



Su Hasadı Teknikleri, Yapıları ve Etkileri

İnci ÖRS^{1*} Sevda SAFİ² Ali ÜNLÜKARA³ Kadri YÜREKLİ¹

¹ Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, TOKAT

² Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, TOKAT

³ Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, KAYSERİ

*Sorumlu Yazar
inciors@hotmail.com

Özet: Kuraklık, iklim değişiminin bir sonucu olarak, gerek insanoğlu gerekse ekosistem için en ciddi problemlerden biridir. Kuraklık, taşkın ve fırtına gibi ani olarak ortaya çıkmamasına rağmen, diğer doğal afetlerden daha fazla insanı tehdit eden dünyanın en yüksek maliyetli afetlerindedir. Su kaynaklarının kısıtlı oluşuna karşın, hızlı nüfus artışı ve bunun bir sonucu olarak da suya olan talepteki artış, kuraklığın etkisini daha da artırmaktadır. Son zamanlarda gerek ülkemiz gerekse dünya gündemini meşgul eden küresel ısınmanın ülkemizi de kuraklık anlamında önemli oranda etkileyeceği ön görülmektedir.

Yüzey akışın toplanarak bu suyun üretken kullanımını sağlamak şeklinde genel anlamda tanımlanan su hasadı antik çağlardan beri dünyada çeşitli yerlerde kullanıla gelen bir uygulamadır. Su hasadının başlıca üstünlükleri, basit, ucuz, yenilebilir, etkili ve adapte edilebilir olmasıdır. Su hasadı, geniş toplanma alanlarından gelen ve yüzey akış şeklinde yoğunlaşan yağmurun daha küçük alanlarda kullanılması süreci şeklinde tanımlanabilmektedir. Su hasadı yapıları, yetersiz yağış ve bu yağışın düzensiz dağılımı nedeniyle su eksikliğinin yaygın olduğu kurak ve yarı-kurak alanlarda ürün alamama riskini düşürerek ve ürün artışı sağlayarak işlenebilir alanların üretkenliğini artırma potansiyeline sahiptirler. Ayrıca yağmurun düştüğü yerde tutulması ve toprak profilinde depolanması şeklinde de su hasadı teknikleri uygulanmaktadır. Su hasadı teknikleri, toprak erozyonu ve sedimentasyonu azaltma ve toprakta su depolanmasını ve toprak verimliliğini artırma aracı olarak uzun zamanlardır kullanılmaktadır. Su hasadı teknikleri işlenen tarım alanlarında uygulanırken su hasadı yapıları doğal ve ormanlık alanlardan gelen yüzey akışının depolanması ve tarım alanlarında kullanılması şeklinde uygulanmaktadır. Bu çalışmada çeşitli su hasadı teknikleri, eski ve modern su hasadı yapıları ve etkinlikleri hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Su hasadı, su hasadı yapıları, su hasadı teknikleri

Water Harvesting Techniques, Structures and Their Impacts

Abstract: As a result of climate change drought is one of the most serious problems for human being and ecosystem. Although drought does not occurred suddenly like run-off and thunderstorms; it is the highest cost disasters that threaten more people than other natural disaster. Despite the limited water resources, increasing world population and as a result of this increase in the demand for water grow the impact of drought. Recently it is projected that global warming occupying world and our country's agenda will also affects considerably the drought in our country.

Water harvesting, which was defined as collecting run-off and using it productively, have been practised since ancient ages in the different regions of the world. Major advantages of water harvesting are simple, cheap, replicable and efficient and adaptable practices. Water harvesting is also defined that the process of using rainfall, which resulted from wide catchments as run-off, in smaller areas. Because of uneven and insufficient rainfall in arid and semiarid regions, water harvesting structures have a potential that decreases risk of failed agriculture and increases areable land productivity. Additionally, water harvesting techniques are practised by holding rain where it falls and stores in soil profile. Water harvesting techniques are practised as a means of decreasing soil erosion and sedimentation, storing of water in soil profile and increasing soil productivity. While water harvesting techniques are used in agricultural lands, water harvesting structures are built to collect run-off resulted from rangelands and forestry lands. In this study eforted that inform on water harvesting techniques, old and modern water harvesting structures and their effects.

Key Words: Water harvesting, water harvesting structures, water harvesting techniques

GİRİŞ

Toprak ve su kaynakları ülkelerin en önemli doğal zenginlikleri arasında olup ülke nüfusunun gıda gereksinimlerini karşılayan tarımın ana unsurlarıdır. Türkiye de su kaynakları yetersizdir. Yaklaşık son 20 yılda Türkiye'nin önemli bir bölümünde kurak koşulların şiddetinde ve sıklığında bir artış gözlenmiştir. Tarımsal alanlarda sulama sıkıntısı oluşmuştur. Bu durum çiftçilerin gelirlerinin artmasını engellediği gibi tarım ürünleri ithalatımızın da artmasına yol açmıştır. Kurak bölgelerde nemin korunmasını sağlayacak su hasadı tekniklerinin araştırılması ve ülke koşullarına göre yeni yöntemler

geliştirilmesi zorunluluğu su kaynaklarının dengeli kullanımında en önemli faktörlerden biridir [1].

Kuraklık, iklim değişiminin bir sonucu olarak, gerek insanoğlu gerekse ekosistem için en ciddi problemlerden biridir. Kuraklık, taşkın ve fırtına gibi ani olarak ortaya çıkmamasına rağmen, diğer doğal afetlerden daha fazla insanı tehdit eden ve yıllık genel zararı ortalama olarak 8- 10 milyar doları bulan dünyanın en yüksek maliyetli afetlerindedir [2]. Su kaynaklarının kısıtlı oluşuna karşın, hızlı nüfus artışı ve bunun bir sonucu olarak da suya olan talepteki artış, kuraklığın etkisini daha da artırmaktadır.

Son zamanlarda gerek ülkemiz gerekse dünya gündemini meşgul eden küresel ısınmanın ülkemizi de kuraklık anlamında önemli oranda etkileyeceği ön görülmektedir. Özellikle Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin ciddi anlamda yağış eksikliği yaşayacağı tahmin edilmektedir. Zaten adı geçen bölgelerin geçmiş yıllardaki yıllık yağış ortalamalarına bakıldığında oldukça düşük değerlere sahip olduğu bilinmektedir. Dolayısı ile bu bölgelerin var olan kurak doğal bir iklim yapısına sahip olmasının yanında bir de küresel ısınma tehdidi, hem tarımsal üretim hem de diğer ihtiyaçlar için gerekli olan su talebinin karşılanması anlamında önemli sorun oluşturacaktır.

Günümüzde sürekli büyüyen nüfus ve artan su kullanımı nedeniyle özellikle su bakımından yoksul ülkeler açısından krizin boyutu gün geçtikçe artmaktadır. Gelecekte suyun yerine geçebilecek yapay bir maddenin bulunamayacağı gereğinden yola çıkarak suyun önemi daha da artarak, stratejik kıt bir kaynak olacağı öngörülmektedir [3]. Nüfus artışı, toplumsal ihtiyaçları karşılamak için yeterli su temini sorunu ve suya erişimde eşitliği sağlamak yüz yüze kalınmış en acil ve en önemli sorunlardan biridir. Fiziksel alternatifler açısından tatlı suyun sürdürülebilirliğini yerine getirmek için iki çözüm vardır: 1. Geleneksel yaklaşımları kullanarak alternatif veya ilave su kaynakları bulmak ve 2. Mevcut olan sınırlı su kaynaklarını daha iyi ve daha verimli kullanmaktır.

Dünya temiz su talebini karşılayamamakta ve daha fazla insan sınırlı su kaynaklarına bağımlı hale gelmektedir. Bu nedenle yağmur sularının kullanımı ön plana çıkmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, yağış çok az ve mevsim içinde veya mevsimlere göre büyük değişkenlik göstermektedir. Buna ilaveten zayıf vejetasyon, yüzeyi kaymak bağlamış sığ topraktan yüzey akışı ve buharlaşma ile yağmur sularının büyük bir kısmı depolanmamaktadır. Bu nedenle yağmur sularından maksimum faydalanılacak bir stratejinin geliştirilmesi gerekmektedir. Sulama, kuraklığa karşı en iyi çözüm olsa da çok pahalı olması ve su kaynaklarının yetersiz kalması nedeniyle günümüzde genellikle daha düşük masraflı alternatifler aranmakta ve bu su hasadı olarak belirtilmektedir [4].

Su hasadının çeşitli tanımları bulunmaktadır. Bu tanımların ortak yanı; su gereksinimlerini karşılamak için yağmur suyunun tutulması ve toplanmasıdır. Toplanan su ya doğrudan kullanım için korunur veya bu suyla yer altı suyu beslenir. Su sağlamak amacıyla yağmur suyunun havza yüzeyinden planlı toplanması ve depolanması, veya yüzey akışla yağışın konsantrasyonu ve faydalı kullanımlar için depolanması [5] veya doğal veya insan yapımı havza yüzeyinden akışa geçen suyun toplanması, konsantrasyonu ve depolanması [6] şeklinde su hasadı tanımları yapılmaktadır. En geniş anlamda çatılardan, toprak yüzeylerinden veya havzalardan basit teknikler kullanarak toplanan suların kullanılması şeklinde de su hasadı tanımlanmaktadır. Yağmur suyu hasadı, çok yıllık nehirlerle doğru su akışı ve bu suyun rezervuarlarda depolanmasından farklı olarak dikkate alınmaktadır.

Su hasadı, antik çağlardan beri dünyada çeşitli yerlerde kullanıla gelen bir tekniktir [5]. Çok farklı durumlara adapte olabilen, dünyanın en kurak ve en yağışlı bölgelerinde, gezegenimizin en fakir ve en zengin

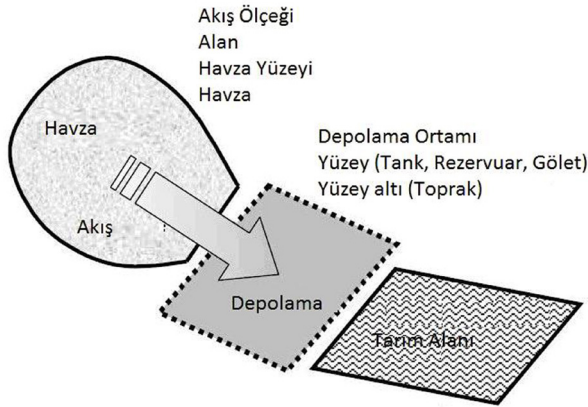
toplumlarında kullanılan bir teknolojidir. Su hasadının tarih boyunca tüm büyük toplumlarda örnekleri buluna bilmektedir. Roma döneminde çatı havza sisteminin kullanıldığı bilinmektedir. Roma evleri hatta tüm şehir M.Ö. 2000 yılından beri içme ve kullanma amaçlı temel su kaynağı olarak yağmur suyundan yararlanmak için tasarlanmıştır. İsrail de Negev Çölünde yıllık 100 mm yağış alan yerlerde tarım ve konut alanlarında yamaçlardan akan yağışı depolamak için tanklardan faydalandığı bilinmektedir. Bilinen en eski kanıt Afrika da Mısırda yaklaşık 2000 yıldır kullanıla gelen 200-2000 m³ lük tanklardan bu gün hala yararlanılmaktadır. Uygulama Asya da da uzun bir tarihe dayanmaktadır. Tayland da yaklaşık 2000 yıllık su toplama uygulamaları izlenmektedir. Afrika ve Asya da binlerce yıldır geleneksel toprak kapları içerisine basit bir suyuyla veya çatı saçaklarından yağmur sularının toplanması uygulanmaktadır. Dünyanın en büyük su toplama sarnıcının 140 m uzunluğunda 70 m genişliğinde ve 80.000 m³ kapasiteye sahip olan İstanbul'da ki Yerebatan Sarayı olduğu düşünülmektedir. Filistin bölgesinin uzun tarihi boyunca, çiftçiler şiddetli yağışların olumsuz etkisini azaltmak, akış ve toprak erozyonunu engelleyerek toprak organik madde miktarını arttırmak ve toprak su yapılarını korumak için taştan teraslar inşa etmişlerdir [7]. Yemende yağmur suyu hasadı teknikleri sulama maksatlı kullanılmaktadır. Libya, Tunus, Cezayir ve Moroco gibi kuzey Afrika ülkelerinde hasat tekniklerinin birçoğu hala mevcuttur.

Yağmurun düştüğü yerde tutulması ve toprak profiline depolanması şeklinde su hasadı teknikleri uygulanmaktadır. Su hasadı teknikleri, toprak erozyonu ve sedimantasyonu azaltma, toprakta suyun depolanması ve toprak üretkenliğinin artırılması aracı olarak uzun zamanlardır kullanılmaktadır. Su hasadının en önemli hedefi; tarımsal üretimde sürdürülebilir ve çevre dostu bir sistem ortaya koymaktır. Su hasadı; toprak erozyonu kontrolünün yanı sıra, kırsal ve kurak alanlara içme suyu ve tarımsal üretim için yeterli su sağlamaktadır. Su hasadının başlıca üstünlükleri, basit, ucuz, yenilenebilir, etkili ve adapte edilebilir olmasıdır [8]. Su hasadını çok çeşitli sosyo-ekonomik yararları yanında yer altı suyuna olan bağımlılığı azaltmakta ve su harcama maliyetlerini düşürmektedir. Oldukça yüksek geçirgenliğe sahip alanlarda fazla miktarda su tutulabilirirse, bu suyun bir kısmı yer altı suyunu beslemektedir. Ayrıca yağmur suyu bitki gelişimine zararlı olan toprak tuz birikimini azaltabilmektedir. Suyun hasat edilmesi üzerine bazı sınırlamalar bulunsa bile iyi bir planlama ve projeliklemeyle bu sınırlamaların üstesinden gelinebilmektedir [9].

Su hasadı yapıları, yetersiz yağış ve bu yağışın düzensiz dağılımı nedeniyle su eksikliğinin yaygın olduğu kurak ve yarı-kurak alanlarda ürün alamama riskini düşürerek ve ürün artışını sağlayarak işlenebilir alanların üretkenliğini artırma potansiyeline sahiptirler. Su hasadı teknikleri, işlenen tarım alanlarında uygulanırken su hasadı yapıları doğal ve ormanlık alanlardan gelen yüzey akışının depolanması ve tarım alanlarında kullanılması şeklinde uygulanmaktadır [10]. Su hasadı, sulamanın tam olarak gelişmemiş şekli olarak düşünülebilir. Su hasadının sulamadan farkı, çiftçilerin zamanlama üzerine kontrollerinin olmayışıdır. Yüzeysel akış sadece

yağış olduğu zaman hasat edilebilir. Bitkilerin tamamının yağışlarla beslendiği bazı bölgelerde yıllık yağışlarda %50 ye varan bir azalma, toplam ürün de büyük bir düşüşe sebep olabilir. Bununla birlikte eğer yağış daha küçük bir alanda toplanabilirse makul bir verim alınabilecektir [4]. Uygulamalarda, toplanan su, yüzey akış alanının hemen yanındaki ekim alanında sulama amaçlı kullanılmakta yada daha sonra kullanılmak üzere depolanmaktadır [11].

Su hasadı tekniği akışın toplandığı ve kullanıldığı yer olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır [12].



Şekil 1. Bitkisel üretim için su hasadı

Kurak ve yarı kurak bölgelerde su kıtlığı, mera ıslahı ve zirai gelişim için kısıtlayıcı ana faktördür. Bu yüzden su hasadı teknikleri toprak erozyonu ve sedimentasyonu azaltmak, toprak nemini ve verimliliğini artırmak için uzun süredir kullanılmaktadır [13]. İyi bir fide gelişimini sürdürmek ve ağaçlandırma amacıyla da yağışın yeterli olmadığı kurak ve yarı kurak bölgelerde su hasadı uygulanmaktadır. Yağışın ağaçlık alana konsantrasyonu yoluyla su sağlanması, kuraklığa eğimli alanlarda ağaçlandırma oranında önemli artış sağlayabilmektedir [14].

Su hasadı teknikleriyle toplanan sular bitkisel üretimde kullanıldığı gibi hayvansal üretim için de kullanılmaktadır. İnsanlar tarafından kendi su ihtiyaçlarını karşılamak için eskiden beri uygulanan yağmur suyu hasadı yeni tarzda son yıllarda gündeme gelmiştir. Bu çalışmada çeşitli su hasadı teknikleri, eski ve modern su hasadı yapıları ve etkinlikleri hakkında bilgi verilmektedir.

Su Hasadı Teknikleri

Dünyada yağmur suyu hasadının farklı sınıflandırmalar altında birçok tipleri, şekilleri ve farklı isimleri bulunmaktadır. En fazla kullanılan sınıflandırma sistemlerine göre başlıca iki su hasadı tekniği bulunmaktadır:

1) Bitkiler, çayırlar ve ağaçların sulanması için kullanılan yüzey akışın toplandığı *yağmur suyu hasadı*. Küçük ve orta ölçekli havzalardan yağmur suyu hasat yöntemlerini içermektedir. Mikro ölçekli havzalardan toplanan yüzey akış suları ya bir tank içerisinde depolanmakta veya bitişindeki infiltrasyon havzasının bitki kök bölgesinde depolanmaktadır. Bu infiltrasyon havzası tek bir ağaç, çalı veya yıllık bitkilerle ekilmektedir [16]. Bu mikro ve orta ölçekli yağmur suyu hasat yöntemleri içerisinde eş yükselti

seddeleri, yarı dairesel veya yamuk seddeler, kaş şekilli teraslar, eş yükselti terasları, küçük çukurluklar, bitki sıra arası sistemleri, Vallerani mikro havza sistemi, Negarim sistemi, Meskat sistemi, yüzey akış şeritleri, kırsal veya kentsel çatı yüzeyi sistemleri sayılabilmektedir.

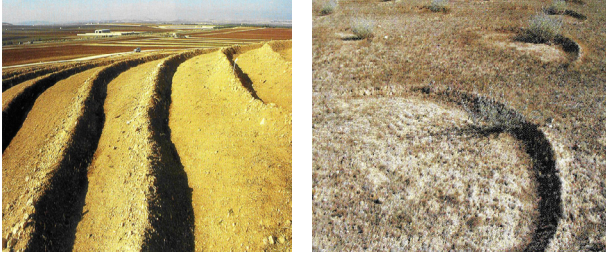
2) Geçici akarsu ve nehirlerin sel suyunu kullanan, aynı zamanda "sel sulaması" olarak da adlandırılan *taşkın suyu hasadı*. Makro havza teknikleri içerisinde değerlendirilen bu tür su hasadı tekniklerini vadi yatağı sistemleri ve vadi dışı sistemler oluşturmaktadır. Vadi yatağına küçük çiftlik rezervuarları, Jessour denilen vadi yatağı seddeleri inşa edilmekte ve çeşitli vadi yatağı işleme teknikleri kullanılmaktadır. Vadi dışı sistemleri ise yamaç su toplama kanalları, su yayma sistemleri, tanklar ve sarnıçlar oluşturmaktadır.

Bir alandan etkili şekilde hasat edilen su miktarına su hasadı potansiyeli denilmektedir. Bir alanın su hasadı potansiyelini etkileyen ana faktörler yağmur ve havza karakteristikleridir. Yağmur şiddeti, süresi, dağılımı ve deseni yağmur karakteristiklerini oluştururken havza alanı, uzunluğu, eğimi, toprak tipi ve örtü durumu havza özelliklerini oluşturmaktadır. Tahmin edilmesi en zor olan değişken yağmurdur. En az 10 yıllık bir dönemi kaplamak üzere güvenilir yağış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bir bölgede yağışlı günler sayısı azaldıkça yağmur suyu toplama sistemi gereksinimi ve boyutları artmaktadır. Kurak dönemler çok uzun ise yağmur suyunu depolamak için daha büyük depolara ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle yerlerde yağmur suyunun yer altı suyunu beslemesi daha fizibildir. Yağmur suyu havza sistemi performansı alaka tüm hesaplamalar yüzey akış katsayısının kullanımını gerektirmektedir. Yüzey akış katsayısı, yüzey akışı azaltan infiltrasyon, havza yüzeyinin ıslatılması, buharlaşma gibi kayıpları hesaplayabilmek için kullanılmaktadır. Herhangi bir havzanın yüzey akış katsayısı, yüzey akışa geçen su hacminin yüzeye düşen yağmur suyu hacmine oranı şeklinde tanımlanmaktadır.

Yağmursuyu Hasadı Teknikleri Mikrohavza Sistemleri

Eşyükselti seddeleri (sırtları): yıllık yağışın 300-600 mm, eğim değerinin % 1-25 arasında olduğu alanlarda kullanılmaktadır. Toprak seddeler taş malzemeye güçlendirilebilir. Havza alanının boyutları 50-100 m², ekim alanının boyutları 10-20 m² dir (Şekil 2). Sonuçta havza alanının ekim alanına oranı yaklaşık 5:1 dir. Bunlar 5 ile 20 m aralıklarla yan yana eşyükselti eğrisi boyunca inşa edilen seddelerdir. Sırtların üzerinde kalan kısım bitkisel üretim, geri kalan kısım ise, su toplama alanı için ayrılmıştır. Eşyükselti sırtları, az eğimli bozkır alanlarda yem bitkileri, çim ve dayanıklı ağaçlar için, yarı kurak iklimlerde ise, sorgum, çavdar, fasulye ve börtölce için uygun bir tekniktir. Eşyükselti seddeleri, ormanlaştırma için Kenya da Lake Baringo alanında bir su hasadı tekniği olarak kullanılmıştır. [17], İsrail'in Negev çölünde su hasadı sistemlerinin 4000 yıla aşkın bir süredir kullanıldığını, [18], Kuzey Negev Çölünde kontur terasların en yaygın kullanılan hasad tekniği olduğunu belirtmişlerdir.

Yarı dairesel veya yamuk seddeler: genellikle çayır mera alanlarının iyileştirilmesinde, çalı bitkileri ve sebze tarımında, ağaçlandırmada özellikle badem ağacı, kayısı,



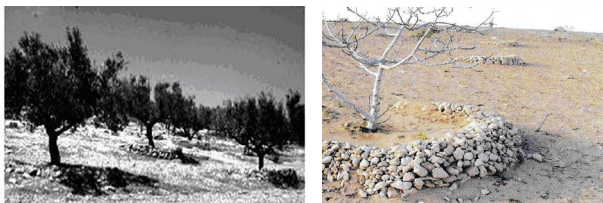
Şekil 2. Eş yükselti seddeleri ve yarı dairesel seddeler

şeftali, Antep fıstığı, zeytin ve nar ağaçları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar toprak seddeler olup yarı dairesel şekilde, hilal şeklinde veya yamuk şeklinde eğim doğrultusunda yapılırlar. Yıllık yağışın 300 mm den daha fazla olduğu alanlar ile eğimin %0,5-5 arasında olduğu alanlarda kullanılırdılar. Yaklaşık 0,5 m yüksekliğinde toprak seddeler, yağışın toprağa infiltre olana kadar depolandığı hafif çukurlukları çevirmektedir. Yarı dairesel yapılar 1-8 m genişliğinde olabilir ve çoğunlukla çakışmayacak şekilde sıralanmışlardır. Yarı dairesel tavaların uçları eş yükselti üzerinde olmak zorundadır (Şekil 2).

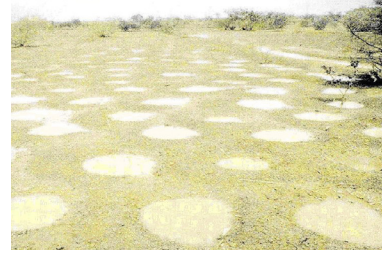
Kaş şekilli teraslar: Yarım daire şeklinde eğim yönünde taşlarla desteklenmiş yapılardır. Kaş şekilli teraslar, yalnızca ağaçlara veya çalılara yeterli su sağlayan mikro havzalarlardır. Bu teraslar akışı düz bir seviyede tuttukları için aynı zamanda "platform terasları" olarak da adlandırılırlar (Şekil 3). Havza boyutları 5-50 m² ve ekim alanı 1-5 m² dir. Bu teknik %1-50 arası eğimde uygulanabilmekte; daha dik eğim demek taş malzemeyle seddelerin güçlendirilme zorunluluğu anlamına gelmektedir. Kaş şeklindeki teraslar yıllık yağışın 200-600 mm arasında olduğu alanlarda uygulanabilirler [14].

Küçük Çukurlar: Bozulmuş toprakların iyileştirilmesi için kusursuz bir tekniktir. Çukurlar 5-15 cm derinliğinde kazılır. Gübre ve bazı bitki artıkları toprağın bir kısmıyla karıştırılır. Çukurlar seddeleri sayesinde yavaşlatılan yüzey akış sularını muhafaza eder ve verimsiz tarım arazilerinin yeniden kullanıma açılmasını sağlar. Tek yıllık ürünler için kullanılırlar (Şekil 4).

Negarim mikro havzalar: Negarim mikro havzalar, alçak toprak seddeler tarafından çevrilmiş elmas veya baklava dilimi şeklindeki küçük yapılardır. Yağmur sularını yüzey akışa geçirerek, bitkinin yerleştirildiği köşe noktasına doğru yönlendirirler. Yüzey akış ağaçların dikili olduğu en alçak noktada infiltre olmaktadır (Şekil 5). Çoğu negarim mikro havzaları, yıllık yağışın 100-400 mm eğimin %1-5 arasında olduğu alanlarda kurulur. Negarim mikro havzasının belirtilen boyutları İsrail de 100-250 m² ve Hindistan'da 400 m²'ye kadar çıkmaktadır. Yağışın %15-90'ı hasat edilebilmekte ve ağaçlar için kullanılabilir. Havza alanının ekim alanına oranı çoğunlukla 1:1 ya da 10:1, daha geniş veya daha düz havzalarda 25:1 olabilir. Ortadoğu da Negarim

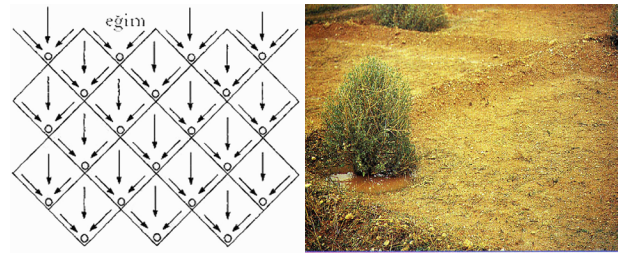


Şekil 3. Kaş teraslarında zeytin ağaçları Merkezi Tunus.



Şekil 4. Küçük çukurlar.

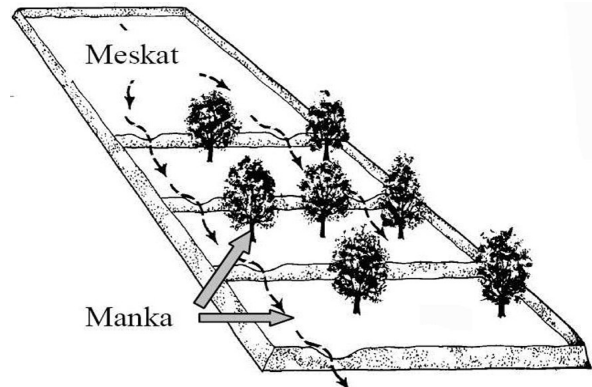
mikro havzaları kayısı, zeytin, badem, nar ve Antep fıstığı gibi meyve ağaçları için kullanılmaktadır. Fakat aynı zamanda ağaçlandırma ve hayvanların beslendiği çalılıkların kurulumu için de kullanılır. Negarim tipi su hasadı tekniği ile toprak erozyonu da önlenir.



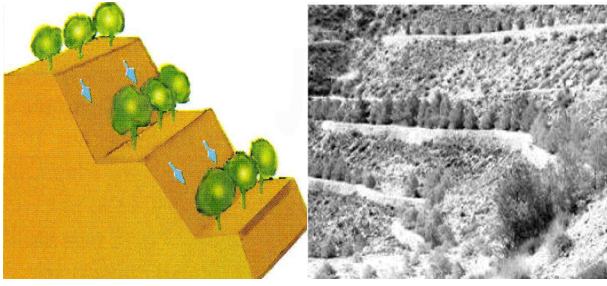
Şekil 5. Seddelerle çevrilmiş alanın en alçak köşesinde ağaç dikili bir Negarim sistemi.

Meskat sistemler: Meskat sistemler, Tunus'ta kullanılan yerel bir terim olup yıllık yağışın 200-400 mm ve eğimin %2-15 arasında olduğu alanlar için uygundur. "meskat" olarak adlandırılan etrafı seddelerle çevrili bir su toplama havza alanından meydana gelen sistem yaklaşık 500 m² boyutlarındadır ve "manka" olarak adlandırılan yaklaşık 250 m²'lik bir ekim alanı bulunmaktadır. Tüm meskat sistemi, 20 cm yüksekliğinde bir seddeyle çevrili olup erozyona neden olmadan oluşan yüzey akışın manka parsellerine akmasına ve aşırı suyun mankayı terk etmesine izin veren dolu savaklarla donatılmıştır (Şekil 6). Meskat sistemi yalnızca ağaçlar yetiştirmek için kullanılan bir mikro havza tekniği olup Tunus da 300.000 hektarı kaplayan alanda manka parsellerinde zeytin ağaçları yetiştirilmektedir.

Eş yükselti banket teraslar: Eş yükselti banket terasları yıllık 200-600 mm'lik yağışa sahip %20-60 eğimli alanlarda inşa edilmektedir. Doğal eğimli arazi merdiven serilerine dönüştürülmektedir. Eş yükselti banket terasları



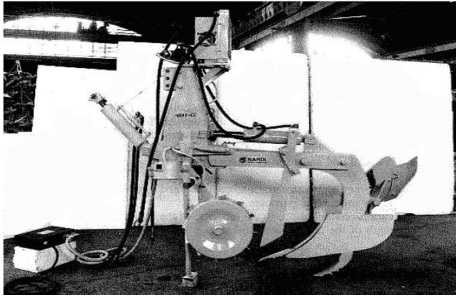
Şekil 6. Tunus'ta Meskat mikro havza su hasat sistemi [20].



Şekil 7. Ağaç yetiştirilen eşyükselti banket terasları

düz bitki ekim alanına sahip olup daha dik bitki ekilmeyen teraslar arası alandan bu alana ilave su sağlanmaktadır. Bu teraslar çok sık “drenaj” gösterirler. Havzanın, ekim alanına oranı 1:1-1:10 aralığında bir orandır. Bu teknik, ağaç dikimi için dünyada birçok ülkede uygulanmaktadır (Şekil 7).

Vallerani-tip mikro havzalar: İtalyan mühendis Vallerani tarafından ağaçlandırma için tamamen mekanize edilmiş küçük mikro havzalar hazırlama sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem yıllık yağışın 200-600 mm ve eğimin %2-10 arasında olduğu alanlarda uygulanabilmektedir. Mikro havzalar “Delfino pulluğu” denilen ve saatte 400 adet mikro havza inşa eden özel bir pullukla inşa edilmektedir (Şekil 8). Her bir mikro havza yaklaşık 600 l civarında bir su tutma kapasitesine sahiptir. Bu belirtilen su oranı ağaçların ikame edilmesi için çok yüksektir. Eğer büyük alanlar işlenecekse ve düşük nüfus yoğunluklu bölgelerde daha fazla çölleşmeden kaçınmak için hızlı bir faaliyete gereksinim duyuluyorsa bu özel pullukların kullanımı ekonomik olabilmektedir. Bu pulluk Akdeniz ve Afrika ülkelerinde (Örn. Nijerya) ormanlaştırma amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 8. Ormanlaştırma amacıyla Vallerani-tip mikro havzaların kurulumu için “Delfino Pulluğu” [21].

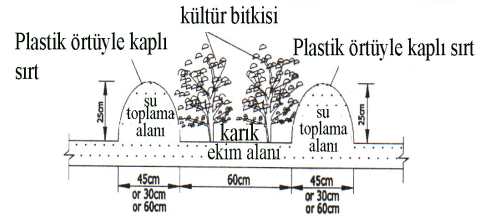
Yamaçmikrohavzalar: Tekbirağaçyadaçalılayeterli su sağlayan dikdörtgen biçimindeki mikro havzalardır. Havza boyutları 5-50 m² ve ekim alanı boyutları 1-5 m² dir. Bu teknik, %1-50 eğimde uygulanmakta ve normalde parsel etrafında sedde bulunmamaktadır. Bu sistemin fonksiyonunu icra edebilmesi için infiltrasyon havzasının düzenli çapalanması ön koşuldur. Yamaç mikro havzalar yıllık yağışın 200-600 mm arasında olduğu alanlarda uygulanabilirler (Şekil 9).

Bitki sıra arası sistemler: Yağmurun miktarının makul düzeyde verimli bitki yetiştirilmesi için uygun olmadığı yerlerde uygulanan bir mikro havza su hasadı tekniğidir. Bu teknikte bitki ekili alana karık ve sırt şekli verilmektedir. Bitkiler arası sırt şeklindeki alan üzeri ya malç örtüyle kaplanmakta veya buradaki toprak sıkıştırılmaktadır. Sırtlar üzerine düşen yağmur suyu karıklarda ekili bitkilere yönlendirilmektedir (Şekil 10).



Şekil 9. Yamaç Mikro havzaları

Yağış miktarı, şiddeti, yetiştirilen bitki ve toprak özelliklerine göre farklı sırt:karık oranları ve malça kaplama yapılmaktadır. Sırtlardan toplanan suyla karıklarda çeşitli yıllık bitkiler yetiştirilmektedir. [22], 30:60 cm, 45:60 cm ve 60:60 cm sırt:karık oranlarıyla yaptıkları çalışmada patates yetiştirmişlerdir. Bu çalışmada sırtlar plastik malç ile kaplanmış veya sırt toprağı sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma sırtlı konularda kontrol konusuna göre iki yıllık patates verimi artışı %14.9-%28.4 iken plastik kaplı sırtlarda verim artışı %158.6-175.0 olmuştur. En uygun sırt:karık oranı 39:60 ve 48:60 olarak belirlenmiştir. Patatesin su kullanım etkinliği (WUE) plastik malç kaplı sırtlarda 1.50-1.62 kat daha fazla iken sıkıştırma sırtlarda kontrol konusu ile bir farklılık bulunmamıştır.



Şekil 10. Karık ve sırt mikro hasat tekniği

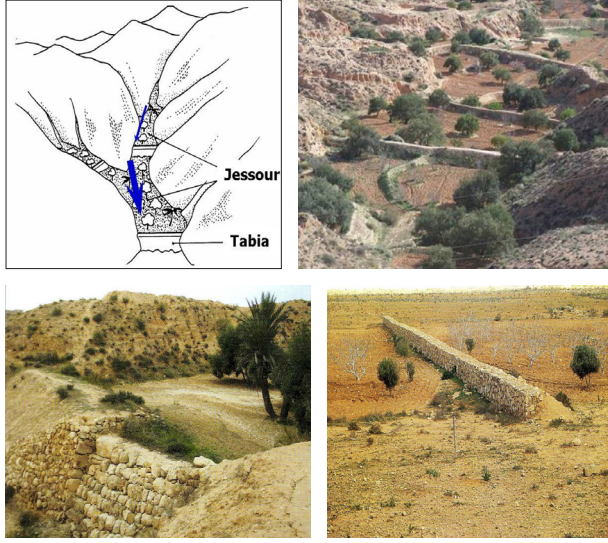
Makrohavza Sistemleri

Yamaç Kanal Sistemi: Yamaç kanal sistemlerinde küçük taşıma kanalları, uzun eğimlerden tepe ayağındaki ekili alanlara suyu yönlendirmektedir (Şekil 11). Bu teknik, 200-600 mm lik yıllık yağışlı ve %10’u aşan eğimlerde uygulanabilir. Aşırı suyun uzaklaştırılması gereksinimi bulunduğu gibi yapıların sağlam olması zorunluluğu da bulunmakta ve iyi bir planlama gerektirmektedir.

Jessour Sistem: Jessour terimi Tunus’un güneyinde, nispeten dik vadilerde eğim boyunca ve eğime dik konumda inşa edilen duvarları tanımlayan Arapça bir terimdir. Bu sistem ya eğim ayaklarında veya mevsimlik akarsu kanalları içinde inşa edilen, toprak, kaya ya da kum sepetlerinden yapılan küçük barajlardan ibarettir.



Şekil 11. İsrail Negev Çölünde su hasat eden yamaç kanalı



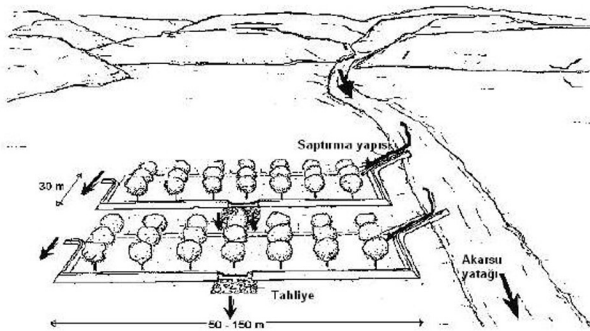
Şekil 12. Jessour sistem su hasadı

Jessour sistemi bir bariyer, teras ve toplama alanından ibaret hidrolik ünitelerdir. (Şekil 12). Bariyer, sediment ve yüzey akış suyunu tutmaktadır. Aşırı suyun tahliyesini sağlayan ana ve lateral dolu savaklarla donatılmışlardır. Teras, bitkiler için ayrılmış alan olup sediment birikimiyle zamanla meydana gelmektedir. Bariyer yakınlarında genellikle zeytin, incir, badem ve hurma gibi meyve ağaçları ve baklagil bitkileri (bezelye, nohut, mercimek, bakla) yetiştirilir. Geriye kalan alan tahıl kültüründe kullanılır. Su toplama alanı ise doğal su yollarını içermektedir [23]. Bitki ekim alanı 0.2-5 ha aralığındadır ve havza alanının ekim alanına oranı 100:1 den 10000:1 e kadar değişmektedir.

Yetonga'lı çiftçiler taştan örülmüş setler sayesinde yağmur sularının araziden akıp gitmesi yerine, araziye yayılarak toprağa sızması ile ilk yıldan itibaren verimin %30-60 oranında arttığını gözlemlemişlerdir [24]

Taşkınsuyu Hasadı Sistemleri

Taşkın suyu, ağaçlandırma için kurak dünyanın birçok kısmında kullanılmaktadır. Taşkın suyu hasadı, büyük bir vadide (geçici bir akarsu yatağı) yüzey akış suyunun aktığı kilometrelerce büyüklükte bir alanı, daha karmaşık baraj ve dağıtım şebekelerini gerektiren sistemleri kapsamaktadır. Taşkın suyu hasadı teknikleri zaten birkaç bin yıldır uygulanmaktadır ve sistemler NW Meksika, Pakistan, Tunus (Şekil 13), Kenya, Çin vb. ülkelerde bulunmaktadır [8, 25].



Şekil 13. Taş veya beton saptırma kanalları ve dolu savaklı bentler kullanılarak Tunus'ta taşkın suyunun saptırılması [26].

SONUÇLAR

Son yıllarda özellikle gelişmekte olan ülkelerde su hasadına verilen önem artmaktadır. Yeni bir su kaynağı olarak yağmur suyu hasadı tekniği çok popüler ve hızla yaygınlaşmaktadır. Kırsal kesimdeki su hasadının sosyal ve ekonomik etkileri dikkate alındığında; su hasadı güvenilir ve devamlı su kaynağı sağlamakta, mevcut suyu kullanarak yeni fırsatlar sunmaktadır (hayvancılık ve tarım gibi), daha fazla iş imkanı ile gelir artmakta, köyden kente göç azalmakta ve böylelikle kırsal alan daha fazla gelişmektedir [9].

Su hasadıyla elde edilen avantajlar güvenli olmayan yağışla ters düşmektedir. Geçici depolar (sarnıçlar, küçük rezervuarlar) vasıtasıyla güvenli olmayan yağışın kısmen üstesinden gelinebilmektedir. Modern hidrolojik araçlar (örn: yağış olasılığının hesaplanması) havza alanının gerekli boyutlarının daha hassas belirlenmesine izin vermektedir [27].

Dünya çapında yapılan çeşitli araştırmalar kurak ve yarı kurak alanlarda su hasadıyla daha verimli bitki yetiştirildiğini göstermektedir. Bu araştırma sonuçlarına göre toprak erozyonu azalmakta, yer altı sularının aşırı tüketiminin önüne geçildiği gibi yer altı sularının beslenmesi de söz konusu olmaktadır. Su hasadının özellikle kurak marjinal alanlarda, ağaçları ikame edecek ve ormanlaştırmaya imkan sağlayacak değerli bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Su hasadı tekniklerinin uygulanacağı bölgelere özel hasat tekniklerinin belirlenmesi ve kuraklığa dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi önem arz etmektedir. Havza yağış durumu ve havza karakteristiklerinin belirlenmesi, su hasat yapılarının planlanması ve projelendirilmesi ve mikro hasat tekniklerinin belirlenmesi için gereklidir. Türkiye'de Karaman gibi yarı kurak alanlarda su hasadına yönelik yapılacak araştırmalar, en uygun hasat teknikleri ve ihtiyaç duyulan su hasadı yapılarının belirlenmesinde, en uygun bitkilerin seçiminde yararlı sonuçlar doğuracaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim, 2009. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Projesi., <http://www.tagem.gov.tr>
- [2] Wilhite, D.A., 2000. Drought as a natural hazards: concept and definition in: Wilhite, D.A. (Ed.), Drought: A Global Assessment Routledge, 3-18s.
- [3] Mengü G., Akkuzu E., 2008. Küresel Su Krizi ve Su Hasadı Teknikleri. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi; 5(2): 75-85
- [4] Tarı A.F., Çakır R., 2009. Kurak Bölgelerde Su Yönetimi. 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, Konya.
- [5] Oweis T., Prinz D., Hachum A., 2001. Water Harvesting-Indegenous Knowledge for the Future of the Drier Environments. International Center for Agricultural Research Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
- [6] International Water and Sanitation Center (IRC) 1992. Water Harvesting: A Guide for Planners and Project Managers, Technical Report.

- [7] Abu Hammad A., Borresen T., Haugen L. E., 2006. Effect of rain characteristics and terracing on runoff and erosion under the Mediterranean. *Soil Tillage Research* 87: 39-47.
- [8] Reij C., Mulder P., Begeman L., 1988. Water harvesting for plant production World Bank Technical paper 91. World Bank, Washington, 123 p.
- [9] Naggar, O.M., Mohammed A.A., Raheem E.M., Tom M.M., Alseid Z.M., Magid I.M., 2003. Optimum Investment of Rainwater Harvesting Techniques. Conference on Water Harvesting and the Future Development in Sudan, Khartoum, Sudan.
- [10] Oweis T., Hachum A., Kijne J., 1999. Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas, SWIM paper 7. International water Management Institute, Colombo, Sri Lanka
- [11] FAO, 2001. Water Harvesting in Western and Central Africa, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Accra, Ghana
- [12] Critchley W., Siegert K., 1991. Water harvesting : A manual for the design and construction of water harvesting schemes for plant production. FAO. Rome
- [13] Xiao-yan L., Xie Z., Yan X., 2004. Runoff characteristics of artificial materials for rainwater harvesting in the semiarid regions of china. *Agriculture water management* 65: 211-224
- [14] Prinz D., 2010. Water Harvesting for Afforestation in Dry Areas. <http://www.iranhydrology.com/Docs/eng/Waterharvesting.pdf>
- [15] Boers T.M., Ben-Asher J., 1982. A Review of Rainwater Harvesting. *Agricultural Water Management* 5: 145-158.
- [16] Evanari M., Shanon L. and Tadmor N. H., 1971. The Negev, The Challenge of A Desert. Harvard University Pres, Cambridge, Mass.,
- [17] Brunori A., Nair P.K., Rockwood D. L., 1995. Performance of two Eucalyptus species at different slope positions and aspect in a contour- ridge planting system in the Negev Desert of Israel. *Forest Ecology Management*.
- [18] El-Amami, S. 1983. Les aménagements hydrauliques traditionnels en Tunisie. Centre de Recherche du Génie Rural, Tunis, Tunisia.
- [19] Antinori, P. And Vallerani, V., 1994. Experiments in Water Harvesting Technology with the Dolphin and Train Ploughs. In: FAO, Water Harvesting For Improved Agricultural Production. Expert Consultation, Cairo, Egypt 21- 25 Nov.1993, 113-132, FAO, Rome
- [20] Wang Q., Zhang E., Li F., Li F., 2008. Runoff Efficiency and the Techniques of Micro-water Harvesting with Ridges and Furrows, for Potato Production in Semi-arid Areas. *Water Resour Manage* 22: 1431-1443.
- [21] Ouassar M., Sghaier M., Mahdhi N., Abdelli F., De Graaff J., Chaieb H., Yahyaoui H., Gabriels D., 2004. An Integrated Approach for Impact Assessment of Water Harvesting Techniques in Dry Areas: The Case of Oued Oum Zessar Watershed (Tunisia). *Environmental Monitoring and Assessment* 99: 127-140.
- [22] Reij C., 1991. *Indigenous Soil and Water Conservation in Africa*, London.
- [23] Khouri, J., Amer, A., Salih A. 1995 (eds.). *Rainfall Water Management in the Arab Region*. UNESCO/ ROSTAS Working Group. ROSTAS. Cairo
- [24] GTZ/ DGF, 1993. *Les Tabias*. Ministère de l' Agriculture, Tunis
- [25] Prinz, D., Oweis T., Oberle A., 1998. Rainwater Harvesting for Dry Land Agriculture- developing a Methodology Based on Remote Sensing and GIS. Proceeding, XIII International Congress Agricultural Engineering, 02-06 02.1998, Rabat, Morocco