



T.C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FOTOVOLTAİK SİSTEM VE DAMLA SULAMA
YÖNTEMİYLE SULANAN FINDIKTA SULAMA
UYGULAMALARININ VERİM VE VERİM İLEŞENLERİNE
ETKİSİ**

AYHAN YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

ORDU 2019

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

**FOTOVOLTAİK SİSTEM VE DAMLA SULAMA
YÖNTEMİYLE SULANAN FINDIKTA SULAMA
UYGULAMALARININ VERİM VE VERİM BİLEŞENLERİNE
ETKİSİ**

AYHAN YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2019

TEZ ONAY

Ayhan YILMAZ tarafından hazırlanan "FOTOVOLTAİK SİSTEM ve DAMLA SULAMA YÖNTEMİYLE SULANAN FINDIKTA SULAMA UYGULAMALARININ VERİM VE VERİM BİLEŞENLERİNE ETKİSİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 18.07.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman
Prof. Dr. Tahsin TONKAZ
Biyosistem Mühendisliği, Ordu Üniversitesi

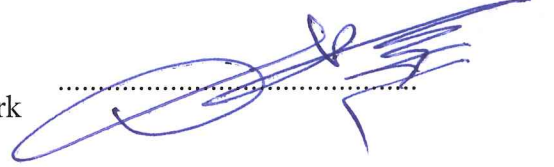
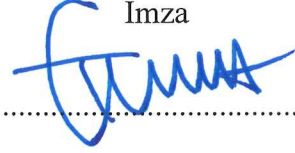
Jüri Üyeleri

Danışman
Prof. Dr. Tahsin TONKAZ

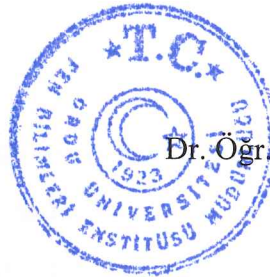
Üye
Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN
Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Fatih Mehmet KIZILOĞLU
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Atatürk
Üniversitesi

İmza



03 / 09 / 2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 06 / 03 / 2019 tarih ve 2019 / 575 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Enstitü Müdürü

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER



TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



AYHAN YILMAZ

**Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün
BY-1619 numaralı projesi ile desteklenmiştir.**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

FOTOVOLTAİK SİSTEM VE DAMLA SULAMA YÖNTEMİYLE SULANAN FINDIKTA SULAMA UYGULAMALARININ VERİM VE VERİM BİLEŞENLERİNE ETKİSİ

AYHAN YILMAZ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 40 SAYFA

TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. TAHSİN TONKAZ

Bu araştırmada fındıkta sulama amaçlı olarak kurulan 5 kWh fotovoltaik sistemin bileşenlerinin kurulumu ve etkinlik değerlendirilmesi yapılmıştır. Araştırma, fındık bahçesinin damla sulama ile sulanmasını esas alan proje sahasında yürütülmüştür.

Fındık bahçesine Temmuz ve Ağustos aylarında toprak nem takibi sonuçlarına göre sulama yapılmıştır. Fotovoltaik sistemden elde edilen verilere göre, offgrid akülü fotovoltaik sistem fındık bahçelerinin sulanmasında efektif olarak kullanılabilir.

Fındık verim değerleri de sulama suyuna olumlu tepki göstermiştir. Çalışma alanında, sulama ile fındıkta verim artışı kontrol konusuna göre %89 oranında gerçekleşmiştir. Bu bulgu ile özellikle güneğe bakan yamaç arazilerde özellikle Temmuz ayında ve Ağustos başlangıcında fındığın sulama suyuna ihtiyaç duyduğu görülmektedir.

Diğer taraftan fındık verimini etkileyen yaprak su potansiyeli, meyve ağırlığı ve meyve iç ağırlığı parametreleri sulama konularından etkilenmiştir. Bununla birlikte, meyve kalınlığı, iç randımanı, çotanaktaki meyve sayısı ve yaprak klorofil içeriği sulama konularından önemli oranda etkilenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Fındık, Fotovoltaik Sistem, Sulama, Verim

ABSTRACT

DETERMINATION OF HAZELNUT YIELD AND YIELD COMPONENTS IRRIGATED DRIP IRRIGATION METHOD AND OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM

AYHAN YILMAZ

ORDU UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

RENEWABLE ENERGY

MASTER THESIS, 40 PAGE

SUPERVISOR: PROF. DR. TAHSİN TONKAZ

In this study, the components of 5 kWh photovoltaic system, which is established for irrigation in hazelnut orchard, installed and evaluated. The research was carried out at the project site based on irrigation of hazelnut orchards with drip irrigation.

Hazelnut orchard was irrigated in July and August in respect to soil water content measurement. Findings of photovoltaic system showed that offgrid system with the batteries is effectively usable for irrigation application of hazelnut orchards. Hazelnut yield values showed positive response to irrigation water. In the study area, full irrigation increased hazelnut yield was 89% compared to not irrigated parcel. This finding indicates that hazelnuts need irrigation water, especially in the south-facing hillside lands, especially in July and at the beginning of August.

On the other hand, hazelnut yield, leaf water potential, fruit weight and fruit kernel weight parameters affecting hazelnut yield were affected by irrigation applications. However, leaf chlorophyll content, kernel ratio, kernel size, number of nut per cluster were not significantly affected by irrigation applications.

Keywords: Hazelnut, Irrigation, Photovoltaic System, Yield

TEŞEKKÜR

Tez konunun belirlenmesi, çalıőmanın yürütülmesi ve yazımı esnasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen danıőmanım Sayın Prof. Dr. Tahsin TONKAZ'a teşekkür ederim. TÜBİTAK tarafından desteklenen 1140553 nolu projede görev alan Sayın Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN ve Prof. Dr. Kürőat KORKMAZ'a bana bu tezin yürütülmesi için gerekli imkanı sağladıkları için teşekkür ederim. Proje yürütülmesi ve laboratuvar aőamasında desteklerini grdğim Dr. Yaőar AKÇİN'e teşekkür ederim. Ayrıca TÜBİTAK projesi ve tezin oluőturulmasında desteklerini esigemeyen Sayın Prof. Dr. Mehmet Fatih KIZILIOğLU'na teşekkür ederim

Aynı zamanda, manevi desteklerini her zaman üzerimde hissettiğim canım eőimeteőekkr bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİL LİSTESİ	V
ÇİZELGE LİSTESİ	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	8
3.1 Materyal.....	8
3.2 Yöntem.....	8
3.3 Fotovoltaik Sistem Bileşenleri.....	11
3.3.1 Fotovoltaik Paneller.....	11
3.3.1.1 Sistemde Kullanılan PV Panel Seçimi.....	11
3.3.2 Inverter.....	12
3.3.2.1 Sistemde Kullanılan Inverter Panel Seçimi.....	12
3.3.3 Şarj Kontrol Ünitesi.....	13
3.3.4 Akü.....	13
3.3.4.1 Akü Kapasitesinin Belirlenmesi.....	13
3.3.4.2 Sistemde Kullanılan Akü Seçimi.....	13
3.4 Sulama Amaçlı Kurulan Fotovoltaik Sistemin Tasarımı.....	13
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	17
4.1 Fotovoltaik Panel Sisteminin Değerlendirilmesi.....	17
4.2 Verim.....	17
4.3 Verim Faktörü.....	17
4.4 Su Kullanım Etkinliği.....	19
4.5 Yaprak Sıcaklığı.....	19
4.6 Yaprak Su Potansiyeli.....	21
4.7 Yaprak Klorofil Değeri.....	22
4.8 Meyve Ağırlığı.....	22
4.9 İç Ağırlığı.....	23
4.10 İç Oranı (Randıman).....	23
4.11 Meyve Kalınlığı.....	24
4.12 Çotanaktaki Meyve Sayısı.....	24
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	25
6. KAYNAKLAR	26
ÖZGEÇMİŞ	29

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 Güneş Paneli Kesiti	11
Şekil 3.2 Sulama Amaçlı Kurulan PV Sistemin Blok Şeması.....	14
Şekil 3.3 Sulama Amaçlı Kurulan PV Sistemin Fotovoltaik Panelleri.....	15
Şekil 3.4 Sulama Amaçlı Kurulan PV Sistemin İnverter Kurulumu	15
Şekil 3.5 Sulama Amaçlı Kurulan PV Sistem Dikey Pompa	16
Şekil 3.6 Sulama Amaçlı Kurulan PV Sistem Damla Sulama Sistemi.....	16
Şekil 4.1 D1 Dönemi KY Grafiği	18
Şekil 4.2 D2 Dönemi KY Grafiği	18
Şekil 4.3 D3 Dönemi KY Grafiği	19
Şekil 4.4 Verim İle CWSI İlişkisi	21

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 Toprak Analiz Sonuçları.....	8
Çizelge 3.2 PV Panel Teknik Özellikleri.....	12
Çizelge 3.3 İnverter Teknik Özellikleri	12
Çizelge 3.4 Jel Akünün Teknik Özellikleri.....	14
Çizelge 4.1 Sulama Verim İlişkisi	17
Çizelge 4.2 Sulama Suyu, IWUE ve WUE Değerleri.....	20
Çizelge 4.3 Sulama İle CWSI İlişkisi	20
Çizelge 4.4 Sulama İle YSP İlişkisi.....	21
Çizelge 4.5 Sulama İle Klorofil İlişkisi	22
Çizelge 4.6 Sulama İle Meyve Ağırlığı İlişkisi	22
Çizelge 4.7 Sulama İle Meyve İç Ağırlığı İlişkisi	23
Çizelge 4.8 Sulama İle Randıman İlişkisi.....	23
Çizelge 4.9 Sulama ile Meyve Kalınlığı İlişkisi	24
Çizelge 4.10 Sulama ile Çotanaktaki Meyve Sayısı İlişkisi	24

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

AC	: Alternatif Akım
Ah	: Amper Saat
CWSI	: Bitki Su Stresi İndeksi
DC	: Doğru Akım
g	: Gram
I	: Akım
Im	: Maksimum Güç Akımı
Isc	: Kısa Devre Akımı
IWUE	: Sulama Suyu Kullanım Randımanı
ky	: Toplam Büyüme Mevsimi İçin Oransal Su Tüketim Azalışı ile Oransal Verim Azalışı Arasındaki İlişki
KVA	: Kilo Volt Amper
kW	: Kilo Watt
kWh	: Kilo Watt Saat
m	: Metre
mm	: Milimetre
m²	: Metrekare
m³	: Metreküp
MPPT	: Maksimum Güç Noktası Takibi
MW	: Megawatt
P	: Güç
PV	: Fotovoltaik
P_{inv}	: İnverter Gücü
P_{yük}	: Yükün toplam gücü
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
V	: Volt
VAC	: Volt Alternatif Akım
VDC	: Volt Doğru Akım
Vm	: Maksimum Güç Voltajı
Voc	: Açık Devre Voltajı
YSP	: Yaprak Su Potansiyeli
W	: Watt
Wp	: Maksimum Güç
WUE	: Toplam Su Kullanım Randımanı

1. GİRİŞ

Modern dünya elektriğin icadından bu zamana sürekli olarak enerjiyi en üst seviyede enaz maliyetle üretme gayretine girmiştir. Sanayinin gelişmesiyle fabrikalar, konutlar, yaşam alanlarının aydınlatılması ve enerjilerinin sağlanması için üretilen enerji yöntemi de sürekli olarak geliştirilip maliyetlerinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu sebeple petrolün insan yaşamında çok önemli bir yeri vardır. İşlendikten sonra kullanıldığı alanlarda yüksek seviyede enerji üretebilen petrol ürünleri stratejik önemi sayesinde ülkeler arasında büyük çekişmelere hatta savaflara sebep olmuştur. Geçen yıllarda insanoğlunun çevreye verdiği zararların farkına varması, doğaya karşı sorumluluk duygusunu geliştirmiş ve çevreye zarar veren etkenlere karşı sınırlamalara gitmesine sebep olmuştur. Sera gazının etkilerini aza indirmek için ülkeler arasında çeşitli antlaşmalar yapılmıştır. Fosil yakıtların geleceklerin tartışıldığı günlerde güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi üzerine çalışmalar başlatılmış, petrol fiyatlarının arttığı zamanlarda çalışmalar hızlanırken fiyatların düşüşe geçtiği zamanlarda ise çalışmaların hızı yavaşlamıştır.

Fosil yakıtların geleceklerin tartışıldığı günlerde güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi üzerine çalışmalar başlatılmış, petrol fiyatlarının arttığı zamanlarda çalışmalar hızlanırken fiyatların düşüşe geçtiği zamanlarda ise çalışmaların hızı yavaşlamıştır.

Ancak günümüzde tartışmasız olarak alternatif enerji kaynaklarının gerekliliği ve hammadde maliyeti olmayan bu ürünlerin geleceği yapılan teknolojik gelişmelere oldukça ileri seviyelere gelmiştir. Güneş enerji sistemlerinin temiz ve avantajlı kullanımına karşılık kurulum maliyetleri ve yatırımın kendini amorti süresinin uzun olması tercih edilmesine engel olan önemli etmenlerin başında gelmektedir. Bir evde kullanılan elektrikli aygıtlarla birlikte aydınlanma ihtiyacı için kurulması gereken bir güneş enerji sisteminin kurulum maliyetini karşılaması için gereken zamanın 4-5 yıl gibi bir zaman alması ve bakım için gereken miktarlar amatör kullanıcılar için bir engel oluşturmaktadır. Büyük sanayi şirketleri ise çok daha büyük yatırımlar için bu alanda çalışacak uzman personel ve ciddi yatırımları bu projeye aktarması gerekecektir. Güneş enerji sistemlerinden daha fazla verim elde etmek yatırım

maliyetlerini daha hızlı geri kazanmak için güneş panellerinden maksimum verim elde etmek gerekir.

Türkiye’de tarımsal sulama elektrik, mazot veya petrol gibi konvansiyonel enerji kaynaklarıyla çalışılan su pompaları kullanılarak yapılmaktadır. Elektrik olmayan veya elektrik götürülmesi güç ve pahalı olan tarımsal alanlarda mazot ve petrol pompaları kullanılmaktadır. Bu tip sistemler daimi günlük bakım isterler ve ancak suyu bol olan yerlere kurulabilirler. Güneş enerjisiyle çalışan su pompası sistemleri ise günlük bakım istemedikleri gibi arzu edilen herhangi bir yerde yeterli güneş olması şartıyla kurulabilirler. Bu tip pompaların ilk kuruluş masrafları yüksek olmasına rağmen işletme ve bakım masrafları çok düşüktür. Bu nedenle özellikle güneş ışınım potansiyeli yüksek olan yerlerde çok kısa sürede daha ekonomik duruma geçerler.

Araştırmada, sulama amaçlı kurulan 5 kWh fotovoltaik sisteminin damla sulama sistemi ile sulanan fındık bahçesi için yeterli enerjiyi sağlayabilme durumu ile sulama suyunun fındığın verim ve verim bileşenlerine etkisi incelenmesi hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu çalışma ile ilgili yapılan literatür taramasında fındık, fındıkta verim ve tarımsal sulama da güneş enerjisi kullanımı ile ilgili olarak çalışmalara rastlanmıştır. Yapılan literatür çalışmasında son yıllarda fotovoltaiik sulama sistemlerinin yaygınlaştığı gözlemlenmiştir. Son yıllarda yapılan fotovoltaiik sistem çalışmaları incelenmiş ve bu çalışmalar tarih sırasına göre verilmiştir.

Bostan, (1998) araştırmasında ülkemiz için çok önemli bir ekonomik değere sahip olan fındık üzerindeki gelişim evrelerini incelemiştir. Tombul, Sivri, Palaz ve Kalınkara fındık türlerindeki gelişimleri takip etmiş, haziran başından hasada kadar yapılan ölçümler sonucunda; tohum taslağı gelişiminin genel olarak haziran ayında tamamlandığı ve en hızlı gelişmenin bu ayda gerçekleştiğini belirlemiştir.

Şensu, (2006) çalışmasında Ordu ili Fatsa ilçesi çalışma sahasında fındık verimi üzerine incelemede bulunmuştur. Araştırmasında coğrafi bir bakış açısı çerçevesinde çalışma sahasındaki doğal ortam koşulları incelenerek, bu koşulların fındık verimi üzerindeki etkisi araştırılmış, hava şartlarından kaynaklanan olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik öneriler belirlemeye çalışmıştır.

Tonkaz ve Bostan, (2010) yılında yaptıkları çalışmada fındık verimi ile standardize yağış indis değerleri arasında önemli ilişkiler ortaya koymuşlardır. Buna neden olarak da fındık yetiştirme alanlarının eğimli olması ve fındık bitkisinin toprak yüzlek kök yapısına sahip olmasını ifade etmişlerdir.

Çağlayan ve Ertekin, (2011) araştırmalarında fotovoltaiik teknolojiyi tartışmış, tarımsal sulama için fotovoltaiik su pompalama sistemlerinin kullanım ve tasarım hesaplamalarına yönelik çeşitli önerilerde bulunmuşlardır.

Şenol, (2012) araştırmasında farklı tarım alanları için dizel destekli su pompaları yerine güneş enerjisi destekli su pompalarının kullanılması durumunu incelenmiştir. Ayrıcaseçilen uygun bölge için değişik dinamik yükseklik değerlerine göre pompalanabilecek su miktarlarını incelemiştir. Son olarak uygun yükseklik ve istenilen su miktarı için ömür maliyet analizi yapmıştır. Yaptığı çalışmada fotovoltaiik sulama sisteminin geri kazanım süresini çalışmasını yaptığı zamandaki mevcut yasal duruma göre 6 yıl olarak hesaplamıştır.

Atmaca ve ark., (2014) araştırmalarında Güney Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki fotovoltaik enerjisi potansiyelini değerlendirmek amacıyla, tüketicilerin tarımsal sulamada fotovoltaik sistemlerin kullanımını incelemişlerdir. Fotovoltaik system ile çalışan dalgıç pompalı sulama sisteminin bazı uygulama özelliklerini belirlemişlerdir. Tasarladıkları fotovoltaik sulama sistemi 36 adet PV panelden oluşmaktadır. PV sistemin elektriksel özellikleri ile verimini ve dalgıç pompanın su pompalanması durumunda, pompalanan su debileri, hidrolik güç değerleri ve verimlerini incelemişlerdir.

Durak, (2014) alışmasında küçük ölçekte su ihtiyacını karşılamaya yönelik güneş enerjisi ile çalışan biri doğrudan yüke bağlı diğeri ise kurşun-asit ak üzerinden yüke bağlı olarak tasarlanan iki ayrı PV sistemin çalışma performanslarını karşılaştırmıştır. Araştırmasında İT Enerji Enstitüsünde yerden dokuz metre yükseklikteki çatıya su pompalayan ve elektrik enerjisini PV panellerden sağlayan bir pompalama sistemi ile laboratuarda sistem bilgilerini kayıt eden deney düzeneğini kullanmıştır. Araştırma değişik meteorolojik koşullardan oluşan ekim ve kasım aylarındaki rastgele on yedi günde yapılmıştır. Sistemin elektrik üretilen ve yüke bağlanarak elektrik tüketilen zamanlarındaki akım ile gerilim değerleri sayesinde bataryada depolanan güç değerleri hesaplanmış, sulama sistemi tarafından pompalanan su miktarları kayıt altına alınmıştır. Aynı zamanda iki sistemin birim enerji başına pompaladığı su miktarı ve sistem verimleri kayıt altına alınan veriler vasıtasıyla hesaplanmıştır. Güneş radyasyon değerlerinde ölçülen veriler ve buna bağlı olarak pompalanan su miktarları çok farklı olduğundan, seçilen üç güne ait dolum ve boşalım değerlerini ayrıntılı olarak inceleyerek gün boyunca akım, gerilim, güç, enerji, kapasite değerlerinin zamanla değişimi ile batarya geriliminin kapasite ile değişimini içeren grafiklerini çizmiştir. Bilhassa güneş ışınım değerinin yüksek olduğu günlerde, doğrudan yüke bağlı sistemde pompalanan su miktarının akülü sistem tarafından pompalanan su miktarının yaklaşık %90'ına kadar ulaştığını gözlemiştir. Fotovoltaik sulama sistemlerinin kullanımında, sistemin kullanılacağı bölgenin güneş ışınım değerleri ile günlük talep edilen su miktarlarının belirlenmesinin önemli olduğunu vurgulamıştır. Fotovoltaik sistem maliyetini azaltan ve yaz şartlarında sıcağtan çok etkilenen aküler sebebiyle oluşabilecek arızaların ortadan kaldırılabilereği küçük ölçekli pompalama sistemi tasarlamıştır.

Olcan, (2015) araştırmasında fotovoltaik sistem uygulamalarının verimli şekilde planlanması, yönetilmesi ve sistem tasarımcılarına rehber olabilmek maksadıyla, güneş radyasyonunun doğru tahminleri için çeşitli zaman serisi modelleri ve bulanık mantıkla entegre edilmiş yöntemleri incelemiştir. Örnek veriler kullanarak deneye dayalı çözümler gerçekleştirmiş ve elde etmek istediği performans sonuçlarına göre karşılaştırma yapmıştır. Güneş radyasyon değerleri zamansal değişimler içerdiği için, elde etmek isteği sonuç hatasını minimize etmek amacıyla mevsimsellikten arındırma süreci uygulamıştır.

Yılmaz ve ark., (2016) çalışmasında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Meyve Bahçesinin kuyudan alınarak elde edilen sulama suyunun güneş enerjisi ile kullanılmasını amaçlamıştır. Tasarımı yapılan fotovoltaik (PV) sulama sisteminde, bölgenin güneş ışınım değerleri, bahçede yetiştirilmesi planlanan bitkilerin su ihtiyaçları ve sulama zamanları dikkate alınmıştır. Güneş enerjili sulama sisteminin ilk kurulum maliyetlerinin analizini yapmıştır.

Külahcılar, (2016) çalışmasında tombul fındık çeşidinde mini yağmurlama sulama yönteminde farklı su seviyesi uygulamalarının verim ve kaliteye etkisini belirlememesi üzerine çalışmıştır. Çalışmasında fındık alanı üç farklı sulama çeşidinde (% 0, % 50 ve % 100) sulanmıştır. Elde ettiği sonuçlarda verimin sulama düzeyinden etkilendiğini göstermiştir. Sulama düzeyleri kabuklu meyve ağırlığı (g), kabuk kalınlığı (mm), iç ağırlığı (g), iç iriliği (mm), boş meyve oranı (%), kusurlu iç oranı (%), sağlam iç oranı (%), kül içeriği (%), fındık unu L* renk değeri ve yaprak su potansiyeli (bar) üzerinde önemli etkiye, çotanaktaki meyve sayısı, kabuklu meyve iriliği (mm), kabuklu ve iç meyve şekil indeksi, göbek boşluğu (mm), iç oranı (%), kabuklu küçük meyve oranı (%), ortalama beyazlama oranı (%), yağ içeriği (%), protein içeriği (%), fındık ununda a* ve b* renk değerleri, yaprak sıcaklığı ve yaprak klorofil miktarı üzerinde önemsiz etkiye sahip olmuştur.

Topuz ve Dağdelen, (2017) araştırmasında sofralık bağda değişik su seviyelerinin ve sulama aralıklarının verim; bazı nitelik özellikleri ile su-verim işlevleri üzerine olan etkilerini incelemiştir. Araştırması sonucunda, sulama aralıkları ve su seviyelerinin yaş üzüm verimi ve kalite özellikleri üzerinde etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

Karaosmanoğlu ve Üstün, (2017) araştırmasında organik ve konvansiyonel fındık üretiminin yapıldığı Karadeniz Bölgesi'nden (Trabzon, Ordu, Samsun, Düzce) ticari öneme sahip Tombul, Foşa, Sivri, Çakıldak, Mincane ve Palaz çeşitlerine ait örnekler üzerinde çeşitli pomolojik analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda meyve genişliği, iç meyve uzunluğu, iç meyve genişliği, iç meyve kalınlığı, meyve ağırlığı, iç ağırlığı ve kabuk kalınlığı değerlerinde konvansiyonel örneklerin daha yüksek değerlere sahip olduğu görölmüştür. Meyve uzunluğu, meyve kalınlığı, göbek boşluğu, randıman, sağlam iç oranı ve kusurlu iç oranlarında uygulamalar arasında fark tespit edilmemiştir.

Çetinçalı, (2017) Düzce ili şartlarında kullanılabilir şebekeye bağlı olmayan akıllı tarımsal sulama sistemini tasarlamış ve uygulamasını yapmıştır. Çalışmasında PV enerji dönüşümü ile akıllı tarımsal sulamaya yönelik bir sistemin tasarım aşamalarını ve gerekli hesaplamalarını farklı senaryolar üzerinde ayrıntılı olarak vermiştir. PV tarımsal sulama sisteminin nasıl kurulacağını ve sağladığı faydalarını örnek modeller ile açıklayarak tarım alanında çalışanlar için uygulanabilir bir model olarak tavsiye etmiştir. Çalışmasında toprak nemi, sistem arıza durumu gibi bilgilerin cep telefonu ile uzaktan kontrolünü sağlamış ve aynı zamanda izlenebildiği akıllı bir tarımsal sulama sistemi uygulamıştır. Kurulan sistem PV enerjisinden elektrik enerjisi üretimi yapan sistemler için de bir yenilik niteliğinde olduğu görölmektedir.

Özdede ve ark., (2017) yaptıkları çalışmalarında Konya ilinde güneş enerjisinden elektrik elde edilerek çalışan damla sulama sistemi tasarımı yapmışlardır. Çalışmalarında fotovoltaik sistemle çalışan damla sulama sistemi için teknik özellikleri belirlemişlerdir. Tasarladıkları sistemde 45 adet 180 W'lık güneş pili, 7 adet 200 Ah akü, 1 adet inverter, 1 adet şarj regülatörü, 7.5 kW'lık pompa kullanılmıştır. Konya yöresindeki güneş enerjisi olanaklarını araştırmışlar ve fotovoltaik ilkeye göre çalışan damla sulama sistemleri için önerilerde bulunmuşlardır.

Akçin, (2018) yaptığı tez çalışmasını 2015 ve 2016 yıllarında Giresun ilinde yürütmüştür. Araştırmasında farklı sulama seviyelerinde ile damla sulama uygulayarak fındığın pomolojik niteliklerine ve yıl boyunca depolanan fındığın kalitesine olan etkisini araştırmıştır.

Şen, (2018) araştırmasında farklı güneşlenme imkanlarına sahip olan ‘Tombul’ ve ‘Palaz’ fındık topluluklarına ait tarlalarda verim ve bazı nitelik değişimlerini belirlemeye çalışmıştır. Araştırmasını Ordu’nun Fatsa ilçesinde yüksek seviyede güneşli, orta seviyede güneşli ve düşük seviyede güneşli 3 ayrı tarlada bir vejetasyon periyodu içinde yürütmüştür. Uygulamasını rastgele ve 3 tekerrürlü olarak düzenlemiştir. Yaptığı uygulama sonucunda fındık tarlalarının güneşlenme seviyelerinin vegetatif ve generatif gelişme ile verim ve bazı önemli nitelik özelliklerine önemli etki ettiğini belirlemiştir. Yeni fındık bahçe alanlarında, bahçelerin ışıklanma koşullarının mutlaka dikkate alınması, hiç güneş almayan yerlere bahçe tesis edilmemesi ve mevcut bahçelerde kültürel uygulamaların bitkilerin ışığı yeterince alacak şekilde yapılmasını tavsiye etmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırma, fındık bahçelerinin damla sulama ile sulanmasını esas alan proje sahasında yürütülmüştür. Çalışma alanının toprak analiz sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Sulama amaçlı olarak kullanılan 2.2 kWh elektromotopompu çalıştırabilecek güçte, yaklaşık 5 kWh’lik offgrid akülü fotovoltaik sistem enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. 2017 yılı içerisinde TÜBİTAK destekli olarak yürütülen çalışma sahasının fındık bahçesinde Temmuz ve Ağustos aylarında damla sulama ile sulanmıştır.

Çizelge 3.1 Toprak analiz sonuçları

Derinlik (cm)	Bünye	TK %	SN %	pH	OM %	Potasyum (ppm)	Fosfor (ppm)
0-30	Killi Tın	36	21	5.03	1.73	36	4.53
30-60	Killi Tın	35	20	5.48	1.07	35	4.62
60-90	Killi	35	21	5.54	0.44	38	4.79

3.2 Yöntem

Çalışma boyunca etkili kök derinliğinde gravimetrik yöntemle toprak nem takibi yapılmıştır. Kullanılabilir nem miktarının %40’ı tüketildiğinde sulama işlemi başlatılmıştır. Mevcut koşullar altında toprağın tarla kapasitesine getirilmesi için gerekli sulama suyu miktarı ve sulama süresi toprak nem takibi ile hesaplanarak net olarak belirlenmiştir. Araştırmada, fındık bitkisi gelişme dönemlerine göre aşağıdaki şekilde 3 farklı döneme ayrılmıştır (Bostan, 1998).

1. Dönem (D1): Döllenme sonu, meyve tutumu dönemi
2. Dönem (D2): Tohum taslağı gelişimi dönemi
3. Dönem (D3): Hasat olumu önü dönemi

Denemede, gelişme dönemlerinde farklı su uygulama zamanlarına göre 7 farklı sulama ve 1 adet kontrol konusu aşağıdaki gibioluşturulmuştur. Tez çalışması için herbir parsel 3’er fındık ocağından oluşturulmuş olup, 3’er tekerrürlü olarak toplamda 72 adet fındık ocağı kullanılmıştır. Bu düzenlemeye göre aynı anda en fazla 4 konunun sulanması söz konusudur.

- S0: konusu, sulama uygulanmayan konu

- S1: konusu, D1 de sulama diğer dönemler susuz
- S2: konusu, D1 ve D2 'de sulama diğer dönem susuz
- S3: konusu, D1, D2 ve D3 de sulama
- S4: konusu, D1 ve D3 de sulama diğer dönem susuz
- S5: konusu, D2 ve D3 de sulama diğer dönem susuz
- S6: konusu, D3 de sulama diğer dönemler susuz
- S7: konusu, D2'de sulama diğer dönemler susuz

Fındık bahçesinin gübre ihtiyacı deneme öncesi alınan toprak örneklerinde analiz sonuçlarına göre eksik olan miktar fertigasyona uygun olması bakımından %100 suda çözünür formdaki gübrelerden seçilmiştir. Dinlenme döneminde fosfor kaynağı olarak 400 g MAP (11-52-0), Potas kaynağı olarak ise 400 g Potasyum Nitrat (KNO₃) (13-0-44) formundaki gübreler ile fertigasyonla uygulanmıştır. Azot kaynağı olarak ise 700 g Bereket (%27 Azot, %5 Fosfor, %5 Potasyum, %2 Çinko, %1 Bor) ve 800 g Amonyum Nitrat (%33) formunda gübre fertigasyon sistemi ile uygulanmıştır. Sulama yapılmayan kontrol parsellerine ise gübreleme elle uygulanmıştır.

Sulama sistemi için kurulan PV sistemindeki 6 adet panel ile 4 adet jel akünün şarj ve deşarj süreleri SIM kart üzerinden online olarak izlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Sulama zamanına kadar şarj süreleri sulama sıklığına bağlı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca deşarj süreleri de yine sulama esnasında motopompun çalışma süresine bağlı olarak izlenmiş, kaydedilmiş ve değerlendirilmiştir. Tez çalışması kapsamında incelenen parametreler,

- **Verim (kg/da):** Deneme konularından elde edilen fındık, gerekli işlemlerden sonra hava kuru kabuklu fındık verimi kg/da olarak belirlenmiştir.
- **Verim Faktörü (ky):** Toplam büyüme mevsimi için oransal su tüketim azalışı ile oransal verim azalışı arasındaki ilişki (ky) iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayımına dayanır (Stewart ve ark., 1975, Doorenbos ve Kassam, 1979).
- **Su Kullanım Etkinliği (WUE ve IWUE):** Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve toplam su kullanım randımanı (WUE) için Howell ve ark. (1990) tarafından önerilen eşitliklerden yararlanılmıştır. IWUE; hektardan elde edilen ürün miktarının sulama suyu miktarına, I (mm) (Eşitlik 3.1) ve WUE ise

hektardan elde edilen ürün miktarının, y (ton) bitki su tüketimine, ETa (m³) bölünmesinden elde edilmiştir (Eşitlik 3.2).

$$IWUEIWUE = \frac{y}{I} \quad 3.1$$

$$WUEWUE = \frac{y}{ETa} \quad 3.2$$

- **Yaprak sıcaklığı (CWSI):** Yaprak sıcaklıkları sulama öncesi her parselden gelişimini tamamlamış 10 adet yapraktan infrared termometre (CEM markalı IR video termometre, DT-9862) ile ölçülmüştür. Elde edilen bulgular Şimşek ve ark., (2004)'te belirtildiği şekilde değerlendirilerek verim ile ilişkileri ortaya konulmuştur (Ödemiş ve Baştuğ, 1999; Erdem ve ark., 2006).
- **Yaprak su potansiyeli (MPa):** Sulama öncesi gelişimini tamamlamış ve bitkinin gelişiminin pik döneminde 10 yaprak su potansiyelinin hesaplanması (Skye, skpm 1405 marka Chamber Pressure) için kullanılmıştır. Yaprak su potansiyeli verim arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur (Bozkurt-Çolak, 2010).
- **Yaprak klorofil değeri (CCI):** Sulama öncesi gelişimini tamamlamış ve bitkinin gelişiminin pik döneminde 10 yaprak klorofil değerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.
- **Meyve Ağırlığı (g):** Tesadüfen seçilen ve doğal şartlarda kurutulan 30 adet kabuklu meyve 0.01g'a duyarlı terazide tek tek tartılıp aritmetik ortalaması alınarak elde edilmiştir (Tosun, 2002; Turan, 2007).
- **İç Ağırlığı (g):** Kabuklu ağırlıkları belirlenen 30 meyvenin içleri 0.01g'a duyarlı hassa terazide tek tek tartılıp aritmetik ortalaması alınarak elde edilmiştir (Tosun, 2002, Turan, 2007).
- **İç Oranı (Randıman) (%):** Toplam meyve ağırlığının toplam iç (sağlam ve kusurlu içler) ağırlığına oranlaması yoluyla % olarak hesaplanmıştır. Bu randıman 30 meyve kullanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 3.3).

$$\text{İç Oranı (\%)} = [\text{İç Ağırlığı} / \text{Meyve Ağırlığı}] \times 100 \quad 3.3$$

- **Meyve Kalınlığı (mm):** Meyve tablasından yukarıya doğru orta veya ortaya yakın kısmından şişkin yerin en kalın yerinden 0.01mm'ye duyarlı kumpas kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler tesadüfen seçilen toplam 30 meyve üzerinde yapılmıştır.

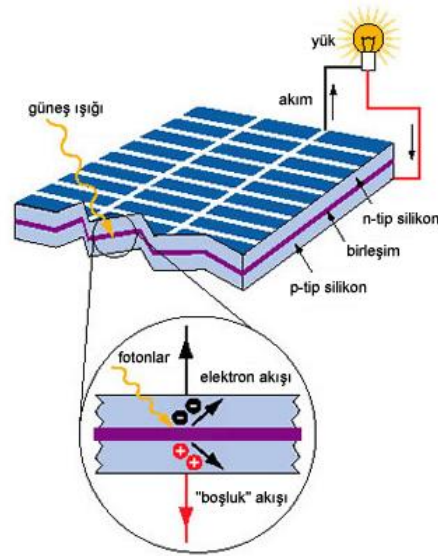
- **Çotanaktaki Meyve Sayısı (Adet):** Hasat edilen bitkilerden alınan 10 çotanaktaki meyveler sayılarak çotanaktaki meyve sayısı bulunmuştur.

Deneme konularından elde edilen parametre değerleri arasındaki farklılıklar varyans analizi ile konuların sınıflandırılması ise Duncan testiyle değerlendirilmiştir (Yurtsever, 1984).

3.3 Fotovoltaik Sistem Bileşenleri

3.3.1 Fotovoltaik Paneller

Fotovoltaik paneller, güneş hücrelerinin bir araya gelmesi ile oluşan PV modüllerden oluşmaktadır. PV güneş hücreleri güneş enerjisini doğrudan DC elektrik enerjisine çevirirler. PV güneş hücreleri yapısını oluşturan Silikon, Galyum, Arsenit, Kadmiyum Tellurid ya da Bakır İndiyum Diselenid gibi yarı iletken malzemeleri kullanarak üzerine düşen güneş ışınlarını elektrik enerjisine dönüştürürler. PV güneş hücrelerinin yüzeyleri dikdörtgen, daire veya kare şeklinde olabilmektedir.



Şekil 3.1 Güneş paneli kesiti

3.3.1.1 Sistemde Kullanılan PV Panel Seçimi

PV sistemi kurulan olan 2.2 kW lık sulama sisteminin günlük güç tüketimi 6.6 kW – 8.8 kW arasında olacaktır. PV sistemde kullanılan 1 adet panelden 270 Wp güç elde edilebilmektedir. PV sistemin kurulu olduğu bölgede ortalama güneş ışınım süresi günlük ortalama 6 saattir. Bir adet PV panelden günlük 1620 W güç elde edilmektedir. PV sistem tasarımı için 6 adet panelden bir günde $6 \times 1620 \text{ W} = 9720$

W güç elde edilmiş olacaktır. PV sistemde kullanılan 6 adet PV panel teknik özellikleri çizelge 3.2’de verilmiştir (Neoenerji, 2017a).

Çizelge 3.2 PV panel teknik özellikleri

PV Panel Teknik Özellikleri	
Azami Çıkış Gücü	270 W
Azami Güç Gerilimi (V)	31.11 V
Azami Güç Akımı (A)	8.42 A
Açık Devre Gerilimi (V)	37.98 V
Kısa Devre Akımı (A)	8.99A
Panel Ağırlığı	19 kg
Panel Teknolojisi	Polikristal
Hücre Sayısı	6*10=60 Adet
Hücre Verimi	15.98 %

3.3.2 Inverter

PV sistemlerde üretilen elektrik akımı doğru akımdır, inverterler doğru akımı alternatif akıma çevirmek için kullanılan cihazlardır. Harici inverterler 12V veya 24V’luk bir batarya deposundan veya başka sistemlerden aldıkları doğru akımı (DC) 220V alternatif akıma (AC) çevirerek her türlü elektrikli cihazı sorunsuz çalıştırırlar. (Başaran ve ark., 2011).

3.3.2.1 Sistemde Kullanılan Inverter Seçimi

Kurulan sistemde kullanılan inverter teknik özellikleri Çizelge 3.3’de verilmiştir (Neoenerji, 2017b).

Çizelge 3.3 İnverter teknik özellikleri

İnverter Teknik Özellikleri	
Maksimum PV Dizisi Gücü	3000 W
Sınırlı Maksimum Güç	3.2 kW
Dalga Tipi	Gerçek sinüs çıkış dalgası
Giriş Gerilimi ve Frekansı	230 VAC - 50/60 Hz
Seçilebilir Voltaj Aralığı	90-280 VAC
Çıkış Gerilimi ve Frekansı	208-240 VAC - 50/60Hz

Batarya Gerilimi	48 V AC - 50/60Hz
Verim	93 % (şebeke) - 98 % (akü)
MPPT Çalışma Aralığı	60 V DC ~ 115 V DC

3.3.3 Şarj Kontrol Ünitesi

PV sistemlerde üretilen enerjinin yüke ya da aküye akışını denetleyen ve düzenleyen elektronik sistemlerdir. Şarj kontrol ünitesi sistemde kullanılan aküyü, aşırı şarjdan ve tam deşarjdan korur. Bu da sistemin sağlıklı çalışmasını ve akünün kullanım ömrünü uzatır. Ayrıca şarj kontrol ünitesi sayesinde sistemde üretilen elektrik enerjisinin yüke, aküye ya da her ikisine birden yönlendirilmesi sağlanabilir (Özsoy, 2011).

3.3.4 Akü

Aküler, kimyasal enerji şeklinde elektrik enerjisini depolayan sistemlerdir. PV sistemlerde üretilerek kullanılan elektrik enerjisinin fazlası akü gruplarında depolanır. Akülere uygulanan elektrik enerjisi kimyasal enerjiye çevrilerek saklanır. PV sistemlerde güneş enerjisinin olmadığı, az olduğu ya da sistemde anlık fazla yük eklendiğinde akü sistemi devreye girerek kimyasal enerji olarak depoladığı elektrik enerjisini kullanıma hazır hale getirerek sisteme aktarır.

PV sistemlerinde kullanılacak akü grubunun kapasitesi, güneşin olmaması ya da yeterli olmaması durumları göz önünde bulundurularak yüklerin enerjisinin en az üç gün sağlanabilmesine olanak verecek şekilde belirlenmektedir. Böyle bir depolama süresinin bulunması, bakım ya da arıza durumlarında enerji kesintilerinin de önüne geçilmesini sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji sistemlerinin enerji depolama işlemlerinde genellikle jel akü kullanılır. Bunlar, yüksek akım (200Ah) kapasiteli, 12V verebilen akülerdir.

3.3.4.1 Akü Kapasitesinin Belirlenmesi

PV sistemlerdeki akü kapasitesi gereksinimi, fotovoltaik panellerden üretim yapılamayan sürelerde sistemin devamlılığını sağlayacak enerjinin karşılanabilmesine dayanır. Kurulan 2.2 kWh'lık sulama sistemi için gerekli akü kapasitesi belirlenirken sulama yapılan süre ve sulama aralığı göz önünde bulundurulmalıdır.

3.3.4.2 Sistemde Kullanılan Akü Seçimi

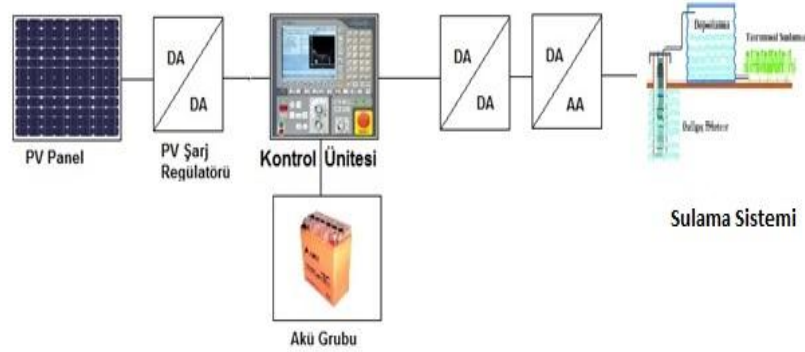
Kurulan sistemde kullanılan 4 adet jel akünün teknik özellikleri Çizelge 3.4.'te verilmiştir (Neoenerji, 2017c).

Çizelge 3.4 Jel akünün teknik özellikleri

Akü Teknik Özellikleri	
Anma Gerilimi (V)	12 V
Kapasite (A)	20Hr.(10A,1.75V) 150Ah
Maksimum Deşarj Akımı	1.000 A
Maksimum Şarj Akımı	30 A
İç Direnci	7.5mΩ
Şarj Voltajı	14.4 – 15 V(-30mV/ °C)
Ağırlığı	44.5kg

3.4 Sulama Amaçlı Kurulan Fotovoltaik Sisteminin Tasarımı

Tarımsal sulama amaçlı kurulumu yapılan 5 kWh PV sistem şebekeden bağımsız (Offgrid) olarak tasarlanmıştır (Yılmaz, 2019).



Şekil 3.2 Sulama amaçlı kurulan PV sistemin blok şeması

PV sistemde;

- 6 adet 270Wp gücünde, Polikristal Fotovoltaik Modül (Toplam PV Panel kapasitesi 1.620Wp'tir)
- 4 adet 12V 150Ah Derin Deşarjlı Solar Jel Akü grubu (Toplam Akü kapasitesi 7.200W'tır)

- 48VDC giriş, 230VAC çıkış, 5KVA sürekli çıkış gücünde, Tam Sinüs Evirici (10 KVA Demaraj çıkışına sahiptir.)
- Tüm AC/DC kesici ve sigortalar, akü grubu ve eviricinin içinde yer aldığı Sistem Panosu kullanılmıştır.



Şekil 3.3 Sulama amaçlı kurulan PV sistemin fotovoltaiik panelleri



Şekil 3.4 Sulama amaçlı kurulan PV sistemin inverter



Şekil 3.5 Sulama amaçlı kurulan 2,2 kWh dikey pompa



Şekil 3.6 Sulama amaçlı kurulan damla sulama sistemi

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Fotovoltaik Panel Sisteminin Değerlendirilmesi

Araştırmanın yürütüldüğü 2017 yılında fındık bahçesinde sulama konularına göre değişkenlik göstermekle birlikte en fazla 5 kez sulama yapılmıştır. Fındıkta sulama uygulamasına akülerin tam olarak dolu olduğu koşullarda başlanılmıştır. Sistemin, aküyü kullanmaya başlamadan önce saat 11:16'dan itibaren saat 13:56'ya kadar direk olarak fotovoltaik panellerden gelen enerji ile çalıştığı görülmüştür. Saat 13:56'dan itibaren havanın bulutlar nedeniyle kısmen gölgelenmesi sonucu gelen enerji düşüş gösterdiğinden (Fotovoltaik sistemden gelen akım 46.3 V değerine düşmüştür, olması gereken değer ise 61.46 V) aküler devreye girmiştir. Dolu aküler ile sistem saat 15:40 kadar (toplam olarak 4 saat 24 dakika) çalışmasına devam etmiştir. Buna benzer döngüler diğer sulama süreçlerinde de devam etmiştir.

4.2 Verim

Deneme konularından elde edilen fındık, gerekli işlemlerden sonra hava kuru kabuklu fındık verimi dekara olarak belirlenmiştir. En yüksek verim 203,2 kg/da ile tam sulama konusundan, en düşük verim ise 107 kg/da olarak kontrol konusundan elde edilmiştir (Çizelge 4.1). Benzer şekilde Bostan ve Tonkaz, 2013 yılında yaptıkları bir çalışmada fındık verimi ile Temmuz ayı yağışı arasında istatistiksel anlamda önemli bir bağıntı saptamışlardır.

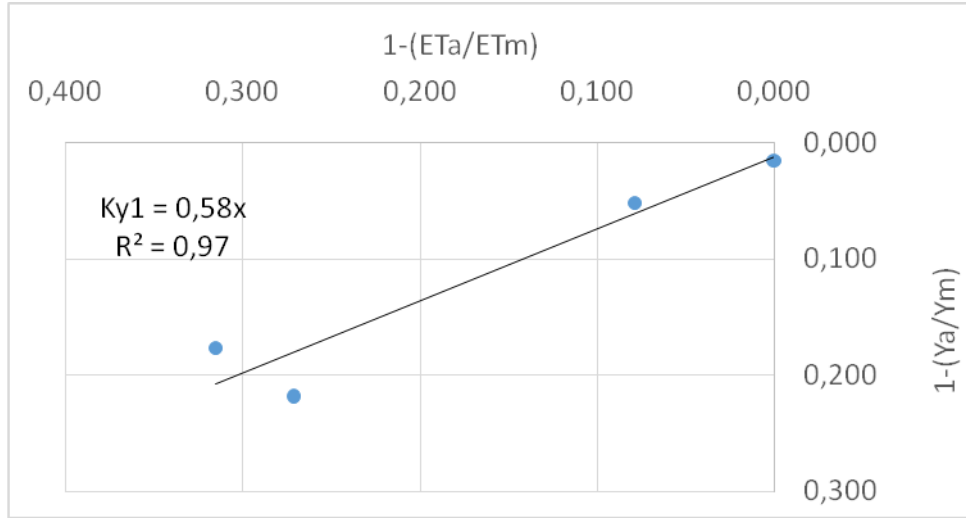
Çizelge 4.1 Sulama verim ilişkisi

Konu	Verim kg/da
1	107.3c
2	148.0 abc
3	139.1 bc
4	203.2 a
5	187.1 ab
6	199.2 ab
7	185.3 ab
8	112.3 c

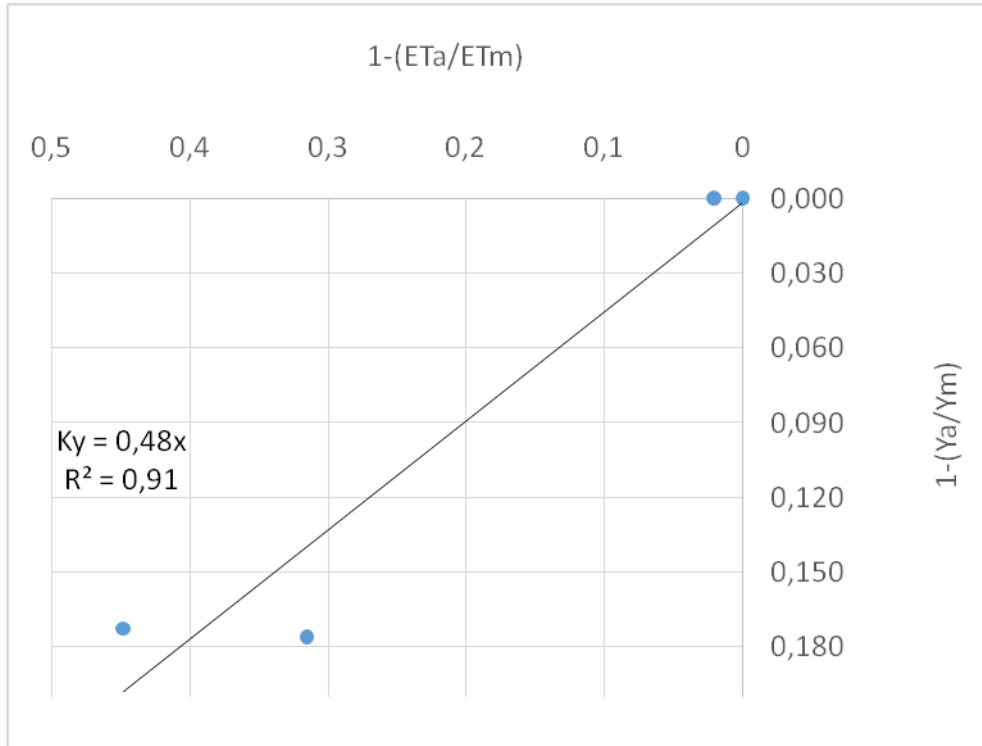
4.3 Verim Faktörü

Toplam büyüme mevsimi için oransal su tüketim azalışı ile oransal verim azalışı arasındaki ilişki (ky) iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayımına dayanır (Stewart ve ark., 1975., Doorenbos ve Kassam, 1979). En yüksek verim

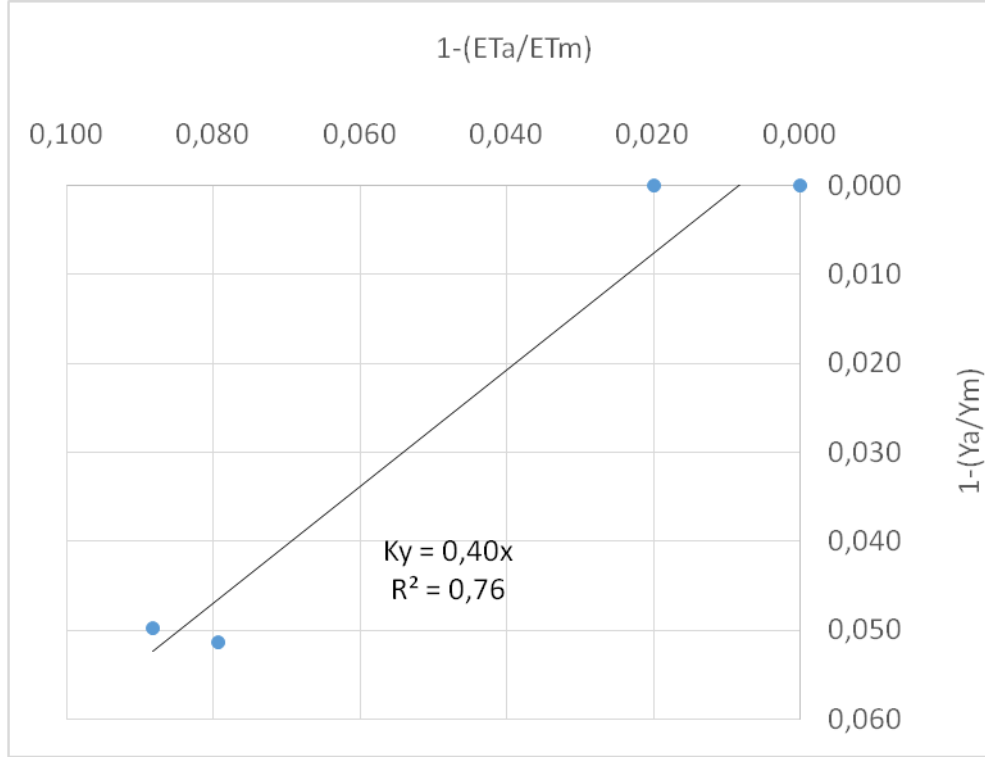
azalışı (ky) D1 dönemi sulamalarından elde edildiğinden bu dönemde sulama yapılması oldukça kritik olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.1). Benzer bulgular Tonkaz ve ark., 2018’de ifade edilerek D1 dönemimde ky katsayısı 0.29 olarak hesaplanmıştır. Fındıkta su-verim ilişkileri yeterince çalışma henüz yapılmadığından, burada yeterince tartışma yapılamamıştır.



Şekil 4.1 D1 dönemi ky grafiği



Şekil 4.2 D2 dönemi ky grafiği



Şekil 4.3 D3 dönemi ky grafiği

4.4 Su Kullanım Etkinliği

Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve toplam su kullanım randımanı (WUE) için Howell ve ark. (1990) tarafından önerilen eşitliklerden yararlanılmıştır. IWUE; hektardan elde edilen ürün miktarının sulama suyu miktarına ve WUE ise hektardan elde edilen ürün miktarının (t) bitki su tüketimine (m³) bölünmesinden elde edilmiştir.

Beklendiği üzere en yüksek sulama suyu etkinliği 3 nolu konudan elde edilmiş olup, en düşük WUE 1 nolu kontrol konusundan elde edilmiştir (Çizelge 4.2).

4.5 Yaprak Sıcaklığı

Yaprak sıcaklıkları sulama öncesi her parselden gelişimini tamamlamış 10 adet yapraktan infrared termometre ile ölçülmüştür. Elde edilen bulgular Şimşek ve ark., (2004)'te belirtildiği şekilde değerlendirilerek (CWSI) verim ile ilişkileri ortaya konulmuştur (Ödemiş ve Baştuğ, 1999; Erdem ve ark., 2006). CWSI ile verim değerleri ilişkisi irdelendiğinde verimdeki değişimin %51'i CWSI tarafından açıklanabilmiştir (Çizelge 4.3; Şekil 4.4). Elde edilen değerlerin, bodur kiraz konusunda Erdem ve ark., (2012) tarafından yapılan çalışmada, CWSI değerlerinin

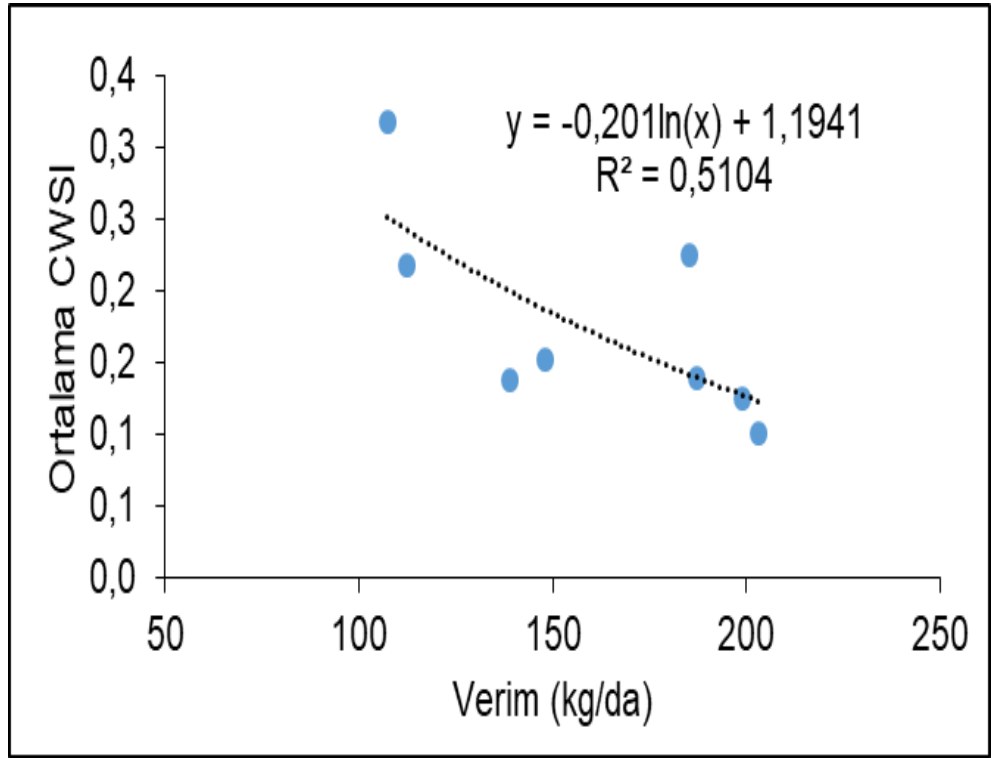
sulama öncesi sulama düzeyine bağı olarak 0.38 ile 0.11 değışmesiyle uyumlu olduğı ifade edilebilir.

Çizelge 4.2 Sulama suyu, IWUE ve WUE değerleri geğer, şrenee

Deneme Konuları	Uygulanan Sulama Suyu (mm)	Toplam Tüketilen Su Miktarı (mm)	Verim (t/da)	IWUE (kg/m³)	WUE (kg/m³)
1	0	611.85	0.107	---	0.18
2	0	623.17	0.148	---	0.24
3	41.42	657.15	0.139	3.4	0.21
4	210.51	786.15	0.203	1.0	0.26
5	172.45	757.01	0.187	1.1	0.25
6	212.41	798.01	0.199	0.9	0.25
7	174.56	758.28	0.185	1.1	0.24
8	41.25	660.24	0.112	2.7	0.17

Çizelge 4.3 Sulama ile CWSI ilişkisi

Konu	CWSI
1	0.32
2	0.16
3	0.10
4	0.12
5	0.12
6	0.12
7	0.20
8	0.21



Şekil 4.4 Verim ile CWSI ilişkisi

4.6 Yaprak su potansiyeli

Sulama öncesi gelişimini tamamlamış ve bitkinin gelişiminin pik döneminde 10 yaprak su potansiyelinin hesaplanması için kullanılmıştır (Bozkurt-Çolak, 2010). İstatistiksel değerlendirme sonucunda konular arası fark önemli bulunmuş ve en az strese sahip olan konular 4 konulu olarak belirlenmiştir. Bu sonuç bitki su tüketimi ve sulama suyu ile yakından ilgilidir (Çizelge 4.4). Elde edilen sonuçlar Awada ve Josiah (2007), tarafından yapılan çalışma ile uyumlu olduğu yani sulanmayan konuda yaprak su stresinin daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4 Sulama ile YSP (MPa) ilişkisi

Konu	YSP
1	-2.05a
2	-1.85ab
3	-1.79b
4	-1.33d
5	-1.39d
6	-1.51cd
7	-1.42cd
8	-1.63bc

4.7 Yaprak Klorofil Değeri

Sulama öncesi gelişimini tamamlamış ve bitkinin gelişiminin pik döneminde 10 yaprak klorofil değerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. İstatistiksel değerlendirmede konular arasında fark bulunmamıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Sulama ile Klorofil ilişkisi

Konu	Klorofil
1	24.1
2	24.7
3	24.6
4	25.5
5	24.2
6	23.1
7	25.0
8	23.9

4.8 Meyve Ağırlığı (g)

Tesadüfen seçilen ve doğal şartlarda kurutulan 30 adet kabuklu meyve 0.01g'a duyarlı terazide tek tek tartılıp aritmetik ortalaması alınarak elde edilmiştir (Tosun, 2002, Turan, 2007). İstatiksel değerlendirme sonucunda, sulama konularının meyve ağırlığını önemli derecede etkileyerek en yüksek ağırlığa sahip konunun tam sulama konusu olan 4 nolu konudan elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.6). Benzer bulgular Bignami ve ark., (2009), tarafından da ifade edilmiş olup kabuklu meyve ağırlığının sulama ile arttığı ve %75 oranında sulama ile en yüksek seviyeye çıktığı belirtilmiştir.

Çizelge 4.6 Sulama ile Meyve Ağırlığı ilişkisi

Konu	Meyve ağırlığı
1	1.72 ab
2	1.78 ab
3	1.72 ab
4	1.93 a
5	1.82 ab
6	1.74 ab
7	1.58 b
8	1.82 ab

4.9 İç Ağırlığı (g)

Kabuklu ağırlıkları belirlenen 30 meyvenin içleri 0.01g'a duyarlı hassa terazide tek tek tartılıp aritmetik ortalaması alınarak elde edilmiştir (Tosun, 2002). Meyve ağırlığına benzer şekilde iç ağırlığı da sulama konularından önemli derecede etkilenmiş ve en yüksek iç ağırlığı tam sulama konusu olan 4 nolu konudan elde edilmiştir (Çizelge 4.7). Elde edilen bulgular, Külahcılar ve ark., (2018) tarafından Giresun ilinde Tombul çeşidinde mini yağmurlama sulama yönteminde farklı su seviyesi uygulamalarının hasat sonrası iç meyve ağırlığına etkisinin önemli olduğunu ifadesi uyumlu görülmektedir.

Çizelge 4.7 Sulama ile Meyve İç Ağırlığı ilişkisi

Konu	Meyve İç ağırlığı
1	0.97 ab
2	0.99 ab
3	0.96 ab
4	1.09 a
5	1.03 ab
6	0.97 ab
7	0.85 b
8	1.05 a

4.10 İç Oranı (Randıman) (%)

Toplam meyve ağırlığının toplam iç (sağlam ve kusurlu içler) ağırlığına oranlaması yoluyla % olarak hesaplanmıştır. Bu randıman 30 meyve kullanılarak hesaplanmıştır. İç randıman değerleri sulama konularından istatistiksel olarak önemli oranda etkilenmemiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Sulama ile Randıman ilişkisi

Konu	Randıman
1	0.57
2	0.53
3	0.54
4	0.52
5	0.54
6	0.54
7	0.56
8	0.52

4.11 Meyve Kalınlığı (mm)

Meyve tablasından yukarıya doğru orta veya ortaya yakın kısmından şişkin yerin en kalın yerinden 0.01mm'ye duyarlı kumpas kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler tesadüfen seçilen toplam 30 meyve üzerinde yapılmıştır. Meyve ağırlığı ve iç değerlerinin aksine meyve kalınlığı sulama konularından istatistiksel anlamda önemli derecede etkilenmemiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 Sulama ile Meyve Kalınlığı ilişkisi

Konu	Meyve kalınlığı
1	14.47
2	15.74
3	15.34
4	15.83
5	15.92
6	15.12
7	14.87
8	15.45

4.12 Çotanaktaki Meyve Sayısı (Adet)

Hasat edilen bitkilerden alınan 10 çotanaktaki meyveler sayılarak çotanaktaki meyve sayısı bulunmuştur. Çotanaktaki meyve sayısı, iç randımanı ve kabuk kalınlığı değerlerine benzer bir davranış göstererek sulama konularından istatistiksel anlamda önemli bir etkileşim göstermemiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Sulama ile Çotanaktaki Meyve Sayısı ilişkisi

Konu	Çotanaktaki meyve sayısı
1	3.20
2	3.07
3	3.33
4	3.33
5	3.40
6	3.30
7	3.37
8	3.23

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Fotovoltaik panel sistemi Karadeniz koşullarında Fındık bahçelerinin sulaması için test edilmiştir. Elde edilen bulgular, fotovoltaik sistemin veriminin oldukça yeterli olduğu görülmüştür. Bu çalışma için, fotovoltaik sistemde 6 adet panel, 4 adet akü olmak üzere yaklaşık 5 kWh'lik bir sistem oluşturulmuştur. Sistemdeki akülerin sarj sürelerinin Fındıkta sulama aralığına uyumlu olduğu görülmüştür. Fotovoltaik panel sistemi bölgedeki tarımsal sulamalarda güvenle kullanılabilceği ortaya konulmuştur. Bununla birlikte bölgede yapılacak benzer diğer uygulamalarda sulanacak alan büyüklüğü ve sulama suyu ihtiyacı ile sulama aralığı belirlenerek kurulu sistem gücü revize edilmelidir.

Fındık verim değerleri sulama suyuna olumlu tepki göstermiştir. Çalışma alanında, sulama ile fındıkta verim artışı kontrol konusuna göre %89 oranında gerçekleşmiştir. Bu bulgu özellikle güneye bakan yamaç arazilerde özellikle Temmuz ayında ve Ağustos başlangıcında fındığın sulama suyuna ihtiyaç duyduğu görülmektedir.

Diğer taraftan fındık verimini etkileyen yaprak su potansiyeli, meyve ağırlığı ve meyve iç ağırlığı parametreleri sulama konularından etkilenmiştir. Bununla birlikte, meyve kalınlığı, iç randımanı, çotanaktaki meyve sayısı ve yaprak klorofil içeriği sulama konularından önemli oranda etkilenmemiştir.

6. KAYNAKLAR


- Akçin, Y. (2018). Damla sulama yönteminde farklı sulama uygulamalarının 'Tombul' fındık çeşidinde depolama kalitesine etkileri. Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
- Atmaca, M., Yusufoglu, G. & Kurtuluş A.B, (2014). Güneş enerjili sulamanın tarım sektöründe uygulaması. Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3(2), 142-153.
- Awada, T., & Josiah, S., (2007). Physiological Responses of Four Hazelnut Hybrids to Water Availability in Nebraska .Great Plains Research: A Journal of Natural and Social Sciences. Paper 895.
- Başaran, K., Çetin, N.S.,& Çelik, H. (2011). Rüzgâr-Güneş hibrit güç sistemi tasarımı ve uygulaması. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 Mayıs, Elazığ, Türkiye.
- Bignami, C., Cristofori, V., Ghini, P., Rugini, E., (2009). Effects of irrigation on growth and yield components of hazelnut (*Corylus avellana*) in central Italy. *Acta Horticulturae* 845: 309-314.
- Bostan, S.Z. (1998). Bazı önemli fındık çeşitlerinde tohum taslağı gelişimi üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 22: 295-298.
- Bostan, S.Z., İslam, A., & Şen, S.M. (1997). Investigation on nut development in hazelnuts and determination of nut characteristics and variation within cultivars in some hazelnut cultivars. *Acta Horticulturae*, 445:101-108.
- Bostan, S. Z., Tonkaz, T. (2013). The effects of arid and rainy years on hazelnut yield in the Eastern Black Sea region of Turkey. In Proceedings of the 24th International Scientific-Expert-Conference of Agriculture and Food Industry, 25-28 September 2013, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina.
- Bozkurt-Çolak, Y. (2010). Akdeniz bölgesinde flake seedless ve italia sofralık üzüm çeşitlerinde yaprak su potansiyeline göre sulama programlarının oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- Çağlayan, N., Ertekin, C. (2011). Güneş pili (PV) pompalama sistemleri: PV su pompalama sistem kurulumu üzerine bir çalışma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 115-123.
- Çetinçalı, M. (2017). Düzce ili şartlarında güneş enerjisi ile akıllı tarımsal sulama uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce.
- Doorenbos, J., & Kassam, A.H. (1979). Yield response to water. Irrigation and Drainage. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 23-25 May, Rome, Italy.
- Erdem, T., Erdem, Y. Orta, A.H., & Okursoy, H. (2006). "Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.)", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(1), 11-20.

- Erdem T., Erdem, Y. Okursoy, H. Göçmen, E. G., (2012). "Variations of non water stressed beselines for dwarf cherry trees under different irrigation regimes, J. of. Tekirdağ Agric. Faculty, pp. 41-49.
- Howell, T.A., Cuenca, R.H., & Solomon, K.H. (1990). Crop yield response management of farm irrigation systems. *ASAE Monograph. Am. Soc. Agric.*, 21(3), 93–122.
- Karaosmanoğlu, H., Üstün, Ş. (2017). Organik ve konvansiyonel fındıkların (*corylus avella l.*) bazı fiziksel özellikleri. *Sidas Medya Akademik Gıda*, 15 (4), 377-385.
- Külahcılar, A. (2016). Tombul fındık çeşidinde mini yağmurlama sulama yönteminde farklı su seviyesi uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
- Külahcılar, A., Tonkaz, T., Bostan, S.Z., (2018). Effect of irrigation regimes by mini sprinkler on yield and pomological traits in 'Tombul' hazelnut. *Acta Horticulturae*, 1226: 301-307.
- Neoenerji, (2017a). FVG 72-125 PV panel teknik özellikleri, <http://www.neoenerji.com/urunler/assets/files/1-gunes/gunes-paneli/Fvg/FVGENERGY-PV-modules-catalogue.pdf>-(Erişim Tarihi: 22.11.2018).
- Neoenerji, (2017b). Solarrouter hibrit inverter teknik özellikleri, http://www.neoenerji.com/urunler/assets/files/3-inverter/Hibrid_inverter/Diger_dokumanlar/Teknik_ozellikler.pdf-(Erişim Tarihi: 22.11.2018).
- Neoenerji, (2017c). EurostarEA_serisi akü teknik özellikleri, http://www.neoenerji.com/urunler/assets/files/4-aku/Aku/Eurostar/EA_serisi/EA_12V_200Ah.pdf-(Erişim Tarihi: 22.11.2018).
- Olcan, C. (2015). Güneş radyasyon tahmini için bulanık zaman serisi yöntemleri ve fotovoltaik sulama sistemi optimizasyonunda uygulanması. Doktora Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ödemiş, B., & Baştuğ, R. (1999). İnfrared termometre tekniği kullanılarak pamukta bitki su stresinin değerlendirilmesi ve sulamaların programlanması. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23, 31-37.
- Özdede, D., Çakmak, B., & Avcı, S. (2017). Damla sulama sistemlerinin işletilmesinde güneş enerjisinden yararlanma olanakları; Konya ili örneği. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, BSM 2017, 52-60.
- Özsoy, M.F.(2011). Hibrit rüzgâr-güneş enerji üretim sistemi ile bir elektrik laboratuvarının genel aydınlatma tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Stewart, J.I. (1975). Irrigation in california. State Water Resources Control Board, 10-12 May, Sacramento, USA.

- Şen, Y. (2018). Farklı güneşlenme şartlarının tombul ve palaz fındık çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
- Şenol, R. (2012). Tarımsal sulama ve güneş enerjisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(3), 519-526.
- Şensu, T. (2006). Fatsa (Ordu)'da iklim özellikleri ve hava şartlarının fındık verimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Samsun.
- Şimşek, M., Kaçıra, M. & Tonkaz, T. (2004). "The effects of different drip irrigation regimes on watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.)] yield and yield components under semi-arid climatic conditions". *Australian J. of Agricultural Research*, 55(11): 1149-1157.
- Tonkaz, T., Bostan, S. Z. (2010). Giresun ili standardize yağış indeksi değerlerinin fındık verimi ile ilişkilerinin incelenmesi. I. Sulama ve Tarımsal Yapılar Kongresi 27-29 Mayıs, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Tonkaz, T, Bostan, S. Z., & Korkmaz, K. (2018). Fındıkta Destek Sulamanın Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, TÜBİTAK Proje No: 1140553, Sonuç Raporu.
- Topuz, T., Dağdelen, N. (2017). Damla sulama ile sulanan bağda farklı sulama uygulamalarının verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Dergisi*, 14 (1), 23-28.
- Tosun, F. (2002). Tarımda uygulamalı istatistik metotları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No:1 (Üçüncü Baskı), 256s, Samsun.
- Turan, A. (2007). Giresun ili bulancak ilçesi tombul fındık klon seleksiyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
- Yılmaz, T. (2019). Sulama amaçlı kurulan 2.2 kW fotovoltaik sistemin uzaktan denetimi ve veriminin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, Ordu.
- Yurtsever, N. (1984). Deneysel istatistik metotlar. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No. 121/56, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ayhan YILMAZ
Doğum Yeri	Safranbolu Karabük
Doğum Tarihi	25.01.1979
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	543 788 82 18
E-Posta Adresi	yilmazayhan34@gmail.com



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Trakya Üniversitesi
Fakülte	Tekirdağ Ziraat Fakültesi
Bölümü	Tarım Makineleri
Mezuniyet Yılı	2003
Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Mezuniyet Tarihi	
Doktora	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Mezuniyet Tarihi	
Yayınlar	