

Mikrohavzalar İçin Su Korumaya Yönelik Bazı Toprak Yapıları*

Şansel BİLDİREN^{1*}, Murat SARGINCI¹

¹Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü

***Sorumlu yazar:** sanseliseviyorum@hotmail.com

ÖZET

Yaşamın temeli olan su artan sıcaklıklar, aşırı hava olayları, yağışlarda meydana gelen iklim değişikliği etkileriyle giderek baskı altına girmektedir. Bu baskılar su döngüsünün bozulmasına ve su kalitesinin değişmesine neden olmaktadır. İklim değişikliğinin su kaynaklarına havza bazında etkileri taşkın, kuraklık, kar kütesinin azalışı, yüzeysel akışta meydana gelen değişiklikler, yeraltı suyundaki hidrolojik değişiklikler olarak yansımaktadır. Bu değişiklikler yüzeysel akış ve infiltrasyon gibi hidrolojik süreçleri etkilemektedir. Ülkemizin iklim değişikliği ve küresel ısınmanın etkileriyle riskli ülkeler arasında olduğu ve zamanla tatlı su kaynaklarında kayıplar yaşayabileceği, kuraklık, çölleşme gibi sorunlarla yüz yüze gelebileceği öngörülmektedir. Yaşanması beklenen su sorunlarının ciddi boyutlara ulaşmaması için doğal su kaynaklarının korunması önemlidir. Suyu korumanın bir yolu da yüzeysel akışı kontrol altında tutmayı sağlayan, toprağa sızdıran ya da belli yerlere yönlendiren mekanik toprak yapılarıdır. Genel olarak kabul edilen bir sınıflandırması bulunmasa da bu toprak yapılarının; yüzeysel akış ve toprak erozyonunu azaltırken toprak nemini ve randımanını arttırdığı kabul edilmektedir. Bu derlemede yüzeysel akışın kontrolünde faydaları bulunan farklı mikro havza toprak yapılarına değinilmiş ve genel olarak toprakta suyu tutabilecek yöntemler literatür ışığında değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, su koruma, toprak yapıları.

Some Soil Structures for Water Conservation in Microcatchments

ABSTRACT

Water, which is the basis of life, is increasingly under pressure due to the increasing temperatures, extreme weather events and climate change effects occurring in precipitation. These pressures cause disruption of the water cycle and changes in water quality. The effects of climate change on water resources on a basin basis are reflected as floods, drought, decrease in snow mass, changes in surface runoff and hydrological changes in groundwater. These changes affect hydrological processes such as surface runoff and infiltration. It is predicted that our country is among the risky countries due to the effects of climate change and global warming, and may experience losses in fresh water resources over time and face problems such as drought and desertification. It is important to protect natural water resources in order to prevent the expected water problems from reaching serious dimensions. One of the ways to protect water is mechanical soil structures that keep surface runoff under control, infiltrate into the soil or direct it to certain places. Although there is no generally accepted classification, it is recognised that these soil structures increase soil moisture and fertility while reducing runoff and soil erosion. In this review, different micro-basin soil structures that have benefits in controlling surface runoff are mentioned and methods that can retain water in the soil are evaluated in the light of the literature.

Keywords: Climate change , soil structures, water conservation.

1. Giriş

Ülkemizin büyük bir bölümü ılıman kuşak ile tropikal kuşak arasında kalan subtropikal büyük Akdeniz iklim bölgesinde yer almaktadır (Türkeş, 2008). Hem Kuzey Afrika'nın kurak iklimi hem de Orta Avrupa'nın yağışlı iklimi arasındaki bu Akdeniz iklim bölgesinde yer alan Türkiye, bu bölgelerdeki fırtına yollarında ya da yüksek basınç kuşaklarında meydana gelen etkileşimlerden oldukça etkilenmektedir. Bu durum Akdeniz havzasını iklim değişikliklerine karşı daha da hassas bir hale getirmektedir (Lionello vd., 2006). Dünya Meteoroloji Teşkilat raporlarında da belirtildiği gibi Akdeniz havzasında bulunan Türkiye, iklim değişikliğinin en yoğun yaşandığı bölgelerden birindedir. İklim değişikliğinin etkilerinin sonucunda meydana gelen aşırı hava olaylarının sayısı, şiddeti ve süresi giderek artmaktadır. Ortalama sıcaklıklar değerlendirildiğinde en sıcak yıl 15.5 °C ile 2010 yılıdır, 2023 yılı ise 15.1 °C ile en sıcak üçüncü yıl kabul edilmiştir (MGM, 2024). Antropojenik sera gazı emisyonları nedeniyle Akdeniz havzasında iklim tahmin edilenden daha hızlı gerçekleşmektedir. Akdeniz havzasını ele alarak yapılan iklim değişikliği projeksiyonlarında yapılan simülasyonlar neticesinde yaz mevsiminde yağışta %25-30'u geçen azalmalar ve 4-5 °C'nin üzerinde sıcaklık artışı olacağı öngörülmektedir (Giorgi ve Lionello, 2008). Dünyanın ortalama sıcaklığının yükselmesi, deniz seviyesinin artmasıyla bazı bölgelerin su altında kalacağı ve iklim değişikliği ile su altyapısının yetersiz geleceği, nüfusun artmasıyla tüketim ve kullanım suyunun karşılanamayacağı düşünülmektedir (IPCC, 2013). Kullanılabilir su talebinin artması ve erişilebilir tatlı su miktarının kısıtlı olması nedeniyle kişi başına düşen su miktarı giderek azalmaktadır. Su kaynakları üzerindeki baskıyı tanımlayan falckenmark indeksine göre Türkiye'de 2020 yılı için yıllık kişi başına düşen su miktarı 1 346 m³'tür ve Türkiye su azlığı çeken bir ülke konumunda bulunmaktadır (Çapar, 2019, DSİ, 2022). Tatlı su kaynakları sınırlı ve su azlığı çeken bir ülkede, su talebindeki artış, hidrolojik kuraklığın etkisini şiddetlendirmekte (Örs ve ark., 2011) ve su ile ilgili sorunları daha da belirginleştirmektedir. Bu sorunlardan biri su döngüsünün bozulması ve su kalitesinde oluşabilecek değişikliklerdir. Su kaynaklarının korunmasıyla ilgili önlemler doğal arazi yapısının, toprağın ve akiferin su tutma kapasitesinin artırılması olarak belirtilmektedir (NWRM, 2017). Bu önlemlerin alınması su akışının sağlanması, sel, taşkınlar, tuzlanma, çölleşme için önlemler alınması konusunda avantajlar sağlamakta ve su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmaktadır (PAD, 2017). İklim değişikliği ile uyumlu olan yağmur suyu hasadı ile (Dobrowksy ve ark., 2014), kırsal ve kentsel alanları yönetirken bu alanlarda yağmur suyunu depolayarak farklı sektörlerin su talebini karşılayabilecek çözümler üretilebilmektedir. Orman, tarım, mera ya da yerleşim alanlarında uygulanabilen, doğal bitki örtüsü ve doğal malzemelerden yararlanan su hasadı alanlarının oluşturulması iklim değişikliğinin getireceği sorunlar karşısında sosyal ve ekonomik olarak dayanıklılığı arttırmaktadır (PAD, 2017). Bazı mekanik toprak yapıları uygulamaları sürdürülebilir ve ekosistem dostu bir su yönetimi modeli oluşturarak tahrip olmuş alanların restorasyonuna imkân tanımakta, erozyonu ve sedimentasyonu azaltmakta ve toprak verimini arttırmaktadır. Bu derlemede iklim değişikliğiyle birlikte azalan su kaynaklarını korumak ve onlardan uygun biçimde yararlanmak için bahçeler, doğal alanlar için mikro havza düzeyinde su tutmaya yönelik toprak yapılarına literatür ışığında değinilmiştir.

2. Dünyadaki Suyun dağılımı ve Toprak Yapılarıyla İlişkisi

Gezegimizde mevcut su miktarı ortalama 1 400 milyon km³'tür ve dünya yüzeyinin ortalama %71'i suyla kaplıdır. Bu suyun % 97.5'i okyanus ve denizlerdeki tuzlu suyu oluştururken, % 2.5'i Antarktika ve Grönland gibi kutup bölgelerinde buz örtüsü olarak ya da yeraltı sularında depolanmış tatlı suyu oluşturmaktadır. Bu tatlı sulardan ise ulaşılması en kolay yüzeysel sular, depolanmış tatlı su hacminin sadece % 0.26'sını oluşturmaktadır. Erişilebilen temiz su kaynakları göller, nehirler, dereler gibi yüzey sularında bulunmaktadır ve miktar olarak dünyadaki toplam tatlı su potansiyelinin % 0.10'unu meydana getirmektedir (MGM, 2024). Bir yandan dünyada hızla artan nüfus, iklim değişikliği etkileri, su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı vb. nedenler su kaynaklarına olan talebi gitgide arttırmaktadır (Börü ve Toprak, 2022). Bu bilgiler özellikle sınırlı tatlı su kaynaklarının korunmasının ve sürdürülebilir kullanımının ne kadar önemli olduğunu açıkça göstermektedir. Su kaynaklarından daha stratejik şekilde yararlanmak, sürdürülebilir şekilde yönetebilmek için yağmur suyu hasadını daha da önemli hale getirmektedir (Himat, 2018). Yağmur suyu hasadı hem sulama hem de diğer kullanım suları için yer altı suyundan faydalanmanın yanında yağışla gelip akışa geçen suyun toplanması ve kullanılması için geliştirilen yolların tamamıdır (Lancaster, 2008). Yağmur suyu akışını yakalayan ve yönlendiren basit arazi şekillendirmeleri ile yağmur suyu faydalı bir şekilde kullanılabilen, kentsel ve doğal alanlarda bitki büyümesini teşvik etmekte, sulama ihtiyacının yerini musluk suyuyla değiştirebilmektedir (Daily and Wilkins, 2012). Genellikle yağışın az olduğu ve suyun aktif şekilde toplanması gereken alanlarda mikro havza su tutma yapıları kullanılmaktadır. Mikro havza su hasadı yapılarını eş yükselti sedde ve teraslar, yarı dairesel seddeler, kaş şekilli teraslar, küçük çukurluklar, bitki sıra arası sistemler, yüzey akış şeritleri, negarim ve meskat sistemleri gibi toprak yapıları oluşturmaktadır (Oweis ve ark., 2001; Yetik ve Şen, 2020). Bu yapılar özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda yağmur suyunun yüzeyden akıp kaybolmaması, diğer tabakalara sızdırılması, toprağın suyu absorbe edebilmesi esasına dayanmaktadır. Suyu toprakta daha uzun süre tutmak temel prensip olduğundan su tutma yapılarında daha çok doğal materyaller tercih edilmekte ve geçirimsiz yüzeylere olabildiğince yer verilmemektedir (Lancaster, 2009). Kurak ve yarı kurak bölgelerde ağaçlar, çalılar ve diğer otsu bitkilerle katman ve biyoçeşitlilik sağlanmaktadır; savak, teras, sedde gibi yapılarla da alanın su tutma kapasitesi artırılmaktadır (Lancaster, 2008). Bu tür su hasadının ucuz olması, yapımının basit olması, düşük bakım gerektirmesi ve arazide yağmur suyunu tutması gibi avantajları bulunmaktadır (Daily ve Wilkins, 2012). Bunlara ek olarak yağmur suyunun alanlarda tutulmasının; erozyonu ve seli önlemek, su kirliliğinin önüne geçmek, flora ve faunayı beslemek, yer altı sularını beslemek, toprak üretkenliğini arttırmak birçok faydaları bulunmaktadır (Lancaster, 2008).

3. Yüzeysel Akışı Kontrol Altında Tutmak için Dikkat Edilmesi gereken Bazı Noktalar

Kırsal ve kentsel alanlarda yüzeysel akışı kontrol altında sağlıklı bir şekilde tutmak için bazı noktalara dikkat etmek gerekmektedir. İlk olarak su akışının nereden ve hangi yöne aktığı, nerede biriktiği, hangi yüzeylerde emildiği konusunda dikkatli bir gözlem yapmak önemlidir ve alandan akışa katkıda bulunan veya saha dışı drenajlar olmak üzere "havza" sınırlarını tanımlamak gerekmektedir. Yüzeysel akışı tutan bir yağmur suyu hasadı sistemi

kurulurken; su akış hızı en düşük olan yerden başlanması ya da alandaki en yüksek noktanın seçilmesi gerekmektedir. Bu sayede yer çekimi kuvvetinin de etkisiyle, hasat edilen su aşağı havza bölümüne kolay bir şekilde yönlendirilmekte ve bu gerçekleşirken toprağın suyun içine sızması sağlanmaktadır. İlk aşamada sistemi küçük ve basit ölçekte çalışmak yararlıdır. Mümkünse alanda daha fazla su toplamak amacıyla birden fazla küçük alt havza oluşturmak faydalıdır, bunun için mevcut topografyadan yararlanılması önerilmektedir (Lancaster, 2008; Daily and Wilkins, 2012). Yavaşlat, Yaydır ve su ile doymak anlamını çağrıştıran Yedir olarak ifade edilen 3Y Kuralı (ya da İngilizce 3S: Slow, Spread, Sink) ile; yüzey akışı zigzaglar şeklinde yavaşlatılmakta ve alınan mesafe uzatılarak erozyonun önlenmesi hedeflenmektedir (Lancaster, 2008; PAD, 2017). Suyu depolamak için en ucuz yer topraktır. Toprağa yayılan su ile yüzey alanı ve sızan su miktarı artmaktadır ve toprağa ne kadar çok su sızarsa, yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun da azalmasıyla yönetilmesi daha kolay hale gelmektedir (Daily and Wilkins, 2012). Bu yöntem sistemin en tepe noktasından suyun emildiği noktaya kadar filtrelemeyi arttırmaktadır. Sistemi kurarken taşkın yolu belirlemek ve kaynak olarak kullanmak; bir yağış olduğunda yüzeydeki akış yükselerek taşabileceğinden önemlidir. Arazinin en yüksek noktasından başlayan bir tahliye yolu planlanmalı ve taşkınlar kaynak olarak yönetilmelidir. Bunların yanında toprak yüzeyinde bitkilendirme ile malçlama uygulamaları topraktaki su tutma kapasitesini arttırmaktadır (Lancaster, 2008, PAD, 2017). Yağmur suyunu toprakta tutma uygulamalarında malçlamanın pozitif bir etkisi bulunmaktadır. Malçlama toprağın üzerine organik ya da inorganik materyaller eklenerek buharlaşmayı sınırlandırması, havalanmayı sağlaması, erozyonu önlemesi ile önemli bir araçtır (Anonim, 2018). Bazı organik malç materyalleri ağaç kabukları, yaprak, sap, posa, gübre vb. iken bazı inorganik malç malzemeleri taş, kum, çakıl vb. malzemelerden oluşmaktadır. Malçlama işlemi sayesinde toprak nemini korumakta, yüzeydeki evaporasyon azalmakta, kökün etrafı bitki büyümesine uygun şekilde korunmakta, yabancı otlar kontrol altına alınmaktadır. Malç tabakası toprak yüzeyine göre daha pürüzlüdür ve su akışını engellemektedir. Bitki materyalinden olan malç tabakaları toprağı erozyondan korur ve yüzeyde kabuk oluşumunu engeller. Malç malzemeleri rüzgara karşı korunması için bir toprak tabakası ile kaplanabilmektedir (Anonim, 2003). Toprakta yüzeysel akışı kontrol altında tutmak, bitkilendirmede yerel türleri kullanmak, malçlama ve kompost uygulamaları yağmur suyu hasadını daha sağlıklı bir hale getirmektedir. Bu sistemi kurarken diğer doğal sistemlerle de entegre olarak uyumlu olduğuna ve sistemin sık sık düzgün çalışıp çalışmadığına dikkat edilmelidir. Su hasadı alanının eğiminin hesaplanması ve alana uygun bir tasarım yapılması gerektiği ifade edilmektedir (PAD, 2017).

4. Yüzeysel Akışın Kontrolünde Mikro Havzalar için Kullanılan Bazı Toprak Yapıları

Doğal alanlardaki yüzeysel akışı tutmanın; toprak nemini artırma, yeraltı suyunu besleme, toprak besinlerini zenginleştirme, biyokütle üretimini artırma gibi faydaları bulunmaktadır (Reddy, 2016). Mikro havza sistemleri, yüzey akışının kısa bir mesafe boyunca küçük bir toplama alanından toplandığı boyut olarak küçük sistemlerdir (Mengü ve Akkuzu, 2008). Akan su genellikle ya kök bölgesinde depolanmakta ve doğrudan bitkiler tarafından kullanılmakta ya da daha sonra kullanılmak üzere küçük bir rezervuarda depolanan bitişik bir tarım alanına uygulanmaktadır. Uygulama havzalarının büyüklüğü

genellikle birkaç metrekare ile yaklaşık 1000 m² arasında değişebilmektedir (Oweis et al., 2001). Dünyada farklı şekillerde uygulamaları olan su hasadı teknikleri birbirine benzemekle birlikte farklı bölgelerde farklı isimler olarak da kullanılabilir (Critchley and Siegert, 1991). Bitkiler ve bitki gruplarının sulanması için kullanılan yüzey akışının toprakta depolandığı mikro ölçekli havzalardaki toprakta su tutma uygulamaları, kurak ve yarı kurak alanlarda yağmur suyu yönetiminde bitki örtüsüne katkı sağlamak ve erozyonu azaltmak açısından önemli bir yol olarak ifade edilmektedir (Şen ve ark., 2019). Ana prensibi alanın bir noktasına düşen verimsiz yağmur suyunu başka bir alana paylaşmak olan su hasadı (Oweis et al., 2001), geçmişten günümüze kadar gelmiş eski bir uygulamadır. Su hasadı teknikleri tarım alanında yüzeysel akış dağılımlarını (Al-Seeckh ve Mohammad, 2009) ve verimsiz alanlarda tarımsal üretimi etkili kılmaktadır (Anschütz et al., 2003). Toprak ve su koruma amacıyla uygulanan çeşitli toprak yapılarının herkes tarafından kabul edilen bir sınıflandırması bulunmamaktadır ve bu toprak yapıları ülkeden ülkeye farklılıklar göstermektedir (Balcı, 1996). Teraslar, küçük çukurluklar, kaş şekilli teraslar, negarimler, meskatlar ve diğer mikro havza su hasadı sistemleri pasif yağmur suyu hasadı sayılmaktadır. Ortak özelliği; yağmur sularının pasif bir şekilde herhangi bir enerji harcanmadan toprak profilinde, su tutma havzasında ya da varillerde depolanmasıdır (Oweis et al., 2001).

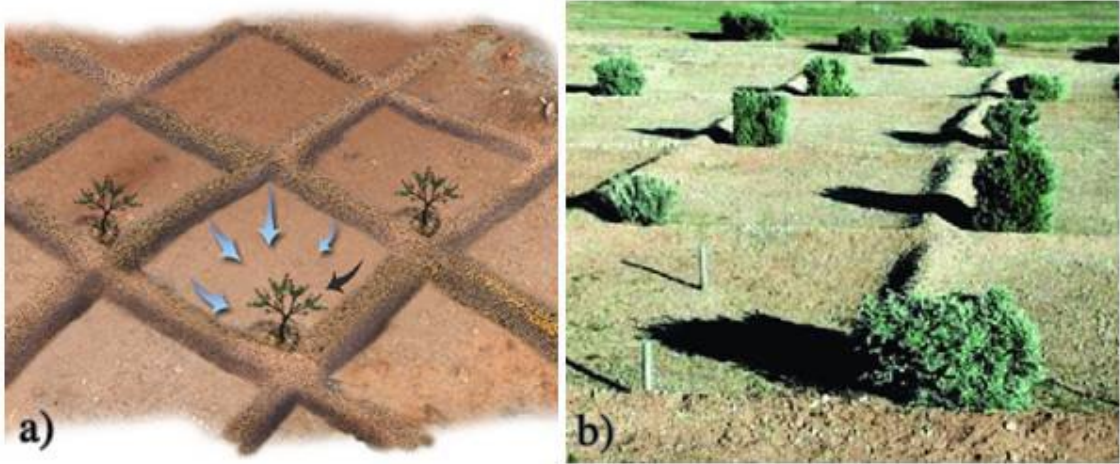
Çukurlar ve havzalar yoluyla yağmur suyunun en yaygın mikro havzaları küçük dikim çukurları (zay,tassa), negarimler, meskatlar ve küçük yarı dairesel seddelerdir (Reddy, 2016). Küçük çukurluklar, Batı ve Doğu Afrika'da kullanılan bazı bozulmuş tarım arazilerinin rehabilitasyonu için eski bir uygulama olarak uygulanmaktadır. Çukurların çapı genellikle 0,3–2 m arasında değişmektedir ve toprağın yapısına göre 5–15 cm derinliğe kadar ulaşabilmektedir (Wright, 1985). En ünlü küçük çukur sistemi Burkina Faso'da kullanılan (zay) sistemidir. Bu sistem gübre ve çeşit çeşit otlarla toprağın bir kısmı karıştırılarak zay içine konmakta ve geri kalan toprak kısmı küçük bir bent oluşturmak için kullanılmaktadır (Oweis et al., 2001). Bu sistem Kenya'da Katumani çukurluğu olarak geçmektedir (Hatibu ve Mahoo, 1999). Dikim çukurları yağmur suyunu tutarak, nemi ve verimliliği korumakta ve toprak yapısının iyileşmesini desteklemektedir (Mazvimavi et al., 2010) (Şekil 1).



Şekil 1. Küçük çukurluklar/ Zay sistemi a) Ortalama 20-30cm genişliğinde ve 10-20cm derinliğinde gübre çukurlarının açılması, b) İlk yağmurdan sonra çukurlara kompost konulması, c) Zay sisteminden elde edilen ürün (Derkyi ve ark., 2018).

Negarim olarak adlandırılan mikro akış havzaları, yağmur suyunun bitkinin kök bölgesinde birikimini sağlamak amacıyla alçak toprak setlerle çevrili küçük baklava biçimli yapılardan oluşmaktadır. Yüzey akışıyla gelen yağmur suyu, elmas ya da dikdörtgen şeklin uzun köşegenine paralel maksimum arazi eğimine sahip olacak şekilde yönlendirilmekte,

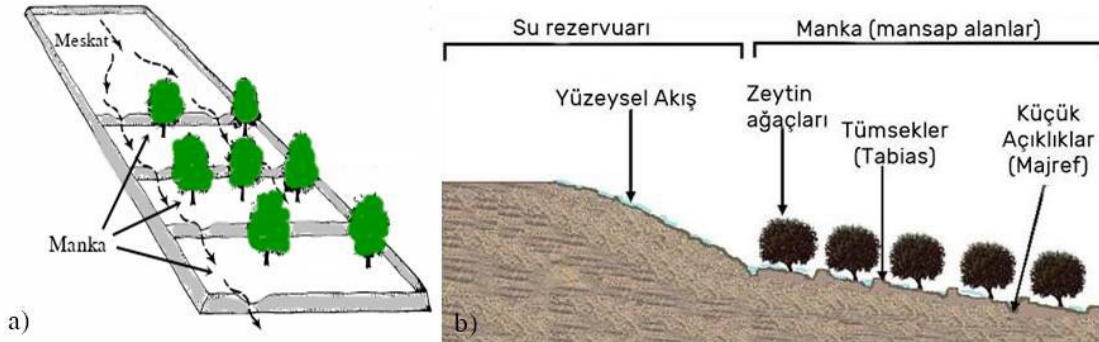
böylece akışın bitkinin yerleştirildiği en alt köşeye akması sağlanmaktadır. Negarimin düz zeminde tercih edilmesi randımanı arttırsa da %1-5 arası eğimlerde de inşa edilebilmektedir, %5'in üzerinde bir eğimde oluşturulacaksa toprak erozyonu riskinden dolayı bent yüksekliğinin artırılması gerektiği belirtilmektedir (Oweis ve ark., 2001). Bu teknik genellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, sulama imkânı zor olan eğimli arazilerde, zeytin bahçelerinde toprak ve su erozyonunun kontrolünü sağlamak amacıyla uygulanmaktadır (Kuzucu, 2019). Aynı zamanda papaya, narenciye, muz ve mango gibi meyve ağacı mahsullerinin üretimi için de negarim mikro havzalarından yararlanılmaktadır. Baklava dilimi şeklindeki negarim mikro havzalar yüzey sularını bitkilerin yerleştirildiği köşe noktasına doğru yönlendirmektedir. Böylece bitkinin dikili olduğu en aşağı noktada yüzey suyu toprağa sızmaktadır. Negarim genellikle yağışın 300 mm civarlarında seyrettiği eğimin %1.5 arasında olduğu sahalarda verim artışı sağladığından tercih edilmektedir (Reddy, 2016) (Şekil 2). Bir çalışmada, Negarim mikro havza tekniği kullanılarak plastik örtü, taş örtü, mikro-havza yüzeyinin sıkıştırılması ve kontrol konularından oluşan 36 adet mikro-havzanın toprak ve su erozyonuna olan etkisi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, mikro-havza yüzeyi plastik örtü ile kaplı olduğundan erozyon kontrolünü en iyi şekilde sağlayan uygulama plastik örtü olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, Negarim mikro havza su hasadı tekniği, ağaçların büyüme ve gelişimini arttırmanın yanı sıra toprak ve su muhafazası açısından da yararlı ve uygulanabilir bir teknik olarak görülmektedir (Kuzucu, 2019).



Şekil 2. a) Ağaç üretimi için dikim çukurlarıyla birleştirilmiş negarimler (Critchley, 1991; Black ve ark., 2012), b) Plantasyonlu negarim mikro havza örneği (Pradhan ve Sahoo, 2019).

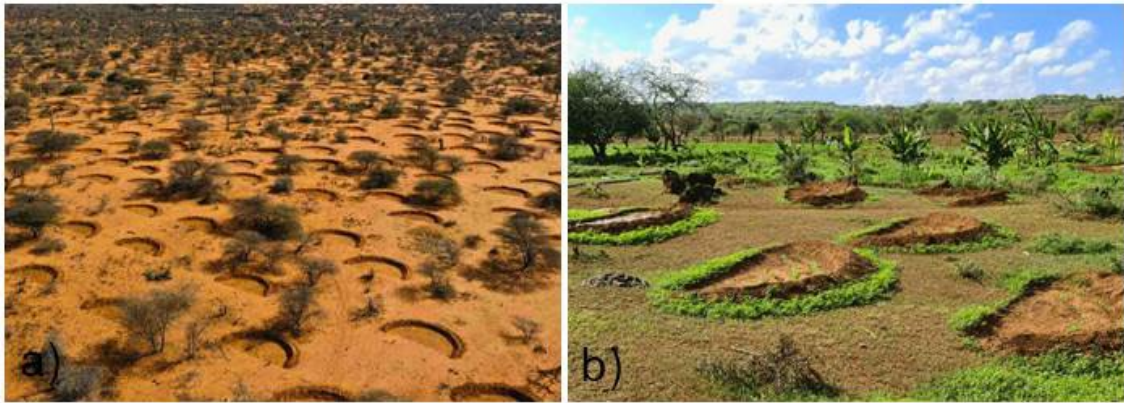
Meskat sistemi, Roma döneminden günümüze kadar yüzeysel akışı toplamak için kullanılan Tunus'ta eski bir teknik terim olarak kabul edilmektedir. Başta Tunus Sahel olmak üzere yarı kurak bölgelerde benimsenen bir toprak ve su koruma uygulaması olan Meskat, meyve ağaçları, çoğunlukla zeytin ve incir ağaçları için uygulanmaktadır (Prinz, 2001; Oweis vd. 2001, Salem et al., 2013). Bu sistem yıllık yağışların 200-400 mm arasında gerçekleştiği ve eğimin %2-15 arasında olduğu bölgelerde genellikle ağaç yetiştirmek için tercih edilmektedir (Prinz, 2001). Meskat sistemi yüzey akışını toplayarak su ve toprak erozyonu ve taşkınların önlenmesiyle sonuçlanan yeraltı suyunun beslenmesini de sağlamaktadır (Reddy, 2016) (Şekil 3). Meskat sisteminde çalışma prensibi yukarı kısımda bulunan su rezervuar alanında yüzeysel akışı toplamaktır. Daha sonra toplanan su manka adı

verilen mansap arazilerdeki ağaçların sulanması için dağıtıcılar aracılığıyla yönlendirilmektedir Farklı seviyelerdeki yüzeysel akış tümsekler tarafından durdurulmakta ve küçük açıklıklar yoluyla bir parselden diğerine yönlendirilmektedir (Majdoub ve ark., 2013).



Şekil 3. a) Meskat sistemi, b) Bir meskat sisteminin kesit olarak görüntüsü (Salem ve ark., 2021'den düzenlenerek alınmıştır).

Toprakta su tutma yöntemlerinden bir diğeri ise yarım daire şeklindeki toprak dolguları ya da seddelerdir (Şekil 4). Seddeler, taşkın sularına karşı bir önlem olarak inşa edilen toprak yapılarıdır ve genellikle bir akarsu boyunca oluşturulan suni dolguları ifade etmektedir (DSİ, 2019). Meraların ıslahı, bazı yem bitkilerinin üretimi, ağaç ve çalılıarın yetiştirilmesi için de tercih edilmektedir (Moges, 2004). Ağaçlardan badem, kayısı, antep fıstığı, zeytin ağaçları için tercih edilmektedir. Eğimin %0,5-5 arasında olduğu bölgelerde genelde uygulanmaktadır. Bu uygulama genellikle 1-7m genişliğinde ve birbiriyle çakışmayacak şekilde sıralanarak uygulanmaktadır (İncebel, 2012). Yarım daire biçimli çukurlar, toprağı gübrelemek ve nemi korumak için kompost, ürün artıkları gibi materyallerle doldurulmaktadır (Reddy, 2016).



Şekil 4. Kenya'da yarım daire şeklindeki toprak yapıları/sedde örnekleri a) Kenya, Naibunga Koruma alanı b) Kenya Olorika bölgesi (Anonim, 2023).

Bu uygulamanın düz arazide kullanılabileceği gibi %15'e kadar olan eğimli alanlarda da kullanılabileceğini ifade etmektedir. Ülkemizde ise %15'e kadar eğimli alanlarda kullanılan yarı dairesel toprak yapıları kaş terası ya da cep teras mansap tarafında taşlarla desteklenmekte ve eğim ne kadar büyükse setlerin de o kadar güçlü olması gerektiği ifade edilmektedir (Oweis ve ark., 2001). Cep teraslar eğimin fazla olduğu (<%80) ve diğer teras tiplerinin uygulanamadığı durumlarda, genellikle karstik, taşlı arazilerde ya da normal

mevilde orman ağaçlandırmasının yapılacağı alanlarda tercih edilmektedir (Şekil 5). Cep teraslar tesis edilirken ağaç dipleri çanak şeklinde açılarak, bitkinin yüzeysel akıştan daha fazla faydalanması amaçlanmaktadır (ÇEM, 2015).



Şekil 5. Cep teras örnekleri a) Zeytinde cep teras (ÇEM,2015), b) Fındık yetiştiriciliğinde cep teras uygulaması (Anonim, 2021).

Akış şeritleri tekniği ya da şerit havza toprak işleme; yumuşak eğimler için uygundur ve genellikle tarla mahsulleri için tercih edilmektedir (Şekil 6). Bu uygulama alanlarında yukarı yöndeki şerit, toplama alanı olarak kullanılırken, aşağı yöndeki şerit ekinleri desteklemektedir (Hatibu and Mahoo, 1999; Oweis et al., 2001). Bu mikro havza yöntemi ile yamaçtaki su hareketi kısıtlanmaktadır. Bitkisel şeritler; nemi korumakta ve yabancı otları kontrol etmekte çiftlik hayvanları için değerli yem ve malçlama (şeritleri keserek) için materyal sağlayabilmektedir (Reddy, 2016). Kontur setler, tarım yapılan bölgelerde 1-2 m genişliğinde eğime dik olarak oluşturulmaktadır. Şerit şeklindeki tarım tesisi içinde ağaç ya da otsu bitkilerin ekildiği tamponlar şeklinde işlev görmektedir (ÇEM, 2015).



Şekil 6. Şerit havza toprak işleme ya da kontur setleri örnekleri. a) Ağaç dikimi için kontur setleri (Elasha ve ark., 2006), b) Kontur setleri uygulanmış bir alan -Mali (Traorea ve ark., 2004).

Teraslar, yamaç üzerine gelen yağışın tahliyesi gerçekleşmeden önünün kesilerek, toprakta suyun tutulmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda yağışın bir kısmının da yamaca zarar vermeden ve erozyona sebep olmayacak şekilde oyuntulardan akmasını sağlayan tesislerdir. Kontur setler, basamak şeklindeki teraslar, aralıklı basamak şeklindeki teraslar, hendek teraslar ve cep teraslar gibi bir çok farklı teras tipi bulunmaktadır (ÇEM, 2015).

Basamak şeklindeki teraslar, arazi eğimi boyunca birbirlerini takip eden bir grup basamağı içermektedir. Ülkemizde genellikle dik arazilerde, meyve fidanı ya da orman

seki teraslar ve sulanabilen seki teraslar, eğimli seki teraslar, ters eğimli ve dışa eğimli seki teraslar gibi bir çok farklı tipleri bulunmaktadır. Geniş tabanlı teraslar ise; düz eğriler boyunca inşa edilen, kanal eğimi sıfır olan, geniş bir sırtı bulunan mekanik toprak yapılarıdır. Bu tip terasların başlıca işlevi; yüzeysel akışın toprağa kazandırmak, alanı erozyona karşı korumak, yüzeysel akışla taşınan fazla suyu güvenli ve zararsızca uzaklaştırmaktır. Genellikle yağış şiddetinin infiltrasyon hızından fazla olduğu ve erozyona yatkın bölgelerde, düşük su tutma kapasitesine sahip sığ topraklarda güvenle tercih edilmektedir (Balcı, 1996). Teraslama yönteminde terasların çeşidine ve uygulanan alanın özelliklerine göre değişen bir ölçü olsa da genellikle terasların genişliği; kazılabilecek toprağın maksimum derinliğinin eğimin derecesine bölünmesiyle elde edilmektedir. Teraslama yaparken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar şunlardır: Su tutma kapasitesi yüksek ve akifer oluşumuna müsait topraklarda teraslama yapılmamalıdır, teraslar oluşturulurken her zaman en aşağı noktadan başlayıp yukarıya doğru ilerlenmelidir (Ünal ve Akyüz, 2017).

Bu teknikler, su ve toprak kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımını sağlamak için önemli bir araçtır. Ancak, uygulamanın başarısı, bitki, toprak, arazi ve iklim özelliklerine uygun olan mikro havza sistemlerinin seçilmesine bağlıdır (Anonim, 2024).

5. Sonuç

Su, canlılar ve onların yaşamsal faaliyetleri için temel bir kaynaktır. Nüfusun hızla yükselmesi, sanayileşme, kentleşme, arazi kullanım değişikliği, tarımdaki bilinçsiz sulama teknikleri ve iklim değişikliğinin etkileriyle tatlı su kaynakları da tehdit altındadır ve tatlı su kaynaklarına olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye’de ve dünya genelinde iklim değişikliğinin ulaştığı boyut ve gelecek yıllarda yaşanması beklenen su sıkıntısı düşünüldüğünde hem insan hayatı üzerinde hem de bir bütün olarak doğa üzerinde su ihtiyacının karşılanabilmesi için önlemler alınması ve stratejik planlar yapılması gerekmektedir. BMİDÇS Sekreteryasında hazırlanan raporlarda ekosistemler ve doğa koruma ile ilgili plan ve stratejilerin ana kısımlarından bir tanesini İDES (Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi) oluşturmaktadır. İDES’te doğa koruma ile ilgili azaltım stratejilerinden biri su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasıdır (ÇŞB, 2011). Su korumaya yönelik yüzeysel akış ve toprak erozyonunu azaltan, toprak nemini ve randımanını arttıran, alandan faydalanmayı arttıran hendek, teras, sedde vb. gibi toprak yapıları da bunlardan bir tanesidir. Bu derlemede stratejik ve sürdürülebilir uygulamalardan biri olan su korumaya yönelik toprak yapılarının mikro havzalar için bazı kullanım şekilleri ve örnekleri gösterilmiştir. Bu tip mikro havza su hasadı toprak yapıları eğimli alanlara inşa edilmiş botanik bahçelerinde de kullanılabilir. İklim değişikliğine uyum kapsamında su ve toprak korumayla ilgili uygulamalar yaygınlaştırılmalı ve artan su talebi karşısında su kaynaklarının yıllar sonrası için tahrip edilmeden nasıl aktarılacağı konusunda önlemler alınmalıdır.

6. Kaynaklar

- Anonim, (2003). Soil and Water Conservation With a Focus on Water Harvesting and Soil Moisture Retention. FARMESA (The farm Level Applied Research Methods for east and Southern Africa), Harare, Zimbabwe.
- Anonim, (2018). Yağmur Bahçesi Uygulama Kılavuzu. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ankara.
- Anonim, (2021). T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı Ordu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. Erişim adresi: <https://ordu.tarimorman.gov.tr/Haber/1207/Isimiz-Saha-Gucumuz-Saha-Findik-Yetistiriciliginde-Cep-Teras-Uygulama-Projesi-Hayata-Gecirildi>. Erişim tarihi: 26.02.2024.
- Anonim, (2023). Collaborating with Wyss Academy for Nature in Kenya. Erişim adresi: <https://justdigg.it.org/news/collaborating-with-wyss-academy/>. Erişim tarihi: 26.02.2024.
- Anonim, (2024). Su hasadıyla suyu etkin kullanın. Türk Tarım ve Orman Dergisi. Erişim adresi: <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/417/su-hasadiyla-suyu-etkin-kullanin>. Erişim tarihi: 23.02.2024.
- Anschütz, J., Kome, A., Nederlof, M., Neef, R. D. and Ven, T. V. D. (2003). Water harvesting and soil water retention. Agromisa Foundation. Wageningen.
- Auckland Regional Council (ARC), (1992). Stormwater Treatment Devices Design Guideline Manual. Technical Publication 10, Auckland, New Zealand.
- Balcı, N. (1996). Toprak Koruması. İçinde Bölüm 9: Su Erozyonunun Kontrolünde Kullanılan Mekanik Önlemler. İstanbul Üniversitesi, yayın no 3947.
- BMİDÇS (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) (2002). İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi- Madde 1-Tanımlar, http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Mevzuat/BM_iklimcerceve.
- Boston Water and Sewer Commission, (2013). Stormwater Best Management Practices (BMP): Guidance Document. Boston, USA.
- Börü, S. ve Toprak, Z. F. (2022). Yağmur suyu hasadı literatürü üzerine bir inceleme. *Türk Hidrolik Dergisi*, 6(1)- 42-50.
- Çapar, G. (2019). Su Kaynakları Yönetimi ve İklim Değişikliği. İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (iklimİN): İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 8.
- ÇEM, (2015). Erozyon ve Sel Kontrolü Uygulamalarında Dikkate Alınacak Hususlarla İlgili Rehber. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ÇŞB, (2011). İklim değişikliği ulusal eylem planı (2010-2020). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Critchley W. (1991). Water Harvesting: A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 154p.
- Critchley, W. and Siegert, K., (1991). Water harvesting: A manual for the design and construction of water harvesting schemes for plant production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Daily, C. and Wilkins, C. (2012). Passive water harvesting. *College of Agriculture and Life Sciences*, The University of Arizona, AZ1564.

- Derkyi, M., Koomson, D., & Baidoo, A. (2018). Climate-Smart Agriculture Adaptation Strategies for Farmers in the Transition Zone of Ghana: Lessons from the Savannah Zone -- A Simple Guide ---. *Centre for Climate Change and Gender Studies, University of Energy and Natural Resources*. ISBN: 978 – 9988 – 2 – 7759 – 8.
- Dobrowksy, P. H., Mannel, D., Kwaadsteniet, D. M., Prozesky, H., Khan, W., & Cloete T. E., (2014). Quality assessment and primary uses of harvested rainwater in Kleinmond, South Africa. *Water SA*, 40(3), 401-406.
- DSİ, (2019). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, TAŞKIN VE RÜSUBAT KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190503-1.htm>
- DSİ, (2022). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Toprak Su Kaynakları. Erişim adresi: <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754#:~:text=%C3%9C%20k%C5%9F%20ba%C5%9F%20d%C3%BC%20kullan%C4%B1labilir,ya%C5%9F%20aras%C4%B1nda%20yer%20almaktad%C4%B1r.>
- Elasha, B. O., Goutbi, N., Siegfried, E. S., Dougherty, B., Hanafi, A., Zakieldeen, S., Sanjak, E., Atti, H. A., & Elhassan, H. M. (2006). Adaptation strategies to increase human resilience against climate variability and change: Lessons from the arid regions of Sudan. *AIACC Working Paper No. 42*. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/228660994_Adaptation_strategies_to_increase_human_resilience_against_climate_variability_and_change_Lessons_from_the_arid_regions_of_Sudan. Erişim tarihi: 26.02.2024.
- FAO, (2007). Potential of Rainwater harvesting in Somalia. Technical Report No. W-09 Oct 2007.
- Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and planetary change*, 63(2-3), 90-104.
- Hatibu, N., & Mahoo, H., (1999). Rainwater harvesting technologies for agricultural production: a case for Dodoma, Tanzania. Department of Agricultural Engineering and Land Planning/Sokoine University of Agriculture, Tanzania.
- Himat, M. A., (2018). Çatılardan yağmur suyu hasat potansiyelinin il bazında değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- IPCC (2007): AR4 Climate Change 2007: Synthesis Report. Erişim tarihi: 01.02.2023. Erişim adresi: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm
- İncebel, C. (2012). Alternatif Su Kaynaklarının Endüstriyel Kullanıma Kazandırılması İçin Çatı Yağmur Suyu Hasadı (OSTİM Örneği), Yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Joshua, B., Malesu, M. M., Oduor, A., Cherogony, K. & Nyabenge, M. (2012). Rainwater Harvesting Inventory of Kenya. An overview of techniques, sustainability factor and stakeholders. Technical Manual 18, Nairobi, Kenya: The World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Kalmutzki, M. J., Diercks, C. S. and Yaghi, O. M., (2018). Metal-Organic Frameworks for Water Harvesting from Air. *Advanced Materials*, 30(37), 1704304.
- Kuzucu, M. (2019). Kuru Üretim Zeytin Bahçelerinde Yağmur Suyu Hasadı Malç Uygulamasıyla Toprak ve Su Muhafazasının İncelenmesi. *Türkiye Tarım Dergisi*, 7(4), 576-582.

- Lancaster, B., (2008). Rain Harvesting for Drylands and Beyond. Volume 2: Water Harvesting Eartworks, Rainsource press, Tuscon, Arizona USA. ISBN: 978-0-9772464-1-0.
- Lancaster, B., (2009). Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond, Published by Rainsource Press Tuscon, AZ, USA. ISBN: 978-0-9772464-0-3.
- Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R., Alpert, P., Artale, V., Li, L., Luterbacher, J., May, W., Trigo, R., & Tsimplis, M. (2006). The Mediterranean climate: an overview of the main characteristics and issues. In P. Lionello, P. Malanotte-Rizzoli, & R. Boscolo (Eds.), *Mediterranean Climate Variability* (Vol. 4, pp. 1-26). Elsevier.
- Majdoub R, Khelifi S, Ben Salem A, M'Sadak Y (2013) Impacts of the Meskat water harvesting system on soil horizon thickness, organic matter, and canopy volume of olive tree in Tunisia. *Desalin Water Treat* 52:2157–2164.
- Mazvimavi, K., Ndlovu, P. & Nyathi, P., (2010). Conservation agriculture practices and adoption by smallholder farmers in Zimbabwe. 3rd AAAE Conference, Cape Town, South Africa.
- Meriç, B. T. (2004). Su kaynakları yönetimi ve Türkiye. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28(1), 27-38.
- MGM, (2024a). 2023 Yılı iklim Değerlendirmesi. Erişim adresi : <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2023-iklim-raporu.pdf>. Erişim tarihi: 22.02.2023.
- MGM, (2024b). Dünyada Su. Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=3>. Erişim tarihi: 23.02.2024.
- Moges, Y., (2004). Tropical Forestry Water Harvesting Tecniques: Training and Construction Manual Consultancy Sub-report.
- NOAA, (2022). State climate summaries 2022 Arizona. Erişim adresi: <https://statesummaries.ncics.org/chapter/az/> . Erişim tarihi: 08.06.2023.
- NWRM, (2017). (Natural Water Retention Measure). Erişim tarihi: 01.06.2023. Link: <http://ec.europa.eu/environment/water/adaptation/ecosystemstorage.htm>
- Oweis, T., Prinz D. & Hachum, A. (2001). Water harvesting: indigenous knowledge for the future of the drier environments. *Indigenous Knowledge for the Future of the Drier Environments*. ICARDA, Aleppo, Syria.40 pp.
- Oweis, T, Prinz, D, & Hachum, A. Y. (2012). Rainwater harvesting for agriculture in the dry areas. CRC press. ISBN: 978-0-203-10625-9 (eBook – PDF).
- Örs, İ., Safi, S., Ünlükara, A. ve Yürekli, K. (2011). Su Hasadı Teknikleri, Yapıları ve Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(2), 65-71.
- Prinz, D. (2001). Water Harvesting for Afforestation in Dry Areas, Proceedings, 10th International Conference on Rainwater Catchment Systems, 10-14 Sept. 2001, Mannheim, 195–198.
- REC Türkiye, (Bölgesel Çevre Merkezi) (2015). A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi. ISBN: 978-975-6180-43-3.
- Reddy, P.P. (2016). Sustainable Intensification of Crop Production: Mikro-Catchment Rainwater Harvesting. Springer Nature Singapore, 223-238.
- Revitt, D. M., Ellis, J. B., & Lundy, L. (2017). Assessing The Impact Of Swales On Receiving Water Quality. *Urban Water Journal*, 14, 839- 845.

- Salem, E. B., Majdoub, R., M'Sadak, Y. & Khlifi, S. (2013). Importance of the Meskat system and its landscape insertion through the olive groves of Sousse Region (Tunisian Sahel). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 4(2), 382-386.
- Salem, A. B., Amri, A. E., M'nassri, S., Chokman, K., & Majdoub, R. (2021). Spatio-Temporal Monitoring of the Meskat System Distribution in the Tunisian Sahel Region Using TM Landsat Images. İçinde *Environmental Remote Sensing and GIS in Tunisia*. Switzerland : Springer Nature.
- Schuch, U. K. & McCornik, B. G. (2021). Landscape management practices to optimize passive rainwater harvesting and plant health. *The University of Arizona Cooperative Extension*, az1916.
- Şen, S., Yılmaz, G., Topdemir, T. ve Alkan, Ü. (2019). Zeytin Fidan Gelişimine Mikro havza Su Hasadı Tekniği İle Toprak Su Tutma Kapasitesini Artırıcı Bazı Uygulamaların Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 122-129.
- PAD, (2017). Yağmur Hasadı uygulamalarına giriş rehberi: İklim Değişikliğine Uyum Kapsamında bir çözüm önerisi. Peyzaj Araştırmaları Derneği, Ankara.
- Pradhan, R., & Sahoo, J. (2019). Smart Rainwater Management: New Technologies and Innovation. İçinde *Smart Urban Development*.
- Timur, U. P., Ediş, S., Timur, Ö. B., ve Göl, C. (2012). Kentsel Alanlar ve Yerleşkelerde Su Hasadı Teknikleri; Planlama ve Tasarım. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(1), 170-174.
- Traorea, K. B., Gigoub, J. S., Coulibalya, H., & Doumbia, M. (2004). Contoured ridge-tillage increases cereal yields and carbon sequestration. *Agricultural and Food Sciences, Environmental Science*, 55156065.
- Ünal U. ve Akyüz D. E., (2017). Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemlerinde yağmur hendeklerinin değerlendirilmesi. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 1(1),15-24.
- Wang, Q., Zhang, E., Li, F. M. & Li F. R., (2007). Runoff Efficiency and the Techniques of Micro-water Harvesting with Ridges and Furrows, for Potato Production in Semi-arid Areas. *Water Resources Management*, 22(10), 1431-1443.
- Wright P. (1985). Soil and water conservation as a starting point for rural forestry: The Oxfam project in Ouahigouya, Burkina Faso. *Rural Africana*, 23, 79-86.
- WWAP (World Water Assessment Programme), (2012). Birleşmiş Milletler Dünya Su Gelişim Raporu 4: Risk ve Bilinmezlik Altındaki Su Yönetimi (The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk). Paris, UNESCO.
- Yetik, A. K. & Şen, B. (2020). Su Hasadı Sistemlerinin Önemi ve Teknikleri. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(sp1), 46-53.