlar ile bu fonksiyonların ürünü olan ekosistem hizmetleri arasındaki ilişki Keller (2016) tarafından Şekil 1’de gösterildiği gibi özetlenmiştir. Pereira ve ark. (2018), ekosistem hizmetleri olarak bilenen topraklardan doğrudan veya dolaylı olarak elde edilen faydaları genel olarak temiz hava, su ve gıda üretimi, yoksulluğun azaltılması ve iklim değişikliğinin azaltılması şeklinde özetlemiştir.

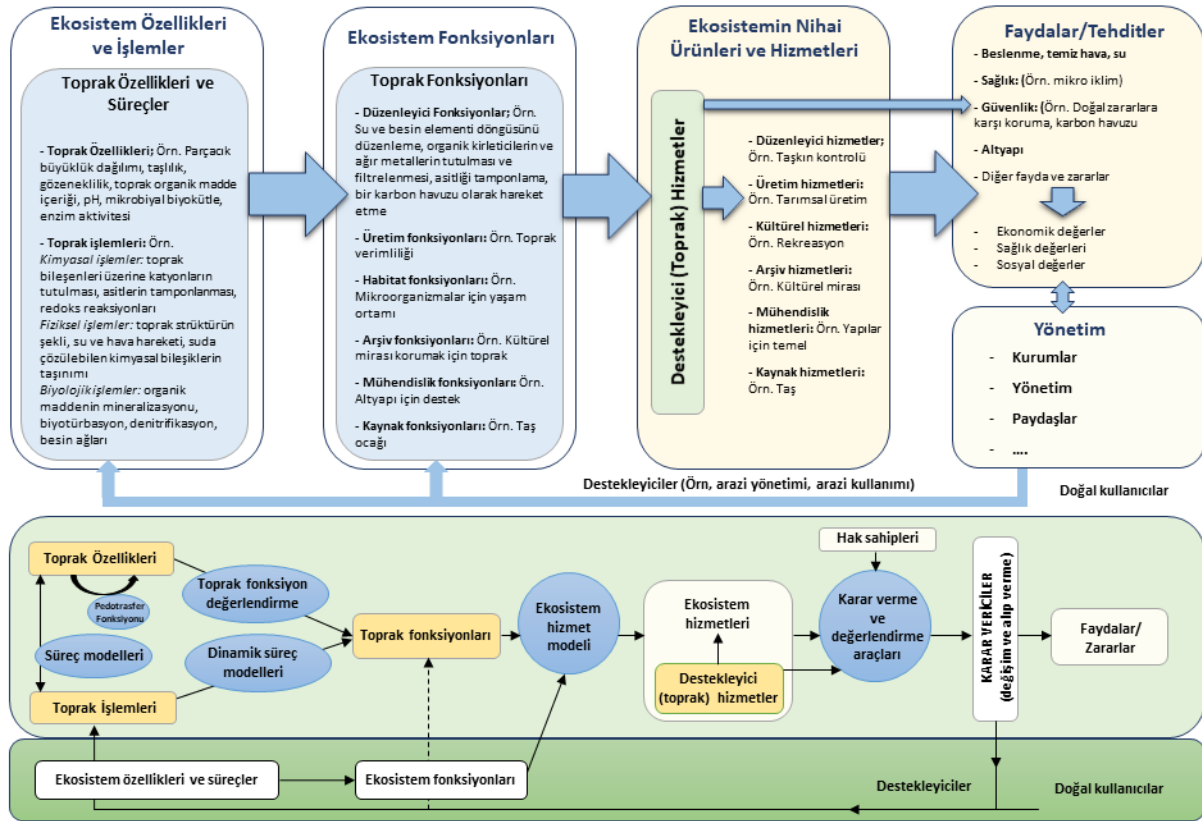
Çizelge 2. Ekosistem servisleri (ES), destekleyici toprak fonksiyonlar ve göstergeleri (Calzolari ve ark., 2016).

ES Grupları <sup>1</sup>	ES’ne toprağın katkısı <sup>2</sup>	Toprak fonksiyonu <sup>3</sup>	Gösterge	Özellik
Destekleyici	Toprak organizmaları için habitat	Biyçeşitlilik havuzu	Toprak organizmaları için potansiyel habitat	Arazi kullanımı Hacim ağırlığı Organik karbon
Düzenleme	Besin elementi ve kirlenmelerin tutulması ve serbest bırakılması Doğal olarak azaltma	Besin elementi, madde ve su depolama, filtreleme ve değişimi	Katyon değişim kapasitesi, toprak reaksiyonu, köklenme derinliği	Organik karbon, Kil içeriği, pH (0-30 cm), Sığ yeraltı suyu ortalama derinliği
Düzenleme	Mikro iklim düzenleme (potansiyel)	Besin elementi, madde ve su depolama, filtreleme ve değişimi	Toprak buharlama potansiyeli	Yarayışlı su kapasitesi, Sığ yeraltı suyu ortalama derinliği
Düzenleme	Karbon Depolama (potansiyel)	Karbon havuzu	Karbon depolama havuzu	Organik karbon ve hacim ağırlığı (0-30 cm),
Provizyon/tedarik	Gıda tedariki (potansiyel)	Biyokütle üretimi	Arazi uygunluk haritası	Arazi uygunluk sınıfları ve ara sınıflar
Provizyon /destekleyici)	İnsan aktivitelerini ve alt yapıyı destekleme (potansiyel)	Fiziksel ve kültürel ortam	Toprak taşıma kapasitesi	Kum içeriği, Kil içeriği, Doymun hidrolik iletkenlik Organik katman varlığı
Düzenleme	Suyun düzenlenmesi/yüzey akışı-taşkın kontrolü	Besin elementi, madde ve su depolama, filtreleme ve değişimi	İnfiltrasyon kapasitesi	Doymun hidrolik iletkenlik Hava giriş noktası
Düzenleme (provizyon)	Suyun düzenlenmesi-Suyun depolanması (potansiyel)	Besin elementi, madde ve su depolama,	Tarla kapasitesindeki nem içeriği,	Tarla kapasitesi, Sığ yeraltı suyu ortalama derinliği

		filtreleme ve değişimi	Taban suyunun bulunması	
--	--	------------------------	-------------------------	--

<sup>1</sup>:MAE, 2005, <sup>2</sup>:Dominati et al., 2010, <sup>3</sup>:CEC, 2006.

Biyoçeşitlilik, çoğu araştırmacı tarafından kendi başına nihai bir ekosistem hizmeti olarak kabul edilmektedir (Eigenbrod ve ark., 2010). Sunulan birçok destekleyici veya ara hizmete katkıda bulunan toprak canlılarının ve özellikle bunların fonksiyonlarının çeşitliliğinin, toprakta sürediren işlemlerin sürdürülebilirliği bakımından kilit bir bileşen olduğu bilinmektedir. Bu kapsamda, Barrios (2007) mikroorganizma gruplarından; bitkilerin besin alımına yardımcı olanları mikrosimbionlar; organik atıkların ayrıştırılması ve mineral elementlerin farklı formlara dönüştürülmesi işini yapanları dönüştürücü ve ayrıştırıcılar; karbonu tutarak toprak yapısını düzenleyen/iyileştiren ve hidrolojik ve sera gazı emisyonlarını etkileyenleri ekosistem mühendisleri; toprak kaynaklı zararlar ve hastalıklara neden olan sorunların üstesinden gelenleri mikro düzenleyiciler olarak tanımlamıştır.



Şekil 1. Toprağın ekosistem servislerine nasıl katkıda bulunduğunu gösteren iş akışı çerçevesi

## Arazi Kullanımının Ekosistem Servisleri Üzerine Etkileri



İnsanlar çevrelerini yönetmeye başladığından bu yana arazi kullanımında sürekli değişiklikler meydana gelmektedir. Arazi kullanımında meydana gelen köklü değişimlerin (tarım uygulamaları, ormancılık uygulamaları, kalkınmanın yoğunluğu) önemli ekosistem hizmetlerinin sunumu ve insanlara sağladıkları mal ve faydalar üzerinde büyük etkisi olacağı bildirilmektedir. (Metzger ve ark., 2006; Polasky et al., 2011). Genel olarak, arazi kullanımında veya arazi yönetimindeki değişiklikler bazı hizmetlerin tedarikini ve değerini artırırken diğerlerinin azalmasına yol açabilmektedir. Gıda, lif ve enerji gibi ekosistemin provizyon hizmetleri, arazi kullanımı ile doğrudan ilişkilidir. Gıda üretimi doğrudan tarımsal arazi kullanımı, lif üretimi ormancılık ve ekili arazileri, enerji üretimi ise biyo-enerji bitkileri için kullanılan alanların kullanımı ile doğrudan ilişkilidir (Metzger ve ark., 2006). Tarımsal üretim veya kereste üretimi gibi tek bir çıktının artırılmasına yönelik arazi kullanım kararlarının, diğer hizmetlerin sunumunda bir düşüşe neden olması muhtemeldir (MEA, 2005). Biyoenerji üretimi için mısır ekili alanların miktarındaki artış gibi arazi kullanımı ve arazi örtüsünde meydana gelen değişimler, sürdürülebilir kalkınmanın çevresel açıdan önemli olan su ve enerji döngülerini, toprak özelliklerini ve ekosistemin karbon depolamasını etkilediği bildirilmektedir (Sun ve ark., 2017). Amerika Birleşik Devletleri'nde orta kuşakta yer alan 12 eyalette yaptıkları bir çalışmada, Sun ve ark. (2017) son dönemlerde biyoenerji üretimi için mısır ekili alanların genişletilmesinin, toprağın karbon tutumunu (60 Tg daha az toprak organik karbonu) ve ekosistemlere net karbon akışını (3.7 Tg yıl<sup>-1</sup> daha az net biyokütle üretimi) önemli düzeyde azalttığını rapor etmişlerdir.

Arazi kullanımında uygulanan yaklaşımların toprak kökenli ekosistem servisleri üzerine kritik etkileri olduğu bilinmektedir. Sürdürülebilir olmayan kullanımlar önemli düzeyde bozulmaya neden olurken, toprak özelliklerini, fonksiyonlarını ve toprak kökenli ekosistem hizmetlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun aksine, bu hizmetler korumaya yönelik yaklaşımlar ile geliştirebilir ve sürdürülebilir hale getirebilir. Ayrıca, sürdürülebilir olmayan uygulamalar, iklim değişikliğinin toprak kökenli ekosistem servisleri üzerindeki etkilerini hızlandırırken, sürdürülebilir yaklaşımlar etkilerini azaltmaya yardımcı olmaktadır (Pereira ve ark., 2018). Türkiye'de amaç dışı arazi kullanımı ve geleneksel tarımsal uygulamalar, tarımsal ekosistemlerde toprağın kalitesinin bozulmasına, fonksiyonlarını olması gerektiği gibi yerine getirememesine ve nihayetinde fayda olarak özetlenen ekosistem hizmetlerinin gerçekleşmemesine neden olmaktadır (Günel ve ark., 2015). Bu uygulamaların terk edilmesi ve sürdürülebilirliği sağlayacak koruma amaçlı uygulamaların adapte edilmesi için yasal düzenlemeler kadar, farkındalık çalışmalarına ve araştırmalara da gereksinim duyulmaktadır.

## **Sonuçlar**

Gıda, lif, temiz hava ve su gibi insanların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gerekli olan temel gereksinimlerinin devamlılığının sağlanması toprak olmadan mümkün değildir. İnsanların faydasına sunulan bu hizmetlerin miktarı ve kalitesi, toprağın ana materyaline, topoğrafyaya (pozisyon, yön/bakı ve eğim), toprak canlılarına ve iklime bağlı olarak değişebilmektedir. Bu özellikler, toprak özelliklerinin doğasını ve tedarik, düzenleme ve kültürel hizmetlerin temelini oluşturan toprak fonksiyonlarının hangi boyutta gerçekleşeceğini belirleyen en temel unsurlardır. Ekosistem hizmetleri ve toprak kalitesi ile fonksiyonları birbirlerinden bağımsız olarak çok sayıda araştırmaya konu olmasına rağmen, birbirleri ile son derece yakın ilişkiye sahip olan bu kavramları birlikte değerlendiren araştırmaların sayısı son derece yetersizdir.

Toprak kökenli ekosistem servislerinin değerlendirilmesi, değerinin azalması, bozulması, bakımı veya iyileştirilmesi, arazi yönetimi ile oldukça yakın ilişkilidir. Geleneksel toprak işleme, kısa süreli ürün rotasyonu, hasat atıklarının yakılması veya araziden uzaklaştırılması, mineral gübrelerin kullanılmasında toprak analizleri ve bitki gereksinimlerinin göz önünde bulundurulmadan kullanımı, pestisit kullanımı ve endüstriyel hayvan çiftlikleri gibi sürdürülebilir olmayan tarımsal uygulamalar, tarımsal arazilerinde toprak kökenli ekosistem hizmetlerinin sunumuna olumsuz etki yaptıkları bilinmektedir. Toprak kökenli ekosistem hizmetlerinde meydana gelen bozulma, üretkenlik üzerine olumsuz etki yapacaktır. Erozyon nedeniyle oluşacak toprak ve besin elementi kayıpları, tuzluluk, yer altı ve yüzey sularının kirletilmesi gibi durumlarda restorasyon maliyetleri aşırı derecede yüksek olacağından, arazilerin değer kaybına yol açacaktır. Ülkede tarımsal üretim planlaması yapılırken, toprak kökenli ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği esas alınmalı, toprağın korunması ve fonksiyonlarının iyileştirilmesi öncelikli hedef olmalıdır.

## **Kaynaklar**

- Adhikari, K., & Hartemink, A. E. 2016. Linking soils to ecosystem services-A global review. *Geoderma*, 262, 101-111.
- Andrea, F., Bini, C., & Amaducci, S. 2018. Soil and ecosystem services: Current knowledge and evidences from Italian case studies. *Applied Soil Ecology*, 123, 693-698.
- Baker, J. M., Ochsner, T. E., Venterea, R. T., Griffis, T. J. 2007, Tillage and soil carbon sequestration -What do we really know?, *Agr. Ecosyst. Environ.*, 118, 1-5.

- Blum, W. H. 2005. Functions of soil for society and the environment. *Rev. Environ. Sci. Bio/Technol.* 4 (3), 75–79.
- Calzolari, C., Ungaro, F., Filippi, N., Guermandi, M., Malucelli, F., Marchi, N., Staffilani, F., Tarocco, P. 2016. A methodological framework to assess the multiple contributions of soils to ecosystem services delivery at regional scale. *Geoderma*, 261, 190-203. CICES, 2011. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). Update European Environment Agency, Nottingham.
- CEC 2006 Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions— Thematic strategy for soil protection (COM 2006.231), Brussels.
- Dominati, E., M. Patterson, and M. Mackay. 2010. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics* 69:1858-1868.
- Eigenbrod, F., Armsworth, P.R., Anderson, B.J., Heinemeyer, A., Gillings, S., Roy, D.B., Thomas, C.D. & Gaston, K.J. 2010. The impact of proxy-based methods on mapping the distribution of ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 47, 377–385.
- FAO, 2015. Revised World Soil Charter. FAO, Rome.
- 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.
- Günel, 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.
- Hatfield, J. L., & Morton, L. W. 2013. Marginality principle. *Principles of Sustainable Soil Management in Agroecosystems. Advances in Soil Science*, Taylor & Francis, CRC Press, New York, 19-55.
- Hewitt, A., Dominati, E., Webb, T., Cuthill, T., 2015. Soil natural capital quantification by the stock adequacy method. *Geoderma* 241–242, 107–114.
- Keller, A.P. 2016. Keller, A. P. 2016. Soils and their contribution to ecosystem services. Factsheet. National Research Programme NRP 68. [www.nrp68.ch](http://www.nrp68.ch). Son görüntülenme tarihi. 22.11.2019.
- Kibblewhite, M. G., Ritz, K., & Swift, M. J. (2007). Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 685-701.

- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304 (5677), 1623–1627.
- Lal, R. 2018. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. *Global change biology*, 24(8), 3285-3301.
- MEA, 2005. Millennium Ecosystem Assessment: Current State and Trends Assessment. Island Press, Washington, DC.
- Metzger, M., Rounsevell, M. D. A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., & Schröter, D. (2006). The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, ecosystems & environment*, 114(1), 69-85.
- 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.
- Olson, K. R., Al-Kaisi, M., Lal, R., & Morton, L. W. 2017. Soil ecosystem services and intensified cropping systems. *Journal of Soil and Water Conservation*, 72(3), 64A-69A.
- Palm, C., Blanco-Canqui, H., DeClerck, F., Gatere, L., & Grace, P. 2014. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187, 87-105.
- Polasky, S., Nelson, E., Pennington, D., & Johnson, K. A. 2011. The impact of land-use change on ecosystem services, biodiversity and returns to landowners: a case study in the state of Minnesota. *Environmental and Resource Economics*, 48(2), 219-242.
- Robinson, D. A., Hockley, N., Cooper, D. M., Emmett, B. A., Keith, A. M., Lebron, I., ... & Whalley, W. R. 2013. Natural capital and ecosystem services, developing an appropriate soils framework as a basis for valuation. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 1023-1033.
- Sun, J., Twine, T., Hill, J., Noe, R., Shi, J., & Li, M. 2017. Effects of land use change for crops on water and carbon budgets in the Midwest USA. *Sustainability*, 9(2), 225.
- TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. UNEP/Earthprint.