



İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM STRATEJİLERİ: YEŞİL SUYLA KURAKLIĞA, SERA GAZI EMİSYONU AZALTIMIYLA KÜRESEL ISINMAYA ÇÖZÜM

Ayşegül Yazan- Fatma Işık Peker

İZMİR-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	3
1. AMAÇ.....	3
2. GİRİŞ.....	3
2.1. Toprağın Fiziksel Özellikleri ve Yapısı	4
2.2. Tarımda Suyun Önemi ve Yağmur Suyu Hasadı	5
2.3. Tarımsal Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu	7
2.4. Su Hasadında Kullanılan Toprak Düzenleyicileri.....	7
2.4.1. Biyokömür.....	7
2.4.2. PVA, CMC, PAM ve KAM	7
2.4.3. Tekstil Atıkları	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1. Materyaller	8
3.1.1. Kullanılan Polimerler	8
3.1.2. Kullanılan Tekstil Malzemeleri ve Biyokömür.....	8
3.2. Yöntem	9
3.2.2. Uygulanan Toprak Analizleri.....	9
3.2.2.1. Toprak Reaksiyonu (pH).....	9
3.2.2.2. Suda Çözülebilir Toplam Tuz	9
3.2.2.3. Karbonat Volümetrik Tayini (Kireç).....	10
3.2.2.4. Organik Madde Analizi	10
3.2.2.5. Bünye (Tekstür) Analizi.....	10
3.2.3. Yapay Yağmurlayıcı	11
3.3. İş-Zaman Tablosu.....	13
4. BULGULAR	13
5. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	16
6. ÖNERİLER.....	17
7. KAYNAKLAR.....	18

ÖZET

Nüfus artışına paralel olarak gelişen teknoloji ve fosil yakıtlar atmosferde sera gazlarının artmasına ve küresel iklim değişikliğine sebep olabilmektedir. Bu durum su kaynaklarını etkileyerek yeterli ve kaliteli suya erişimi zorlaştırarak su krizi yaratabilir. Yağıştan etkin bir şekilde yararlanmayı sağlayan suyu tutma, toplama ve depolama tekniği olan su hasadı toprağı ve suyu korumak için çok önemlidir.

Projemizde hidrolitik döngüde yer alan yağmur suyunun tarımsal alanda hasadında depolanabilecek su miktarının arttırılması için farklı toprak düzenleyicilerinin kullanılması amaçlanmış ve uygulanacak toprak düzenleyicilerinden suyu en fazla tutabilecek ve en az sera gazı salımı yapabilecek olanın tespiti hedeflenmiştir.

Projemizde kullanılan toprak örneklerinin uygunluğu yapılan analizlerle belirlenmiştir. Toprak düzenleyicileri olarak biyokömür, farklı polimerler ve farklı tekstil atıklarıyla yağmur suyu hasadı denemeleri yapay yağmurlayıcı yardımıyla tamamlanmıştır. Yaptığımız uygulamalarda getirdiğimiz en önemli yenilik olan kumaş parçacıklarının toprağıın üzerine serpilerek karıştırılması çalışmamızı özgünlüğüdür. Sonuçlar ıslak koşullarda tekstil pamuk atıklarının sera gazı emisyonunu (metan için %6, karbondioksit için %21,8 ve nitroz oksit için %46,9) azalttıklarını ve %95 oranında toprakta su tutulabildiğini göstermiştir. Toprak düzenleyicisi olarak kullanılan polimerlerin maliyetinin yüksek olduğu bilindiğinden pamuklu tekstil atıklarının tarımda su hasadı için değerlendirilmesi projemizin önemini ve değerini ortaya koymaktadır. Projemiz sürdürülebilir kalkınma hedefleri içinde sürdürülebilir tarımı destekleyen, 'Açlığa Son' ve insanların hayatını ciddi ölçüde etkileyen küresel ısınma problemine odaklı 'İklim Eylemi' amaçlarını desteklemektedir. Geri dönüştürülebilir atıkların değerlendirmesiyle AB döngüsel ekonomi bağlamında ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yağmur suyu hasadı, tekstil atıkları, hidrolitik döngü, sera gazları, döngüsel ekonomi.

1. AMAÇ

Dünya nüfusunun artmasıyla azalan su kaynakları tarımsal üretimde su ihtiyacını giderek artırmaktadır. Sera gazların artmasıyla oluşan küresel iklim değişikliğinin en önemli sonucu olan küresel ısınma, özellikle Akdeniz iklimi etkisi altındaki coğrafi bölgelerde kuraklık sorununu şiddetlendirmektedir (Lee vd., 2023). Bu durum ise temiz su kaynaklarının %70'ni kullanan tarımsal üretimdeki sürdürülebilirliği dramatik bir şekilde etkilemektedir. İklim değişikliğine uyum yöntemlerinden olan su hasadı, suyu tutma, toplama ve depolama tekniğidir.

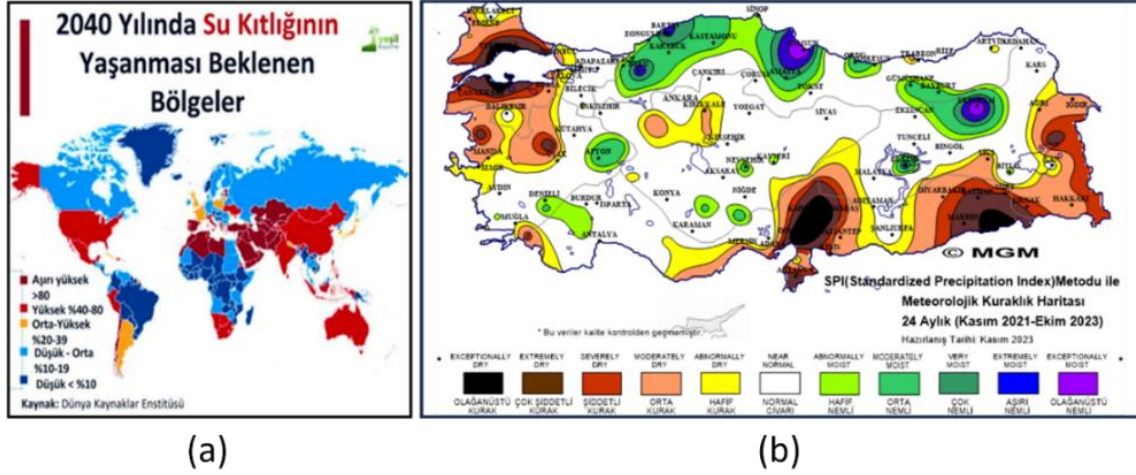
Projemizde yağmur suyunun tarımsal alanda hasadında depolanabilecek su miktarının farklı toprak düzenleyicileriyle arttırılması ve yağmur suyunun hidrolitik döngü içerisinde toprakta daha fazla bulunmasının sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla proje kapsamında uyguladığımız toprak düzenleyici ve organik atıklardan, yağmur suyunu toprakta en fazla tutabilecek ve küresel iklim değişikliği açısından son derece önemli olan tarım topraklarında gerçekleşen sera gazı salımını en aza indiren uygulamanın belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. GİRİŞ

Doğada yaşamın devamını sağlayan ana kaynaklar öncelikle oksijen, diğeri de sudur. Dünya nüfusunun artması ile temiz su kaynaklarının kontrolsüz kullanımı ve harcanması, suyun çok az olan kullanılabilir halini giderek azaltmaktadır. %75'i suyla kaplı olan dünyamızda ekosistemlerin sürdürülebilirliği, kullanılabilir nitelikte olan %2,5'lik kısmın yeterli ve belirli bir kalitede olmasına bağlıdır. Son yıllarda özellikle küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevre sorunları yağış ve kuraklık gibi olayların seyrini etkileyerek kullanılabilir su

kaynaklarının kirlenmesine ve azalmasına neden olarak dünyada ciddi bir su sorunu yaşatmaktadır (Gökçe, 2022).

Doğal afetler içinde en kritik olanı olan kuraklık, dünyamız için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Şekil 1’de görülen Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün yayımladığı kuraklık haritasında bu durumun başta Doğu ve Güneydoğu Bölgesi olmak üzere Türkiye için de çok tehlikeli boyutlara ulaştığını görebiliriz. Tarımdan hayvancılığa pek çok sektör olumsuz etkilendiğinden ülke ekonomisi de zarar görmektedir (Bali, 2021).



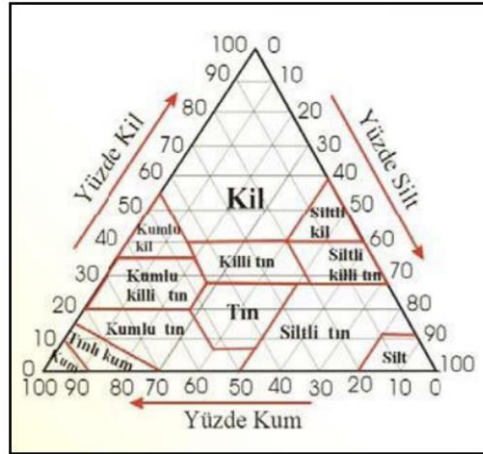
Şekil 1. a) 2040 yılında su kıtlığı yaşanması beklenen bölgeler (Maddocks, 2015) b) Ülkemizin 24 aylık meteorolojik kuraklık haritası (MGM, 2023)

2.1. Toprağın Fiziksel Özellikleri ve Yapısı

Tane büyüklüğü, farklı büyüklükteki tanelerden meydana gelen toprağın verimliliğini belirlemede çok önemlidir. Toprağın bitki besin maddeleri bakımından zengin olmasının yanında toprak bünyesi (tekstür), tane yoğunluğu, hacim ağırlığı, toprak yapısı (strüktür), kıvamı ve rengi gibi fiziksel özellikleri toprağı dengelemede etkili olmaktadır. Bu özelliklerin en önemlisi, toprak tanelerinin büyüklüklerine göre toprak içinde bulunduğu yüzde oranlarını ifade eden toprak tekstürüdür. Primer taneler olarak kabul edilen kum, kil ve siltin toprak içindeki oransal dağılımına göre mineral parçacığın çapı küçüldükçe, 1g topraktaki miktarı ve yüzey alanı arttığından besin ve su tutma kapasitesi de artar (Güneri, 2023).

Tablo 1. Uluslararası ölçüleri göre toprak tanelerinin fraksiyonları (Güneri, 2023).

Büyükülüğü (çap), mm	Fraksiyon adı
2,0-0,2	Kaba kum
0,2-0,02	İnce kum
0,02-0,002	Silt (mil)
0,002'den küçük	Kil



Şekil 2. Toprakların Fiziksel Özellikleri-Toprak Bünyesi=Tekstür (ÇED, 2021)

İyi bir toprak yapısı, su ve havanın kök bölgesinde dolaşımına olanak tanır. Tınlı toprak bünyesi içeriği %33 mil, %33 kum ve %33 kilden oluşur. Tanecik büyüklüğü sıralaması: kum>mil>kil şeklindedir (Namlı, 2012).

2.2.Tarımda Suyun Önemi ve Yağmur Suyu Hasadı

Sektörlere göre su kullanımının dağılımına bakıldığında dünyada öncelikle %69 oranında tarım, %19 oranında sanayi, %12 oranında evsel alanlar yer almaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu oran tarımda %30, sanayide %59, evsel kullanımda %11dir. Gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde tarımda %82, sanayide %10, evsel kullanımda %8 oranındadır (Selimoğlu ve Yamaçlı, 2022). Ülkemizde bu oran sulamada %64, sanayide %20, içme ve kullanmada %16'dır (Çakmak, 2023).

İnsanlığın hayatta kalması, tarım, enerji ve üretimin devamlılığı için çok önemli olan suyun bilinçsizce kullanımı zamanla azalmasına ve su kıtlığına neden olmaktadır. Su kıtlığı, ihtiyacı karşılayacak içilebilir temiz su kaynaklarının yetersiz olmasıdır (Küçüksakarya ve Göçmen, 2019). Su kıtlığı talebe dayalı kıtlık (su stresi) ve nüfus kaynaklı kıtlık (su kıtlığı) olarak adlandırılabilir (Falkenmark vd., 2007).

Dünyada su stresini belirlemek için Falkenmark indeksi ve Su Yoksulluğu İndeksleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Malin Falkenmark tarafından 1989 yılında hazırlanan "Falkenmark İndeksi" olarak kabul edilen eşik değerler, ülkelerin nüfuslarına bağlı olarak su kaynakları üzerindeki baskıyı tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu indekse göre kişi başına asgari evsel su ihtiyacı günde 100 litre, tarım ve sanayi amaçlı su ihtiyacı ise günde 500-2000 l/gün olarak hesaplanmıştır. Eşik değer ise kişi başına yılda 1700 m³'tür. 1000 m³'ün altında ülkenin su kıtlığı yaşayacağı, yılda 500 m³'ün altına düştüğünde ise büyük sorunlara sebep olabileceği belirtilmiştir (Gökçe, 2022).

Tablo 2. Falkenmark İndeks değerleri (Selimoğlu ve Yamaçlı, 2022)

Su (m ³ /kişi /yıl)	Sınıflandırma
1700 ve üstü	Su baskısı yok
1700 - 1000	Su sıkıntısı
1000 - 500	Su kıtlığı
500 ve altı	Mutlak su kıtlığı

İngiltere Ekoloji ve Hidroloji Merkezi ve Dünya Su Konseyi tarafından geliştirilen Su Yoksulluğu İndeksi çok daha kapsamlı olup (The Economist Newspaper, 2002), bir toplumda, bölgede veya ülkede suyla ilgili yoksulluğun derecesini ölçmek için matematiksel verilerin kullanıldığı bir araçtır (Cho & Ogwang, 2014).

Türkiye'nin 2021 yılı nüfusuna göre kişi başına düşen yıllık su miktarı 1.323 metreküptür. Falkenmark Su Kıtlığı İndeksi'ne göre, Türkiye bu miktar ile su sıkıntısı yaşayan ülkelerden biridir (Bağceci, 2022).

Dünyada tarım gelirini artırmak için yeni tarım alanlarının açılmasının mümkün olmadığı, tarımsal üretim için açılacak arazilerin son sınıra geldiği ve mevcut arazilerin iyi planlanarak kullanılması gerektiği bilinmektedir (T. C. Kalkınma Bakanlığı, 2018). Tarımsal üretimin en önemli faktörlerden biri olan su miktarı, verimi ve kaliteyi doğrudan etkilemektedir. Toprağın su tutma kapasitesi uygulanacak su miktarı ile sınırlıdır ve kumlu topraklarda daha azdır. Toprağın organik madde içeriğinin artırılması, pek çok olumlu etki ile, yararlı su miktarını da artıracaktır. Bu amaçla kullanılan yapay ve doğal toprak iyileştiricileri istenilen faydayı sağlarken, ekonomik olarak da faydalı olmaktadır (Er vd., 2020).

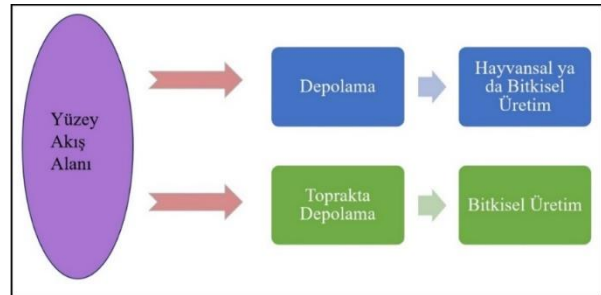
Yeryüzünde sınırlı seviyede bulunan nitelikli yağmur suyunu kullanma yöntemlerinden birisi olan tarımsal su hasadında temel prensip, araziye düşen yağmuru toplamak ve suyun düşmediği alanlara aktarmaktır. Toprakta suyu depolamanın sınırı toprak nemine, buharlaşma ile kayba uğrayan ve toprağın çeşidine göre artan veya azalan su tutma kapasitesine bağlıdır (Yetik & Şen, 2020). Yetiştirme ortamının su tutma kapasitesi, ortamdaki suyun yer çekiminin etkisi ile 10 cm drene olduktan sonra tutabileceği maksimum su miktarıdır. Bu miktar organik madde kapsamına, hacim ağırlığına, gözenek yapısına ve gözenekler içinde hava ve su oranına bağlıdır (Dede vd., 2011).

Su hasadı, suyu tutma, toplama ve depolama tekniği olup bitkisel üretim için sulama suyuna kolay erişimi iyileştirebilir ve ayrıca herhangi bir ülkede kentsel ve kırsal alanlardaki tüm taşkınları azaltabilir ve yeraltı suyu beslenmesini arttırabilir. Basit, ucuz, yenilenebilir, etkili ve uyarlanabilirliği su hasadının başlıca üstünlükleridir. Teknik açıdan 3 yaygın su hasadı vardır. Bunlar yağmur suyu hasadı, taşkın suyu hasadı ve yeraltı suyu hasadı teknikleridir. Sürdürülebilir kentsel tasarıma sahip olan yağmur suyu hasadının amacı, yağmur suyunun tutulması, toplanması, depolanması ve korunmasıdır (Bashir, 2022).

Hidrolojik sistem üzerinde etkili olan yağmur suyu hasadı ile ilgili yapılan çok sayıda literatür taramalarında yağış özellikleri ve meteorolojik bileşenlerin etkileri de ortaya konulmaktadır (Börü, 2022). Başlıca üstünlükleri, basit, ucuz, yenilenebilir, etkili ve uyarlanabilir olması olan su hasadının en önemli hedefi; tarımsal üretimde sürdürülebilir ve çevre dostu bir sistem ortaya koymaktır.

Su stresi çeken ülkelerden biri olan ülkemizde yağmur suyu hasadı yöntemi kullanım alanlarının artırılmasına yönelik çalışmalar geleceğimiz için büyük yarar sağlayacaktır (Yeniçeri, 2018). Ayrıca Avrupa Yeşil Mutabakatı uyarınca Avrupa birliğinin Türkiye'yi de bağlayan 2050'ye kadar net sera gazı emisyonlarının sıfırlanması ve ekonomik büyümenin kaynak kullanımına bağlılığının sona ermesi, su kirliliğinin önlenmesi ve su ayak izinin azaltılması gibi tasarruf ve hedeflerine de hazırlıklı olunabilecektir (STM Teknolojik Düşünce Merkezi, 2021).

Dünyada yapılan yağmur suyu hasadı çalışma örnekleri bitki verimliliğinin artırıldığını göstermektedir. Ülkemizde kullanımı çok yaygın olmayan yağmur suyu hasadı yöntemlerinin yaygınlaşması ile kurak ve yarı kurak bölgelerde karşılaşılan sorunlar daha kolay çözülebilecektir. Toprak yüzeyinde akış hasadı sadece yağışın olduğu zamanlarda yapılabilir. Su hasadının sulamadan en önemli farkı zamanlamanın çiftçiler tarafından kontrol edilememesidir (Yeniçeri, 2018).



Şekil 3. Su hasadının temel prensibi
(Mengü ve Akkuzu, 2008)

Suyun akıllıca, ekonomik ve verimli kullanılmasını, sulama ve gübreleme maliyetlerinin düşürülmesini sağlayan, farklı özelliklerde su tutabilen sututlar (toprak nemlendiriciler) tarımsal alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Madakbaş vd., 2014).

2.3. Tarımsal Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu

Küresel iklim değişikliğinin en büyük nedeni atmosfere salınan sera gazlarının artmasıdır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) Türkiye'nin sera gazı istatistiklerine göre, pandemiden sonra ülkenin toparlanması ile, 2020 yılında toplam sera gazı salımları bir önceki yıla göre %3 artmış ve 524 milyon ton (mt) karbondioksit eşdeğeri seviyesine ulaşmıştır. %79'luk en yüksek paya sahip karbondioksiti metan ve nitroz oksit izlemektedir. Tarımda gübre kullanımı, çöpler ve fosil yakıtların yakılması ile büyükbaş hayvancılık metan gazı salımını artırmaktadır. Ülkemizde tarım sektöründe tarımsal atıkların açıkta yakılması, azot bazlı gübrelerin yaygın kullanımı, fosil yakıtlar ve odunun yakılması atmosferde 150 yıla kadar kalabilen nitroz oksit miktarını artırmaktadır. Bu değişimin etkisi ile meydana gelen sel, taşkın, orman yangınları ve kuraklık en çok su kaynaklarını etkilemektedir (Kara Kaşka, 2022).

2.4. Su Hasadında Kullanılan Toprak Düzenleyicileri

Biyokömür, PVA, CMC, PAM, KAM ve tekstil malzemeleri günümüzde toprak düzenleyicileri olarak kullanılmaktadır.

2.4.1. Biyokömür

Geçtiğimiz yıllarda organik atıkların geri kazanımına verilen önem arttığından yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynağı olan biyokütlenin dönüşümü için birçok yöntem geliştirilmiştir (Sümer vd., 2016). Organik atıkların piroliz tekniğiyle yüksek sıcaklıkta yakılması ile meydana gelen karbon (C) zengini katı yan ürün "biyokömür" olarak adlandırılmaktadır (Namlı vd., 2017). Temel bileşenleri; karbon, uçucu maddeler, mineral madde ve nemdir. Biyokömürün yüzey alanı büyük, yapısı gözenekli ve su tutuculuğu yüksektir. Yapımında kullanılan ham maddelerin heterojen yapısı ve piroliz esnasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar üretilen her bir biyoçarın kendine özgü bir yapı ve kimyasal özellik kazanmasını sağlamaktadır (Günel & Erdem, 2018).

2.4.2. PVA, CMC, PAM ve KAM

Polivinil alkol (PVA); polivinil asetatın, asetat gruplarının hidroksil (-OH) grupları ile yer değiştirmesiyle oluşan bir polimer türüdür. Kolay elde edilmesi, hidrofilik özelliğe sahip olması ile kullanımı oldukça yaygındır. Karboksimetil selüloz (CMC); kimyasal modifikasyonlara uğratılmış selüloz türevi olup sentetiktir, suda çözünebilme yeteneğine sahiptir. CMC günümüzde ilaç, kozmetik ve gıda sektöründe; kıvam artırmak, viskoziteyi geliştirmek gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır (Akbulut ve Bulut, 2015). Poliakrilamid (PAM) birden fazla bileşimi kapsayan bir terimdir. Bazı poliakrilamidler su emici olup su içinde çözünmeyebilirler. Bazıları ise su içinde çözünebilir. PAM son derece düşük bir toksisiteye sahip olduğundan tercih edilmektedir (Sojka vd., 2007). K-Akrilamid (KAM) daha çok zeolit adıyla bilinmektedir. Zeolitler oksijen, alüminyum ve silikon maddelerinden oluşan kristal yapıda, katı hâlde maddelerdir. Bu üç boyutlu yapılar küçük moleküllerin, su benzeri maddelerin ya da kasyonların tutunabilme imkânı bulduğu kanallar ve boşluklar bulundurur (Baydemir, 2022).

2.4.3. Tekstil Atıkları

Tarım tekstilleri yapısal özellikleri sayesinde tarımsal alanda üreticilere kolaylık sağlamaktadır. Topraktaki nemin korunması, su kaybının azaltılması özellikleri ile iklim değişikliğiyle artan kuraklık tehlikesine karşı kullanılabilir. Ekolojik yaklaşımın giderek önem kazanmasıyla ülkemizin geleceği için çok önemli olan tarım sektöründe bu konu ile ilgili bilimsel araştırmaların hızlandırılmasını ortaya koymaktadır (İlhan, 2015). Tekstille ilgili üretim birimlerinde açığa çıkan katı atıkların bir kısmı geri dönüşüm için hurdacılara satılmakta, bir kısmı da çöpe atılmakta veya yakılmaktadır. Pamuk artıkları keçemsi hale getirilerek organik

asılı izolasyon malzemesi olarak kullanılabilir (Kozak, 2010). Tarımsal alanda jüt, lifli maddeler, pamuk, yün gibi organik hammaddelere sahip ürünlerin yanı sıra petrol bazlı tekstil ürünleri de bulunmaktadır. Bunların bitki boylarının ve yaprak yüzeylerinin artması gibi bitki morfolojisi üzerinde genel bir etkisi vardır. Son zamanlarda özellikle organik hammaddeli, doğada çözünebilir tekstil malzemeleri önem kazanmıştır (Sharma, 2022).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Projemizde kullanılan malzemeler, cihazlar ve deneysel çalışmalar sırasında kullanılan yöntemler aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.1. Materyaller

Projemizde biyokömür, farklı polimerler ve farklı tekstil atıkları yağmur suyu hasadı için toprak düzenleyicileri olarak kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan yetiştirme saksılarının çapı 30 cm, yükseklikleri 29 cm, yüzey alanları 0.055 m²'dir. Her bir saksının ilk 20 cm'sine denk gelecek şekilde 10'ar kg toprak eklendi.

3.1.1. Kullanılan Polimerler

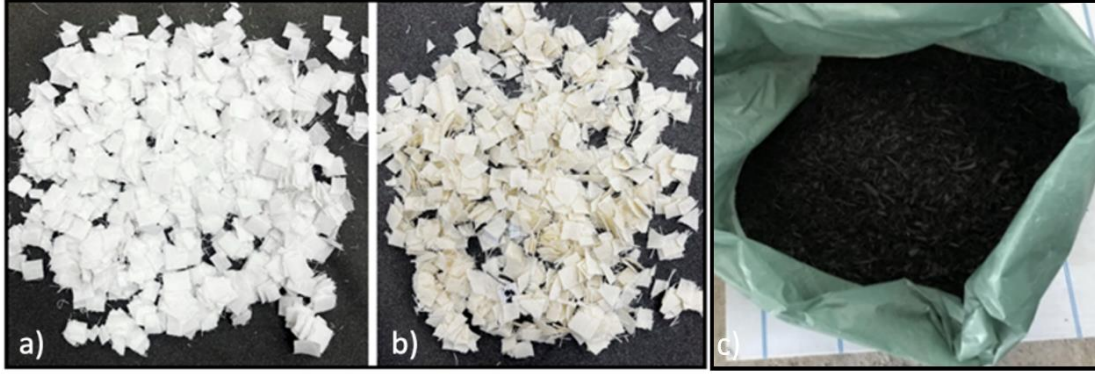
Çalışmamızda toprakta su tutma etkilerini saptamak üzere dört çeşit polimer kullanılmıştır. 3 tekrar yapılan deney düzeneğinde her saksıya 1,75 gram, toplamda her polimerden 5,25 gram kullanılmıştır. Çalışmada polivinil alkol (Schuchardt München), poliakrilamid (Aldrich Chemical Company Inc) kullanılmıştır. Analiz Kimya adlı firmadan karboksimetil selüloz temin edilmiştir. K-Akrilamid, Agronom Tarım Ürünleri San. ve Tic. Ltd. Şti. 'nden alınmış ve kullanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışmada kullanılan polimerler a) CMC b) PVA c) PAM d) K-Akrilamid (Orijinal)

3.1.2. Kullanılan Tekstil Malzemeleri ve Biyokömür

Şekil 5'te gösterilen pamuk ve yün hammaddeli kumaşlar kullanılmıştır. Kumaşlar toprağa karıştırılarak ve parçalı şekilde toprak yüzeyine serpilerek kullanılmıştır. Bunlar çalışmada TPÜ (toprağın üzerine serpilmiş pamuk), TYÜ (toprağın üzerine serpilmiş yün), TPK (toprağa karıştırılmış pamuk) ve TYK (toprağa karıştırılmış yün) olarak adlandırılmışlardır. Kullanılan pamuk kumaş %100 pamuk, yün kumaş ise %100 merinos yünüdür. Kumaşlar atık olduğundan maliyeti sıfırdır. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezinden temin edilmiştir. Zeytin budama atıklarından 550°C'de yavaş piroliz yöntemi ile elde edilen biyokömür Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinden temin edilmiştir.



Şekil 5. a) Pamuk kumaş atıkları b) Yün kumaş atıkları c) Biyokömür (Orijinal)

3.2. Yöntem

Okulumuzun bahçesinde peyzaj için kullanılan topraktan aldığımız örneğin Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bilimi ve Bitki Besleme bölümünde analizi yapıldı. Fizikokimyasal analizler için örnekler 65°C’de 24 saat hava kurusu haline getirildikten sonra 2 mm’lik elekten elenmiştir. Analize hazır hale getirilen toprak örneği ile organik madde, toprak reaksiyonu (pH), suda çözülebilir toplam tuz (EC), karbonat volümetrik tayini (kireç) ve bünye (tekstür) analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları aşağıda belirtilmektedir.

3.2.2. Uygulanan Toprak Analizleri

3.2.2.1. Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprağın en önemli kimyasal özelliklerinden olan toprak reaksiyonu pH denilen bir birimle ifade edilir. Toprağın asit, nötr veya alkalin yapıda olduğunu belirtir. Bitkilerin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri doğrudan ya da dolaylı olarak bitki gelişimini etkileyen bu önemli faktöre bağlıdır (MEGEP, 2015). Örneklerde pH tayini, 2 mm elekten elenmiş hava kurusu örnek ile saf su ya da tuz çözeltisi karışımında cam ve kalomel elektrotlu pH metre ile belirlenmesidir (Richards, 1954).

Toprak reaksiyonu analizi sonuçlarına göre deneme toprağımızın pH değeri 7,73 düzeyinde hafif alkali olarak bulunmuştur.



Şekil 6. Uygulanan toprak analizleri a) pH analizi b) EC analizi c) Karbonatların analizi d) Organik madde analizi e) Bünye analizi (orijinal)

3.2.2.2. Suda Çözülebilir Toplam Tuz

Dünya topraklarının önemli sorunlarından birisi olan tuzluluk nedeniyle her yıl 10 milyon ha arazi elden çıkmaktadır. Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde özellikle drenaj eksikliği olan yerlerde görülmektedir. Sulama ile toprakta çözünebilir tuzlar, kapilarite ile yukarı taşınmakta ve toprakta tuzluluk miktarı artmaktadır (Deliboran ve Savran, 2015). Hava kurusu örneklerde suda çözünebilir toplam tuz, belli orandaki örnek ile saf su ya da tuz çözeltisi karışımında cam ve kalomel elektrotlu EC metre ile belirlenmesidir (Richards, 1954, Ülgen ve Yurtsever, 1974).

Örneklerde suda çözülebilir toplam tuz analizi sonuçları 2,42 dS/m düzeyinde az tuzlu olarak bulunmuştur.

3.2.2.3. Karbonat Volümetrik Tayini (Kireç)

Toprağın ana yapı maddelerinden olan kireç çoğunlukla kalsit (CaCO_3) ya da dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) şeklinde bulunur. Kurak ve yarı kurak yöre topraklarının kireç oranı daha yüksektir. Tarım topraklarının yüzeyinde kireç birikmesi bitkilerde besin maddelerinin alınmasını engeller, kök gelişimini olumsuz etkiler. Kireç miktarının düşük olması da bitki beslenmesi açısından olumsuz etki yapmaktadır. (MEGEP, 2011). Hava kurusu örneklerde, asit ilavesi sonucu mevcut karbonatların parçalanmasıyla açığa çıkan CO_2 'nin belirli sıcaklık ve basınç altındaki hacminin saptanması esasına dayanır (Ülgen ve Yurtsever, 1974).

Karbonat analizi sonuçlarına göre deneme toprağımız %5,83 düzeyinde orta kireçli olarak bulunmuştur.

3.2.2.4. Organik Madde Analizi

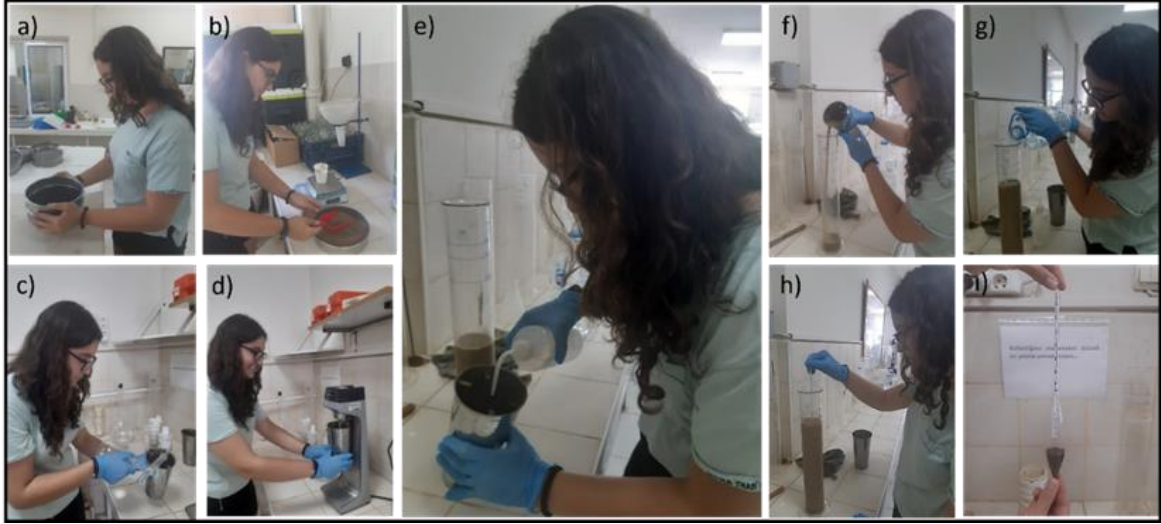
Toprağa düşen organik atıklar, mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak mineralize oluncaya kadar geçirdiği çeşitli değişikliklerle toprağın organik maddesini oluşturur. Toprak organik maddesindeki en önemli element olan azot nitratlara ve amonyum tuzlarına çevrilerek bitkilerin kullanabileceği bileşiklere dönüştürülür (MEGEP, 2015). Hava kurusu örnekleri, potasyum kromat ve sülfürik asit ile yükseltgenmesinden sonra ortamda tepkimeye girmemiş olan kromatın standart demir sülfat çözeltisi eşliğinde geri titrasyonu ile bulunan indirgenmemiş kromat miktarının bulunmasıyla hesaplanmaktadır (Ülgen ve Yurtsever, 1974).

Organik madde analiz sonuçlarına göre deneme toprağımız %1,46 düzeyinde humusça fakir olarak bulunmuştur.

3.2.2.5. Bünye (Tekstür) Analizi

Toprak içinde bulunan farklı büyüklükteki mineral tane gruplarının iriliklerine göre toprak kütlesi içerisinde dağılımları ve miktarları toprak bünyesi (tekstürü) olarak adlandırılır. Toprak bünye sınıfları toprağı oluşturan «kum, silt ve kil» taneciklerinin topraktaki oranlarına göre gruplandırılarak, ağır bünyeli (Killi Topraklar), orta bünyeli (Tınlı Topraklar) ve hafif bünyeli (Kumlu Topraklar) olarak sınıflandırılır. Toprak bünyesi toprağın su ve besin tutma kapasitelerini, işlenebilirliğini ve hava boşluklarını etkiler (MEGEP, 2011).

Öncelikle toprak 2 mm'lik elekten elenerek (Şekil 7 (a)) büyük parçalardan arındırıldı ve elenmiş topraktan 50 g örnek alındı (Şekil 7(b)). Bu örnek, karıştırıcı kabına konuldu. Şekil 7 c' de görüldüğü gibi üzerine %5'lik konsantrasyonda 10 ml kalgon çözeltisi ($\text{Na}_6\text{O}_{18}\text{P}_6$) eklendi. Karıştırıcı kabı çizgisine kadar saf su ile dolduruldu. Kap 5 dk ve 16000 d/dk'da mikserde karıştırıldı (Şekil 7 (d)). Karıştırma işleminden sonra karışım bünye silindirine aktarılıp kabın içi saf suyla iyice temizlendi (Şekil 7 (e-f)). Bünye silindirinin içindeki karışım Şekil 6 g' de de görüldüğü üzere hidrometreyle birlikte 1130 ml çizgisine gelecek şekilde saf su ile dolduruldu. Ardından hidrometre bünye silindirinin içerisinden çıkarılıp karıştırıcı çubukla birlikte 20 kez karıştırıldı (Şekil 7 (h)). Karıştırma işlemi biter bitmez hidrometre tekrar karışım içine konulup 40 sn süre tutuldu. Beklemenin ardından hidrometredeki değer 15 olarak ölçülüp not alındı. Sonrasında karışıma termometre konulup karışımın sıcaklığı 29 °C ölçüldü Şekil 7(i). Ardından elde edilen değerler ve gerekli formül kullanılarak toprağın kum yüzdesi hesaplanıp %63,52 değeri, mil ve kilin toplam yüzdesi hesaplanıp %36,48 değeri bulundu. Bu değer toprağın projede kullanıma uygun olduğu sonucuna ulaşmamızı sağladı.



Şekil 7. Toprak bünye analizi aşamaları (Orijinal)

3.2.3. Yapay Yağmurlayıcı

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde bulunan Şekil 8'de belirtilen yapay yağmurlayıcısı (laboratuvar tipi yağış benzetici) aynı zamanda Türkiye'nin ilk yapay yağmurlayıcısıdır. Bu yağmurlama sistemi ile saksılara yağmurlama yapılmıştır. Hedef m^2 başına 60 mm/h yağmurlama yapmak olduğundan sistemi kalibre edebilmek için birçok deneme yapılmıştır. Yağmurlamanın 60 mm/h olmasında MGM'nin İzmir için Ekim ayı verisi referans alınmıştır (MGM, 2023).



Şekil 8. a) Yağmurlama sistemi (Saksıların konumları kırmızı dairelerle belirtilmiştir) b) Metrekareye düşen yağmur miktarını hesaplamak için kullandığımız kalibrasyon kapları (Orijinal)

Deneyde m^2 başına düşen su miktarını ölçmek adına Şekil 8'deki ölçülü kaplar kullanılmıştır. Ölçü kaplarının konumları Şekil 8 (a)'da gösterilmektedir. 9 adet kap toplamda 1 m^2 'lik alan oluşturarak, m^2 'ye 60 mm yağış düşmesi için birkaç deneme yapılmıştır. Denemeler sonucunda yağmurlama sisteminde kullanacağımız başlığın salınlı fulljet başlık olması ve yağmurlama sistemindeki suyun basıncının 0,2 bar olması belirlenmiştir. Tüm parametreler belirlendikten sonra deneme saksısına geçilmiştir. Deneme saksısında sadece toprak bulunmaktadır. Ardından polimerler, biyokömür ve tekstil ürünleri toprakla karıştırılmış, 30 saksı da yağmurlamaya hazır hale getirilmiştir. Saksıların her biri 1 saat yağmurlamanın ardından 2 saat bekletildikten sonra

drene olan su miktarları tartılmıştır. Sera gazı salımını ölçmek için Şekil 9’da gösterilen GASERA fotoakustik gaz ölçüm cihazı kullanılmıştır (Kandemir ve Kayıkçıoğlu, 2022).



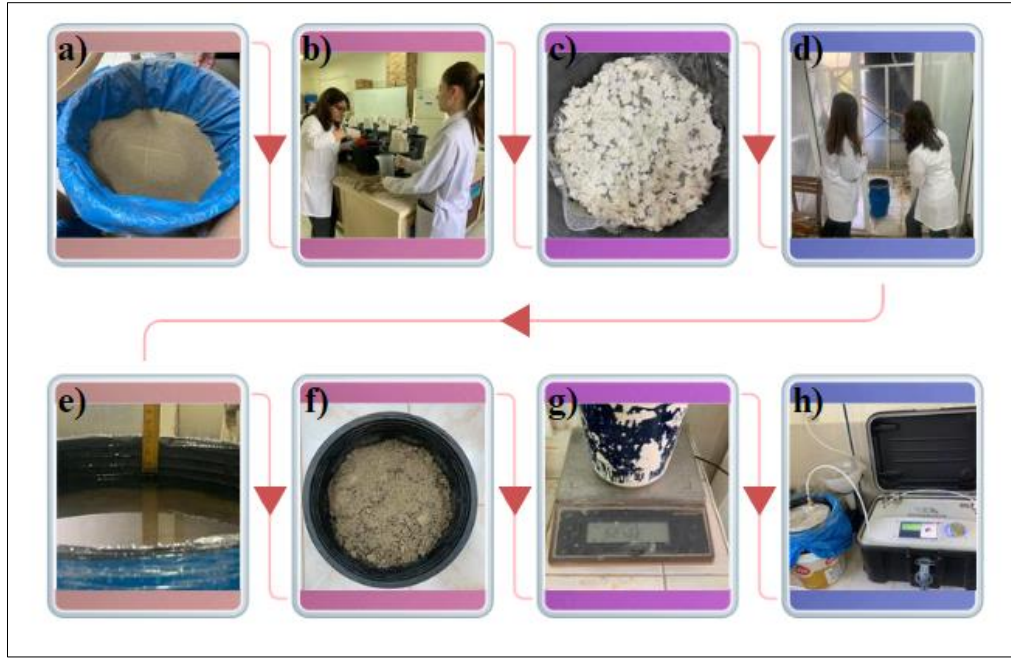
Şekil 9. GASERA ONE PULSE fotoakustik gaz ölçüm cihazı (Orijinal)

Tablo 3. Çalışmada kullanılan malzemelerin ve karışımların içerikleri ve kısaltmaları

Çalışmada kullanılan malzemelerin ve karışımların kısaltmaları	Çalışmada kullanılan malzemelerin ve karışımların içerikleri
K	Kontrol
TPK	Tekstil pamuk toprağa karıştırılmış
TPÜ	Tekstil pamuk toprağın üzerine serpilmiş
TYK	Tekstil yün toprağa karıştırılmış
TYÜ	Tekstil yün toprağın üzerine serpilmiş
BK	Biyokömür
PVA	Polivinil alkol
PAM	Poliakrilamid
KAM	K-Akrlamid
CMC	Karboksimetil selüloz

3.2.4. Deney Akış Şeması

Şekil 10’daki deney akış şemasında da görüldüğü gibi öncelikle kullanılacak toprak, saksı toprağı olarak kullanılması amacıyla 1 santimetrelilik elekten elenmiştir (Şekil 10 (a)). Elenen toprak Şekil 10 (b)’ de görüldüğü üzere her saksıya 10 kg olmak üzere konulmuştur. Saksılarda toprağın üst 5 santimetrelilik kısmına toprak düzenleyiciler ya karıştırılarak (BK, CMC, PAM, PVA, TYK, TPK, KAM ve K) ya da malçlama (TPÜ ve TYÜ) şeklinde eklenmiştir (Şekil 10 (c)). Hazırlanan saksılar yapay yağmurlamaya maruz bırakılmıştır (Şekil 10 (d)). Yağmurlama işleminden sonraki saksıların durumu Şekil 10 (e)’ de verilmiştir. Islanan saksılardaki gölleneyen suyun toprağa infiltre ve drene olması için 24 saat beklenmiştir (Şekil 10 (f)). Sonrasında drene olan su tartılmıştır (Şekil 10 (g)). Her saksıdan GASERA cihazıyla ilki sulama bittikten 2 saat sonra, ikincisi ise sulama bittikten 24 saat sonra olmak üzere iki adet gaz ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 10 (h)).



Şekil 10. Deney Akış Şeması

3.3. İş-Zaman Tablosu

Tablo 4. İş-zaman tablosu

AYLAR								
İşin Tanımı	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Literatür Taraması	X	X	X	X	X			
DeneySEL Çalışmalar				X	X	X		
Verilerin Toplanması ve Analizi				X	X	X		
Proje Raporu Yazımı				X	X	X	X	X

4. BULGULAR

Yapay yağmurlayıcı ile yapılan denemeler sonucunda saksılarda tutulabilen ve drene olan ortalama su miktarı Şekil 11’de verilmiştir. Denemeler sonunda 0.055 m^2 yüzey alanına sahip saksılara m^2 başına 60 mm yağış yağdırılmıştır. 1 saat sonunda her bir saksı için yağdırılan yağış miktarı 3300 ml olarak hesaplanmıştır. Kontrol uygulamaları sonucu elde edilen verilere göre en çok su tutabilen toprak düzenleyici olarak BK ve CMC olarak belirlenmiştir. TYÜ ve TPÜ ise yağmur suyunu topraktan en fazla drene eden toprak düzenleyicileridir.



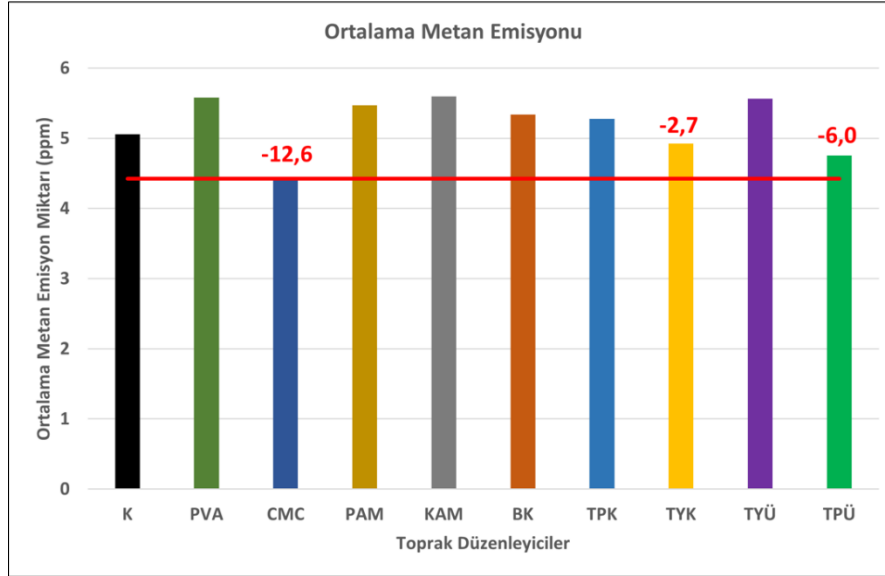
Şekil 11. Kullandığımız her bir toprak düzenleyici yardımıyla saksıda tutulabilen ve ortalama drene olan su miktarları

Toprak düzenleyici eklendikten sonra yağmurlanan saksılardan Gasera ONE PULSE fotoakustik gaz ölçüm cihazı ile 2. ve 24. saatlerde metan, karbondioksit ve nitroz oksit emisyon ölçümleri Tablo 5'te sunulmuştur. Verilerdeki kontrol uygulamasına göre, yağmurlama işleminden sonra toprakta en çok su tutan toprak düzenleyicileri BK ve CMC olarak belirlenmiştir. Sera gazı salımı ile ilgili verilerde, kullanılan toprak düzenleyicilerinin genelde CO₂ ve N₂O gaz emisyonunu azalttığı görülmektedir.

Tablo 5. Toprak düzenleyici eklenmiş saksılardan Gasera gaz ölçüm cihazı ile 2. ve 24. saate alınan metan, karbondioksit ve nitroz oksit emisyonları. Her bir toprak düzenleyicisinin tuttuğu su miktarı yüzdesi

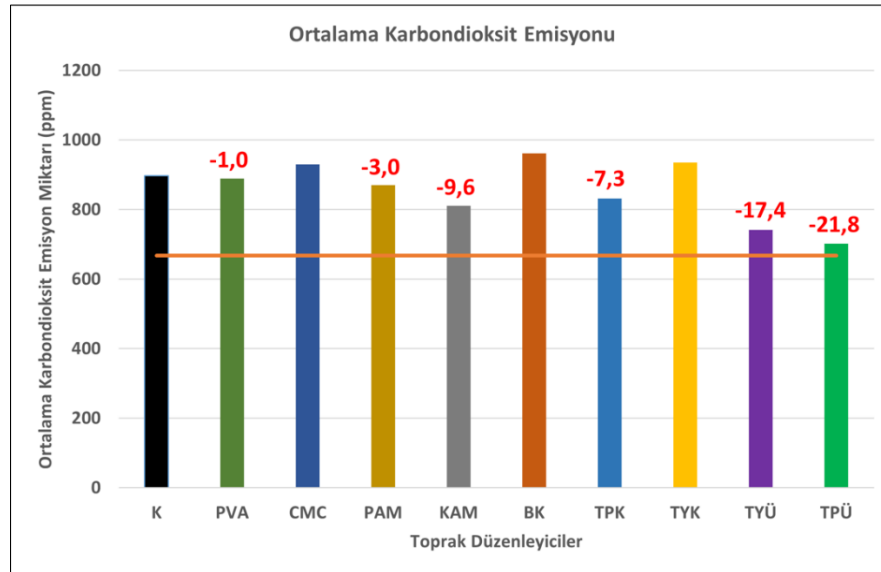
	CH ₄ (ppm)	CO ₂ (ppm)	N ₂ O (ppb)	Tutulan su miktarı (%)
K-2s	5,11	796	644	88
K-24s	5,01	999	738	
PVA-2s	5,57	899	625	97
PVA-24s	5,59	878	382	
CMC-2s	4,35	851	376	100
CMC-24s	4,49	1007	441	
PAM-2s	5,82	997	419	98
PAM-24s	5,11	743	441	
KAM-2s	5,44	891	471	95
KAM-24s	5,75	730	397	
BK-2s	5,24	803	574	100
BK-24s	5,44	1120	552	
TPK-2s	5,68	931	509	96
TPK-24s	4,87	733	402	
TYK-2s	5,29	1084	447	97
TYK-24s	4,56	786	458	
TYÜ-2s	5,41	797	371	90
TYÜ-24s	5,71	685	439	
TPÜ-2s	4,95	766	390	95
TPÜ-24s	4,55	638	344	
HAVA-2s	4,34	680	839	-
HAVA-24s	4,51	656	831	

Şekil 12’de kullanılan toprak düzenleyicilerinin Gasesa gaz ölçüm cihazı ile ölçülen ortalama metan gazı emisyon ölçümleri verilmiştir. Grafikte kontrol uygulamasına göre metan gazı emisyonunu azaltan 3 toprak düzenleyicisinin CMC, TYK ve TPÜ olduğu görülmektedir.



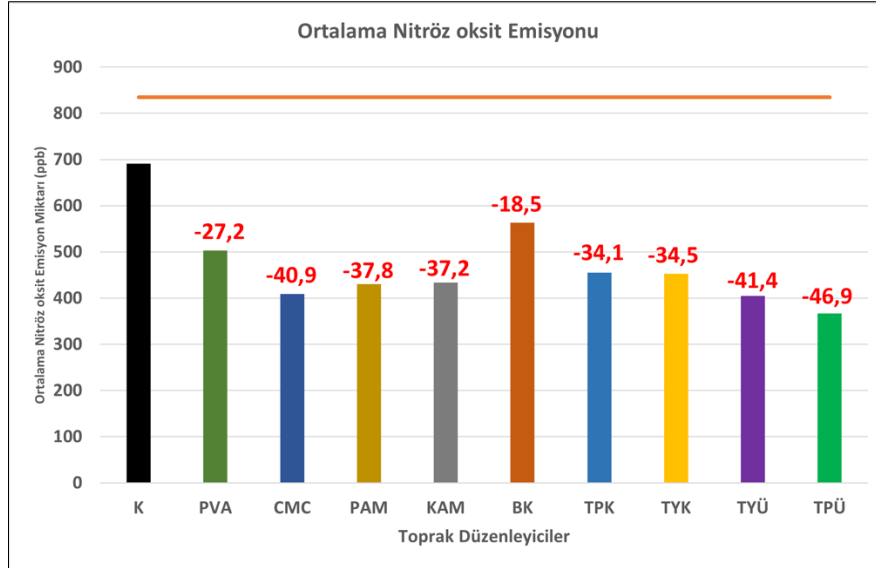
Şekil 12. Kullanılan toprak düzenleyicilerinin Gasesa gaz ölçüm cihazı ile ölçülen ortalama metan gazı emisyonu (Turuncu çizgi atmosferde bulunan metan gazını göstermektedir)

Kullanılan toprak düzenleyicilerinin Gasesa gaz ölçüm cihazı ile ölçülen ortalama karbondioksit gazı emisyonu sonuçları Şekil 13’te görülmektedir. Verilerde görülen kontrol uygulamasına göre, karbondioksit gazı emisyonunu azaltan toprak düzenleyicilerinin PVA, PAM, KAM, TPK, TYÜ ve TPÜ olduğu görülmektedir. TPÜ karbondioksit gazı emisyonunu %21,8 azaltarak, diğer toprak düzenleyicilerine göre emisyonu en fazla oranda azaltan toprak düzenleyici olmuştur.



Şekil 13. Kullanılan toprak düzenleyicilerinin Gasesa gaz ölçüm cihazı ile ölçülen ortalama karbondioksit gazı emisyonları (Turuncu çizgi atmosferde bulunan karbondioksit gazını göstermektedir)

Kullanılan toprak düzenleyicilerinin Gasesa gaz ölçüm cihazı ile ölçülen ortalama nitröz oksit gazı emisyonu Şekil 14’te görülmektedir. Grafiğe göre tüm toprak düzenleyicileri nitröz oksit emisyonunu azaltmaktadır. Kontrol uygulamasına göre TPÜ’nün %46,9’luk bir oranla nitröz oksiti en fazla azaltan toprak düzenleyicisi olduğu görülmektedir.



Şekil 14. Kullanılan toprak düzenleyicilerinin Gasesa gaz ölçüm cihazı ile ölçülen ortalama nitröz oksit gazı emisyonu (Turuncu çizgi atmosferde bulunan nitröz oksit gazını göstermektedir)

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yaptığımız literatür taramalarından elde ettiğimiz bilgiler ışığında;

Kozak, M. 2010’da yayınlanan çalışmada, pamuk artıklarının hava akımının engellenmesi amacıyla özellikle çatılarda organik izolasyon malzemesi olarak, pamuk ve jüt artıklarının kullanılabileceğini belirtmiştir.

Dede vd., 2011 yılında yayınlanan çalışmalarında; Toprağa, %5 su yosunu (*Ulva lactuca*) ilavesinde toprağın gözenekliliğinin artması ile su tutma kapasitesinin ortalama olarak %48 arttığını belirtmişlerdir. Bu dozun aşılması, elde edilen sonucu etkilememiştir.

Madakbaş vd., 2014’te yayınladıkları derlemede; Kurak bölgelerde, poliakrilamid (PAM) sutut polimerlerinin alternatif toprak iklimlendiricileri olarak kullanılmasının yetersiz olan suyun buharlaşmasını ve akıp gitmesini önleyebileceğini belirtmişlerdir.

İlhan, İ. 2015’te yayınlanan çalışmasında; tarım sektöründe kullanılan tekstil ürünlerinin bugünkü durumu ve geleceği incelenerek tarım tekstillerinin kullanım alanları incelenmiş, ekolojik açıdan değerlendirmesi yapılmıştır. Nanoteknolojinin ve doğada çözünür polimerlerin bu amaçla kullanımının gittikçe önem kazanan ekolojik bir yaklaşım olacağı ve bu alanda ülkemizde daha fazla bilimsel çalışma yapılmasının gerektiği ifade edilmiştir.

Abobatta, 2018’de yayınlanan yazıda; Kurak ve yarı kurak bölgelerde hidrojel polimer kullanımının toprağı iyileştirerek su tutma kapasitesini arttırdığını, artan sulama verimliliğinin farklı ürünlerin yetiştirilmesine imkân sağladığını belirtmiştir. Hidrojinin yüksek şişme ve yavaş su tutma gibi özellikleri tarım sektöründe çok önem kazanmasını sağlamaktadır.

Günel ve Erdem., 2018’de yayınlanan makalede; Piroiliz yöntemi ile bitkisel ve hayvansal biyokütleden elde edilen biyokömür ile yapılan araştırmalarda, kullanılan toprakların, deneme koşullarının ve uygulanan bitkilerin çeşitliliğine göre farklı sonuçların elde edildiğini belirtmişlerdir. Biyokömrülerin ortak özellikleri karbon içeriği ve yüzey alanlarının yüksek olması ve ayrışmaya karşı dayanıklı olmalarıdır. Çalışmada biyokömrünün ekili tarım

arazilerinde uzun süreli değişiminin ve etkisinin belirleneceği uzun süreli yeni denemelerin gerekli olduğu açıklanmıştır.

Projeye yağmur suyunu tutacak ve sera gazı emisyonunu azaltacak en uygun toprak düzenleyicisini belirlemek amacıyla başlanmıştır. Bu amaçla yaptığımız denemeler ıslak koşullarda tekstil pamuk atıklarının sera gazı emisyonunu (metan için %6, karbondioksit için %21,8 ve nitroz oksit için %46,9) azalttıklarını ve %95 oranında toprakta su tutulabildiğini göstermiştir. Hayatımızın her alanında yer alan tekstil ürünlerinin tüketimi çok fazla olmasına rağmen, tekstilde geri dönüşüm çalışmaları istenilen seviyede değildir. Çeşitli araştırmalarda daha çok malçlama gibi toprağın tamamen tekstil malzemesiyle kaplandığı çalışmalar bulunmaktadır. Bizim yaptığımız uygulamalarda getirdiğimiz en önemli yenilik kumaş parçacıklarının toprağın üzerine serpilerek karıştırılmasıdır. Bu da çalışmamızı özgün kılmaktadır.

Ayrıca projemiz sürdürülebilir kalkınma hedefleri içinde sürdürülebilir tarımı destekleyen, 'Açlığa Son' ve insanların hayatını ciddi ölçüde etkileyen küresel ısınma problemine odaklı 'İklim Eylemi' amaçlarını desteklemektedir (Birleşmiş Milletler, 2024.). Geri dönüştürülebilir atıkların değerlendirilmesiyle AB döngüsel ekonomi bağlamında ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır (Türkiye Şehircilik ve Çevre Bakanlığı, 2018).

Toprak düzenleyicisi olarak kullanılan polimerlerin maliyetinin yüksek olduğu bilindiğinden (Örneğin 1 kg karboksimetil selüloz (CMC) fiyatı 165,00 TL, 1 kg polivinil alkolün (PVA) 170 TL'dir (Kimyacınız, 2023)), pamuklu tekstil atıklarının tarımda su hasadı için değerlendirilmesi projemizin önemini ve değerini ortaya koymaktadır.

6. ÖNERİLER

BM Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 6. Değerlendirme Raporu'na göre mevcut eğilimler, muhtemelen Akdeniz iklimi etkisi altındaki bölgelerde 2.7-3°C'lik küresel ısınmaya işaret etmektedir. Bölgedeki toplam yağıştaki azalmaya ve ısınma nedeniyle daha yüksek buharlaşmaya paralel olarak hem yüzey suyu hem de yeraltı suyu mevcudiyetinin azalacağı öngörülebilir (Caloiero vd., 2018; Samaniego vd., 2018). Gıda, sağlık, su ve iklim ile ilgili Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SDG'ler) ulaşma çabasında, arazi üzerindeki baskının artması muhtemeldir. Daha fazla arazi bozulmasını önlemek ve arazi restorasyonunu teşvik etmek için, toprak-su sisteminin sınırları içinde arazinin çok işlevli kullanımına ihtiyaç vardır. Toprak-su sistemlerinin sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi gibi doğa temelli çözümler; verimli su yönetimi, tüketimin azaltılması, şebeke kayıplarının kontrol altına alınması ve buharlaşmanın azaltılmasında kilit nokta olup, daha sağlıklı toprak sistemi ile de yakından ilişkilidir. Bu noktalardan hareketle gerçekleştirdiğimiz bu proje, küresel iklim değişikliği nedeniyle Akdeniz Bölgesinde artmaya devam edecek kuraklık probleminin farklı yağmur suyu hasat yöntemleri ile giderilme potansiyelini, yağmur suyunu tutma ve toprak nemini koruma temelinde ortaya koymayı amaçlamıştır.

Projemizin sonuçları incelendiğinde yağmur suyundan en fazla yararlanmak için toprakta en fazla suyu tutabilen Biyokömür (BK) ile Karboksimetil selüloz (CMC) uygulamalarının, özellikle su tutma özellikleri düşük kum bünyeli topraklarda uygulanmaları önerilebilir. Bu kapsamda kullanılacak olan biyokömürün organik atıklardan elde edilmiş olması da döngüsel biyoekonomi için çevreci bir yaklaşım sunacaktır. Bu yaklaşıma bir başka örnek ise yine projemizin sonuçlarından elde edilen toprakların drenaj özelliklerinin hızlandırılmasıdır. TYÜ ve TPÜ uygulamaları olan tekstil atıklarının toprakların yüzeyine serilmesi sonucu yağmur suyunun topraktan drenajı hızlanmaktadır. Bu uygulamaların özellikle yoğun tarla trafiği nedeniyle sıkışmış veya ağır bünyeli (killi) topraklarda başarı ile uygulanabileceği düşünülmektedir. Sera gazı emisyonu açısından bakıldığında ise en başarılı uygulama olan pamuk tekstil atığının toprağın üzerine serilmesi, şiddetle tavsiye edilmektedir.

Ülkemizde tüm sektörlerde suyun verimli kullanılması ve su verimliliği konusunda toplumsal farkındalığın artırılması amacı ile 31 Ocak 2023 tarihinde “Ulusal Su Verimliliği Seferberliği” başlatılmıştır. “Suda Sıfır Kayıp” sloganı ile başlatılan söz konusu bu seferberlik kapsamında; tarımsal amaçlı kullanımlarda su kayıplarının önlenmesi, suyun verimli kullanılmasını sağlayan teknoloji ve uygulamaların yaygınlaştırılması ve yağmur suyu gibi alternatif (geleneksel olmayan) su kaynaklarının hasat edilmesinin ve kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Hatta 29.12.2022 tarihinde düzenlenen Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu’nda yağmur suyu hasadı ile ilgili kararlar alınmıştır. Gerek “Ulusal Su Verimliliği Seferberliği” ve gerekse söz konusu “Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği” de yaptığımız projenin önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

7. KAYNAKLAR

1. Abobatta, W. (2018). Impact of Hydrogel Polymer in Agricultural Sector. *Advances in Agriculture and Environmental Science*, 1(2), 59-64.
2. Akbulut, Y., & Bulut, M. O. (2015). Tekstilde kullanılan bazı biyopolimerlerin tarıma uygulanabilirliği. *Yekarum*, 3(1).
3. Bağçeci, P. (2022). *Türkiye’deki Su Stresi Hangi Boyutta?* TRT Haber. <https://www.trthaber.com/haber/cevre/turkiyedeki-su-stresi-hangi-boyutta-733659.html>
4. Bali, Ş. (2021). *Türkiye’nin Kuraklık Haritası Çıkarıldı: Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Alarm Veriyor*. İklim Haber. (Erişim Tarihi: 5.10.2023) <https://www.iklimhaber.org/turkiyenin-kuraklik-haritasi-cikarildi-dogu-ve-guneydogu-anadolu-bolgesi-alarm-veriyor/>
5. Bashir, A. H. (2022). Somali’de Uygulanan su Hasadı Teknikleri: Mevcut Durum, Sorunlar ve Öneriler. (Yayımlanmış yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi/Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
6. Baydemir, T., (2022). Her Derde Deva Zeolitler. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, (656), 58-67. Erişim adresi: <https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/makale/zeo.pdf>
7. Birleşmiş Milletler. (2024). *Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları*. United Nations. <https://turkiye.un.org/tr/sdgs>
8. Börü, S. (2022). Yağmur Suyu Hasadının Farklı Bir Yaklaşım İle Değerlendirilmesi. (Yayımlanmış yüksek lisans tezi). Dicle Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
9. Caloiero, T., Veltri, S., Caloiero, P., & Frustaci, F. (2018). Drought analysis in Europe and in the Mediterranean basin using the standardized precipitation index. *Water*, 10(8), 1043.
10. Cho, D.I. ve Ogwang T. (2014). *Water poverty index*. Editör: Michalos A.C. Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/97894-007-0753-5_3703.
11. Çakmak, B. (2023). *Su Kaynakları, dünyada ve Türkiye’de Su Durumu*. SlidePlayer. <https://slideplayer.biz.tr/slide/13826073/>
12. ÇED, (2021). *Topraktan Numune Alma*. T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Çevre Referans Laboratuvarı. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/lab/duyurular/topraktan-numune-alma-mevzuati-ts-9923-20211215114335.pdf>
13. Dede, Ö. H., Dede, G., & Özdemir, S. (2011). Su Yosunu (*Ulva lactuca*)’nun Toprağın Su Tutma Kapasitesine Etkisi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(1). Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/192753>
14. Deliboran, A., & Savran, Ş. (2015). Toprak tuzluluğu ve tuzluluğa bitkilerin dayanım mekanizmaları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 57-61. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/derleme/issue/35094/389309>

15. Er, H., Demir Y., Meral R. (2020). Farklı özellikteki toprak iyileştiricilerinin hafif bünyeli toprakların su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Biosystems Müh Derg* 1(2): 55-65. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1158704>
16. Falkenmark, M., Berntell, A., Jägerskog, A., Lundqvist, J., Matz, M., & Tropp, H. (2007). *On the verge of a new water scarcity: a call for good governance and human ingenuity* (ss. 1-19). Stockholm, Sweden: Stockholm International Water Institute (SIWI).
17. Gökçe, N. (2022). Küresel Su Stresi ve Ölçüm Yöntemleri. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 7(1), 189-208
18. Günal, E. & Erdem, H. (2018). Biyokömür; Tanımı, Kullanımı ve Tarım Topraklarındaki Etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (2), 87-93. doi: 10.25308/aduziraat.405858
19. Günal, E., & Erdem, H. (2018). Biyoçarın Toprağın Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerine Etkileri. *21. Yüzyılda Fen ve Teknik*, 2(10), 29-58. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2016630>
20. Güneri, E. (2023). Toprak Bilgisi. A.Ü. Z. F. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/205970/mod_resource/content/1/7.%20Hafta.pdf
21. İlhan, İ. (2015). Tarımsal Uygulamalarda Kullanılan Tekstil Ürünleri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(1), 183-196. Erişim adresi: <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.242801>
22. Kara Kaşka, M., (2022). İklim krizi: Türkiye'nin sera gazı salımları diğer ülkelere kıyasla ne durumda? BBC Türkçe. Erişim adresi: <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-60939869>
23. Kimyacınız. (2023). Karboksi Metil Selüloz. (Erişim Tarihi: 20.12.2023). <https://www.kimyaciniz.com/karboksi-metil-seluloz-teknik-cmc-teknik-1-kg>
24. Küçüksakarya, S. & Göçmen, A. H. (2019). Suyun ekonomik değeri üzerine bir inceleme. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20 (2), 44-62. (Erişim Tarihi: 6.10. 2023) <https://dergipark.org.tr/tr/pub/anadoluibfd/issue/49099/626810>
25. Lee, H. vd. (2023). Climate Change 2023. *IPCC Synthesis Report*. Erişim adresi: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
26. Madakbaş, S., Önal, M. S., Dündar, B., & Başak, H. (2014). Su Tutucu Polimerlerinin Toprak ve Bitkide İşlevi, Çevreye Etkisi ve Sebzeçilikte Kullanım İmkânları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2), 173-179.
27. Maddocks, A., Young, R. S., & Reig, P. (2015). *Ranking the world's most water-stressed countries in 2040*. World Resources Institute. Erişim adresi: <https://www.wri.org/insights/ranking-worlds-most-water-stressed-countries-2040>
28. MEGEP. (2011). Ortaöğretim Projesi. Laboratuvar Hizmetleri. Toprakta Verimlilik Analizleri. Erişim adresi: https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Toprakta%20Verimlilik%20Analizleri.pdf
29. MEGEP. (2015). Laboratuvar Hizmetleri. Toprakta Verimlilik Analizleri. Erişim adresi: https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Toprakta%20Verimlilik%20Analizleri.pdf
30. Mengü, G. P., & Akkuzu, E. (2008). *Küresel Su Krizi Ve Su Hasadı Teknikleri*. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2), 75-85.
31. MGM. (2023). *T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Kuraklık Analizi- Meteoroloji Genel Müdürlüğü* Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx>

32. MGM. (2023). *T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Kümülatif Yağış Raporu- Meteoroloji Genel Müdürlüğü.* <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k>
33. Namlı, A. (2012). Toprakların Fiziksel Özellikleri. Erişim adresi: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/25474/mod_resource/content/1/3Toprak%20fiziksel%20ozellikler.pdf
34. Namlı, A., Akça, M. O. & Akça, H. (2017). Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (1), 39-47.
35. Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Handbk U.S. Dep. Agric. No. 60
36. Samaniego, L., Thober, S., Kumar, R., Wanders, N., Rakovec, O., Pan, M., ... & Marx, A. (2018). Anthropogenic warming exacerbates European soil moisture droughts. *Nature Climate Change*, 8(5), 421-426.
37. Selimoğlu, P. & Yamaçlı, R. (2022). Sürdürülebilir Yağmur Suyu Hasadı Üzerine Yapısal Bir İnceleme. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 5 (2), 210-231. DOI: 10.51764/smutgd.1121620
38. Sharma, N., Allardyce, B., Rajkhowa, R., Adholeya, A., & Agrawal, R. (2022). A substantial role of agro-textiles in agricultural applications. *Frontiers in Plant Science*, 13, 895740.
39. Sojka, R.E., Bjorneberg, D.L., Entry, J.A., Lentz, R.D., & Orts, W.J. (2007). Polyacrylamide in Agriculture and Environmental Land Management. *Adv Agron*, 92, 75-162.
40. STM Teknolojik Düşünce merkezi. (2021). Su Güvenliği II: Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği Bağlamında Türkiye'deki Mevcut Durum. *Araştırma Raporu Aralık*. https://thinktech.stm.com.tr/uploads/docs/1640862224_stmsuguvvenligi2.pdf
41. Sümer, S. K., Kavdır, Y. & Çiçek, G. (2016). Türkiye'de Tarımsal ve Hayvansal Atıklardan Biyokömür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19 (4), 379-387.
42. T. C. Kalkınma bakanlığı. (2018). Kalkınma planı on birinci (2019-2023) tarımda toprak ve suyun sürdürülebilir kullanımı özel ihtisas komisyonu raporu. *Özel ihtisas komisyonu raporu*. (Erişim Tarihi:7.10.2023) <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/06/Tar%C4%B1mda-Toprak-ve-Suyun-S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir-Kullan%C4%B1m%C4%B1-%C3%96zel-%C4%B0htisas-Komisyonu-Raporu.pdf>
43. The Economist Newspaper. (2002). *Water poverty*. The Economist. Erişim adresi: <https://www.economist.com/emerging-market-indicators/2002/12/19/water-poverty>.
44. Türkiye Şehircilik ve Çevre Bakanlığı. (2018). *Döngüsel Ekonomi politikaları, Proje Faaliyetleri*. Döngüsel Ekonomi Politikaları. (Erişim Tarihi:5.01.2024) Erişim adresi: <https://dongusel.csb.gov.tr/proje-faaliyetleri-i-105791>
45. Ülgen, N., & Yurtsever, N. (1974). Türkiye gübreler ve gübreleme rehberi. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Yayınlar*, (28).
46. Yeniçeri, M. (2018). Yağmur Sularının Hasadı ve Aktif Olarak Tarımsal Sulamada Kullanılması. *Afet ve Risk Dergisi*, 1(2), 126-136.
47. Yetik, A. K., & Şen, B. (2020). Su Hasadı Sistemlerinin Önemi ve Teknikleri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8, 46-53.
48. Kandemir, B. N., & Kayıkçıoğlu, H. H. (2022). How can the agricultural soil support in the climate change mitigation and adaptation?. *Journal of Global Climate Change*, 1(2), 41-50.

TEŞEKKÜRLER

Projemizin tamamlanması için bizlere destek veren Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Bölümüne teşekkürü bir borç biliriz.