

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)  
KULLANILARAK TOPRAK ÖZELLİKLERİNE BAĞLI  
UYGUN SULAMA YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ:  
SÖLÖZ VE HECERLER ÖRNEĞİ**

**Engin ÖZTÜRK**

**Yüksek Lisans Tezi**

**BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Danışman: Doç. Dr. Mehmet ŞENER  
2016**

**T.C.**

**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK TOPRAK  
ÖZELLİKLERİNE BAĞLI UYGUN SULAMA YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ:  
SÖLÖZ VE HECELER ÖRNEĞİ**

**ENGİN ÖZTÜRK**

**BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞ ANABİLİM DALI**

**Danışman: Doç. Dr. Mehmet ŞENER**

**TEKİRDAĞ**

**2016**

**Her hakkı saklıdır.**

Bu Çalışma NKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından

NKUBAP.00.24.YL.14.16 Nolu Proje İle Desteklenmiştir

Doç. Dr. Mehmet ŞENER danışmanlığında, Engin ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Toprak Özelliklerine Bağlı Uygun Sulama Yönteminin İncelenmesi: Sölöz Ve Heceler Örneği” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek lisans tezi olarak oy birliği kabul edilmiştir.

Jüri başkanı: Prof. Dr. Tolga ERDEM

*İmza:*

Üye: Doç. Dr. Mehmet ŞENER(Danışman)

*İmza:*

Üye: Yrd. Doç. Dr. Murat TEKİNER

*İmza:*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK TOPRAK ÖZELLİKLERİNE BAĞLI UYGUN SULAMA YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ: SÖLÖZ VE HECELER ÖRNEĞİ

**Engin ÖZTÜRK**

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet ŞENER

Bitkisel üretimin arttırılmasında kullanılan en etkili girdi sulama olarak kabul edilmektedir. Ancak etkin bir sulama faaliyetini gerçekleştirebilmek için şartlara en uygun sulama yönteminin belirlenmesi çok önemlidir. Uygun sulama yöntemi seçimi ile bir yandan bitkisel üretimde maksimizasyon sağlanırken, diğer yandan su ve arazi kaynaklarının optimum kullanımına yardımcı olunur. Çalışma sırasında, sulama yönetiminin seçiminde etkili faktörler olan toprak bünyesi, infiltrasyon hızı, kullanılabilir su tutma kapasitesi, eğim gibi faktörler çalışma alanını temsil edecek şekilde 83 noktada yapılan test ve laboratuvar çalışmalarıyla belirlenmiştir. Her bir faktöre ait veriler ArcGIS programına girilerek veri katmanları oluşturulmuştur. ArcGIS programında noktasal veriler entegre enterpolasyon yöntemi olan IDW ile alansal forma çevrilmiştir. Bu noktada her bir kriterin, farklı sulama yöntemleri için ayrı ayrı sınır değerleri dikkate alınarak, uygun sulama alanları belirlenmiştir. Araştırma sonucunda proje alanı içerisinde yer alan her bir parsel için en uygun sulama yönteminin seçilebileceği tematik haritalar sulama projelerine ve bölge çiftçilerinin hizmetine sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Sulama, Sulama yöntemleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Toprak özellikleri

**2016, 58 sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **INVESTIGATION OF SUITABLE IRRIGATION METHODS FOR SOIL PROPERTIES BY USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS): A CASE STUDY IN SÖLÖZ AND HECELER**

**Engin ÖZTÜRK**

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Main Science Division of Biosystem Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet ŞENER

The most effective input to increase crop production is accepted as irrigation. However, it is very important to determine the most suitable irrigation method in order to be able to carry out effective irrigation activities. With accurate choice of irrigation method, while on the one hand, maximization is achieved in plant production, on the other hand, help to optimize the use of water and land resources. During the study, soil factors that affecting to selection of suitable irrigation methods such as, infiltration rate, available water-holding capacity, soil texture and slope are determined by tests and laboratory studies from 83 points to represent the project area. Data for each factor were entered into the ArcGIS program and data layers were created. Point data are transformed into spatial form by IDW interpolation method in ArcGIS program. At this point, appropriate irrigation areas have been determined for different irrigation methods, taking into account the limit values for each criterion. Thematic maps in which can selectable the most appropriate irrigation method for each parcel located within the project area will present to irrigation management and regional farmers.

**Keywords:** Irrigation, Irrigation method, GIS, Soil properties

**2016, 58 pages**

## ÖNSÖZ

Son yıllarda sürekli artan dünya nüfusunun beslenmesi için gerekli gıda miktarı da artmaktadır. Buna karşın ülkemizde ve dünyada tarım alanları doğal, iklimsel ve insan eli marifetiyle sürekli azalma eğilimindedir. Bu durum nüfuslarını yeterli ve dengeli beslemek isteyen dünyadaki birçok devletin temel politikalarının başında gelmektedir. Özellikle ülkemiz artan nüfusunu azalan kaynaklardan beslemek durumundadır. Bu durum devletin tarımsal alanlardan daha fazla verim elde etmeye yöneliyor. Bu amaçla DSİ bir çok sulama projesini hayata geçirmiştir.

Özellikle son yıllarda artan sanayileşmenin dünya üzerindeki iklimsel olaylara etkilerinden birçok platformun konusu olmuştur. Bu iklimsel olayların başında da su sorunu gelmektedir. Ülkemiz yarı kurak iklim kuşağında bulunduğundan su kaynakları kısıtlıdır. Sulama projelerinin kapsadığı alanlarda sulama yapılırken kıt kaynak olan suyun verimli kullanılması mecburiyeti doğurmaktadır. Aksi durumda fazla su kullanılması hep su kaynaklarının tüketilmesi hem de tarım topraklarının elden çıkmasına neden olmaktadır. Bir diğer önemli unsur ise sulama yapılırken sulama yöntemlerinin doğru seçilmesidir. Yanlış seçilen sulama yöntemi birçok sorunu da beraberinde getirmektedir.

Tarımsal üretim genellikle büyük alanlar üzerinde yapılmaktadır. Bu durum tarım alanlarında veri toplama işini klasik yöntemlerle maliyetli kılmaktaydı. Ancak gelişen bilgisayar ve uzay teknolojisi kullanılarak veri toplama ve analiz işlerini klasik yöntemlere göre hem daha ucuz kılmaktayken hem de zaman tasarrufu sağlamaktadır.

Yapılan bu çalışma, uygun sulama yöntemi seçiminde etkili unsurları göz önünde bulundurarak çalışma alanından veri toplanması, verilerin analiz edilmesi ve sınıflandırılarak uygun yöntemlerin seçilmesini irdlemiştir. Bu çalışma ile suyu uygun miktarda ve uygun yöntemle bitkiyle buluşturduğumuzda hem su kaynaklarını hem de tarım topraklarını korunmasını sağlarız. Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçların kamu kurum kuruluşları başta olmak üzere, sulama projelendirmesi yapan teknik kişilere ve sulama yapan çiftçilere faydalı olacağı düşünülmüştür.

## **TEŞEKKÜR**

Bana bu konuda araştırma imkânı sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Mehmet ŞENER'e, toprak örneklerinin alınmasında imkân sağlayan değerli müdürüm M. Gürkan KABÜL'e, toprak örneklerinin analizinde yardım eden Ufuk TAÇ, Kemal KAHRAMAN, İlkay BİBERCİ'ye ve bana her aŐamada desteğini esirgemeyen sevgili eŐim Serap ÖZTÜRK'e sonsuz saygı ve teŐekkürlerimi sunarım.

Aralık, 2016

Engin ÖZTÜRK



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>iii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÇİZELGE DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2.KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK TARAMASI</b> .....	<b>3</b>
2.1.Sulama .....	3
2.1.1.Bünye.....	3
2.1.2.Kullanılabilir su tutma kapasitesi .....	4
2.1.3.Toprağın su alma hızı .....	4
2.1.4. Sulama yöntemleri.....	5
2.1.4.1 Yüzey sulama yöntemleri .....	5
2.1.4.2. Basınçlı sulama yöntemleri .....	6
2.2.Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) .....	7
2.3. Sulama Yöntemleri İçin Uygun Alanların Belirlenmesi .....	11
<b>3.MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>14</b>
3.1. Materyal .....	14
3.1.1. Araştırma alanı .....	15
3.1.2. Araştırma alanının iklim özellikleri.....	15
3.1.3. Araştırma alanının topoğrafya ve toprak özellikleri.....	15
3.1.4. Araştırma alanının bitki örtüsü .....	16

3.1.5. Araştırma alanının su kaynağı ve sulama uygulamaları .....	16
3.1.6. Kullanılan bilgisayar paket programları .....	16
3.2. Yöntem .....	17
3.2.1. Toprak örneklerinin alınması .....	17
3.2.2. Toprak örneklerinin analizi .....	18
3.2.3. İnfiltrasyon hızı .....	20
3.2.4. Toprak analiz sonuçlarının CBS ortamına işlenmesi .....	21
3.2.5. Çalışma alanının eğiminin belirlenmesi .....	21
3.2.6. Sulama yöntemleri için uygun alanların belirlenmesi .....	21
3.2.7. Arazi bilgi sisteminin oluşturulması .....	23
3.2.7.1. Her sulamada kullanılacak net sulama suyu .....	23
3.2.7.2. Sulama aralığı .....	25
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>26</b>
4.1. Toprak Analiz Sonuçları .....	26
4.2. Verilerin Arcgis Ortamına Aktarılmasına İlişkin Sonuçlar .....	31
4.3. Toprak Özelliklerine Ait Katmanların Oluşturulmasına İlişkin Sonuçlar .....	31
4.4. Çalışma Alanının Eğimine İlişkin Sonuçlar .....	35
4.5. Sulama Yöntemleri İçin Uygun Alanların Belirlenmesine Yönelik Sonuçlar .....	36
4.5.1. Yüzeysel sulama yöntemlerine ilişkin sonuçlar .....	36
4.5.2. Basınçlı sulama yöntemlerine ilişkin sonuçlar .....	38
4.6. Arazi bilgi sistemine ilişkin sonuçlar .....	41
4.6.1. Her sulamada uygulanacak net sulama suyuna ilişkin sonuçlar .....	42
4.6.2. Sulama aralığına ilişkin sonuçlar .....	42
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>45</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>48</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>58</b>

## ÇİZELGEDİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Bünye ile kullanılabilir su tutma kapasitesi arasındaki ilişki .....	4
Çizelge 3.1. Çalışma alanına ait uzun yıllar iklim verileri .....	15
Çizelge 3.2. Bünye sınıfına göre toprakların infiltrasyon hızları .....	20
Çizelge 3.3. Sulama yöntemi seçimindeki kısıtlar .....	23
Çizelge 4.1. Toprak analiz sonuçları .....	26
Çizelge 5.1. Yüzey sulama yöntemleri için saptanan uygun alan miktarları .....	45
Çizelge 5.2. Basınçlı sulama yöntemleri için saptanan uygun alan miktarları .....	46

## ŞEKİL DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. USDA bünye üçgeni .....	3
Şekil 3.1. Araştırma alanının konumu .....	14
Şekil 3.2. Araziden toprak örneklerinin alınması .....	17
Şekil 3.3. Çalışma alanında toprak örneklerinin alındığı noktalar .....	18
Şekil 3.4. Toprak örneklerinin bünye testi .....	19
Şekil 3.5. Toprak örneklerinin hacim ağırlıklarının ölçülmesi.....	19
Şekil 3.6. Toprak örneklerinin tarla kapasitesi ve solma noktası ölçümleri.....	20
Şekil 3.7. Raster Calculator modülü.....	25
Şekil 4.1 Analiz sonuçlarının noktasal veri olarak görünüşü .....	31
Şekil 4.2. Çalışma alanının 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliği kil yüzdesi gridi .....	32
Şekil 4.3. Çalışma alanının 0-30, 30-60 v3 60-90 cm toprak derinliği silt yüzdesi gridi .....	32
Şekil 4.4. Çalışma alanının 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliği kum yüzdesi gridi.....	33
Şekil 4.5. Çalışma alanının 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliği hacim ağırlığı gridi.....	33
Şekil 4.6. Çalışma alanının 0-90 cm toprak derinliği KSTK gridi .....	34
Şekil 4.7. Çalışma alanının infiltrasyon hızı gridi .....	35
Şekil 4.8. Çalışma alanının eğimi.....	36
Şekil 4.9. Salma sulama yöntemine uygun alanlar .....	37
Şekil 4.10. Uzun tava sulama yöntemine uygun alanlar.....	37
Şekil 4.11. Karık sulama yöntemine uygun alanlar .....	37
Şekil 4.12. Damla sulama yöntemi için uygun alanları (2L/h) .....	39
Şekil 4.13. Damla sulama yöntemi için uygun alanları (4L/h) .....	39
Şekil 4.14. Damla sulama yöntemi için uygun alanları (6L/h) .....	39
Şekil 4.15. Damla sulama yöntemi için uygun alanları (8L/h) .....	39
Şekil 4.16. Mini sprink sulama yöntemine uygun alanlar (60L/h) .....	40

Şekil 4.17. Mini sprink sulama yöntemine uygun alanlar (60L/h) .....	40
Şekil 4.18. Mini sprink sulama yöntemine uygun alanlar (60L/h) .....	40
Şekil 4.19. Mini sprink sulama yöntemine uygun alanlar (60L/h) .....	40
Şekil 4.20. Net sulama suyu ihtiyacı (0-90cm) .....	42
Şekil 4.21. Çalışma alanının aylara göre sulama aralığı .....	43
Şekil 4.22Arazi bilgi sistemi .....	44

## SİMGELER DİZİNİ

CBS	: Coğrafi bilgi sistemleri
cm	:Santimetre
da	:Dekar
DSİ	: Devlet su işleri
ET	: Bitki su tüketimi
GPS	:Global Positoining System
h	:Saat
IDW	:Inverse distande wight (Ters Ağırlıklı Mesafe)
kg	:Kilogram
Km <sup>2</sup>	: Kilometrekare
KSKT	: Kullanılabilir su tutmaKapasitesi
m	:Metre
m <sup>2</sup>	:Metrekare
m <sup>3</sup>	:Metreküp
mm	:Milimetre
r	:Yağış
s	:Saniye
SN	:Solma Noktası
SQL	: Yapısal sorgu dili
TK	:Tarla Kapasitesi
U	: Aylık Bitki su tüketimi
UA	: Uzaktan algılama
Vb.	: Ve benzeri
°C	:Santigrat derece
%	: Yüzde

- ° :Derece
- ‘ :Dakika
- “ :Saniye

## 1.GİRİŞ

Tarım ve küresel gıda güvenliği için su kritik öneme sahiptir. Özellikle, kentsel, endüstriyel ve çevresel ihtiyaçların karşılanması gibi tarım dışı suya duyulan ihtiyaç tehdit altındaki gıda güvenliğinin sağlanmasında sulama faaliyetini önemli bir noktaya çekmektedir. (Carruthers ve ark. 1997, Hanjra ve Qureshi 2010). Kullanıcı sektörlerine aktarılan su nedeniyle sulama amaçlı kullanılabilir su miktarında azalmalar yaşanmaktadır (Molden 2007). Bu durum tarımsal su kullanımında daha etkin su kullanımı sağlanması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Üzen ve Çetin 2012).

Sulama, tekniğine uygun planlanıp uygulanması durumunda, gübreleme, bitki koruma, budama gibi kültürel uygulamalar ile tarımsal üretimde birim alandan alınan üründe bir artış sağlamaktadır. Sulama, modern tarımın ayrılmaz bir parçasıdır ve bitkisel üretimde en önemli tarımsal girdilerden birini oluşturmaktadır (Yıldırım 1996). Sulama, ürün verim ve ürün kalitesini artırarak pazar değerini de olumlu yönde etkilemektedir.

Her tarım alanının birçok özelliklerinin farklı olması nedeniyle suyun bitki kök bölgesine verilmiş biçimleri olan sulama yöntemleri de farklılık göstermektedir (Apan 1981). Sulamadan beklenen yararın elde edilebilmesi için, koşullara en uygun sulama yönteminin seçilmesi, bu yöntemin gerektirdiği sulama sisteminin kurulması ve bitkinin ihtiyaç duyduğu su miktarının zamanında uygulaması gerekmektedir (Çetin ve ark. 2006).

Bir sulama projesinin başarılı olabilmesi için projeye etki eden tüm unsurlar titizlikle tespit edilip hesaplanması gerekmektedir. Bu unsurlar proje alanındaki toprak özellikleri, su kaynağı, bitki deseni, topoğrafya ve su kullanıcılarının ekonomik düzeyi ve bilgi seviyesidir. Tüm bu unsurlar dikkate alınarak yapılan projelerde başarısızlık oranı oldukça düşüktür kalmaktadır. Ancak geniş alanlara hizmet eden sulama projeleri için, bilgi toplama ve bu bilgiler ile hesap yapma klasik yöntemlerde oldukça güç ve zaman alıcıdır. Ayrıca toplanan bilgilerin analiz edilmesi ve paylaşılması klasik yöntemlerle oldukça da zordur.

Yeryüzü doğal kaynaklarının kullanımı ve yönetiminde akılcı ve bilimsel metot ve sistemlere duyulan gereksinimin önemi giderek arttığı tüm dünya toplumları tarafından kabul edilen bir gerçektir. Bilgi çağı olarak adlandırılan 21. yüzyılda gerek idarecilerin ve gerekse araştırmacıların CBS'den gerektiği şekilde yararlanmaları kaçınılmazdır(Sönmez ve Sarı 2004). Günümüzde, tarım gibi geniş alanlarda çalışan birçok disiplin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarını kullanmaktadır.



Coğrafi Bilgi Sistemleri; mekânsal kökenli bilgilerin (grafik ve öznitelik) bilgisayar ortamında toplanması, girilmesi, saklanması, sorgulanması, mekânsal analizlerinin yapılması, görüntülenmesi ve farklı formatlarda çıktı alınması için oluşturulan bilgi sistemidir (Aronoff 1991). CBS grafik ve grafik olmayan verileri birbiri ile ilişkilendirir. Bu özelliğinden dolayı eldeki verileri analiz ederek diğer gerekli verilere de ulaşabilir. CBS içeriğinde birçok analiz modülü ile hem konuma bağlı hem de öznitelik veriler ile çalışabilir.

Bu çalışmada Bursa ili Orhangazi ilçesi Solöz ve Heceler mahallelerindeki sulama alanlarında, toprak özelliklerinden yararlanılarak uygun sulama yöntemleri belirlenmeye çalışılmıştır. Araziyi temsil edecek şekilde 83 adet noktadan alınan toprak örneklerinden tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), bünye, hacim ağırlığı, kullanılabilir su tutma kapasitesi (KSTK) değerleri saptanmıştır. Ölçülen toprak değerleri ArcGIS programına aktararak mekansal analiz (spatial analysis) modülü kullanılarak gerekli sorgulama ve analizler gerçekleştirilerek çalışma alanında her alan için uygun sulama yöntemi belirlenmiştir.

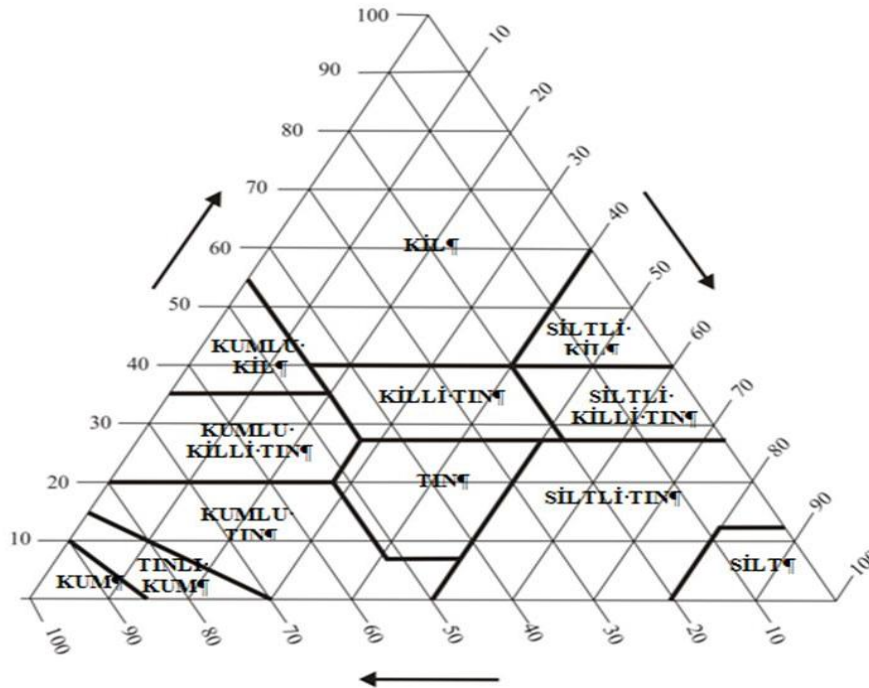
## 2.KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Sulama

Sulama, bitkilerin büyüme ve gelişme mevsimi boyunca gelişmeleri için ihtiyaç duyulan suyun doğal yağışlarla karşılanmayan kısmının toprağa bitki kök bölgesine çeşitli yöntemlerle verilmesidir (Güngör ve ark. 2004). Sulama da su, kök bölgesine yani toprağa verildiğinden bitki özelliklerinin yanında toprak özelliklerinde iyi bilinmesi gerekmektedir. Bitki, toprak ve su ilişkisi sulama yöntemlerinin seçiminde en önemli yol göstericilerdendir.

#### 2.1.1. Bünye

Toprağı oluşturan tanelerin büyüklük bakımından dağılımıdır. Büyüklüğü 0.00001 mm'den 2 mm'ye kadar değişmektedir. Büyüklüğü 0.002 mm'den az tanelerine kil, 0.002-0.05 mm arasındakilere silt (mil) ve 0.05-2 mm arasındakilere de kum adı verilmektedir (FAO 2006). Yüzde olarak kum, silt ve kil miktarları bünye üçgeni vasıtasıyla o toprağın bünyesini belirlemektedir (Şekil 2.1) (FAO 2006).



Şekil 2.1. USDA bünye üçgeni (FAO 2006)

### 2.1.2. Kullanılabilir su tutma kapasitesi

Serbest drenaj koşullarında toprağın yerçekimi kuvvetine karşı tutabildiği su miktarı olarak tanımlanan tarla kapasitesi ile toprakta bulunan suyun bitki tarafından alınamayacağı kadar basınçla tutulan solma noktası arasında kalan miktarına kullanılabilir su tutma kapasitesi (KSTK) denilmektedir (Sezen 2012). Kullanılabilir su tutma kapasitesi sulama yöntemi seçiminde ve sistem projelendirmesinde etkili rol oynamaktadır. KSTK toprak bünyesine göre değişimler göstermektedir (Çizelge 2.1). Genellikle düşük su tutma kapasitesine sahip topraklarda sık aralıklı düşük miktarlarda yüksek randımanlı sulama yapılabilmesi için basınçlı sulama yöntemleri tercih edilirken, su tutma kapasitesi yüksek topraklarda ise yüzey sulama yöntemleri tercih edilmektedir (Apan 1981).

**Çizelge 2.1.** Bünye ile kullanılabilir su tutma kapasitesi arasındaki ilişki (Yıldırım 1996)

Toprak Bünyesi	KSTK (mm/m)	
	Sınırlar	Ortalama
Kaba bünyeli kum	33-62	40
Kaba bünyeli kum, ince kum ve tınlı kum	60-80	70
Kaba bünyeli kumlu tın ve ince kumlu tın	85-125	105
Orta bünyeli çok ince kumlu tın ve tın	125-190	160
İnce bünyeli killi tın ve siltli killi tın	145-210	175
İnce bünyeli kumlu kil, siltli kil ve kil	135-210	170

### 2.1.3. Toprağın su alma hızı

İnfiltrasyon sulama projelerinin planlanmasında büyük öneme sahip bir parametredir. Suyun yüzeyden toprağın içerisine düşey olarak girmesine infiltrasyon ve bu infiltrasyonun zamana oranına da infiltrasyon hızı denilmektedir (Hart ve ark. 1979). İnfiltrasyon hızı toprağın suyu absorbe etme hızı olarak dikkate alınmaktadır ve mm/h olarak ifade edilmektedir. Yağmurlama sulama yönteminde uygulama hızı başlık debisi ve ıslatma alanı ile yönetilmektedir. İdeal olan, sulama sistemi toprak infiltrasyon hızını geçmeyecek ortalama bir uygulama hızı ile projelendirilmeleridir. Toprak infiltrasyon hızından daha yüksek bir yağmurlama uygulama hızı toprak üzerinde göllenme ve yüzey akışlarının oluşmasına neden

olur (MAF 1997). İnfiltrasyon hızı değeri özellikle toprağın bünye ve toprak yapısına bağlı olarak değışkenlik göstermektedir (Güngör ve Yıldırım 1987).

Aldemir (1991) Ankara koşullarında killi bünyeli topraklarda yaptığı çalışmada infiltrasyon hızını 0.51 cm/h olarak ölçmüştür. Sevim (1988) Erzurum ilinde yaptıkları çalışmada infiltrasyon hızını 8.3 cm/h olarak saptamışlardır. Yalçın (1998) Isparta ilinde yaptığı çalışmada infiltrasyon hızı toprakların orta bünyeye sahip kesiminde 0.63 cm/h, ağır bünyeye sahip kesiminde 0.12 cm/h, ağır bünyeye sahip ve sodyum içeren kesiminde ise 0.057 cm/h olarak saptamıştır.

#### **2.1.4. Sulama yöntemi**

Sulama yöntemi, kaynağından alınan suyu sulama yapılacak parsel kadar getirme, bitki kök bölgesine verme biçimi olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım 2004). Sulama amaçlı farklı yöntemleri geliştirilmiştir. Çiftçiler bu farklı sulama yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarını bilerek içlerinden yerel şartlara en uygun olanı seçmeleri gerekmektedir (Brouwer ve ark 1985).

Sulama yöntemleri yüzey ve basınçlı sulama yöntemleri olarak iki ana başlık altında toplanmaktadır. Bu bölümde, çalışma alanı zeytin bitkisi ile kaplı olduğundan zeytin alanlarında kullanılan sulama yöntemleri üzerinde durulacaktır.

##### **2.1.4.1. Yüzey sulama yöntemleri**

Türkiye’de 2.1 milyon hektar alandaki mevcut sulanan alanın %81’inde yüzeysel sulama metotları (karık, tava ve salma) kullanılarak sulama yapılmaktadır. Geri kalan kısımda basınçlı sulama (yağmurlama ve damla) yapılmaktadır. Geleneksel (elle boru taşıma) yağmurlama sulaması çiftçiler arasında bütün ülke genelinde yaygın olup, 184000 hektarın bu metotla sulandığı belirlenmiştir. DSİ sulamalarında yaklaşık 72000 hektar alan damla sulama metodu ile sulanmaktadır (DSİ 2012).

Yüzey sulama yönteminde su bir yandan arazi yüzeyinde ilerlerken yerçekiminin etkisinde infiltrasyon ile toprak içerisine sızar ve istenilen miktarda sulama suyu bitki kök bölgesine uygulanır. Bu yöntemlerin kullanılabilmesi için iyi derecede toprak tesviyesine ihtiyaç duyulur.

Yüzey sulama yöntemleri suyun uygulanış sekline bağlı olarak; "Salma", "Göllendirme", "Uzun Tava" ve "Karık" olmak üzere başlıca dört ana gruba ayrılmaktadır. Salma sulama yönteminde su iletimi tarla başı kanaldan sifonlar yardımı ile su alınmakta ve borular vasıtası ile tarla içerisine dağıtımı yapılmaya çalışılmaktadır. Su daha çok çiftçi tarafından tarla içerisinde yönlendirmeleri ile iletmeye çalışılmaktadır. Yetersiz tesviye sahip topraklarda yeterli eş su dağılımının sağlanması daha da zorlaşmaktadır. Salma sulama yönteminde su eğim ile tüm tarlaya uygulanmaya çalışılmakta ancak sadece belirli kısımlar yeterli suyu almaktadır (Anaç ve ark 1993).

Karık sulama yönteminde, bitki sıralarının arasına karık adı verilen küçük yüzlek kanallar açılır. Açılan bu kanallara su verilir. Su karık içinde ilerlerken bir taraftan da infiltrasyon ile toprak içerisine sızar ve bitki kök bölgesinde depolanır. Açık karıklarda, karıktan çıkan su bir yüzey drenaj kanalı ile uzaklaştırılır ya da tekrar sulamada kullanılır (Yıldırım 1996).

Uzun tava sulama yönteminde su etrafı tümseklerle çevrili ince uzun tavalarda hareket ettirilerek bitkiye uygulanmaktadır. Tavanın sonu açık olup yüzey akışına geçen su diğer tarlaların sulanması amacıyla tekrar kullanılabilir (Walker 2003).

Çoğu yüzey sulama sistemi derine sızma ve yüzey akışı nedeniyle düşük randımana sahip sistemlerdir. Bu yöntemlerde çiftçiler sulama sırasında karığın sonuna suyu ulaştırmanın yanında karık sonuna ne kadar su ulaştırıldığı ve nasıl bir dağılım gerçekleştirildiğine de dikkat etmelidir (Waskom 1994).

#### **2.1.4.2. Basınçlı sulama yöntemleri**

Basınçlı sulama yönteminde su tarla parseline ve parselin içindeki kapalı borulara belirli bir basınçla iletilir. Borulardaki basınçlı su, lateral borulara bağlı olan yağmurlama başlığı, damlatıcı memesi gibi ekipmanlarla toprağa, bitki kök bölgesine bırakılır (FAO 2000a). Bu çalışmada zeytin sulamasında basınçlı yöntemlerden damla ve mini yağmurlama sulama yöntemleri üzerinde durulacaktır.

Damla sulama yönteminde, kaynağından alınan su iletim hattı vasıtasıyla sulama parseline iletilir. Kaynaktan alınan su önce kontrol biriminden geçirilerek sisteme dahil edilmekte ve lateral üzerindeki damlatıcılar vasıtası ile toprağa verilmektedir. Kontrol biriminde su kaynağının tipine bağlı olarak hidrosiklon, kum çakıl filtre ve disk ya da elek

filtre kullanılarak içerisindeki katı parçacıklarının arındırılması sağlanır. Bu bölümde bitkiler için gerekli besin maddeleri gübre tankı, dozaj pompası veya venturi sistemleri ile sulama suyuna enjekte edilir. Böylece yabancı maddelerden arındırılmış suya gerekli bitki besin maddeleri eklenerek tarla içi iletim sistemine su iletilir. Daha sonra kontrol vanaları ile sulanacak sulama parseli vanası açılarak manifold boruya iletilen su manifold boruya bağlı lateral borular vasıtasıyla bitkiye ulaşır ve lateral borulardaki damlatıcılar vasıtasıyla su bitki kök bölgesine bırakılmaktadır (Yazgan 2008).

Mini yağmurlama sulama yöntemi, yağmurlama sulama yöntemi ile damla sulama yönteminin üstünlükleri birleştirilerek geliştirilen bir yöntemdir. Bu yöntemde temel sistem damla sulama sistemidir ve kaynaktan alınan su damla sulama sistemindeki gibi kontrol birimi ana boru hattı ve oradan lateral üzerine yerleştirilen küçük yağmurlama başlıkları ile tarla parseline iletilmektedir. Bu sistemde su alanın tamamına değil özellikle bitki taç alanı içerisine düşük basınçlarla düşük bir açı ile fakat damla sulama yöntemine göre daha büyük debilerle verilmektedir (FAO 2000b).

## **2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)**

Coğrafi bilgi Sistemleri (CBS), karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekândaki konumu belirlenmiş verilerin toplanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan, donanım, yazılım personel ve yöntemler sistemidir (Burrough 1998, Çay ve ark. 2007)

CBS'nin popülaritesi büyük ölçüde analiz gücünden kaynaklanmaktadır. Geleneksel yöntemlerle çok uzun zaman alabilecek analizler çok daha basit ve hızlı bir biçimde yapılabilmektedir. Bu nedenle, CBS günümüzde "karar verme" mekanizmasında yer alan kişilerin vazgeçilmez araçlarından birisi haline gelmiştir. Çünkü bilgisayar teknolojisinin yardımıyla CBS'den elde edilen sonuçlar araştırmacılara ve yöneticilere önemli ipuçları sunmakta ve kişilerin daha isabetli karar vermelerine yardımcı olmaktadır (Akça ve Esengun 2003).

CBS, konumsal verilerin toplandığı, konumsal bilgiyi görüntüleyebilen, grafik ve nitelik bilgilerinin eş zamanlı kullanıldığı, farklı bilgi kaynaklarından gelen verileri bütünleştirerek yönetim, planlama ve analiz problemlerinin çözümüne katkıda bulunan, bilgi alışverişinde standardizasyonu ve harita ile tabloların kombinasyonunu sağlayan özelliktedir. Böylece, sayısal akıllı haritalar yardımıyla sorgulama amaçlı veri tabanlarını ve istatistiksel

analizleri kullanarak, bilginin sınıflandırılmasını sağlamakta, nesnelere ve olaylardan, sonuçları tahmin etmekte ve stratejik planlamada öne çıkmaktadır. (Yomralıoğlu 2000, Akbaş ve ark. 2008).

Turoğlu (2000) Coğrafi Bilgi Sistemleri konusu ve kapsamı itibari ile çalışma alanı bir şekilde yeryüzünün bir parçasını temsil eden doğal ortam, zaman değişkeni ve insan konularından biri veya tümünü içeren bütün bilim dalları ve meslek grupları tarafından kullanılma imkânının olduğunu ifade etmiştir.

CBS teknolojisi, sorgulama ve istatistiksel analiz gibi klasik veri tabanı işlemlerini görselleştirme ve haritalar tarafından sağlanan coğrafi analizlerle birleştirmektedir. Bu yeteneği CBS'yi diğer bilgi sistemlerinden ayırmakta ve kamu ve özel girişimlerde olayların açıklanabilmesi, sonuçların tahmini ve strateji geliştirilmesi için değerli kılmaktadır (Ardıç 2015).

Coğrafi bilgi sistemleri grafik ve tanımsal verileri entegre şekilde çok yönlü analiz işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. CBS coğrafi veri tabanından veri alma ve bu verileri birleştirme ve yeni bilgiler yaratma kabiliyetine sahiptirler. CBS analiz ve manipülasyon komutlarıyla yapılmaktadır CBS'nin bu yeteneklerini geliştirmesinde harita cebri ve kartografik modelleme büyük etkili olmuştur (Tomlin ve Berry 1979). Harita Cebri, entegre edilmiş bir dizi işlev ve komut olup coğrafi bilgileri analiz etme ve değiştirmede kullanılırken kartografik modelleme ile daha karmaşık analizler gerçekleştirilmektedir.

Yomralıoğlu (2002), CBS, konumsal mevcut bilgilerin istenilen mantıksal yapıda sorgulanmasına olanak sağlar ve bu verilerden farklı amaca hizmet edecek yeni bilgilerin türetilmesine de olanak verdiğini ifade etmiştir. Ayrıca, coğrafi objelerin çevresiyle olan ilişkilerini incelemek ve bu ilişkiler hakkında daha detaylı bilgiler edinmek amacıyla bazı konumsal operasyonların yapılmasına olanak sağladığından bahsetmiştir.

CBS ile hem karar vericiler hem çiftçiler hem de araştırmacılar gibi farklı kullanıcılar için mevcut veriler bir araya getirilerek yapılan mekânsal analizler ve sorgulamalarla yeni bilgiler üretilebilmektedir (Blauth ve Ducatia 2010).

Hageman ve Bennett (2000)'e göre Dijital Yükseklik Modeli (DEM) raster formatındaki elevasyon verileri kullanılarak yeryüzünün topoğrafyasının üç boyutlu temsilinin gerçekleştirilmesidir. Geçerli bir DEM'in oluşturulması farklı algoritmaların aynı

arazi için farklı haritalama yapması nedeniyle en iyi sonuç için etkili bir enterpolasyon algoritmasının kullanılmasını gerektirmektedir.

Enterpolasyon, bir arazinin değişik bölgelerinden alınan örnekleme değerlerini kullanarak değeri bilinmeyen herhangi bir noktanın tahminin yapılma işlemidir. İki farklı enterpolasyon tekniği vardır. Bunlar; deterministic ve stochastic (geostatistical) yöntemlerdir (Isaaks ve Srivastava 1989).

Sayısal yükseklik modeli oluşumunda veri toplanması ve bu verilerin enterpolasyonla ara noktadaki değerlerin kestirimi çok önemlidir. Jeostatistik mekânsal değişkenliği ve mekânsal enterpolasyonun analizinizi gerçekleştirmede istatistiksel bir araç seti sunmaktadır. Bu teknikler sadece yüzey tahmini değil aynı zamanda hata ve belirsiz yüzeyleri de üretmektedir (Poshtmasari ve ark. 2012). Jeostatistik ile toprak özelliklerinin değişkenliğinin etkin bir şekilde değerlendirildiği kanıtlanmıştır (Zhang ve ark. 2000, Webster ve Oliver 2001).

Tarımsal alanlarında özelliklerinin enterpolasyonun da Ters Ağırlıklı Mesafe (IDW), Kriging ve radyal taban fonksiyonu gibi birçok yöntemi kullanılmaktadır. IDW yönteminde ölçülecek olan noktaya bir ağırlık atfedilir. Bu ağırlığın miktarı noktanın bilinmeyen başka bir noktaya olan uzaklığına bağlı olarak değişmektedir. Tahmin edilen değerler, komşu civardaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalır. Bu yöntemde verilerin genel dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi özellikler incelenmemektedir. Verilerin sadece yerel olarak değerlendirilip, karşılaştırılması yapılmaktadır. Deterministik bir yöntemdir (Başel vd. 2008). Deterministik yöntemlerden en çok kullanılanları IDW ve Spline yöntemleridir (Thornton ve ark.

IDW'nin hassaslığını belirleyen temel faktör güç parametresinin aldığı değerdir. Mesafe artıp, güç parametresinin aldığı değer büyüdükçe, ağırlıklar azalır (Li, 2008). Dolayısıyla yakın örnekler daha fazla ağırlığa sahip olmakla birlikte, tahmin üzerinde daha fazla etkiye sahiptirler (Li 2008).

CBS tekniği bize toprak harita birimlerini bölgelere ya da özelliklere göre gruplandırma ve analiz etme olanağı sunmaktadır (Todorovic and Steduto 2003). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile birlikte, veri toplama aşamasında zaman kaybı olmadan büyük alanlardan elde edilen verilerin değişkenlikleri hakkında hızlı ve etkili bir şekilde sonuç alınabilmektedir.



Bunun dışında, değişken parametrelerin yüzeysel dağılımlarının belirlenmesi ve bunlarla ilgili daha iyi karar verilebilmesi için CBS ve jeoistatistik yöntemleri birlikte kullanılabilir. Özellikle son yıllarda geliştirilen CBS yazılımlarına jeoistatistik yöntemlerinin entegre edilmesi sayesinde taban suyu tuzluluğu, derinliği ve toprak tuzluluğunun değişimi gibi birçok çalışmada CBS ve jeoistatistik yöntemlerinin birlikte kullanılması mümkün olmuştur (Çetin ve Diker 2003).

Anderson (2003) ABD'nin Arizona bölgesinde yaklaşık 6387 km<sup>2</sup>'lik bir alanda 36 adet meteoroloji gözlem istasyonu kullanılarak alansal sıcaklık haritası üretilmiştir. Sıcaklık değerleri, Spline, Ağırlıklı Ters Uzaklık (IDW) ve Kriging yöntemiyle haritalanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Değerlendirme, istatistiksel sonuçlar ve Wilmoot denklemi baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak Kriging yönteminin alansal enterpolasyonda muhtemel en iyi tahmini yaptığı belirlenmiştir. Kriging yönteminden sonra en iyi tahminin IDW yöntemi sonuçlarından elde edildiği vurgulanmıştır.

Gediz Havzası'nda iklim isteklerine göre farklı üzüm çeşitlerinin yetiştirebileceği alanlar belirlenmiştir. Seçilen üzüm iklim istekleri uzun dönem iklim değişkenleri ile karşılaştırılmış, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı kullanılarak bu alanlar sağlıklı bir şekilde belirlenmiş ve Gediz Havzasında iklim, bitki ilişkisi konumsal değerlendirmelerle desteklenerek seçilen çeşitlerin uygun üretim alanları belirlenmiştir (Alsancak 2005).

Madlein ve Beltrando (2005) Fransa'nın Marne bölgesinde 2.050 km<sup>2</sup>'lik bir alanda araştırmalarını yürütmüşlerdir. Çalışmalarında 23 adet meteorolojik istasyon verisini kullanmışlardır. Günlük minimum sıcaklıklar ile Coğrafik (koordinatlar) ve topoğrafik (yükseklik, eğim, bakı) veriler arasında çoklu regresyon denklemi kurmuşlardır. Oluşturdukları günlük minimum sıcaklık haritası yardımıyla don duyarlı bölgeleri saptamışlardır. Modelden elde edilen tahmin haritası ile 2003 yılı baharında gözlenen don zararı alanları karşılaştırmışlar, gözlenen ve tahmin edilen alanların uyum sağladığını belirtmişlerdir.

Miras-Avalos ve ark. (2007), İspanya'da 29750 km<sup>2</sup>'lik bir alanda 121 adet meteorolojik gözlem istasyonu verisi kullanarak çalışmalarını yürütmüşlerdir. Aylık toplam yağış verilerinin haritalanmasında tek bir yöntemin uyum sağlamadığını, farklı modellerin farklı veri setleriyle uyumlu sonuç verdiğini belirtmişlerdir. Çalışılan ölçekte IDW yönteminin diğer yöntemlere göre daha iyi tahminde bulunduğunu açıklamışlardır.

Cemek ve ark. (2005), Bafra Ovasında yaptıkları tuzluluk dağılımı çalışmasında, çalışma alanından 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm katmanlarından aldıkları toprak örneklerinin analiz sonuçlarını önce Excel programına aktarmışlar ve ardından ArcGIS programına eklemişler. Öznitelik tablosunda bulunan tuzluluk değerleri her ay için ayrı ayrı ele alınmış ve CBS'nin analiz fonksiyonlarından yararlanılmak suretiyle değerlendirilmiştir. Noktasal özellikte olan tuzluluk gözlem değerleri IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak enterpole edilmiş ve sonuçta 20 m hücre boyutunda bütün derinlik sınıflarına ait veri katmanları üretilmiştir. Hazırlanan bu veri katmanları CBS kapsamında birlikte veya ayrı ayrı değerlendirilmiş ve amaçlar doğrultusunda sorgulama ve sınıflandırma işlemlerine tabi tutulmuştur. Bu işlem numune alınan her toprak katmanı için gerçekleştirilmiştir.

Tabios ve Salas (1985), Amerika Birleşik Devletleri'nde yürüttükleri bir çalışmada 29 adet yağış gözlem istasyonu verisi kullanmışlardır. Amaçlarının; belirtilen bölgelerde yıllık yağış toplamlarının tahmininde önerilen farklı enterpolasyon tekniklerini kıyaslamak olduğunu vurgulamışlardır. Altı enterpolasyon tekniğini birbiriyle karşılaştırmışlardır. Ters Uzaklık yöntemi ve Thiessen Poligon tekniklerinin tatmin edici sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Doğan ve ark (2013) Orta Kelkit'te yaptıkları bir çalışmada havzanın bazı toprak değişkenlerini CBS mekânsal analiz araçlarından birisi olan IDW enterpolasyon yöntemi kullanarak haritalamışlardır. Sonuçta, IDW yönteminin uygun bir metot olduğunu belirtmişlerdir.

### **2.3. Sulama Yöntemleri İçin Uygun Alanların Belirlenmesi**

Sulama yöntemlerinin seçiminde toprak karakteristikleri ile topoğrafik koşulların belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla sulama yapılacak alandaki toprağın, infiltrasyon hızı, tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı, eğim vb. özelliklerinin saptanarak projelendirmede kullanılması gerekmektedir (Singh ve Sharma 2008).

Waskom (1994), sulama yönteminin üretimin yapılacağı yerdeki toprak, topoğrafya, bitki, iklim ve yönetime bağlı olarak seçilmesi gerektiğini vurgulamıştır. infiltrasyon hızı, mevcut su tutma kapasitesi, erezyon olasılığı gibi toprak karakteristikleri sulama yönetimini etkilemektedir. Toprak tekstürü, organik madde içeriği toprak yapısı ve geçirgenlik bu karakterleri etkilemektedir ve üreticileri sistem opsiyonlarını ve yönetim konusundan kısıtlayabilmektedir (Uncles 1998).

Karık ve tava sulama yöntemleri yüksek oranda kil ve silt içeren topraklar için iyi sonuçlar vermektedir. Damla sulama yöntemi tınlı topraklar için çok uygundur (Christen ve ark 2006). Farklı toprak tekstürlerinde su tutma kapasitesi ve hidrolik karakteristikler değişiklik göstermektedir. Kumlu topraklarda su tutma kapasitesi düşük iken ağır bünyeli topraklarda yüksektir. Dukes ve ark.(1995), su tutma kapasitesi yüksek olan topraklarda yüzey sulama yöntemleri tercih edilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Albaji ve ark (2014), İran'da CBS kullanarak farklı sulama yöntemleri için uygun alanları tespit etmeye çalıştıkları araştırmada, 45000 hektarlık çalışma alanınının 39625 hektarlık kısmında damla sulama yönteminin uygun olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar ayrıca yağmurlama sulama yöntemi için 2925 ha alanın uygun olduğunu belirlemişlerdir.

FAO (1976), uygun sulama yönteminin seçiminde su mevcudiyeti, arazinin eğimi ve uzunluğu ve toprak tektürünün etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Bazzani ve Incerti (2002), yüzey ve damla sulama sistemlerinin Fas'ta yatıkları çalışmada parametrik değerlendirme sistemi ile irdelemişler ve sonuçta iki sulama metodu arasında büyük farklılıkların olduğunu saptamışlardır.

Bienvenue ve ark (2003), Senegal'de yüzey ve damla sulama yöntemlerini karşılaştırdığı araştırmada, araziye şartlarına göre damla sulama yönteminin arazinin %25.03'ünde hayli uygun olduğunu bulmuşlardır.

Briza ve ark. (2001) yüzey ve damla sulama yöntemleri için arazi uygunluğunu değerlendirdikleri çalışmada, tarımsal arazinin büyük bir kısmının marjinal uygun olarak sınıflandırıldı.

Mbodj ve ark. (2004), Tunus'ta yaptıkları çalışmada, damla sulama için uygun alanların yüzey sulama yöntemine göre çok daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir.

Denizaşırı Agronomik Enstitü (IAO) (2005) tarafından Çin'de yapılan çalışmada, motife edilmiş parametrik bir sistem kullanılarak sulama yöntemleri için uygun alanlar belirlenmeye çalışılmışlardır. Çalışma sonucunda, arazinin %34'ü yüzey sulama için damla sulama yöntemi için ise arazinin %62'si uygun olarak belirlenmiştir.

Teka ve ark. (2010), Yaptıkları çalışmada, yüzey sulama yöntemi için arazinin %62.77'si sulama için uygun olmayan alan olarak saptanırken, %8.46'lık kısım ise kesinlikle

uygun olmayan alan olarak saptanmıştır. Aynı çalışmada, arazinin %28.77'si iyi derecede uygun olarak belirlenirken %8.46'lık kısmı ise kesinlikle uygun olmayan alan olarak saptanmıştır.

Naseri ve ark. (2009) İran'da Lali havzasında yaptığı çalışmada farklı sulama yöntemleri için uygun alanları belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada arazinin %48.5'lik kısmı tüm sulama yöntemleri için çok uygun olduğu saptanırken, %10.8'inde yüzey sulama yöntemi için uygun olmayan alan olarak saptanmışlardır. Ayrıca araştırmacılar çalışma alanı içerisinde damla ve yağmurlama sulama yöntemi için uygun olmayan alan bulunmadığını ifade etmişlerdir.

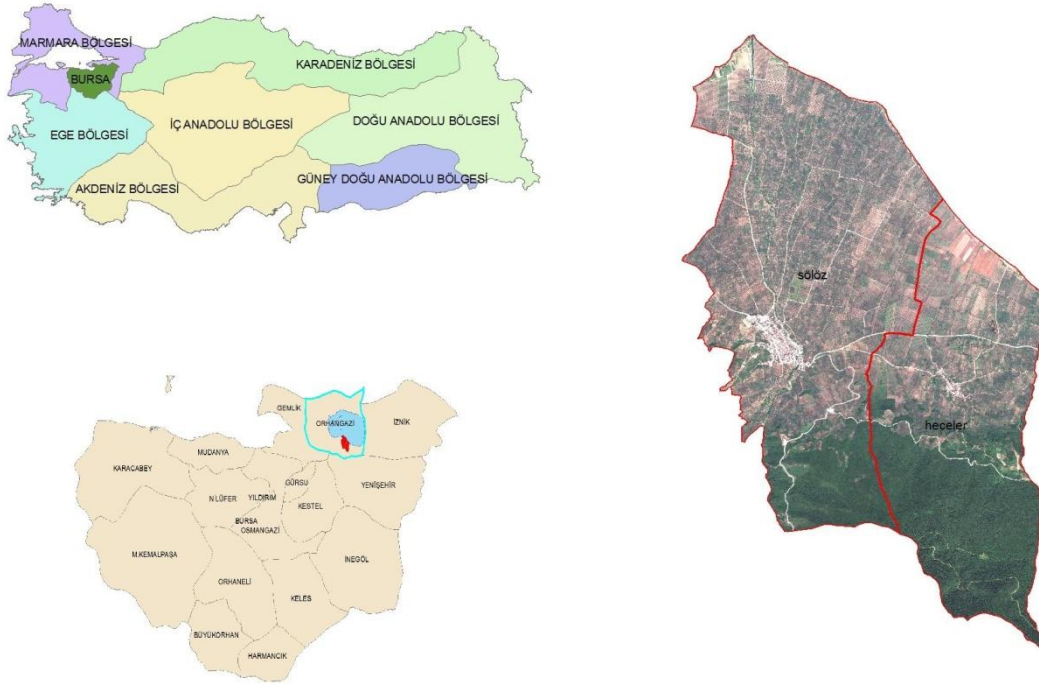
Arazi eğimi sulama yöntemi seçiminde çok önemlidir. Bazı yağmurlama başlıkları %20'ye kadar olan arazilerde kullanılabilir. Ancak, kademelendirilmeleri durumunda uzun tava sulama yönteminde maksimum eğim %2-6'ya kadar ulaşabilmektedir. Damla sulama yöntemi ise %60 eğimlere kadar güvenle kullanılabilir. Toprak tipleri, su tutma kapasitesi, infiltrasyon hızı, etkili toprak derinliği gibi özellikleri yöntem seçimine direkt etkilidir. Kumlu bir toprakta yüksek debili yağmurlama başlıkları kullanılabilirken aynı başlıklar killi topraklar için uygun başlıklar değildir (Walker 2003).

### 3.MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma alanı

Araştırma alanı Marmara bölgesinin Güney marmara bölümünde yer alan Bursa ilinin Orhangazi ilçesine ait Sölöz ve Heceler mahalleridir. Bu mahalleler İznik gölü havzasının güney kısmında ve Katırlı Dağlarının kuzeyinde  $40^{\circ}25'27''\text{K}-29^{\circ}23'54''\text{D}$ ,  $40^{\circ}25'25''\text{K}-29^{\circ}26'35''\text{D}$ ,  $40^{\circ}22'49''\text{K}-29^{\circ}26'32''\text{D}$ ,  $40^{\circ}22'55''\text{K}-29^{\circ}23'55''\text{D}$ , köşe koordinatları arasında bulunmaktadır. Çalışma alanının büyüklüğü Sölöz ve Heceler Mahallelerinden oluşmak üzere toplam 9091.2 dekadır.(Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Araştırma alanının konumu

### 3.1.2. Araştırma alanının iklim özellikleri

Marmara Bölgesinin güneydoğu kesiminde bulunan araştırma alanı esas olarak, Akdeniz ve Karadeniz iklimlerinin geçiş tipi niteliğindeki Marmara iklim koşullarını yansıtmaktadır (Akbulak 2009). Araştırma alanının denizden yüksekliği 80 ile 355 m arasında değişmekle birlikte ortalama 100m'dir. Çalışma alanının ortalama sıcaklığı 14.1°C iken ortalama yağış 690.6mm'dir. Bazı iklim elemanlarının uzun yıllar ortalama değerleri aylara göre çizelge 3.1'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Çalışma alanına ait uzun yıllar iklim verileri (Akbulak 2009).

İklim verileri/Aylık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	4.9	5.5	8.2	12.5	16.9	21.6	23.6	23.5	20.0	15.5	10.1	6.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.0	10.2	13.4	18.5	23.2	28.1	29.7	30.1	27.0	21.6	15.2	10.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	1.3	1.4	3.2	6.5	10.5	14.5	16.8	17.2	13.7	10.4	5.9	3.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (h)	3.6	3.2	4.1	5.4	7.5	9.5	10.5	10.1	7.6	5.4	4.1	3.6
Ortalama Bulutluluk	7.0	7.2	6.5	6.3	5.2	3.5	3.0	2.8	3.6	5.2	6.5	6.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.7	8.5	8.8	8.7	6.4	4.1	3.4	2.8	4.1	7.0	10.2	11.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması(kg/m <sup>2</sup> )	88.4	57.9	64.3	58.2	43.1	30.3	23.4	14.1	36.8	70.7	92.9	110.5
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.4	24.5	29.0	32.2	36.8	38.0	41.5	40.2	35.8	36.2	27.3	23.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-12.2	-12.5	-9.0	-1.4	0.5	5.5	9.0	9.0	6.0	0.0	-3.0	-6.6
Bağıl Nem (%)	72	69	65	63	62	58	57	57	61	68	70	72
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	1.5	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.9	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5

### 3.1.3. Araştırma alanının topografya ve toprak özellikleri

Çalışma alanının topoğrafik yapısı genel olarak düzlüklerden oluşmaktadır. İznik gölü kıyılarında kalan alanlar düz ovoidan oluşmakla birlikte güneye doğru ilerledikçe arazinin eğimi artmaktadır. Çalışma alanının toprak yapısı, güney kesimlerini, Katırlı dağlarına doğru kahverengi orman toprakları oluştururken İznik gölü kıyılarına doğru Sölöz deresinin

oluşturduğu alivuyal topraklar oluşturur. Ayrıca çalışma alanının orta kısmında güney yamaçlardan taşınan Kolüvyal topraklar bulunmaktadır (Akbulak 2009).

#### **3.1.4. Araştırma alanının bitki örtüsü**

Araştırma alanının tamamı zeytin ağaçları ile kaplıdır. Çalışma alanındaki bahçelerin birçoğu eski yıllarda dikildiğinden sıra arası ve sıra üzeri mesafeleri düzgün değildir. Bir kısım ise de eski tesis edilen bahçelerin aralarına tekrar zeytin fidanı dikerek sıraları tamamen bozmuştur. Geriye kalan kısımlar son dönemlerde tesis edildiğinden bu bahçelerde sıra üzeri ve sıra arası mesafeler yaklaşık 6x6 m ve taç çapı da ortalama 5m civarındadır. Çalışma alanının kadastral durumuna bakıldığında genelde küçük parsellerden oluşmaktadır. Mülkiyet durumuna bakıldığında ise bu küçük parsellerin de birden çok maliki bulunmaktadır. Bu nedenle bölgede tarımsal altyapı sistemleri kurulması ve mekanizasyon kullanılması oldukça zor ve masraflıdır.

#### **3.1.5. Araştırma alanının su kaynağı ve sulama uygulamaları**

Araştırma alanında su kaynağını başta İznik gölü olmakla beraber ovanın çeşitli yerlerinde derin sonda kuyuları, göle yakın kesimlerde 8-10 metre derinliğinde sondajlar oluşturmaktadır. Çalışma alanının Sölöz kısmında bulunan Sölöz deresinde kış mevsiminde su bulunurken yaz mevsiminde debisi azalarak Ağustos aylarında kurumaktadır. Bu nedenle erken yaz döneminde bu dereden de sulama yapılmaktadır. Devlet Su İşleri tarafından yapımı devam eden Güney Yaka sulama projesi ile çalışma alanının yaklaşık %80'ine su sağlayacak olup bu sistemin de kaynağı da yine İznik gölüdür. Üründe kalite ve verim artışı sağlayan kültürel uygulamalardan bir tanesi olan sulamayı üreticilerin %98'i yapmaktadır. Üreticilerin %63'ü yılda 3 kez sulama yaparken; 2 kez, 1 kez ve hiç yapmayanların oranı ise %37'dir (Işık ve Darga 2002).

Araştırma alanı oluşturan tarım parsellerinin parçalı ve alanlarının küçük olması ve üreticilerin yeterli bilgiye sahip olmamaları nedeniyle genellikle yüzey sulama yöntemleri kullanılmaktadır.

#### **3.1.6. Kullanılan bilgisayar paket programları**

Araştırmada verilerin işlenmesi analiz edilmesi ve modelleme işlemleri için ArcGIS 9.3 ve Microsoft Office 2010 paket programları kullanılmıştır

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Toprak örneklerinin alınması

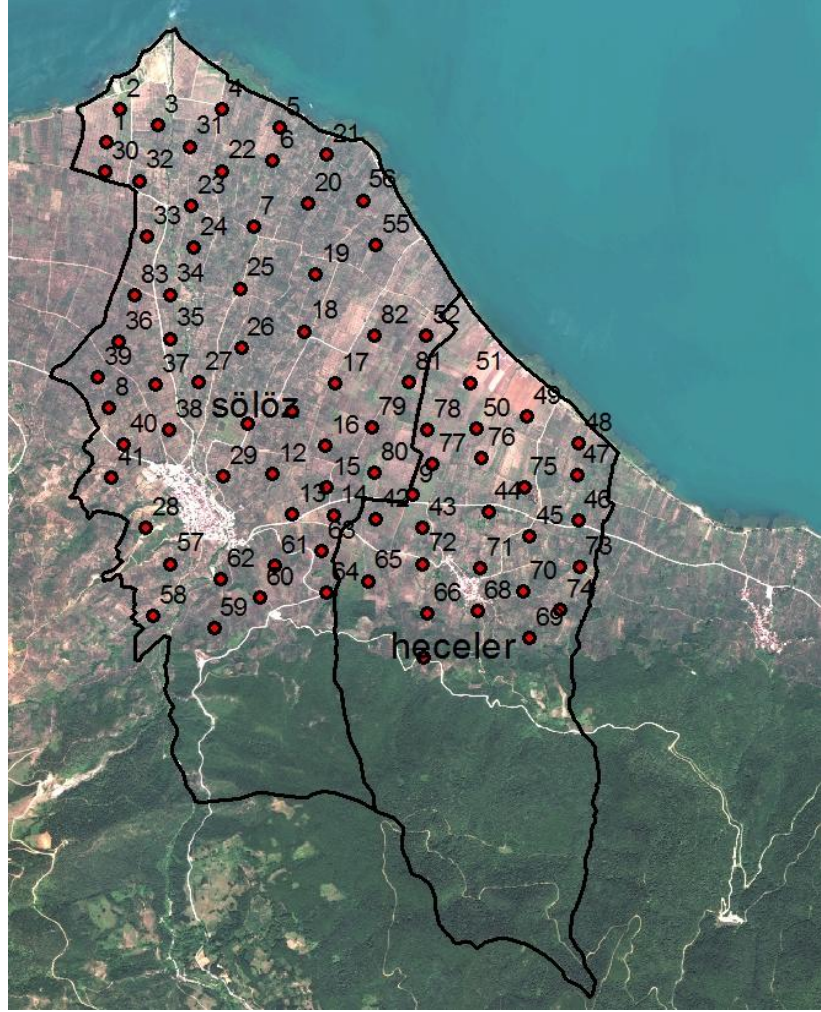
Etkin bir sulama için bitki özelliklerinin yanında toprak özelliklerinin de bilinmesi son derece önemlidir. Toprak özellikleri, sulama programının belirlenmesinin yanında sulama sulama yöntemi seçiminde de önemli bir etkiye sahiptir.

Araştırma alanında toprak özelliklerinin ve infiltrasyon hızının belirlenmesi amacıyla proje sahasını temsil edecek şekilde, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan Büyük Toprak Grubu Haritalarından, çalışma alanındaki arazi hakkında bilgisi olan yerel halktan ve yapılan diğer arazi çalışmalarından faydalanarak 83 adet toprak analizi noktası belirlenmiştir. Toprak örneği ve infiltrasyon hızlarının ölçüleceği noktalar, CBS ortamına aktarılabilmesi için Küresel Konumlama Sistemi (GPS) yardımıyla koordinat bilgileri alınmış ve işaretlenmiştir. Toprak özelliklerinin belirlendiği noktalar Şekil 3.2’de gösterilmiştir. GPS ile işaretlenmiş noktalardan 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak katmanlarından Benami ve Diskin (1965)’nin belirlediği esaslara göre bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.3).



**Şekil 3.2.** Araziden toprak örneklerinin alınması





Şekil 3.3. Çalışma alanında toprak örneklerinin alındığı noktalar

### 3.2.2. Toprak örneklerinin analizi

Hacim ağırlığı alınan bozulmamış toprak örneklerinden Klute ve Dirksen (1986)'da belirtilen esaslara göre Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği laboratuvarlarında belirlenmiştir. Ayrıca, Klute ve Dirksen (1986)'da verilen esaslara göre bozulmuş toprak örnekleri kullanılarak tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN) değerleri saptanmıştır. Tarla kapasitesi ve solma noktası; basınçlı plaka aleti kullanılarak, toprak örneklerinin sırasıyla 1/3 ve 15 atmosferde tuttıkları nem miktarının ölçülmesi ile bulunmuştur. Toprak bünyesi; Bouyoucos (1951) tarafından verilen hidrometre yöntemi ve USDA bünye üçgeni ile saptanmıştır. TK, SN ve bünye sınıfı testleri Kırklareli Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsünde gerçekleştirilmiştir. Toprak örneklerinin bünye testi Şekil 3.4'de, hacim ağırlığın tespitine ilişkin laboratuvar testi Şekil 3.5'te verilmiştir. Tarla kapasitesi ve solma noktası laboratuvar testleri Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.4. Toprak örneklerin bünye testi



Şekil 3.5. Toprak örneklerin hacim ağırlıklarının ölçülmesi



**Şekil 3.6.** Toprak örneklerinin tarla kapasitesi ve solma noktası ölçümleri

### 3.2.3. İnfiltrasyon hızı

Çalışma alanında toprak infiltrasyon hızı değerlerinin belirlenmesi amacıyla çift silindir infiltrometre testi kullanılmak istenmiştir (Delibaş 1991). Ancak toprak bünyesinin ağır bünyeli olması nedeniyle, geçirgenlik değerleri çok düşük olup ölçümlerde sağlıklı sonuçlar alınamamıştır. Bu nedenle, ölçüm noktalarında infiltrasyon değeri saptanırken Güngör ve Yıldırım (1987)'de belirtilen bünye infiltrasyon ilişkisinden yararlanılmıştır. Çizelge 3.2'de bünye sınıfına göre toprakların su alma hızları verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Bünye sınıfına göre toprakların infiltrasyon hızları

<b>Toprak Bünyesi</b>	<b>Su Alma Hızı</b>
Kum	25.0-250.0mm/h
Kumlu Tın	13.0-76.0mm/h
Tın	8.0/20.0mm/h
Killi Tın	2.5-15.0mm/h
Siltli Kil	0.3-8.0mm/h
Killi	0.1-3.0mm/h

### **3.2.4. Toprak analiz sonuçlarının CBS ortamına işlenmesi**

Analiz laboratuvarından alınan değerler Excel ortamına işlenip ArcGIS programındaki “add x y data” modülünde European 1950 datumu kullanılarak import edilmiştir. Import edilen noktasal veriler IDW enterpolasyon özelliği kullanılarak sürekli veriler oluşturulmuştur (İşlem 2010). Bu veriler her bir toprak özelliği için ayrı ayrı katmanlar yaratılmıştır. Bu katmanlar, tarla kapasitesi katmanı, solma noktası katmanı, hacim ağırlık katmanı, infiltrasyon katmanı olarak isimlendirilmiştir.

### **3.2.5. Çalışma alanının eğiminin belirlenmesi**

Sulama yöntemlerinin seçiminde toprak özelliklerin yanında arazinin eğim durumu da etkili olmaktadır. Çalışma alanının topoğrafyası hakkında bilgileri Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsünden alınan 5m çözünürlüklü eşyüksekti eğrilerinden yararlanılmıştır. Bu işlem önce ArcGIS programının 3D analyst modülü altında bulunan create TIN from features ara yüzünü kullanarak çalışma alanının TIN (Triangulated Irregular Network) modeli oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan TIN modeli verisi ile spatial analyst modülünün altında bulunan surface analyst bölümündeki slope ara yüzü kullanılarak çalışma alanının eğim haritası oluşturulmuştur.

### **3.2.6. Sulama yöntemleri için uygun alanların belirlenmesi**

Tarımsal alanlarda sulama yöntemi belirlenmesinde birçok etken etkili olmaktadır. Bu etkenlerin bazıları birtakım uygulamalarla etkisi ortadan kaldırılabilir. Ancak bazı etmenlerin değiştirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda sulama yöntemi seçimi çok önemlidir.

Sulama yönteminin seçiminde birçok faktör etkili olup buna göre hangi yöntemin seçimine karar verilmesine yönelik tek bir çözüm bulunmamaktadır. Uygun sulama yöntemlerinin seçiminde yöntemin avantajları ve dezavantajları dikkate alınarak seçim yapılması gerekmektedir (Brouwer ve Heibloem 1986).

Sulama yapılacak toprağın bünyesi ve genellikle bünyeye bağlı kullanılabilir su tutma kapasitesi, infiltrasyon hızı gibi özellikler yöntem seçiminde etkilidir. Bunun yanında arazinin eğim derecesi de sulama yöntemi seçiminde önemlidir (Brouwer ve ark. 1985).

Damla sulama yöntemi hemen her türlü toprak özelliklerinde kullanılabilir. Bu yöntemde uygulama kısıtı olarak ıslatılan alan yüzdesi ele alınacaktır. Damla sulama yönteminin uygulanması için ıslatma alanının minimum %30 olması gerekmektedir (Brouwer ve ark. 1985). Islatma alanı hesabında ilk olarak Lateraller üzerindeki damlatıcı aralığı hesaplanmıştır. Damlatıcı aralığı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$S_d = 0,9 \sqrt{\frac{q}{I}} \quad (3.1)$$

Eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte

$S_d$  : Damlatıcı aralığı (m)

q : Damlatıcı debisi (L/h)

I : İnfiltrasyon (mm/h)'dir.

Çalışma alan zeytin ağaçları ile kaplı olduğundan bitki sırasına iki adet lateral boru hat döşenmelidir (Yıldırım, 1996). Aşağıdaki formülde ıslatılan alanın nasıl hesaplandığı verilmiştir.

$$P = 100. 2 \cdot \frac{S_d}{S_l} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

P : Islatılan alan yüzdesi (%)

$S_d$  : Damlatıcı aralığı (m)

$S_l$  : Lateral aralığı (m)'dir.

Çalışma alanında uygun sulama yönteminin seçiminde kullanılan kriterler Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Sulama yöntemi seçimindeki kısıtlar (Güngör ve ark. 2004, Brouwer ve Heibloem 1986)

	Yüzey Sulama Yöntemleri			Basınçlı Sulama Yöntemleri	
	Salma Sulama	Tava Sulama	Karık Sulama	Yağmurlama Sulama	Damla Sulama
Kullanılabilir Su Tutma kapasitesi	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Hepsi	Hepsi
İnfiltrasyon	Düşük	Düşük	Düşük	$I_u < I^*$	$P > \%30^{**}$
Eğim (%)	0-0.5	0-2	0-3	Hepsi	Hepsi
Bünye	Orta	Orta	Orta-Ağır	Hepsi	Hepsi

\*  $I_u$ : yağmurlama hızı;  $I$ : infiltrasyon hızı\*

\*\*P: Islatma alanı

### 3.2.7. Arazi Bilgi Sisteminin Oluşturulması

Toprak bilgi sistemleri, toprakla ilişkili olan tüm disiplinler için önemli bir bilgi kaynağı olmaktadır. Ancak basılı haritaların yorumlanması hayli zor olmakta, konumsal verilerle oluşturulan ve sayısal veri tabanlarına sahip bilgi sistemleri ortamındaki haritaların yorumlanması ise kolay olmaktadır. (King ve ark. 1995, Finke ve ark. 2003, Dinç 2008).

Arazi Bilgi Sistemi (ABS) kadastral bilgilerin çevresel, sosyoekonomik veya altyapıya ilişkin bilgilerle CBS ortamında entegre edildiği sistemlerdir.

Çalışma sonucunda elde edilen, bünye, kullanılabilir su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, infiltrasyon hızı, eğim, her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarı, sulama aralığı gibi bilgilerin sulama sistemi tasarımcıları ve sistem kullanıcısı olan çiftçilerin kullanımına sunulması amacıyla Dale (1991)'de bahsedildiği gibi kadastrodan alınan parsel bilgilerini içeren parselyon katmanı ile entegre edilerek arazi bilgi sistemi (ABS) oluşturulmuştur. Oluşturulan ABS ile proje tasarımcısı veya sistem kullanıcısı mahalle, ada ve parsel bilgilerini sisteme girerek sulama projesi yapılacak veya sistemi kullanacak kişi ve kurumlara veri sağlanmıştır.

#### 3.2.7.1. Her Sulamada Kullanılacak Net Sulama Suyu

Sulama suyu miktarı toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi, toprağın hacim ağırlığı, etkili kök derinliği ve tüketilmesine izin verilen su miktarı verilerinden yararlanarak hesaplanmaktadır. Bu verilerden kullanılabilir su tutma kapasitesi ve hacim ağırlığı verileri toprak analiz sonuçlarından direkt olarak elde edilmiştir. Etkili kök derinliği Zeytin

ağaçlarında 90cm olarak alınmıştır. Tüketilmesine izin verilen su miktarı değeri basınçlı sulama yöntemlerinde %50 olarak alınmıştır. Her sulamada uygulanacak olan su miktarı yukarıda bahsedilen değerlerin hesaplanmasıyla bulunmuştur. Bulunan değerler 0-30, 30-60 ve 60-90 toprak katmanları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her bir üç katman için hesaplanan sulama suyu toplanarak, toplam sulama suyu miktarı hesaplanmıştır. DSİ tarafından yapılan çalışmada bölgede Zeytin dikili alanlarda, bitki su ihtiyacının Haziran, Temmuz, Ağustos ayları dışında doğal yağışlarla karşılandığı görülmektedir. Dolayısıyla net sulama suyu hesaplamaları sulama ihtiyacının görüldüğü Haziran, Temmuz, Ağustos ayları için hesaplanmıştır.

ArcGIS’de oluşturulan katmanlardan yararlanılarak çalışma alanı için net sulama suyu raster hesaplayıcı modül kullanılarak 0-30, 30-60, 60-90 toprak katmanları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu hesaplamada aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Güngör ve ark. 2004).

$$d_n = \frac{(TK-SN)R_y}{100} \gamma_t D \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

$d_n$  : Bitki kök bölgesine uygulanacak net sulama suyu (mm)

$TK$  : Tarla kapasitesi (%)%

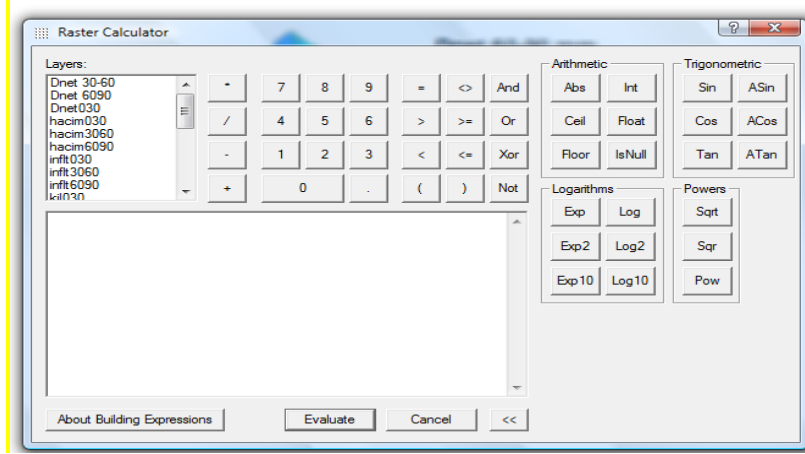
$SN$  : Solma noktası(%)

$\gamma_t$  : Toprağın hacim ağırlığını ( $g/cm^3$ )

$R_y$  : Toprakta kullanılabilir suyun tüketilmesine izin verilen kısım (%)

$D$  : Etkili bitki kök derinliğinin(cm) ifade etmektedir.

ArcGIS programında “Spatial Analyst” menüsünün altında bulunan “Raster Calculator” modülünde her sulamada kullanılacak sulama suyu eşitliği yapısal sorgu dili (SQL) kullanılarak yazılmıştır (Şekil 3.7).



**Şekil 3.7.** Raster Calculator modülü

Raster calculator modülünde yukarıdaki bilgiler doğrultusunda çalışma alanına ait bitki kök bölgesine verilecek net sulama suyu verilerinden oluşan net sulama suyu katmanları ve bun katmanların toplamı olarak toplam net sulama suyu katmanı grid formatta elde edilmiştir.

### 3.2.2.2. Sulama Aralığı

Çalışma alanına ait raster hesaplayıcı ile hesaplanan net sulama suyu miktarı katmanı ile çalışma alanında bulunan bitkilere ait günlük bitki su tüketimi (ET) değeri dikkate alınarak aşağıdaki eşitlikteki katmanların ArcGIS'te raster hesaplayıcı kullanılarak hesaplanmıştır (Kanber 2010).

$$SA = \frac{d_n}{ET} \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

$SA$  : Sulama aralığı (gün)

$d_n$  : Bitki kök bölgesine uygulanacak net sulama suyu (mm)

$ET$  : Günlük bitki su tüketimi (mm/gün) ifade etmektedir.



## 4. ARALTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1 Toprak Analiz Sonuçları

Çalışma alanında belirlenen 83 noktadan 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinden alınan toprak örnekleri, Kırklareli Atatürk Toprak, Su Ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü toprak laboratuvarında analiz edilmiştir. Toprak örneklerine ait laboratuvar test sonuçları ile arazide ölçülen infiltrasyon değerleri Çizelge 4.1’de derinliklerine göre verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprak analiz sonuçları

Örnek No	Derinlik (cm)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Bünye	Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	KSTK (mm/30cm)	İnfiltrasyon (mm/h)
1	0-30	48.87	40.47	10.67	siltli kil	1.23	63.32	3.00
	30-60	46.78	36.30	16.92	kil	1.28	59.62	-
	60-90	40.53	27.97	31.50	kil	1.28	59.62	-
2	0-30	38.45	32.13	29.42	killi tn	1.37	53.45	4.70
	30-60	36.37	40.47	23.17	killi tn	1.34	66.42	-
	60-90	40.53	27.97	31.50	kil	1.33	54.21	-
3	0-30	36.37	27.97	35.67	killi tn	1.42	55.24	6.80
	30-60	19.70	13.38	66.92	kumlu tn	1.59	38.94	-
	60-90	34.28	46.72	19.00	killi tn	1.26	56.35	-
4	0-30	42.62	27.97	29.42	kil	1.26	54.52	2.90
	30-60	40.53	27.97	31.50	kil	1.28	62.51	-
	60-90	34.28	27.97	37.75	killi tn	1.38	48.54	-
5	0-30	36.37	48.80	14.83	siltli killi tn	1.40	59.16	2.60
	30-60	50.95	38.38	10.67	kil	1.31	52.64	-
	60-90	46.78	40.47	12.75	kil	1.21	68.74	-
6	0-30	54.70	34.63	10.67	kil	1.32	61.23	2.30
	30-60	52.62	36.72	10.67	kil	1.18	72.89	-
	60-90	46.37	45.05	8.58	kil	1.22	72.12	-
7	0-30	38.03	30.47	31.50	siltli kil	1.35	60.44	4.60
	30-60	33.87	24.22	41.92	killi tn	1.27	56.54	-
	60-90	33.45	5.47	71.08	killi tn	1.40	50.67	-
8	0-30	38.12	24.22	35.67	kumlu killi tn	1.27	33.87	5.50
	30-60	42.20	24.22	33.58	kil	1.32	55.32	-
	60-90	46.37	26.30	27.33	kil	1.27	65.42	-
9	0-30	42.20	17.97	39.83	kil	1.29	64.54	2.9
	30-60	42.20	15.88	41.92	kil	1.18	69.4	-
	60-90	31.78	5.47	62.75	kumlu killi tn	1.38	39.52	-
10	0-30	38.03	17.97	44.00	kumlu kil	1.31	33.25	12.6
	30-60	40.12	22.13	37.75	kil	1.34	55.67	-
	60-90	46.37	22.13	31.50	kil	1.25	65.31	-
11	0-30	46.37	24.22	29.42	kil	1.40	61.12	2.7
	30-60	48.45	24.22	27.33	kil	1.24	61.98	-
	60-90	50.53	24.22	25.25	kil	1.32	59.34	-
12	0-30	50.05	22.62	27.33	kil	1.36	57.54	2.5
	30-60	54.21	20.54	25.25	kil	1.39	52.45	-
	60-90	56.30	18.45	25.25	kil	1.36	56.54	-
13	0-30	39.63	16.37	44.00	kumlu kil	1.44	36.16	8.9
	30-60	37.55	18.45	44.00	kumlu kil	1.56	36.54	-
	60-90	39.63	18.45	41.92	kumlu kil	1.46	39.54	-

**Çizelge 4.1.(Devamı) Toprak analiz sonuçları**

Örnek No	Derinlik (cm)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Bünye	Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	KSTK (mm/30cm)	İnfiltirasyon (mm/h)
14	0-30	29.21	20.54	50.25	kumlu killi tın	1.46	39.41	9.8
	30-60	31.30	20.54	48.17	kumlu killi tın	1.41	33.49	-
	60-90	35.46	12.20	52.33	kumlu killi tın	1.39	36.46	-
15	0-30	29.21	14.29	56.50	kumlu killi tın	1.36	35.75	9.5
	30-60	33.38	14.29	52.33	kumlu killi tın	1.39	31.44	-
	60-90	37.55	16.37	46.08	kumlu kil	1.48	32.15	-
16	0-30	45.88	22.62	31.50	kil	1.40	56.59	2.7
	30-60	54.21	20.54	25.25	kil	1.28	60.09	-
	60-90	56.30	18.45	25.25	kil	1.26	60.24	-
17	0-30	45.88	22.62	31.50	kil	1.22	68.77	2.7
	30-60	52.13	18.45	29.42	kil	1.38	55.98	-
	60-90	52.13	20.54	27.33	kil	1.38	49.65	-
18	0-30	45.88	24.70	29.42	kil	1.36	58.46	2.7
	30-60	41.71	30.95	27.33	kil	1.30	49.57	-
	60-90	47.96	26.79	25.25	kil	1.40	43.51	-
19	0-30	41.71	28.87	29.42	Kil	1.28	64.63	2.9
	30-60	37.55	37.20	25.25	killi tın	1.27	66.52	-
	60-90	37.55	28.87	33.58	killi tın	1.38	60.26	-
20	0-30	31.30	24.70	44.00	Killi tın	1.37	65.42	12.5
	30-60	25.05	22.62	52.33	kumlu killi tın	1.45	41.65	-
	60-90	20.88	10.12	69.00	kumlu killi tın	1.35	40.42	-
21	0-30	52.13	33.04	14.83	kil	1.20	67.82	2.4
	30-60	52.13	39.29	8.58	kil	1.31	48.65	-
	60-90	47.96	43.45	8.58	siltli kil	1.25	59.55	-
22	0-30	52.13	30.95	16.92	kil	1.33	61.54	2.5
	30-60	43.80	24.70	31.50	kil	1.17	71.65	-
	60-90	45.88	24.70	29.42	kil	1.28	53.14	-
23	0-30	41.71	35.12	23.17	kil	1.34	57.31	2.9
	30-60	35.46	39.29	25.25	killi tın	1.27	64.55	-
	60-90	27.13	8.04	64.83	kumlu killi tın	1.36	33.46	-
24	0-30	45.88	39.29	14.83	kil	1.32	55.42	2.7
	30-60	33.38	35.12	31.50	killi tın	1.12	73.24	-
	60-90	35.46	37.20	27.33	killi tın	1.19	60.62	-
25	0-30	35.46	28.87	35.67	killi tın	1.37	60.83	8.0
	30-60	39.63	30.95	29.42	killi tın	1.38	66.34	-
	60-90	35.46	30.95	33.58	killi tın	1.27	64.56	-
26	0-30	35.46	26.79	37.75	killi tın	1.33	66.25	7.5
	30-60	31.30	30.95	37.75	killi tın	1.20	70.64	-
	60-90	31.30	39.29	29.42	killi tın	1.29	68.15	-
27	0-30	37.55	24.70	37.75	killi tın	1.27	65.38	5.5
	30-60	33.38	20.54	46.08	kumlu killi tın	1.46	32.46	-
	60-90	22.96	5.95	71.08	kumlu killi tın	1.37	32.47	-
28	0-30	37.55	20.54	41.92	killi tın	1.37	58.27	5.7
	30-60	37.55	22.62	39.83	killi tın	1.37	55.33	-
	60-90	39.63	26.79	33.58	killi tın	1.37	61.25	-
29	0-30	39.63	20.54	39.83	killi tın	1.37	59.43	2.8
	30-60	43.80	22.62	33.58	kil	1.37	50.57	-
	60-90	43.80	20.54	35.67	kil	1.37	55.24	-
30	0-30	41.71	22.62	35.67	kil	1.37	59.75	3.0
	30-60	43.80	22.62	33.58	kil	1.37	51.49	-
	60-90	45.88	22.62	31.50	kil	1.37	51.34	-
31	0-30	37.55	18.45	44.00	killi tın	1.39	52.51	5.8
	30-60	27.13	28.87	44.00	tın	1.35	56.75	-
	60-90	29.21	30.95	39.83	killi tın	1.31	55.24	-

**Çizelge 4.1. (Devamı) Toprak analiz sonuçları**

Örnek No	Derinlik (cm)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Bünye	Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	KSTK (mm/30cm)	İnfiltrasyon (mm/h)
32	0-30	31.30	41.37	27.33	killi tın	1.32	53.95	12.0
	30-60	35.46	35.12	29.42	killi tın	1.35	58.64	-
	60-90	39.63	26.79	33.58	killi tın	1.42	51.16	-
33	0-30	35.46	24.70	39.83	killi tın	1.33	57.51	7.8
	30-60	31.30	20.54	48.17	kumlu killi tın	1.47	39.77	-
	60-90	29.21	14.29	56.50	kumlu killi tın	1.41	35.55	-
34	0-30	33.38	26.79	39.83	killi tın	1.37	61.22	9.8
	30-60	37.55	33.04	29.42	killi tın	1.15	60.48	-
	60-90	29.21	24.70	46.08	kumlu killi tın	1.44	37.73	-
35	0-30	34.55	21.45	44.00	kumlu killi tın	1.34	56.27	6.9
	30-60	30.38	17.29	52.33	kumlu killi tın	1.41	39.43	-
	60-90	38.71	19.37	41.92	killi tın	1.34	55.54	-
36	0-30	36.63	21.45	41.92	killi tın	1.23	68.58	6.5
	30-60	47.05	19.37	33.58	kil	1.35	49.56	-
	60-90	38.70	27.08	34.22	killi tın	1.30	55.51	-
37	0-30	32.46	27.70	39.83	killi tın	1.33	59.25	11.0
	30-60	40.80	23.54	35.67	kil	1.33	53.64	-
	60-90	42.88	23.54	33.58	kil	1.41	50.56	-
38	0-30	47.05	23.54	29.42	kil	1.30	64.74	2.7
	30-60	44.96	23.54	31.50	kil	1.25	68.12	-
	60-90	44.96	23.54	31.50	kil	1.35	53.45	-
39	0-30	38.71	23.54	37.75	killi tın	1.18	70.56	4.0
	30-60	44.96	21.45	33.58	kil	1.35	55.74	-
	60-90	47.05	23.54	29.42	kil	1.13	69.54	-
40	0-30	42.88	23.54	33.58	kil	1.29	73.55	2.9
	30-60	40.80	17.29	41.92	kil	1.29	58.64	-
	60-90	36.63	11.04	52.33	kumlu killi tın	1.36	40.66	-
41	0-30	35.95	26.30	37.75	killi tın	1.17	71.64	6.7
	30-60	40.12	28.38	31.50	kil	1.31	50.85	-
	60-90	40.12	24.22	35.67	kil	1.20	66.42	-
42	0-30	35.95	20.05	44.00	kumlu killi tın	1.40	32.42	6.2
	30-60	40.12	15.88	44.00	kil	1.29	59.54	-
	60-90	42.20	11.72	46.08	kumlu kil	1.57	39.91	-
43	0-30	44.28	17.97	37.75	kil	1.39	68.54	2.8
	30-60	48.45	17.97	33.58	kil	1.39	49.51	-
	60-90	46.37	17.97	35.67	kil	1.39	49.51	-
44	0-30	44.28	20.05	35.67	kil	1.23	73.25	2.9
	30-60	44.28	20.05	35.67	kil	1.17	74.1	-
	60-90	44.28	24.22	31.50	kil	1.33	50.21	-
45	0-30	42.20	20.05	37.75	kil	1.35	64.58	2.93
	30-60	44.28	20.05	35.67	kil	1.46	42.54	-
	60-90	47.03	18.75	34.22	kil	1.24	53.58	-
46	0-30	43.03	19.25	37.72	kil	1.29	66.86	2.9
	30-60	46.37	17.97	35.67	kil	1.49	45.99	-
	60-90	47.25	18.03	34.72	kil	1.36	56.51	-
47	0-30	36.50	25.82	37.68	killi tın	1.25	67.92	6.5
	30-60	38.71	25.62	35.67	killi tın	1.27	67.26	-
	60-90	40.78	25.00	34.22	kil	1.31	60.44	-
48	0-30	44.96	21.45	33.58	kil	1.33	60.18	2.8
	30-60	53.30	25.62	21.08	kil	1.35	57.45	-
	60-90	53.30	27.70	19.00	kil	1.39	51.97	-
49	0-30	43.56	22.35	34.09	kil	1.33	53.59	2.8
	30-60	53.50	27.70	18.80	kil	1.36	59.51	-
	60-90	53.30	25.62	21.08	kil	1.33	54.69	-

**Çizelge 4.1. (Devamı) Toprak analiz sonuçları**

Örnek No	Derinlik (cm)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Bünye	Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	KSTK (mm/30cm)	İnfiltirasyon (mm/h)
50	0-30	49.30	22.10	28.60	kil	1.31	51.41	2.5
	30-60	50.40	23.20	26.40	kil	1.25	68.75	-
	60-90	47.03	20.83	32.13	kil	1.34	52.75	-
51	0-30	43.88	20.25	35.87	kil	1.40	50.52	2.8
	30-60	65.80	19.37	14.83	kil	1.41	56.72	-
	60-90	36.63	21.45	41.92	killi tn	1.48	58.69	-
52	0-30	36.63	6.87	56.50	kumlu killi tn	1.29	38.45	5.8
	30-60	42.88	11.04	46.08	kumlu kil	1.52	34.46	-
	60-90	42.88	13.12	44.00	kumlu kil	1.38	42.68	-
54	0-30	42.88	23.54	33.58	kil	1.25	66.56	2.9
	30-60	42.88	33.95	23.17	kil	1.14	70.54	-
	60-90	47.05	31.87	21.08	kil	1.27	64.25	-
55	0-30	55.38	27.70	16.92	kil	1.24	68.23	2.3
	30-60	42.88	31.87	25.25	kil	1.19	72.65	-
	60-90	34.55	29.79	35.67	killi tn	1.31	59.93	-
56	0-30	55.38	25.62	19.00	kil	1.29	65.45	2.2
	30-60	42.88	27.70	29.42	kil	1.25	70.52	-
	60-90	38.71	36.04	25.25	killi tn	1.33	55.82	-
57	0-30	42.88	29.79	27.33	kil	1.24	70.37	2.9
	30-60	42.88	31.87	25.25	kil	1.29	64.51	-
	60-90	38.71	31.87	29.42	killi tn	1.08	71.39	-
58	0-30	49.13	17.29	33.58	kil	1.19	72.44	2.5
	30-60	47.05	21.45	31.50	kil	1.38	57.18	-
	60-90	42.87	22.92	34.22	kil	1.30	53.25	-
59	0-30	34.55	13.12	52.33	kumlu killi tn	1.45	73.64	6.8
	30-60	24.13	11.04	64.83	kumlu killi tn	1.40	33.79	-
	60-90	38.71	19.37	41.92	killi tn	1.21	66.49	-
60	0-30	38.71	21.45	39.83	killi tn	1.26	64.45	4.6
	30-60	39.02	20.45	40.53	killi tn	1.33	55.24	-
	60-90	34.53	20.83	44.63	kumlu killi tn	1.35	36.44	-
61	0-30	44.96	19.37	35.67	kil	1.28	64.63	2.8
	30-60	45.02	20.50	34.48	kil	1.46	46.53	-
	60-90	42.87	25.00	32.13	kil	1.26	64.51	-
62	0-30	45.03	32.32	22.65	kil	1.32	59.62	2.9
	30-60	44.96	33.95	21.08	kil	1.31	55.49	-
	60-90	38.71	27.70	33.58	killi tn	1.31	54.52	-
63	0-30	47.05	17.29	35.67	kil	1.27	66.77	2.7
	30-60	47.05	19.37	33.58	kil	1.25	64.58	-
	60-90	47.03	20.83	32.13	kil	1.36	49.56	-
64	0-30	51.21	19.37	29.42	kil	1.33	61.55	2.4
	30-60	53.30	17.29	29.42	kil	1.23	69.22	-
	60-90	47.03	20.83	32.13	kil	1.26	56.32	-
65	0-30	47.05	15.20	37.75	kil	1.18	71.85	2.7
	30-60	42.87	20.83	36.30	kil	1.29	64.53	-
	60-90	49.13	17.29	33.58	kil	1.10	65.24	-
66	0-30	40.80	17.29	41.92	kil	1.26	69.25	3.0
	30-60	47.05	21.45	31.50	kil	1.34	61.38	-
	60-90	51.21	15.20	33.58	kil	1.34	68.83	-
67	0-30	44.96	23.54	31.50	kil	1.18	66.73	3.0
	30-60	53.30	19.37	27.33	kil	1.22	64.95	-
	60-90	51.21	19.37	29.42	kil	1.28	64.59	-
68	0-30	38.50	18.50	43.00	kumlu kil	1.31	34.64	10.0
	30-60	39.90	20.60	39.50	killi tn	1.35	49.64	-
	60-90	43.25	17.60	39.15	kil	1.33	53.67	-

**Çizelge 4.1. (Devamı) Toprak analiz sonuçları**

Örnek No	Derinlik (cm)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Bünye	Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	KSTK (mm/30cm)	İnfiltrasyon (mm/h)
69	0-30	41.25	18.00	40.75	kil	1.41	51.55	2.9
	30-60	42.88	17.29	39.83	kil	1.42	50.24	-
	60-90	43.02	18.50	38.48	kil	1.34	54.37	-
70	0-30	42.90	19.01	38.09	kil	1.40	53.87	2.9
	30-60	42.87	22.92	34.22	kil	1.43	46.95	-
	60-90	51.21	17.29	31.50	kil	1.32	56.87	-
71	0-30	40.80	15.20	44.00	kumlu kil	1.28	42.58	8.4
	30-60	36.63	19.37	44.00	kumlu killi tın	1.42	36.51	-
	60-90	39.50	20.00	40.50	killi tın	1.39	55.49	-
72	0-30	53.30	19.37	27.33	kil	1.31	56.45	2.4
	30-60	55.38	15.20	29.42	kil	1.22	67.76	-
	60-90	51.21	17.29	31.50	kil	1.23	66.92	-
73	0-30	38.50	15.02	46.48	kumlu kil	1.40	31.52	10.3
	30-60	40.80	13.12	46.08	kumlu kil	1.42	37.73	-
	60-90	32.45	14.58	52.97	kumlu killi tın	1.46	32.23	-
74	0-30	47.50	18.20	34.30	kil	1.30	55.61	2.66
	30-60	49.13	19.37	31.50	kil	1.29	59.52	-
	60-90	40.78	20.83	38.38	kil	1.32	60.57	-
75	0-30	35.40	14.20	50.40	kumlu killi tın	1.46	39.44	6.4
	30-60	33.60	15.20	51.20	kumlu killi tın	1.39	40.49	-
	60-90	32.46	21.45	46.08	kumlu killi tın	1.42	37.3	-
76	0-30	41.20	20.20	38.60	kil	1.39	59.56	2.9
	30-60	40.80	17.29	41.92	kil	1.47	48.66	-
	60-90	42.87	22.92	34.22	kil	1.44	44.66	-
77	0-30	53.30	21.45	25.25	kil	1.16	71.55	2.3
	30-60	53.30	21.45	25.25	kil	1.25	67.35	-
	60-90	49.13	21.45	29.42	kil	1.37	49.61	-
78	0-30	47.05	17.29	35.67	kil	1.26	70.22	2.7
	30-60	55.38	19.37	25.25	kil	1.16	70.25	-
	60-90	44.96	27.70	27.33	kil	1.26	66.22	-
79	0-30	42.88	19.37	37.75	kil	1.48	62.33	2.8
	30-60	53.30	21.45	25.25	kil	1.37	49.65	-
	60-90	55.38	25.62	19.00	kil	1.30	63.19	-
80	0-30	36.63	13.12	50.25	kumlu killi tın	1.51	40.61	5.8
	30-60	30.38	13.12	56.50	kumlu killi tın	1.37	44.96	-
	60-90	28.30	15.20	56.50	kumlu killi tın	1.44	335.19	-
81	0-30	44.96	21.45	33.58	kil	1.33	68.63	2.8
	30-60	51.21	21.45	27.33	kil	1.28	60.54	-
	60-90	57.46	19.37	23.17	kil	1.31	60.55	-
82	0-30	36.63	17.29	46.08	kumlu killi tın	1.46	6.48	6.0
	30-60	53.30	21.45	25.25	kil	1.38	63.57	-
	60-90	53.30	21.45	25.25	kil	1.37	49.64	-
83	0-30	32.46	19.37	48.17	kumlu killi tın	1.50	5.18	7.9
	30-60	49.13	19.37	31.50	kil	1.26	65.39	-
	60-90	51.21	17.29	31.50	kil	1.30	48.16	-

Çizelge 4.1'den izleneceği gibi çalışma alanı toprak yapısı daha çok killi- killi tınlı topraklardan oluşmakta olup ağır bünyeli bir yapıdadır. Bu nedenle Çizelge 4.1.'den de görüldüğü gibi infiltrasyon çok düşük değerlere sahiptir. Çalışma alanında yağış sonrası yapılan arazi gözlemlerinde, yağmur sularının toprak içine hemen infiltre olmadığı ve arazi

yüzeyinde su birikintileri oluşturduğu görülmüştür. Bu durum sonuçları destekler niteliktedir. Trout ve ark. (1992)'de düşük infiltrasyon kapasitesi, süreklilik göstermeyen büyük gözeneklerin noksanlığından ve büyük gözenekleri tıkayan ince toprak parçacıklarının ortamda olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

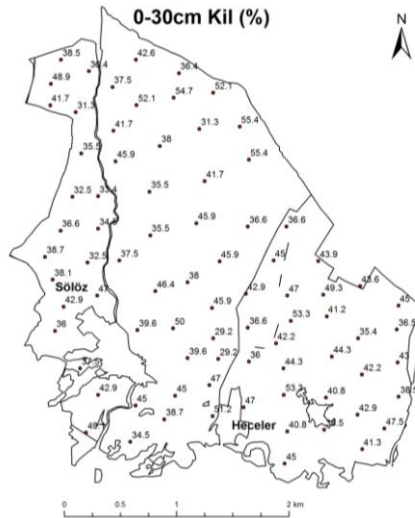
Çizelgelerde kullanılabilir su tutma kapasitesinin killi bölgelerde yüksek kumlu kısımlarda ise daha düşük olduğu görülmektedir. Öztekin ve Öztekin (2007), killi toprağın elverişli su tutma kapasitesinin (tarla kapasitesi-solma noktası) yüksek, kumlu toprağın tarla kapasitesinin düşük olmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

#### 4.2. Verilerin ArcGIS Ortamına Aktarılmasına İlişkin Sonuçlar

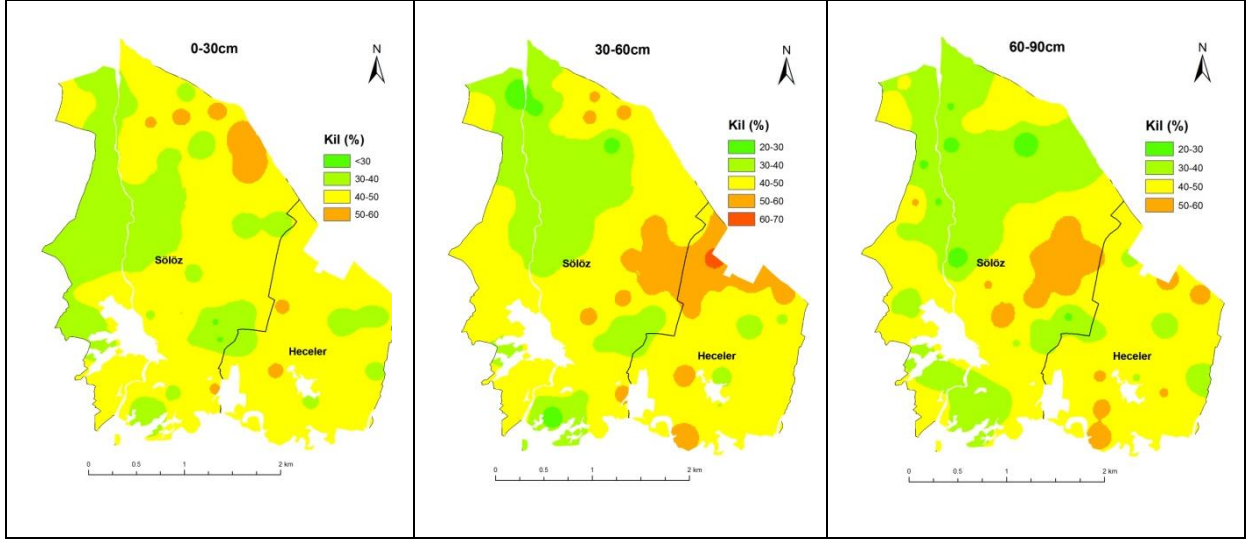
Analiz laboratuvarından alınan sonuçların office excel programında elektronik tablosu oluşturulmuş ve “Add XY Data” ara yüzü vasıtası ile CBS ortamına eklenmiştir. Eklenen datalar “Toprak Analiz Noktaları” dosyası olarak kayıt edilerek saklanmıştır. Bu dosya data view ekranında görüntülendiğinde noktasal veri olarak görüntülenmektedir (Şekil 4.1).

#### 4.3. Toprak Özelliklerine Ait Katmanların Oluşturulmasına İlişkin Sonuçlar

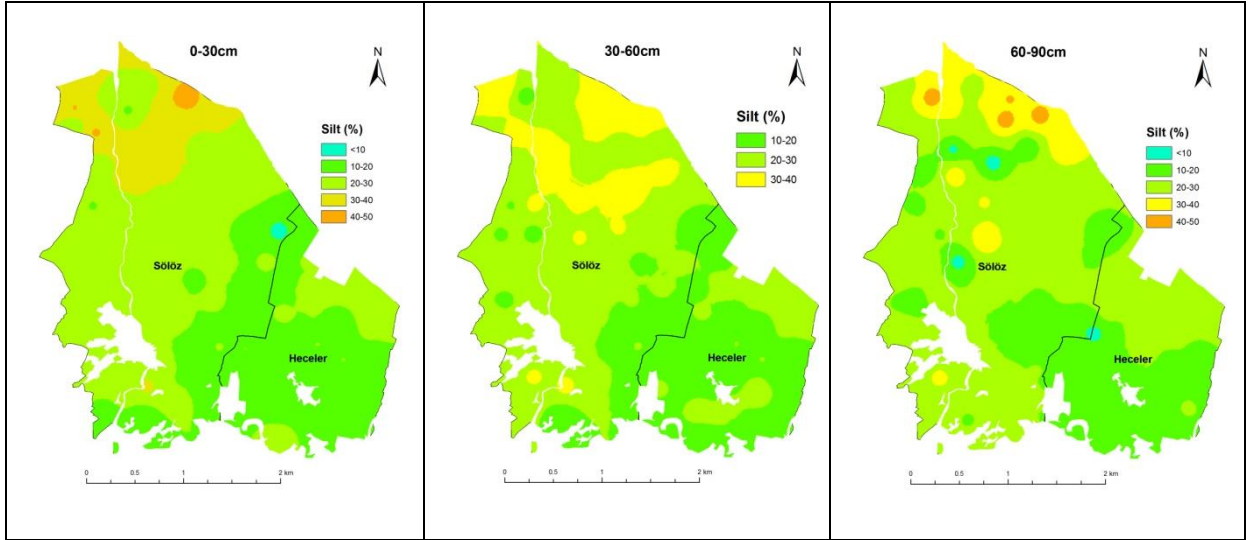
Toprak özellikleri 83 farklı noktada ölçülmüş olup noktasal olarak CBS ortamına aktarılan bu veriler ArcGIS programının “Spatial Analyst” modülünün altında bulunan “Interpolate to raster” modülünden IDW enterpolasyon tekniğini kullanarak her bir toprak özelliği için 10 metre hücre boyutuna sahip sürekli katmanlar oluşturulmuştur (Şekil 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve Şekil 4.7).



Şekil 4.1 Analiz sonuçlarının noktasal veri olarak görünüşü



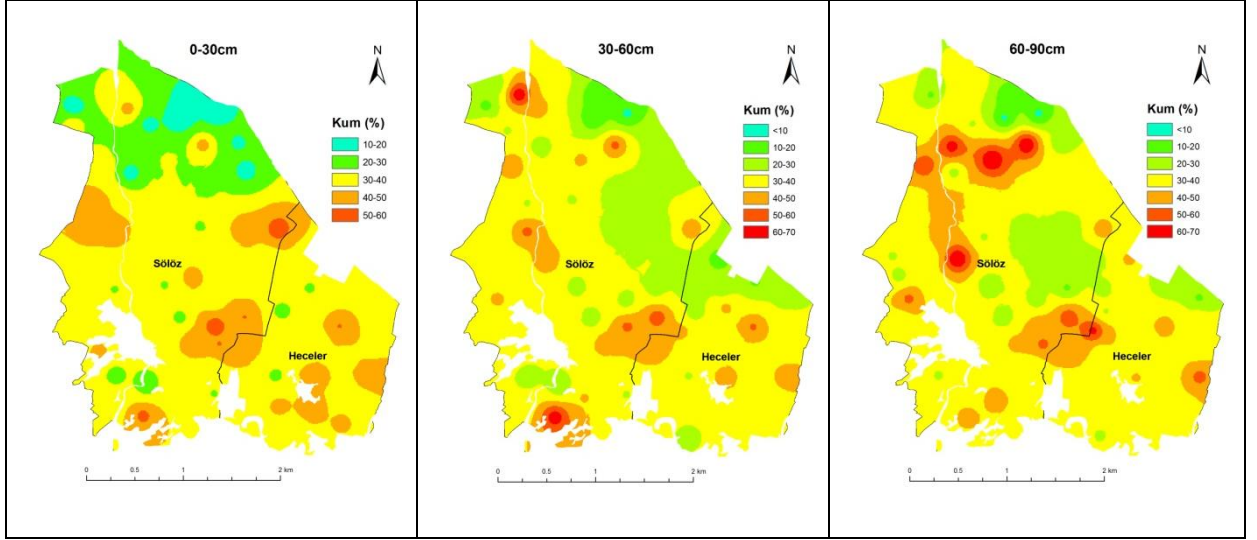
**Şekil 4.2.** Çalışma alanının 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliği kil yüzdesi gridi



**Şekil 4.3.** Çalışma alanının 0-30, 30-60 v3 60-90 cm toprak derinliği silt yüzdesi gridi

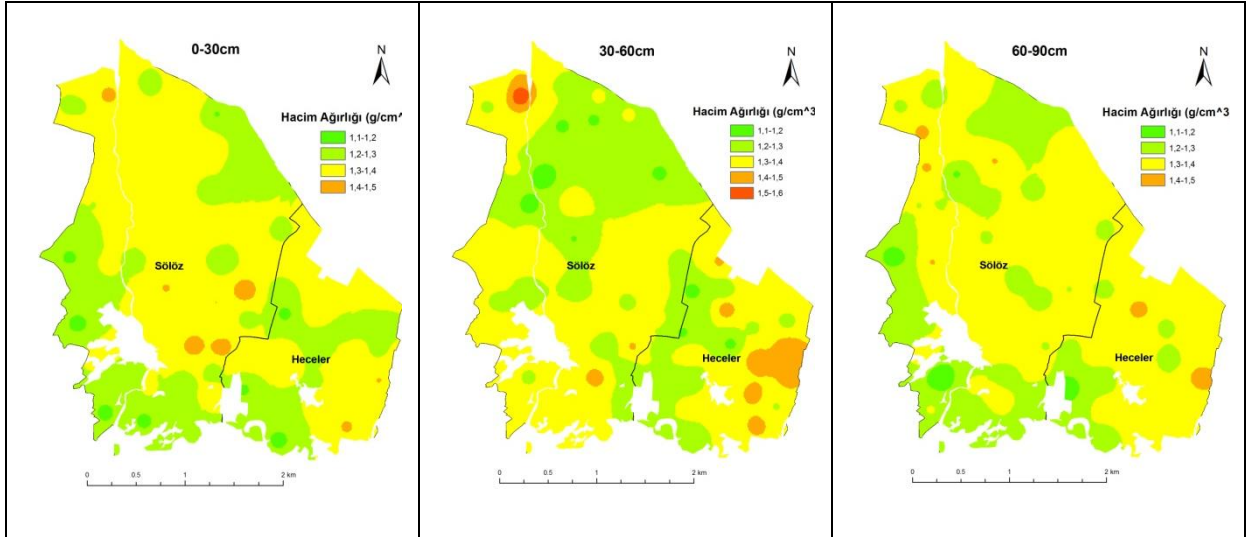
Şekil 4.2’de görüldüğü gibi çalışma alanında kil minerali Sölöz mahallesinin doğu kısmı ve Heceler mahallesinin çoğunda %40-50 seviyelerindeyken Sölöz mahallesinin batısına doğru gidildikçe %30-40 seviyelerine düşmektedir. Sölöz Heceler mahalle sınırının güney kısmında da kil miktarı %40-50 seviyelerine doğru çıktığı görülmektedir.

Şekil 4.3’deki tematik haritada görüldüğü gibi çalışma alanındaki silt miktarı Heceler mahallesinin güneydoğusunda ve Sölöz mahallesinin doğu sınırı boyunca % 10-20 seviyelerindedir. Heceler mahallesinin kuzeyi ve Sölöz mahallesinin genelinde silt miktarı % 20-30 seviyelerine çıkmaktadır. Sölöz mahallesinin kuzey ucunda ise silt miktarı % 30-40 olarak saptanmıştır.



**Şekil 4.4.** Çalışma alanının 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliği kum yüzdesi gridi

Şekil 4.4.'de de görüldüğü gibi çalışma alanının genelinde kum miktarı %30-40 civarında seyretmektedir. Sölöz mahallesinin kuzey ucunda az bir alanda kum miktarı %20-30 civarlarındadır. Buna karşın tematik haritada da görüldüğü üzere Sölöz ve Heceler mahallerinin değişik yerlerinde kümeler halinde bulunan alanlarda kum miktarları %40-50 seviyelerine çıkmaktadır. Bu kümelenmenin toprak alt katmanlarında yoğunlaştığı görülmektedir.

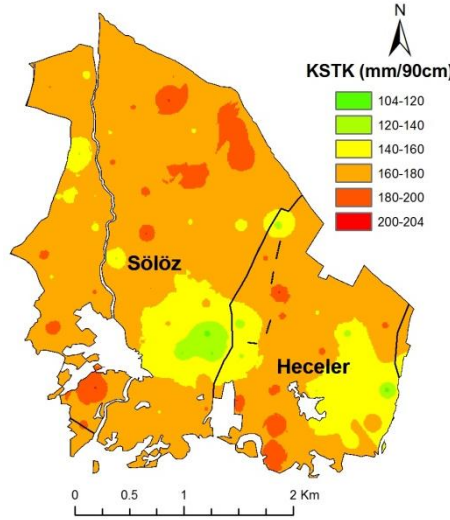


**Şekil 4.5.** Çalışma alanının 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliği hacim ağırlığı gridi

Şekil 4.5'den görüldüğü gibi, araştırma alanında toprak hacim ağırlığı değeri, 1.12-1.59 g/cm<sup>3</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu çalışmada bulunan yüksek hacim ağırlığı değerlerinin arazide çok küçük bir alanda yer alan kumlu tınlı toprak bünyesine sahip



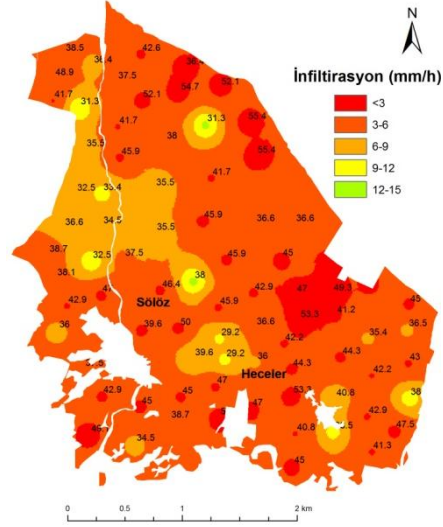
topraklarda ölçüldüğü görülmektedir. Benzer olarak, Gomez ve ark. (1999), İspanya’da killi tınlı topraklara sahip bir Zeytin bahçesinde farklı toprak işleme ile toprak fiziksel özelliklerinin değişimini belirlemek üzere 1996 ve 1997 yıllarında bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda, 10-20 cm üst toprak katmanında farklı yıllarda hacim ağırlığı değerinin 1.14-1.48g/cm<sup>3</sup> arasında değiştiğini saptamışlardır. Ayrıca Gomez ve ark. Düşük ölçülen infiltrasyon hızının sıkışma nedeniyle oluşabileceğini ifade etmişlerdir.



**Şekil 4.6.** Çalışma alanının 0-90 cm toprak derinliği KSTK gridi

Şekil 4.6’deki tematik haritada analiz verilerinden elde edilen KSTK değerleri verilmiştir. Çalışma alanının büyük çoğunluğunda kullanılabilir su tutma kapasitesi değeri 50-70 mm/30cm arasında değişmektedir. Lipsius (2002), su tutma kapasitesinin killi topraklarda kumlu topraklara göre daha yüksek olduğunu, bu tür ince taneli toprakların suyu daha uzun süre tutarak bitki gelişimine pozitif katkıda bulduklarını ifade etmişlerdir. Benzer olarak Yıldırım ve Korukçu (1999), değişik bünyeli topraklar için KSTK değerlerini verdikleri çalışmada, killi tın bünyeli topraklar için KSTK’ni ortalama 175 mm olarak vermişlerdir.

Şekil 4.7’de görüldüğü üzere 0-30 cm toprak katmanında infiltrasyon değerleri sınıflara ayrılmış ve çalışma alanı topraklarının geniş bir kısmında alma hızı 3-6 mm/h olduğu saptanmıştır. Bu durumu yukarıda şekil 4.2’deki %kil gridi de desteklemektedir. Diğer sınıflar çalışma alanında muhtelif yerlerde dağılım göstermiştir. Telis (2001), infiltrasyon hızının genel olarak toprak bünyesine bağlı olarak değiştiğini ancak arazideki toprak çatlak oluşumu, sıkışma ve toprak organik maddesine etkili bitki ve arazi yönetim uygulamalarının infiltrasyon hızına etkili faktörler olduğunu belirtmiştir.

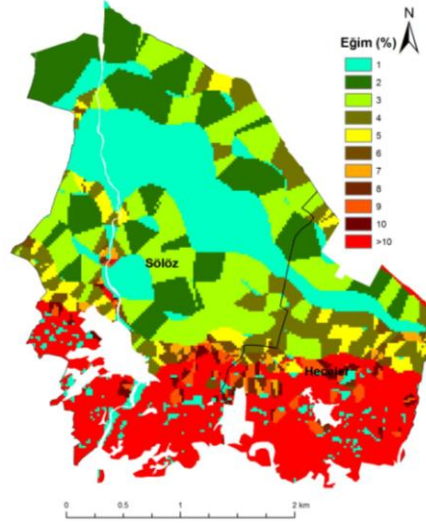


Şekil 4.7. Çalışma alanının infiltrasyon hızı gridi

#### 4.4. Çalışma Alanı Eğimine ilişkin Sonuçlar

Şekil 4.8’te oluşturulan çalışma bölgesinin eğimi haritasında da görüldüğü üzere kuzeyden güneye doğru olan 2/3 lük alanda eğim %0 ile %6 arasında değişmektedir. Çalışma alanının kuzeyinden güneyine doğru ilerledikçe Katırlı dağlarına çıkılmaktadır. Bundan dolayı çalışma alanının güney kısmında eğim %6 dan başlayıp %10’un üzerine çıkmaktadır. Şekil 4.8’e bakıldığında bu çalışma alanının güneyinde kalan 1/3’lük kısmın büyük çoğunluğu %10’un üzerinde olduğu görülmektedir. Bu alanlardaki zeytin bahçelerinde toprak işleme ve mekanizasyon oldukça zordur.

Karaata (2014), Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (ZFTUAM) arazisinde arazi bilgi sisteminin oluşturulması amacıyla yaptığı çalışmada çalışma alanının eğimini hesaplamış ve 6 grupta sınıflandırmıştır. Bu gruplarda eğimi %0-2 aralığını düz ve düze yakın alanlar, %2-5 sınıfını hafif eğimli alanlar, %5-10 arasını orta eğimli alanlar, %10-15 aralığını tepelik alanlar, 15-30 aralığını Dik eğimli alanlar ve 30’%’dan fazla eğimi olanları da çok dik eğimli alanlar olarak sınıflamıştır. Çalışma alanında eğimi %0-5 arasındaki alanları çalışma alanının %60.6’sını, %5-10 arasındaki eğimi olan alanların %33’ünü oluşturduğunu belirtmiştir.



**Şekil 4.8.** Çalışma alanının eğimi

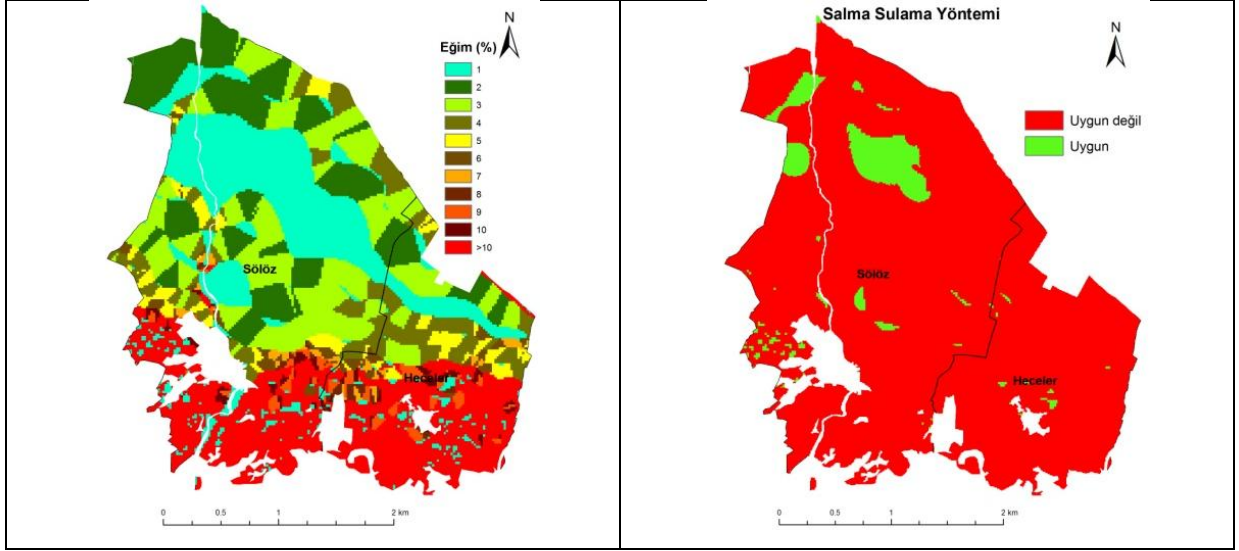
## **4.5. Sulama Yöntemleri İçin Uygun Alan Belirlenmesine Yönelik Sonuçlar**

### **4.5.1. Yüzey sulama yöntemlerine ilişkin sonuçlar**

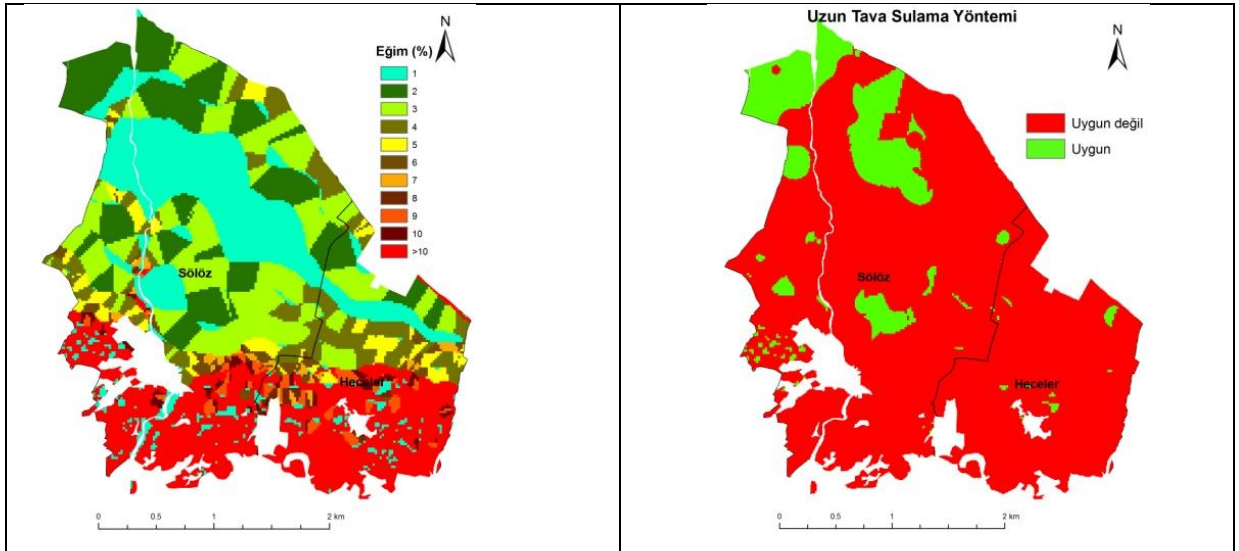
Çalışma sırasında, bünye, KSTK, infiltrasyon ve eğim kısıtları dikkate alınarak yüzey sulama yöntemleri için uygun alanlar tespit edilmiştir (Şekil 4.9, 4.10, 4.11).

CBS ortamında yapılan analizler sonucunda salma sulama yöntemine uygun alanlar Şekil 4.9'daki gibi tespit edilmiştir. Buna göre, salma sulama yöntemine uygun alanlar çalışma bölgesinde daha çok Sölöz mahallesinin kuzey kısımlarında bulunan alanlar için uygun olduğu görülmektedir. 9091.2 da alana sahip çalışma alanında 504.2 da'lık bir alan salma sulama yöntemiyle sulanabileceği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, çalışma alanının %94.45'inde (8587 da) salma sulama yönteminin kesinlikle uygulanmaması gerektiğini göstermiştir.

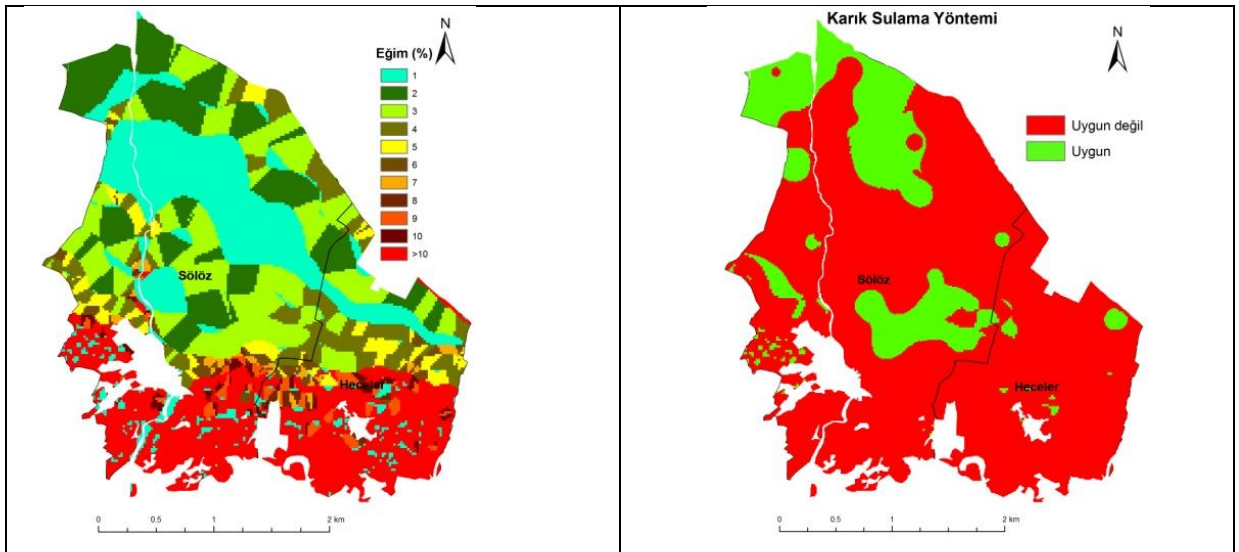
Şekil 4.10'de uzun tava sulama yöntemi için uygun olan alanlar tespit edilmiştir. Uzun tava sulama yöntemine uygun alanlar, salma sulama yöntemine uygun alanlardaki gibi çalışma bölgesinde daha çok Sölöz mahallesinin kuzey kısımlarında bulunan alanlar için uygun olduğu görülmektedir. 9091.2 da alana sahip çalışma alanında 1175.2 da'lık bir alan uzun tava sulama yöntemiyle sulanabileceği tespit edilmiştir. Çalışma alanında uzun tava sulama yöntemine uygun alanların, salma sulama yöntemine uygun alanlara göre iki kat fazla olduğu göze çarpmaktadır.



Şekil 4.9. Salma sulama yöntemine uygun alanlar



Şekil 4.10. Uzun tava sulama yöntemine uygun alanlar



Şekil 4.11. Karık sulama yöntemine uygun alanlar

Şekil 4.11’de çalışma alanına ait verilere sulama yöntemi seçimindeki kısıtlar uygulanarak karık sulama yöntemine uygun alanlar tespit edilmiştir. Karık sulama yöntemine uygun alanlar, çalışma bölgesinde Sölöz mahallesinin kuzey kısımları, Sölöz Heceler mahalle sınırının batı kısımlarında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu alanların toplamı 9091.2 da alana sahip çalışma alanında 1762.2 da’lık bir alanını kapsamaktadır. Karık sulama yöntemi diğer iki yüzey sulama yöntemine göre daha fazla alanda uygulanabileceği görülmektedir. Yüzey sulama yöntemlerinde uygun sulama alanlarının belirlenmesine arazinin eğiminin etkili olduğu görülmektedir.

#### **4.5.2. Basınçlı sulama yöntemlerine ilişkin sonuçlar**

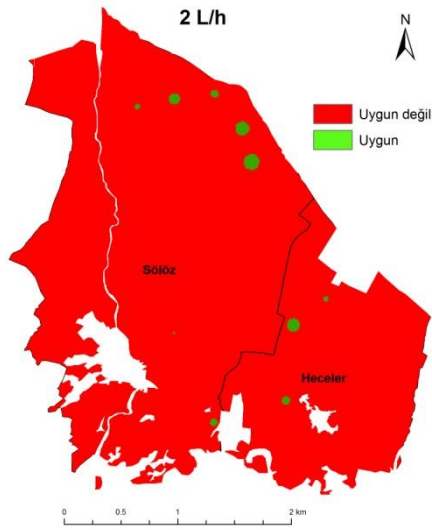
Çalışmada basınçlı sulama yöntemleri olarak damla ve mini sprink yöntemleri üzerinde durulmuştur.

Damla sulama yöntemine uygun alan seçiminde ıslatma alanının değeri temel faktör olarak alınmıştır. Islatma alanını ise belirleyen faktörler başlık debisi ve toprak infiltrasyon değeridir. Islatma yüzdesi değeri %30’dan büyük olan alanlar dala sulama yöntemi için uygun alan olarak dikkate alınmıştır. Çalışmada ülkemizde yaygın olarak kullanılan 2, 4, 6 ve 8 L/h’lik debili damlatıcılar dikkate alınarak analizler yapılmıştır. Hesaplamalar sonucu oluşturulan gridler; Şekil 4.12, 4.13, 4.14 ve 4.15’te gösterilmiştir.

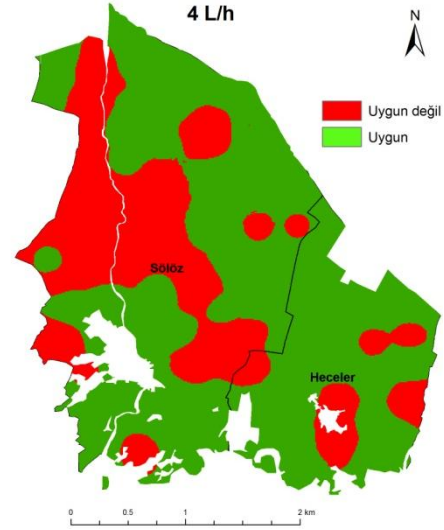
Şekil 4.12’de 2L/h debili damlatıcı borular kullanılarak yapılacak sulamaya uygun alanlar tespit edilmiştir. Şekil 4.12’den görüldüğü gibi, 2L/h’lik debili damlatıcılar kullanılması durumunda sadece 60.8 da alanda sulama yapabileceği saptanmıştır. Sonuçta, araştırma alanı içerisinde yer alan zeytin ağaçlarının sulanmasında 2L/h’lik debili damlatıcılar kullanılması durumunda arazinin %99.3’ünde yeterli ıslatma yüzdesinin sağlanamayacağı saptanmıştır.

Şekil 4.13’de 4L/h damlatıcı debili borular ile yapılan sulamaya uygun alanlar belirlenmiştir. Bu alanlar çalışma alanında 5944.8 da’lık bir yer kaplamaktadır. Şekil 4.14’de ise damlatıcı debisi 6L/h olan borular kullanılarak yapılan sulamaya uygun alanlar tespit edilmiştir. 8508.9 da yüzölçümüne sahip olan bu alanlar düşük orta seviyedeki infiltrasyon hızına sahip topraklara da hizmet edebilmektedir. Şekil 4.15’te 8L/h damlatıcı debili boru kullanılarak sulama yapılabilecek alanlar tespit edilmiştir. Şekil 4.15’ten görüldüğü gibi, çalışma alanının tamamına yakınında yaklaşık 9027.9 da’lık bir alanda 8L/h damlatıcılar

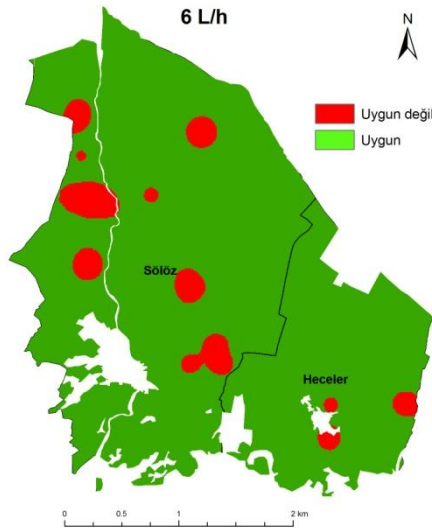
kullanılabilmektedir. Arazide sadece %0.69'luk bir alanın yüksek infiltrasyon hızı nedeniyle bu başlıklara uygun bulunmamıştır.



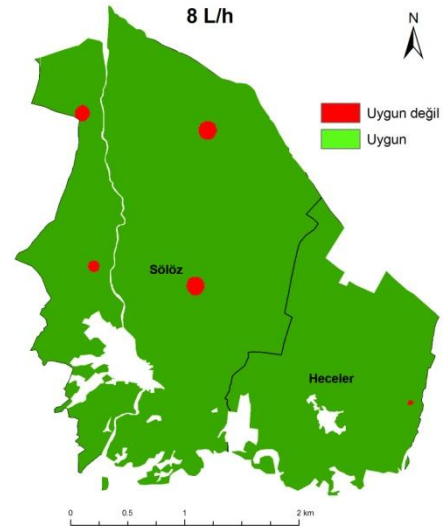
Şekil 4.12. Damla sulama yöntemi için uygun alanlar (2L/h)



Şekil 4.13. Damla sulama yöntemi için uygun alanlar (4L/h)

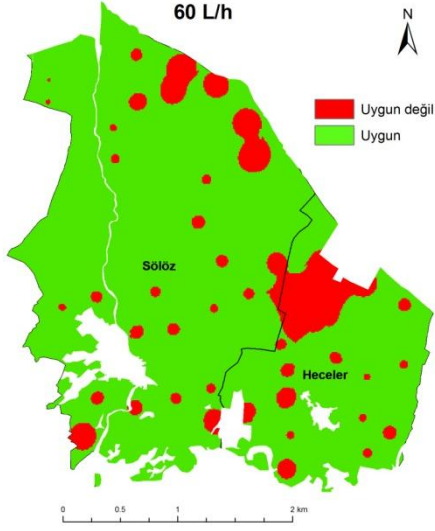


Şekil 4.14. Damla sulama yöntemi için uygun alanlar (6L/h)

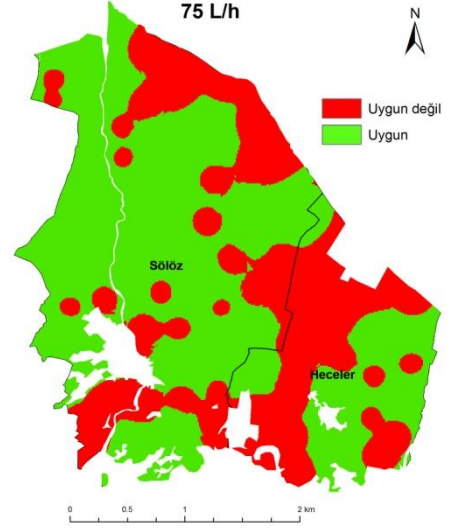


Şekil 4.15. Damla sulama yöntemi için uygun alanlar (8L/h)

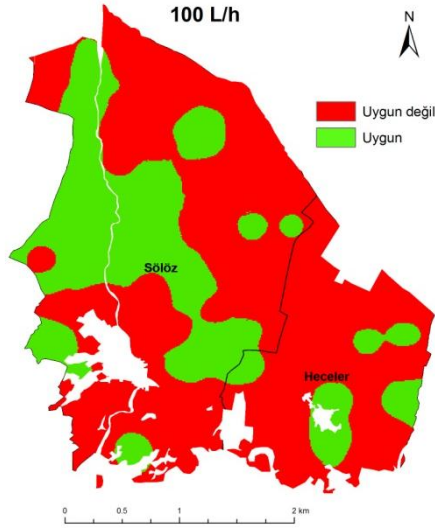
Bir diğer basınçlı sulama yöntemi olarak Zeytin ağaçlarının sulanmasında yaygın olarak kullanılan mini sprink sulama yöntemi- seçilmiştir. Çalışma sırasında, Türkiye'de yaygın olarak kullanılan, yerli ve yabancı firmaların yağmurlama başlıklarına ait debi aralığı dikkate alınmıştır (Demirel ve Demir 2013). Başlık yağmurlama hızının toprak infiltrasyon hızından düşük olması koşulu ile yapılan raster hesaplamalarıyla gridler oluşturulmuştur. 60, 75, 100 ve 200L/h başlık debilerine sahip yağmurlama başlıkları için Şekil 4.16, 4.17, 4.18 ve 4.19'da gösterilen gridler oluşturulmuştur.



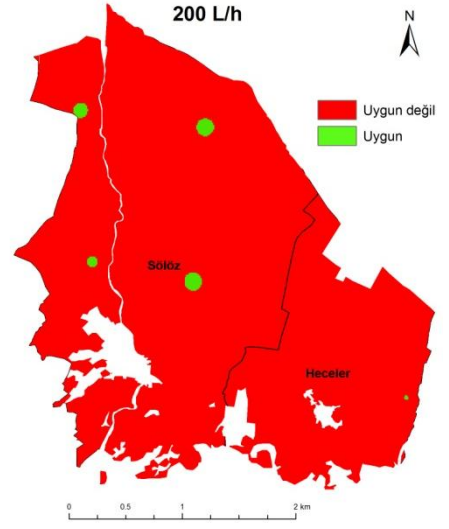
Şekil 4.16. Mini sprink sulama yöntemi için uygun alanlar (60L/h)



Şekil 4.17. Mini sprink sulama yöntemi için uygun alanlar (75L/h)



Şekil 4.18. Mini sprink sulama yöntemi için uygun alanlar (100L/h)



Şekil 4.19. Mini sprink sulama yöntemi için uygun alanlar (200L/h)

Şekil 4.16 da 60L/h debili yağmurlama başlığı kullanılarak yapılacak sulamaya uygun alanlar gösterilmektedir. Söz konusu başlığın yağmurlama hızı diğerlerine göre düşük olduğundan çalışma alanında 8253.4 da'lık bir alanda uygulanabilmektedir. 75L/h debiye sahip başlıkla yapılan sulamaya uygun alanlar (6345.1'da) ise şekil 4.17'de, 100L/h debiye sahip başlıkla yapılan sulamaya uygun alanlar (2582.5 da) şekil 4.18'de ve 200L/h debiye sahip başlıkla yapılacak sulamaya uygun olan alanlar (60.2 da) da şekil 4.19'da gösterilmiştir.

Çalışma alanının infiltrasyon değerleri genelde düşük olduğu için başlık debisi yükseldikçe uygulanabilen alanlar azalmaktadır. Küçüksayan (2010), yağmurlama sulama yöntemi için uygulamayı kısıtlayıcı etmenler toprak infiltrasyon hızının olduğunu bildirmiştir. Yağmurlama sulama yönteminin infiltrasyon hızının özellikle 3 mm/h'den küçük olan topraklar için uygun olmadığını belirtmiştir. Bu durum çalışma alanında benzerlik göstermektedir. Şekil 4.16'da en düşük debili mini sprink için uygun olmayan olarak belirlenen alanların Şekil 4.7'de verilen infiltrasyon hızı haritasında özellikle düşük infiltrasyon değerli noktalarla uyumlu oldukları görülmektedir.

Albaji ve ark (2014) İran'ın Güney Batı, Huzistan eyaletinde bulunan Hofel Ovası'nda 11533 hektarlık bir alanda bir parametrik değerlendirme sistemine dayalı farklı sulama yöntemlerinin karşılaştırılmıştır. Toprak özellikleri analiz edilip değerlendirildiğinde, uygunluk haritaları, Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yüzey, yağmurlama ve damla sulama yöntemleri için üretilmiştir. Elde edilen sonuçlar, yüzey sulama yönteminin çalışma alanının 1562.2 ha (%13.5) için şiddetle tavsiye edildiğini; çalışma alanının 5989.3 ha (%51.90) için ise yağmurlama sulama yönteminin son derece verimli ve uygun olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş olup, basınçlı sulama yöntemleri saptanan uygun alanların büyüklüğü yüzey sulama yöntemlerine göre saptanan alanlardan daha büyük olduğu saptanmıştır.

Tüm sulama yöntemleri incelendiğinde Basınçlı sulama yöntemlerinden damla için uygun alan en yüksek 8 L/h'lik debili damlatıcılar ile 9027.9 da (% 99.30), mini sprink yöntemi için 60 L/h'lik başlıkları ile 8253.4 da (% 90.78) alan sulamaya uygun bulunmuştur. Yüzey sulama yöntemlerinde en fazla sulama alanı Karık sulama yöntemi ile 1762.2 da (%19.38) olduğu görülmektedir. Toprak özellikleri dikkate alınarak, basınçlı ve yüzey sulama yöntemleri karşılaştırıldığında yüzey sulama yöntemlerinin kullanılması durumunda, basınçlı sulama yöntemlerine göre uygun bulunan alanın sadece 1/5'i kadar bir alanda kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir.

Benzer olarak Michelakis (2000)'de Zeytin ağaçları için en yaygın olarak kullanılan sulama yöntemleri, su tasarrufu sağlamaları, eğimli ve düzgün olmayan arazilerde kullanılabilmeleri, sulamada insan gücü ihtiyacını azaltmaları nedeniyle mikro-sulama yöntemleridir. Bu yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılanları, damlatıcılar, mini sprinkler olduğunu ifade etmiştir.

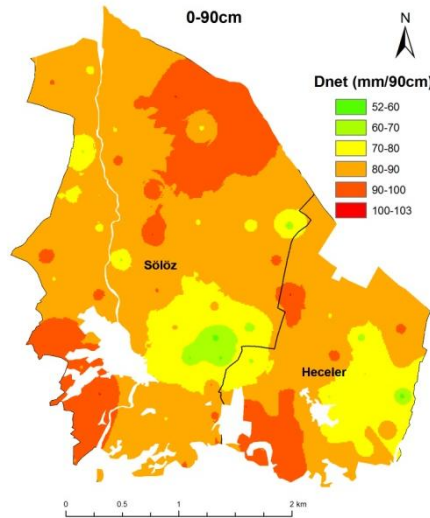


#### 4.6. Arazi Bilgi Sistemine İlişkin Sonuçlar

Çalışma alanında gerek hesaplamalarda kullanılan temel veriler ile gerekse çalışma sırasında üretilen veriler bir bilgi sistemi dahilinde bir araya getirilmiştir. Ayrıca, sulama sahasında projeci ve işletmecilere örnek olması adına çalışma alanına ait Zeytin ağaçları için net sulama suyu ve aylık bazda sulama aralıkları dahil edilmiştir.

##### 4.6.1. Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarına ilişkin sonuçlar

ArcGIS programında raster calculator modülü ile 0-90 cm toprak katmanı için oluşturulan net sulama suyu tematik haritasında hazırlanmıştır (Şekil 4.20). Şekil 4.20'den izlenebileceği gibi çalışma alanda Zeytin ağaçları için hazırlanmış net sulama suyunun genel olarak 80 mm ile 90 mm arasında değiştiği görülmektedir. Çalışma alanının muhtelif yerlerinde çok az miktarda bulunan alanlarda ise net sulama suyu miktarı 52-60 mm ve 100-103 mm arasındadır.



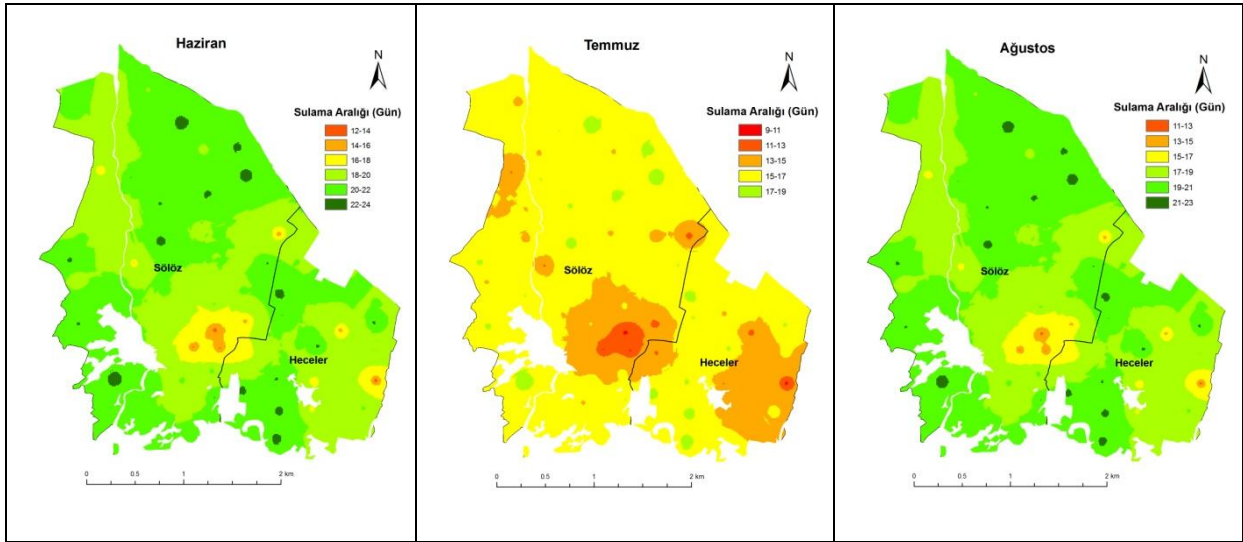
Şekil 4.20. Şekil 4.20. Net sulama suyu ihtiyacı (0-90cm)

Perez ve ark. (2004) İspanya'da yaptıkları çalışmada, geleneksel yağışlı bölgede yetiştirilen Zeytin ağaçları ile yaptıkları çalışmada, toplam sulama suyu miktarının 2001 ve 2002 yılları için sırasıyla 160 ve 146 mm olarak saptamışlar. Yağışlı bölgelerde saptanan Zeytin ağaçları için sulama suyu ihtiyacının kurak bölgelere göre daha düşük olduğu bildirilmiştir.

#### 4.6.2. Sulama aralığına ilişkin sonuçlar

Sulama aralığının saptamasında, Şekil 4.20’de hesaplanan her sulamada uygulanacak net sulama suyu gridi ile her aya ilişkin DSİ tarafından hesaplanmış günlük Bitki Su Tüketimi (ET) değerleri kullanılmıştır. Şekil 4.21’de oluşturulan sulama aralığı tematik haritaları incelendiğinde zeytin bitkisinde sulama aralığı lokasyonlara göre değişiklik göstermekle birlikte en az Temmuz ayında ve en fazla da Haziran ayında olduğu belirlenmiştir.

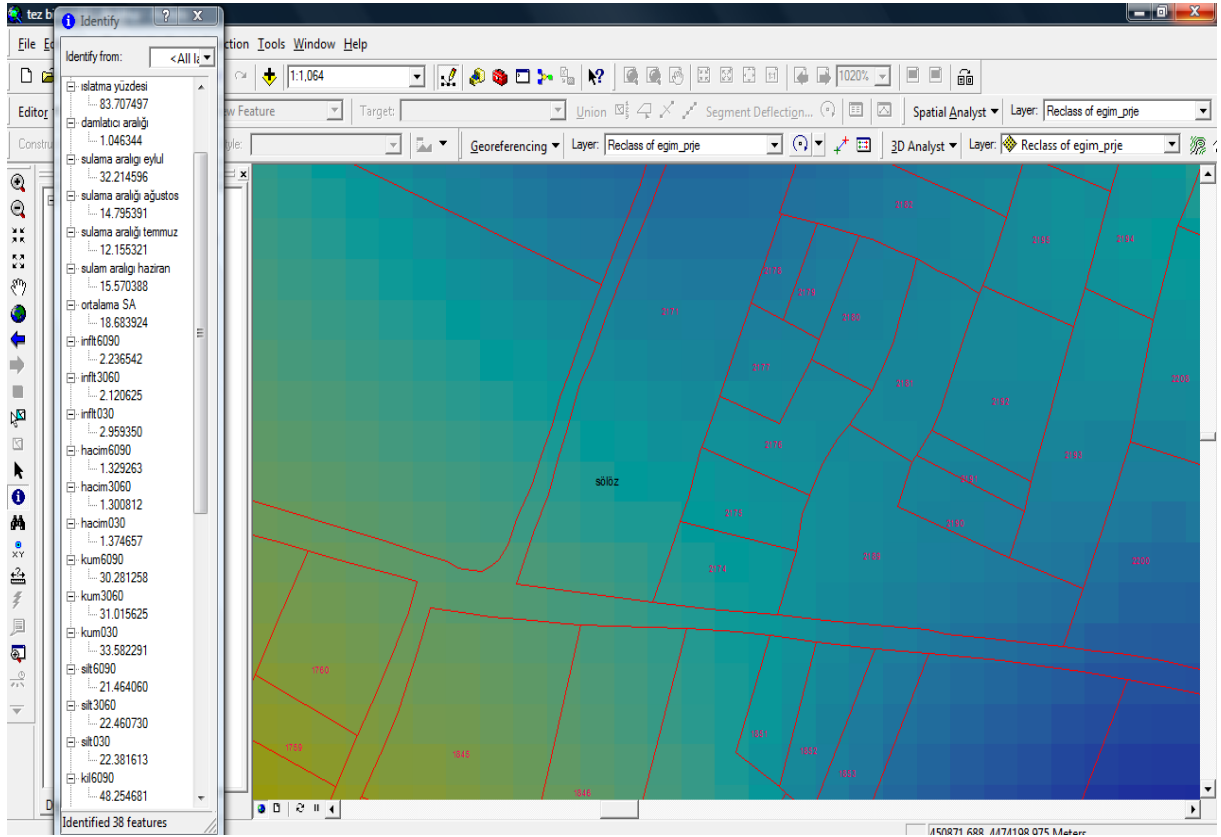
Omay (1993), çalışmasında zeytinin sulama suyu gereksinimini belirlerken BlaneyCriddle yönteminin FAO uygulamasını kullanmıştır. Bu amaçla önce yöntemin uygulanabilmesi için gerekli olan toprakların kullanılabilir su tutma kapasitesini ve zeytinin bitki su tüketimini hesaplamıştır. Çalışmasında zeytinin sulama suyu gereksiniminin Haziran ayında başladığını ve Ekim ayı sonuna kadar devam ettiğini belirtmiştir. Özkara ve Özyılmaz (1989), İzmir-Kemalpaşa koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, zeytin ağaçlarının mevsimlik su tüketimi 616.2 mm olarak belirlemişlerdir.



Şekil 4.21. Çalışma alanının aylara göre sulama aralığı

Çalışma alanının her bir noktasında elde edilen sulama yöntemleri için uygun alanlar, her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, sulama aralığı ve hesaplamalarda kullanılan bünye, KSTK, infiltrasyon hızı ve eğim haritaları kadaströ parsel verileri ile karşılaştırılarak oluşturulan tematik haritalar hem proje tasarımcılarına hem de üreticilerin

(çiftçilerin) kullanımına sunulmuştur. Sorgulama ekranı ile herhangi bir parsele ait verilerin kişisel boyutta sorgulanması sağlanmıştır (Şekil 4.22).



**Şekil 4.22.** ArcGIS programında oluşturulan tüm verilerin parsel bazında sorgulanması

Sorgulama ekranı ile herhangi bir parsele ait verilerin kişisel boyutta sorgulanması sağlanmıştır. Böylece bölgede hizmet eden tarım personelleri araştırma alanı içerisinde yer alan herhangi bir parselle ilgili olarak çiftçilere toprakları hakkında farklı bilgiler verebileceklerdir. Aynı zamanda sulama yapmakta olan ya da yapmayı planlayan çiftçilere parsellerinin özelliklerine göre uygun sulama yöntemi, her sulamada uygulamaları gerekli sulama suyu miktarı ve aylara göre yaklaşık sulama aralıkları gibi konularda bilgilendirme yapabileceklerdir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Bursa ili Orhangazi ilçesinde yer alan Zeytin bahçeleri infiltrasyon, KSTK, bünye ve eğim gibi özellikleri CBS ortamında incelenmiştir. Bu veriler ışığında bölgede kullanılan yüzey sulama yöntemlerinden Salma, Uzun Tava ve Karık sulama yöntemleri ile basınçlı sulama yöntemlerinden damla ve mini sprink yöntemleri için uygun alanlar belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma sırasında, bir arazi bilgi sistemi oluşturularak tüm bu verilerin bir arada yer aldığı arazi bilgi sistemi oluşturulmuştur.

Çalışma ile toprak özelliklerine bağlı olarak yüzey sulama yöntemleri için uygun alanlar belirlenmiştir. (Çizelge 5.1)

**Çizelge 5.1.** Yüzey sulama yöntemleri için saptanan uygun alan miktarları

Sulama Yöntemleri	Uygun alan		Uygun olmayan alan	
	(da)	(%)	(da)	(%)
Salma	504.2	%5.5	8588	%94.5
Uzun tava	1175.2	%12.9	7917	%87.1
Karık	1762.2	%19.4	7330	%80.6

Çalışma sonucunda sulama yöntemlerini kısıtlayan bilgiler dahilinde, çalışma alanında 504.2 (%5.54) da salma sulama, 1762.2 (%19.38) da karık sulama, 1175.2 (%12.92) da tava sulama yöntemine uygun alanlar belirlenmiştir. Deneme alanında sulamaya en uygun yöntem olarak Karık sulama yöntemi belirlenmiştir. Yüzey sulama yöntemleri için uygun alanların belirlenmesinde arazinin eğimi büyük rol almıştır. Eğimli arazilere daha iyi adapte olabilen karık sulama yöntemi ile arazinin 5'te biri kadar bir kısmı sulanabilir olarak saptamıştır.

Son yıllarda basınçlı sulama yöntemlerine yönelik ciddi teşvikler uygulanmaya başlanmıştır. Çalışma alanında her ne kadar yüzey sulama yöntemleri için uygun alanlar belirlense de basınçlı sulama yöntemlerine tercih edilmesi mevcut kısıtlı su kaynaklarımızın korunması yardımcı olacaktır.

Yağmurlama ve damla sulama yöntemine uygun alanlar damlatıcı debisi ve başlık debisine göre belirlenmiştir (Çizelge 5.2).

**Çizelge 5.2.** Basınçlı sulama yöntemleri için saptanan uygun alan miktarları

Sulama Yöntemi	Damla sulama yöntemi							
	2		4		6		8	
Damlaticı Debisi (L/h)	2		4		6		8	
Birim	(da)	(%)	(da)	(%)	(da)	(%)	(da)	(%)
Uygun Alan	60.8	%0.7	5944.8	%65.4	8508.9	93.6	9027.4	%99.3
Uygun Olmayan Alan	9031.4	%99.3	3147.4	%34.6	838.6	%9.2	64.8	%0.7
Sulama Yöntemi	Mini sprink sulama yöntemi							
	60		75		100		200	
Başlık Debisi (L/h)	60		75		100		200	
Birim	(da)	(%)	(da)	(%)	(da)	(%)	(da)	(%)
Uygun Alan	8253.4	%90.8	6345.1	%69.8	2582.5	%28.4	60.2	%0.7
Uygun Olmayan Alan	838.8	%9.2	2747.1	%30.2	6509.7	%71.6	9032.0	%99.3

Damla sula yöntemi için en büyük kısıt ıslatma alanı olduğu görülmektedir. Bu yüzden düşük debili 2L/h'lik başlıklar araştırma alanında yeterli ıslatma çapına ulaşamadığı için uygun bulunmamışlardır.

Bir başka basınçlı sulama yöntemi olan mini sprinkler için uygun alanlarında belirlenmesinde ise temel faktör toprak infiltrasyon hızı olduğu belirlenmiştir. Çizelge 5.2'den izlenebileceği gibi başlık debileri arttıkça düşük infiltrasyon değerine sahip araştırma alanında uygun alan miktarı azalmıştır. Genel olarak basınçlı sulama yöntemleri ile daha geniş alanların sulanmaya elverişli olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda çıkan veriler (%kil, %silt, %kum, hacim ağırlığı ve infiltrasyon hızı) ve bu veriler kullanılarak elde edilen diğer veriler (Eğim, sulama yöntemi, sulama aralığı, net sulama suyu miktarı) ArcGIS ortamında SQL ve programa özel "Info" ara yüzü ile sorgulanmaya müsait hale getirilerek çalışma alanına özel arazi bilgileri oluşturulmuştur.

Böylece çalışma alanında kullanılan mevcut sulama yöntemlerine hizmet edecek veriler elde edilmiştir. Bunun yanında çalışma alanında kurulacak yeni sulama sistemleri için

de çok önemli veriler projeci ve işletmecinin kullanımına sunulmuştur. Sunulan veriler doğrultusunda çiftçilerin sulama uygulamalarını daha etkin yapabilmeleri için çok değerli bilgiler sunulmuştur. Bu veriler doğrultusunda yapılacak sulama ile;

- Toprağa, topoğrafyaya uygun bir sulama yöntemi belirlendiğinden suyu en etkili şekilde toprağa bitki kök bölgesine verilerek üretimin artışına,
- Sulama suyu hesaplanan miktarda verilerek gereğinden fazla su kullanımının önüne geçerek su kaynaklarının aşırı baskı altında tutulmasını engellenmesine,
- Zamanında yeteri kadar kullanılan su ve uygun yöntemle bitkilere verileceğinden bitki ortamında gereksiz nem olmayacağından hastalık ve zararlıların azalmalarına neden olacaktır. Böylece, kullanılan pestisitlerde azalmalar olacak sonuçta hem çiftçilerin bütçesi hem de insan sağlığı daha fazla korunacak,
- İnfiltrasyon değerlerine bakılarak uygun yöntemin seçilmesi ile yüzey akışları azalacağından verimli toprağın erozyon ile taşımının önüne geçerek toprakların korunmasına ve
- Aşırı su kullanımından kaynaklı toprak tuzlanması ve taban suyu yükselmesi gibi sorunları azalmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Böylece artan nüfusun yegâne beslenme materyali olan tarım topraklarının verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına önemli bir katkı sağlanmıştır. Bunun bu tür çalışmaların daha geniş alanlara yayılarak tarımı etkileyen birçok verinin sayısal ortamda saklanması bu verilerin gerekli görüldüğünde analizleri yapılarak bir çok tarımsal projeye bilgi sağlayabilmektedir.

Bu çalışma bir örnek çalışma olup, bu çalışma dikkate alınarak ileride daha büyük alanlara daha fazla parametre kullanılarak araştırmaların yapılması önerilmektedir. Bu tür çalışmalardan elde edilecek sonuçların havza bazında su, toprak ve bitkilerin korunmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

## 6.KAYNAKLAR

- Albaji M. Golabi M. Piroozfar V.R. Egdernejad A. Zadeh F.N. (2014). Evaluation of Agricultural Land Resources for Irrigation in the Ramhormoz Plain by using GIS. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 79 (2014) No. 2 (93-102)
- Abaji M. Boroomand N. S. Golabi M. Sorkheh N. M. Ahmadee M. (2014). Application Possibilities of Different Irrigation Methods in Hofel Plain. *YYÜ J Agr Scı C* Page 13-23
- Akbaş F. Ünlükara A. Kurunç A. İpek U. Yıldız H. (2008). Tokat- Kazova'da Taban Suyu Gözlemlerinin CBS Yöntemleriyle Yapılması ve Yorumlanması. *Sulama ve Tuzlanma Konferansı*, 12-13 Haziran 2008, Sanlıurfa.
- Akbulak C. (2009). İznik Havzası'nın Beşeri ve İktisadi Coğrafya Açısından İncelenmesi. Ankara
- Akça H. Esengun K. (2003). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tarım Ekonomisi Alanında Kullanım Olanakları. *Tarım Kredi Kooperatifi (TKK) Ekin Dergisi*, 25s, Tokat. Anonim, 2003a. Türkiye
- Aldemir D. (1991). Damla Yöntemiyle Sulanan Biber Bitkisinin A Sınıfı Buharlaşma Kaplarından Yararlanılarak Sulama Zamanının Planlanması. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi. Ankara
- Allen R.G. Pereira L.S. Raes D. Smith M. (2006). *Crop Evapotranspiration*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, 174 p.
- Alsancak B. (2005). Gediz Havzası'nda İklim İsteklerine Göre Farklı Üzüm Çeşitlerinin Yetiştirilebileceği Alanların Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), Ankara
- Anaç S. Tuzel İ.H. Ul M.A. (1993). *Sulama Yöntemleri ve Yeni Gelişmeler*. Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi. Teknik Bülten:14, İzmir. 5s.

- Anderson S. (2003). An Evaluation of Spatial Interpolation Methods on Air Temperature in Phoenix, AZ. Department of Geography, Arizona State University, U.S.A.
- Apan M. (1981). Sulama Sistemlerinin Seçiminde Dikkate Alınması Gereken Temel Etmenler. Cilt 12, sayı 2-3, 193-207
- Aronoff Stan. (1991). Geographic Information Systems: A Management Perspective. 2nd edition. WDL Publications. 0-921804-00-8
- Arslan H. Güler M. Cemek B. Demir Y. (2007). Bafra Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(2):219-226
- Başel E.D.K. Çakın K. Satman A. (2008). Türkiye'nin Yeraltı Sıcaklık Haritası Ve Tahmini Isı İçeriği. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 10, İstanbul.
- Bazzani F. Incerti F. (2002). Land Evaluation in the Province of Larache, Morocco. 22nd Course Professional Master. Geometric and Natural Resources Evaluation. 12 Nov 2001-21 June 2002. IAO, Florence, Italy. [http://www.iao.florence.it/training/geomatics/Larache/Morocco\\_22.pdf](http://www.iao.florence.it/training/geomatics/Larache/Morocco_22.pdf).
- Benami A. ve Diskin M. H. (1965). Design Of Sprinkler Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agriculture Engineering Inst. Israel, 23s.
- Bienvenue J.S. Ngardeta M. Mamadou K. (2003). Land Evaluation in the Province of Thies, Senegal. 23rd Course Professional Master. Geometric and Natural Resources Evaluation. 8th Nov 2002-20 June 2003. IAO, Florence, Italy. <http://www.iao.florence.it/training/geomatics/Thies/senegal23.pdf>.
- Blauth D..A. Ducati J.R. (2010). A Web-Based System For Vineyards Management, relating inventory data, vectors and images. Computers and Electronics in Agriculture 71: 182-188.
- Briza Y. Dileonardo F. Spisni A. (2001). Land Evaluation in the Province of Ben Slimane, Morocco. 21 st Course Professional Master. Remote Sensing and Natural Resource Evaluation .10 Nov 2000 - 22 June 2001. IAO, Florence, Italy. <http://www.iao.florence.it/training/geomatics/BenSlimane/Marocco21.pdf>.



- Bouyoucos G.J. (1951). A Recalibration Of The Hydrometer Metod For Making Mechanical Analyses Of Soils. *Agron. J.* 43: 434-438.
- Brouwer C. Heibloem M. (1986). *Irrigation Water Management, Training Manuals - 3.* Rome, Italy: Food and Agriculture Organization.
- Burrough P. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*, Oxford University Press, 2. Ed.
- Carruthers I. Rosegrant M.W. Seckler D. (1997). *Irrigation and Drainage Systems* 11: 83. doi:10.1023/A:1005751232728
- Cemek B. Güler M. Arslan H. (2005). Bafra Ovası Sağ Sahil Sulama Alanındaki Tuzluluk Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)Kullanılarak Belirlenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 37 (1), 63-72, 2006 ISSN 1300-9036
- Christen E. Ayars J. Hornbuckle J. Hickey M. (2006). *Technology And Practice For İrrigation İn Vegetables.* ISBN 978 0 7347 1885 3. 59 p.
- Çay T. Nas B. Berktaş A. İşcan F. (2007). Katı Atık Deponi Alanlarının Yer Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Uygulaması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon
- Çetin M. Diker K. (2003). *Assesing Drainage Problem Areas By GIS: A case study in the eastern mediterranean region of Turkey.* *Irrig. and Drain.* 52: 343-353
- Çetin Ö. Uygan D. Boyacı H. (2006). *Damla Sulama Yönteminde Farklı Lateral Aralıkları ve İslatma Alanı Yüzdelerinin Domateste Verim ve Su Kullanımı Randımanına Etkisi.* Proje no: KHGM-03220E01. Eskişehir.
- Dale P. F. (1991). *Land İnformation Systems.* In Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds) *Geographical information systems: principles and applications.* Harlow, Longman/New York, John Wiley & Sons Inc. Vol. 2: 85–99
- Delibas L. (1991). *A New Technique To Measurement İnfiltration.* *Technical Bulletin of Turkish State Hydraulic Works* 74, pp: 51-56.

- Demirel Ç. Demir V. (2013). Türkiyede Yaygın Olarak Kullanılan Farklı Mini Yağmurlama Sulama Başlıklarının Teknik Özellikleri Ve Yapım Farklılıkları. Tarım Makinaları Bilmi Dergisi. 9 (1), 43-51s.
- Dinç A. O. (2008). Development of Soil Information System for the Turkish Republic of Northern Cyprus. Tekirdag Ziraat Fakültesi Dergisi. 5(1); 53-60.
- Diodato N. Ceccarelli M. (2005). Interpolation Processes Using Multivariate Geostatistics For Mapping Of Climatological Precipitation Mean In The Sannio Mountains (Southern Italy). Earth Surface Processes and Landforms, 259–268.
- Doğan H.M. Yılmaz D.S. Kılıç O.M. (2013). Orta Kelkit Havzası'nın Bazı Toprak Özelliklerinin Ters Mesafe Ağırlık Yöntemi (IDW) ile Haritalanması ve Yorumlanması. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi. ISSN: 2146-8168. Sayı:6, 46-54s.
- Dizdar M.Y. (2003). Türkiye'nin Toprak Kaynakları. Teknik Yayınlar Dizisi, No. 2. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. Ankara. 136.
- DSİ (2012). Sulamanın Önemi, TARIM. DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara. Erişim adresi. <http://www.dsi.gov.tr/docs/hizmet-alanlari/tarim-sulama.pdf?sfvrsn=2>
- Dukes M.D. Zotarelli L. Liu G.D. and Simonne E.H. (1995). Principles and Practices of Irrigation Management for Vegetables. UF/ IFAS, Extension. 15 p. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- FAO (2006). Guidelines For Soil Description. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Rome. 85 p.
- FAO (2000a). Performance analysis of on-demand Pressurized Irrigation Systems. FAO and CIHEAM-IAMB. FAO Irrigation and Drainage Paper 59. 133 p.
- FAO (2000b.) Technical Handbook On Pressurized Irrigation Techniques, Food Agriculture Organization Of The United Nations. Roma, 195 s.
- FAO (1976). A Framework for Land Evaluation. Soil Bulletin No.32. FAO, Rome, Italy. 72 pp. <http://www.fao.org/docrep/x5310e/x5310e00.htm>.

- Finke P. R. Hartwich R. Dudal J. Ibanez M. Jamagne D. Kin L. Montanarella and Yassoglou N. (2003). Manuel of Procedures. Georeferenced Soil Database for Europe. European Commission Joint Resarch Centre. Italy. p 163.
- Gomez J.A. Giraldez J.V. Pastor M. Fereres E. (1999). Effects Of Tillage Method On Soil Physical Properites, İnfiltrationand Yield İn An Olive Orchard. Soil And Tillage Research 52 167-175p
- Goovaerts P. (2000). Geostatistical Approaches for Incorporating Elevation Into The Spatial Interpolation of Rainfall. Journal of Hydrology, 113-129.
- Güngör Y. Yıldırım O. (1987). Tarla Sulama Sistemleri A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:1022, Osfet Basım No:31, Ankara
- Güngör Y. Erözel Z. Yıldırım O. (2004). Sulama. Ankara Üniversitesi ziraat Fakültesi. ISBN No. 975-482-323-5. 292 s.
- Hageman J.B. Bennett D.A. (2000). Construction Of Digital Elevation Models For Archaeological Applications. In: Wescott, K., Brandon, R.J. (Eds.), Practical Applications of GIS for Archaeologists. CRC Press.
- Hanjra M. Qureshi E. (2010). Global Water Crisis And Future Food Security İn An Era Of Climate Change A International Centre Of Water For Food Security. Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW 2678, Australia
- Hart W.E. Peri G. and Skogerboe G.W.(1979). Irrigation Performance: An Evaluation. ASCE J.Irrig. Drain. Div. 105 (IR3): s275-285
- Howell T.A. Steiner J.L. (1997). Seasonal And Maximum Daily Et Of İrrigated Winter Wheat, sorghum and corn –southern high plants. *Transactions of the ASAE* Vol:40:623-634.
- IAO (2005). Land Evaluation in the Shouyang County, Shanxi Province, China. 25th Course Professional Master. 8th Nov 2004-23 Jun 2005.IAO, Florence, Italy. [http://www.iao.florence.it/training/geomatics/Shouyang/China\\_25hq.pdf](http://www.iao.florence.it/training/geomatics/Shouyang/China_25hq.pdf).
- Isaaks E.H. Srivastava R.M. (1989). An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford Uni. Press, Inc., 561, New York.

- Işık E. Darga A. (2002). Bursa ve Yöresinde Zeytin Üretiminde Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesi. Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg., 16(2): 59-69s.
- Kanber R. (2010). Tarla Sulama Sistemleri. Çukurova Üniversitesi Yayınları; 241.
- Karaata U. E.(2014). Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Arazi Bilgi Sisteminin Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa
- Keller İ. Bliesner R.D. (1990). Sprinkle And Trickle Irrigation. Chapman and Hall, 115 Fifth Avenue, New York, NY 10003.
- King D. A. Burrill J. Daroussin C. Le Bas R. Tavernier and Van Ranst E. (1995). The EU Soil Geographic Database. in: Agriculture; European land information systems for agroenvironmental monitoring. European Commission Joint Resarch Centre. Italy. pp:43-60.
- Klute A. and Dirksen C. (1986). Hydraulic Conductivity And Diffusivity; Laboratory Methods, İn Methods Of Soil Analysis. Edited By A. Klute. American Society of Agronomy. Madison. Wise, Chap, 28,pp, 200-203.
- Koçak M. (2015). Otomatik Sulama Amacıyla Bitkilerin Su İsteklerinin Algılanmasında Ve Değerlendirilmesinde Yeni Yaklaşımlar. III. Ulusal Sulama Sistemleri Sempozyumu 15-16 Ekim 2015 Ankara
- Küçüksayan C. (2010). Peyzaj Uygulamalarında Otomatik Sulamanın Önemi Ankara Kent Örneğinde Uygulanmasının İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi Bilimleri Enstitüsü. Bartın.
- Li S. Tarboton G. D. MCKee, M. (2000). GIS-Based Temperature Interpolation for Distributed Modeling of Reference Evapotranspiration. Civil and Environmental Engineering Department, Utah State University, Logan, UT, U.S.A.
- Lipsius K. (2002). Estimating Available Water Capacity From Basic Soil Physical Properties. A Comparison of Common Pedotransfer Functions. Braunschweig Technical University. 38p

- Madelin M. Beltrando G. (2005). Spatial Interpolation-Based Mapping of the Spring Frost Hazard in The Champagne Vineyards. *Meteorological Application* 12, pp 51-56, FRANCE.
- MAF (1997). Best Management Guidelines For Sustainable Irrigated Agriculture. MAF Policy Technical Paper No 00/05. ISBN 0-478-20050-1. Wellington. 61 p.
- Mbodj C. Mahjoub I. Sghaiev N. (2004). Land Evaluation in the Oud Rmel Catchment, Tunisia. 24th Course Professional Master. Geometric and Natural Resources Evaluation. 10th Nov 2003– 23 rd Jun 2004. IAO, Florence, Italy. [http://www.iao.florence.it/training/geomatics/Zaghouan/Tunisia\\_24lq.pdf](http://www.iao.florence.it/training/geomatics/Zaghouan/Tunisia_24lq.pdf).
- Michelakis N. (1990). Yield Response Of Table And Olive Oil Varieties To Different Water Uses Levels Under Drip Irrigation. *Acta Horticulturae*, 286. 271-274p
- Miras-Avalos J. M. Paz-Gonzalez A. Vidal-Vazquez E. and Sande-Fouz P. (2007). Mapping Monthly Rainfall Data in Galicia (NW Spain) Using Inverse Distances and Geostatistical Methods. *Advances in Geosciences*, 10, 51-57.
- Molden D. (2007). Water Responses To Urbanization. *Paddy and Water Environment (Special Issue Water Transfers)* 5 (4), 207–209.
- Naseri A.A. Rezaei A.R. Albaji M. (2009). Investigation of Soil Quality for Different Irrigation Systems in Lali Plain, Iran. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(3&4): 955–960.
- Omay Z. (1993). Zeytinin Sulama Suyu Gereksinimi Üzerinde bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Pérez D. Ribas F. Olmedilla J.N. (2004). Influence Of Irrigation On A Traditional Rainfed Olive Orchard (cv Cornicabra). In: Cantero-Martínez C. (ed.), Gabiña D. (ed.). *Mediterranean rainfed agriculture: Strategies for sustainability*. Zaragoza: CIHEAM, 2004. p. 85-89 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 60).

- Poshtmasari H. K., Sarvestani, Z. T. Kamkar B. Shataei S. Sadeghi S. (2012). Comparison of Interpolation Methods for Estimating pH and EC in Agricultural Fields of Golestan Province. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 4 (4), 157–167
- Sevim Z. (1988). Erzurum-Pasinler Koşullarında Şekerpancarı Sulamasında Sulama Suyu Miktarının Açık Su Yüzeyi Buharlaşmasından Yararlanılarak Saptanması. Atatürk Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü. 141 s.
- Sezen S. M. (2012). Sulama, Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonu, Su Yönetimi Bölümü, Tarsus-MERSİN
- Singh S. and Sharma R.K. (2008). Irrigation methods, Integrated water management. INew Delhi. India. 79 p.
- Sönmez N.K. Sarı M.(2004). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Esasları Ve Uygulama Alanları. BATEM, Derim, 21(1), 54-68.
- Tabios G. Q. Salas J. D. (1985). A Comparative Analysis of Techniques for Spatial Interpolation of Precipitation. *Water Resources Bulletin*, Vol. 21, No. 3, Pages 365-380 .
- Teka K. Van Rompaey A. Poesen J. (2010). Land Suitability Assessment for Different Irrigation Methods in Korir Watershed, Northern Ethiopia *JOURNAL OF THE DRYLANDS* 3(2): 214-219 p.
- Telis P. A. (2001). Estimation Of Infiltration Rates Of Saturated Soils At Selected Sites In The Caloosahatchee River Basin. US Geological Survey.Open File Report, 0-65. 16 P. Southwestern Florida
- Thornton P.E. Running S.W. and White M.A. (1997). Generating Surfaces of Daily Meteorological Variables Over Large Regions of Complex Terrain. *Journal of Hydrology*, 214-251.
- Todorovic M. Steduto, P. (2003). GIS for Irrigation Management. *Physics and Chemistry of the Earth* 28 (2003) 163–174.
- Tomlin C.D. and Berry, J.K. (1979). ‘A Mathematical Structure for Cartographic Modeling in Environmental Analysis’ *Proceedings of the Annual Meeting of the American*

Congress on Surveying and Mapping and the American Society of Photogrammetry,  
Falls Church, VA. pp. 269-283

Trout T.J. Sojka R.E. Okafor L.I. (1992). Soil Management, in: Management of Farm  
Irrigation Systems., Edited by Hoffman et al., ASAE Monograph Number 9, 1040 s.,  
Michigan, ABD.

Turoğlu H. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları. Acar Matbaacılık ve  
Yayincılık A.Ş. İstanbul

Uncles R.B. (1998). Irrigation, Best Management Practices For Agriculture in New  
Hampshire. Manual. New Hampshire. 18 p.

Üzen N. Çetin Ö. (2012). Geçmişten Günümüze Su ve Sulama Yönetimi. Journal of Life  
Sciences, Volume 1, Number 2, (2012).

Villalobos F.K. Orgaz F. Testi L. Fereres E. (2000). Measurement And Modeling Of  
Evapotranspiration Of Olive (Olea Europaea L.) Orchards. European Journal Of  
Agronomy 13 (2000) 155–163.

Walker W.R. (2003). Surface Irrigation Simulation Evaluation and Design. SIRMOD III,  
Guide and Technical Documentation. Utah. 138p.

Waskom R.M. (1994). Practices For Irrigation Management. Bulletin #XCM-173. 15p.

Webster R. Oliver M.A. (2001). Geostatistics for Environmental Scientists, 271pp.  
Chichester, John Wiley & Sons. [An introductory geostatistics text aimed at  
environmental scientists].

Yalçın Y. (1998). Aşağıtirtar Köyü Suvat mevkii topraklarının sulama yönünden incelenmesi.  
Süleyman Demirel Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü. 64 s.

Yazgan S. (2008). Sulama ve Drenaj ders notları. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü,  
Bursa.

Yıldırım O. (2005). Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Yayın No: 1542. 348s. Ankara.

- Yıldırım O. Korukçu A. (1999). Damla Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar Ve Sulama Bölümü Ders Notları (Basılmamış). Ankara.
- Yıldırım M. (2004). Damla Yöntemiyle Sulanan Erik Ağaçlarında Farklı Sulama Programlarının Ağaç Gelişmesi, Meyve Verimi Ve Kalitesi Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü(Doktora Tezi), Ankara
- Yıldırım O.(1996). Bahçe Bitkilerinin Sulanması. A.Ü. Ziraat fakültesi Yayınları , Ankara
- Yomralıoğlu T. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. İber Ofset, 2. Baskı, Trabzon.
- Yomralıoğlu T. (2002). Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, ISBN 975-97369-0-X, Seçil Ofset, İstanbul.
- Zhang X. Roman M. Sanford A. Adolf H. Lascara C. and Burgett R. (2000). Can an optical plankton counter produce reasonable estimates of zooplankton abundance and biovolume in water with high detritus?, J. Plankton Res., 22, 137 – 150.



## ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Bursa'da doğdu. İlk ve orta öğretimini Bursa'da tamamladı. 2002 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesinde lisans eğitimine başladı. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünü 2006 yılında bitiren Engin ÖZTÜRK 2008 yılı Güz döneminde Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Evli ve bir çocuk babası olan Engin ÖZTÜRK halen Orhangazi İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünde Ziraat Mühendisi olarak çalışmaktadır.