

T.C.  
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK SIKIŞMASI VE NEMİN  
ISI İLETİMİNE ETKİSİ

Kenan PİLATİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

2007-TEKİRDAĞ

T.C.  
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK SIKIŞMASI VE NEMİN ISI İLETİMİNE ETKİSİ

Kenan PİLATİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI  
PROF. DR. BİROL KAYIŞOĞLU

2007  
TEKİRDAĞ

T.C.  
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK SIKIŞMASI VE NEMİN ISI İLETİMİNE ETKİSİ

Kenan PİLATIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu tez .... / .... / 2007 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir.

.....  
Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU  
(Danışman)

.....  
Prof. Dr. Bülent EKER  
(Üye)

.....  
Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR  
(Üye)

.....  
Doç. Dr. Fatih KONUKÇU  
(Üye)

.....  
Yrd. Doç. Dr. Yılmaz BAYHAN  
(Üye)

**ÖZET****YÜKSEK LİSANS TEZİ****TOPRAK SIKIŞMASI VE NEMİN ISI İLETİMİNE ETKİSİ****NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

Bu çalışmada; toprak sıkışıklığı ve toprak neminin ısı iletkenliğine olan etkisi hem laboratuvar hem de arazi koşullarında araştırılmıştır. Laboratuvarda; %20.50, %16.60, %12.10 ve %9.0 nem düzeyinde farklı hacim ağırlığındaki toprak örnekleri kolonlara doldurulmuş 3 farklı noktadan KD2 aletiyle ölçüm alınmıştır. Araştırma sonucunda; %9.0 nem düzeyinde en düşük hacim ağırlığında ısı direnç ortalama  $11.66 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$ ; ısı iletkenliği  $0.087 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ , %20.50 nem düzeyinde en yüksek hacim ağırlığında ise sırasıyla  $1.58 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$  ve  $0.644 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  bulunmuştur. Ayrıca laboratuvarda, % 8.50, %14.20, %22.20, %32.40 ve 50.80 nem düzeyinde toprakta KD2 aletiyle kolonlarda ölçüm alınıp ısı iletim katsayısı ile ilişkilendirilmiştir. Arazide toprak sıkıştırılıp suyla doymuş hale getirildikten sonra farklı zamanlarda %9.60, %10.30, %12.50, %14.90, %16.10, %17.40, %22.60, %36.10 ve %40.40 nem düzeyinde KD2 aletiyle ölçüm alınmıştır. Deneme alanı ve laboratuvar ölçümlerinde elde edilen sonuç olumlu yönde görülmesine rağmen laboratuvar koşullarında % 8.50 nem düzeyinde, ısı direnç  $8.59 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$ , ısı iletkenliği  $0.116 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  iken, tarla koşullarında % 9.60 nem düzeyinde ısı direnç  $1.57 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$ , ısı iletkenliği  $0.637 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Tarla ve laboratuvar koşullarında alt nem değerleri yakın olmasına rağmen ısı direnç ve ısı iletkenlikleri farklılık göstermektedir. Bu durumda; arazi koşullarında hacim ağırlığının yüksek oluşuna bağlıdır. Diğer taraftan, laboratuvarda % 50.80 nem düzeyinde ısı direnç  $1.05 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$ , ısı iletkenliği  $0.952 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ , arazide ise % 40.40 nem düzeyinde, ısı direnç  $1.05 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$ , ısı iletkenliği  $0.957 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  olarak ölçülmüş değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlardan anlaşıldığı gibi hem topraktaki nemin hem de hacim ağırlığının ısı iletimine olumlu yönde etkisi bulunmaktadır.

2007-33 Sayfa

Anahtar Kelime: Hacim Ağırlığı, Toprak Nemi, Toprak Sıkışması, Isı İletimi, KD2 Probu

**SUMMARY**  
**MASTER OF SCIENCE THESIS**

**EFFECTS OF SOIL COMPACTION AND MOISTURE CONTENT ON ITS  
THERMAL CONDUCTIVITY**

**NAMIK KEMAL UNIVERSITY**  
**THE INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**  
**AGRICULTURAL MACHINERY MAINSCIENCE DIVISION**

In this research; effects of compaction and moisture content of soil on the thermal conductivity were investigated either in laboratory or in field conditions. In the laboratory experiments, soil samples that were prepared with different moisture content namely 20.50, 16.60, 12.10, and 9.0 % and bulk density were filled to tubes and thermal conductivity values were determined from 3 different points of tubes by using KD2 measurement device. According to results, mean thermal resistance and thermal conductivity for sample that has minimum moisture content namely 9 % was found as  $11.66 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$  and  $0.087 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ , respectively. Mean thermal resistance and thermal conductivity for sample that has maximum moisture content namely 20.50% was found as  $1.58 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$  and  $0.644 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ , respectively. In addition to this measurement, thermal conductivities of samples that have 8.50, 14.20, 22.20, 32.40 and 50.80% moisture content values were measured by KD2 device and related each other in laboratory experiments. In the field experiments, soil samples were compacted and saturated by using water and conductivity measurements for these samples were performed at different times and different moisture content values namely 9.60, 10.30, 12.50, 14.90, 16.10, 17.40, 22.60, 36.10 and 40.40% by the KD2. Although results obtained from laboratory and field conditions were considered as positive, thermal resistance and thermal conductivity values for 8.50% moisture content in laboratory condition were measured as  $8.59 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$  and  $0.116 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  while these values for 9.60% moisture content were determined as  $1.57 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$ , and  $0.637 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  in field conditions. As seen in these results, even moisture contents are very near each other, thermal conductivity and thermal resistance values were found very different. This can be result of high bulk density of sample that was taken from field. On the other hand, for the high moisture content values these thermal values were found very near. For example, thermal resistance and thermal conductivity values for 50.5% moisture content were determined as  $1.05 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$  and  $0.96 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  in laboratory condition, while these values for 40.4 % moisture content were measured as  $1.05 \text{ m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$  and  $0.957 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  for field condition.

According to these results, it can be concluded that either soil moisture content or bulk density have positive effects on the thermal conductivity.

2007-33 Pages

**Keywords:** Bulk Density, Soil Moisture, Soil Compaction, Thermal Conductivity ,  
KD2 Probe

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa No</b>
ÖZET.....	iv
SUMMARY .....	v
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	9
3.1. Materyal .....	9
3.1.1. Araştırmada Kullanılan Toprağın Özellikleri.....	9
3.1.2. Isı İletkenlik Katsayısını Ölçen KD2 Marka Ölçüm Cihazı .....	10
3.1.2.1. KD2 Ölçüm Cihazının Çalışma İlkesi .....	11
3.1.3. Deney Kapları .....	12
3.1.4. Araştırmada Kullanılan Diğer Alet ve Cihazlar.....	12
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Tekstür Tayini.....	12
3.2.2. Hacim Ağırlığının Saptanması.....	13
3.2.3. Nem Oranlarının Saptanması .....	13
3.2.4. Toprak Reaksiyonu (pH) .....	14
3.2.5. Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) Tayini .....	14
3.2.6. Organik Madde Tayini.....	15
3.2.7. Ölçüm Yöntemleri .....	15
3.2.8. İstatistiksel Yöntemler .....	16
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....	17
4.1. Farklı Hacim Ağırlıklarında, % 20.50 (P <sub>w</sub> ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayı Değerleri.....	17
4.2. Farklı Hacim Ağırlıklarında, %16.60 (P <sub>w</sub> ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayı Değerleri .....	18
4.3. Farklı Hacim Ağırlıklarında, %12.10 (P <sub>w</sub> ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayı Değerleri.....	20

4.4. Farklı Hacim Ağırlıklarında, %9.0 ( $P_w$ ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayı Değerleri .....	21
4.5. Nem İçerikleri Farklı Deneme Toprağının Hacim Ağırlığı ve Isı İletim Katsayısının Grafikselleştirilmesi.....	23
4.6. Laboratuvar Koşullarında Toprak Nemi ile Isı İletim Katsayısı Arasındaki İlişki .....	23
4.7. Tarla Koşullarında Toprak Nemi ile Isı İletim Katsayısı Arasındaki İlişki .....	25
4.8. Laboratuvar ve Tarla Koşullarında Toprak Nemi ile Isı İletim Katsayısı Arasındaki İlişkinin Grafikselleştirilmesi .....	26
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	27
KAYNAKLAR .....	28
TEŞEKKÜR .....	32
ÖZGEÇMİŞ .....	33

**ÇİZELGE DİZİNİ**

		<b>Sayfa No</b>
Çizelge 3.1.	Deneme Alanı Toprağının Parçacık Boyutları, pH, CaCO <sub>3</sub> ve Organik Madde İçeriği .....	9
Çizelge 3.2.	Ölçüm Kaplarının Boyutları .....	12
Çizelge 4.1.	Farklı Hacim Ağırlıklarında, % 20.50 (P <sub>w</sub> ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayıları .....	17
Çizelge 4.2.	Farklı Hacim Ağırlıklarında, %16.60 (P <sub>w</sub> ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayıları .....	19
Çizelge 4.3.	Farklı Hacim Ağırlıklarında, %12.10 (P <sub>w</sub> ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayıları .....	20
Çizelge 4.4.	Farklı Hacim Ağırlıklarında, %9.0 (P <sub>w</sub> ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayıları .....	22
Çizelge 4.5.	Laboratuar Koşullarında Toprak Nemine Bağlı Olarak Hesaplanan Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayıları .....	24
Çizelge 4.6.	Tarla Koşullarında Toprak Nemine Bağlı Olarak Hesaplanan Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayıları .....	25



## ŞEKİL DİZİNİ

		<b>Sayfa No</b>
Şekil 3.1.	KD2 Marka Isı İletkenlik Ölçüm Cihazı .....	11
Şekil 3.2.	Deney Düzenneği .....	15
Şekil 4.1.	Farklı Hacim Ağırlıklarında, % 20.50 ( $P_w$ ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayıları Arasındaki İlişki.....	18
Şekil 4.2.	Farklı Hacim Ağırlıklarında, %16.60 ( $P_w$ ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayıları Arasındaki İlişki.....	19
Şekil 4.3.	Farklı Hacim Ağırlıklarında, %12.10 ( $P_w$ ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayıları Arasındaki İlişki.....	21
Şekil 4.4.	Farklı Hacim Ağırlıklarında, %9.0 ( $P_w$ ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayıları Arasındaki İlişki .....	22
Şekil 4.5.	Nem İçerikleri Farklı Deneme Toprağının Hacim Ağırlığı ve Isı İletim Katsayısının Grafikselleştirilmesi.....	23
Şekil 4.6.	Laboratuar Koşullarında Toprak Nemi İle Isı İletim Katsayısı Arasındaki İlişki .....	24
Şekil 4.7.	Tarla Koşullarında Toprak Nemi İle Isı İletim Katsayısı Arasındaki İlişki .....	25
Şekil 4.8.	Laboratuar ve Tarla Koşullarında Toprak Nemi İle Isı İletim Katsayısı Arasındaki İlişkinin Grafikselleştirilmesi .....	26

**SİMGE DİZİNİ**

$k$	Isı iletkenliği (W/m.°C)
$r$	Isıl direnç (m.°C/W)
$\rho_b$	Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )
$P_w$	Gravimetrik su içeriği (g/g)
$q_h$	Isı akı yoğunluğu (Birim zamanda birim kesit alandan iletilen ısı miktarı (W.m <sup>2</sup> ))
$T$	Sıcaklık (°C)
$x$	İletim mesafesi (m)
$N$	Tanecik tiplerinin sayısı
$\Sigma$	Toplam
$x_i$	Tanelerin hacim fraksiyonları
$i$	Toprağı oluşturan taneciklerin tek tek ısı iletkenlikleri
$t_i$	Ortam ile tek tek tanecikler arasındaki ortalama sıcaklık eğilimi

## 1. GİRİŞ

Bir maddenin ısı iletkenliği o maddenin molekülleri arasında meydana gelen ısı alışverişinin aktivite derecesi olup, moleküler iletkenlik diye de adlandırılır. Gözenekli bir ortamda bir noktadan belirli uzaklığa hareket eden ısının miktarı, ortamın ısıyı iletme hızına bağlıdır. Bir ortamın ısıyı iletme oranı ısı iletkenliği ( $k$ ) olarak adlandırılmakta ve bir materyalin, birbirinden  $1^{\circ}\text{C}$  farklı sıcaklığa sahip olan ve aralarında 1 m uzaklık bulunan iki noktası arasında 1 saniye içinde ilettiği ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır (Kirkham ve Powers, 1972).

$$k = -q_h \frac{dx}{dT} \quad (\text{Fourier Yasası})$$

Burada;

Isı iletkenliği,  $k$  ( $\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$ ) ; ısı akı yoğunluğu,  $q_h$  (Birim zamanda birim kesit alandan iletilen ısı miktarı  $\text{W}\cdot\text{m}^2$ ); Sıcaklık  $T$ , ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve İletim mesafesi  $x$ , (m)'dir.

Toprağın ısı iletkenliği toprağı oluşturan katı, sıvı ve gaz fazlarının miktarları ile yakından ilişkili bulunmaktadır. Bunlar arasında katı faz en yüksek iletkenliğe sahiptir. Daha sonra sırasıyla sıvı ve gaz fazları gelmektedir. Bir toprağın hacim ağırlığı artıkça diğer etmenler aynı kalmak koşuluyla ısı iletkenliği artar. Çünkü hacim ağırlığı artıkça toprağın boşluk oranı, buna bağlı olarak hava miktarı azalmakta ve katı taneler birbirine daha sıkı bir şekilde temas etmektedirler. Boşlukların suyla dolu olması hava ile dolu olmasına kıyasla daha fazla ısı iletiminin olmasını sağlamaktadır. Suyun ısı iletkenliği havaninkine kıyasla yaklaşık 25 kez daha iyidir. Bu nedenle toprakta su içeriği artıkça, hava içeriğinin azalmasına bağlı olarak ısı geçişi artmaktadır. Diğer etmenler aynı olduğunda nemli bir toprak ısıyı kuru toprağa kıyasla 10 kez daha hızlı iletmektedir (Kolyasev ve Gupalo, 1958).

Su, toprağın ısı iletim kapasitesini artırmakla birlikte, özgül ısının yüksekliği nedeniyle, toprak sıcaklığını yükselmesi için gerekli ısı miktarını da artırmaktadır.

Toprağın ısı özelliklerinin bilinmesi mühendislik, agronomi, bilimsel tarım ve toprak bilimi gibi birçok alanda gereklidir. Son zamanlarda bu özelliklerin teknik olarak ölçülmesine yönelik önemli çalışmalar yapılmaktadır. Tohumların çıkış ve çimlenmesi, dikim şartlarının sağlanması mikroklimanın etkisi altındadır. Mikroklima ise toprağın ısı özelliklerinden önemli derecede etkilenmektedir (Gruham ve Lal, 1985).

Tarımsal ekosistemlerde (Agroekosistem) su, ışık, sıcaklık ve karbondioksit bitkisel verimi etkileyen en önemli çevresel faktörlerdir. Doğadaki bütün fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler sıcaklık tarafından etkilenmektedir. Su, karbondioksit ve ışık, fotosentez olayının (madde üretiminin) temel öğeleridir. Dolayısıyla, Türkiye gibi, kurak ve yarı kurak iklimin egemen olduğu ülkeler açısından tarımsal amaçlarla suyun idaresi ve etkin kullanımı, vazgeçilmez bir tarımsal stratejidir. Ancak bitkisel gelişim üzerinde yukarıda açıklandığı gibi, önemli işlemlere sahip bütün madde ve enerji unsurlarının etki düzeylerinin değişik toprak, iklim koşullarında ve çok sayıda bitki tür ve çeşitleri üzerinde deneysel çalışmalarla ortaya konması, hem çok zaman almakta, hem de pahalı alet ve ekipmanların varlığını gerektirmektedir. Bazen de teknik ve ekonomik açıdan imkansız hale gelmektedir. Bu nedenle, bütün bilim alanlarında olduğu gibi, tarım alanında da matematiksel modelleme simulasyon teknikleri ile aslında karmaşık olan ve devamlılık gösteren "Toprak-Bitki-Atmosfer" sisteminde, temel ve uygulamalı araştırma sonuçlarına dayanılarak, çeşitli bilgiler türetilebilir. Tarımda bunun en tipik uygulanma alanlarından birisi, madde ve enerji bütçesine dayalı bitki gelişim modellerinin oluşturulmasıdır. Bitki gelişiminin matematiksel yaklaşımlarla tanımlanması ise ürün tahmininden, çeşitli tarım girdilerinin (gübre ve tarımsal ilaçların) çevreye etkilerinin ve hatta ekonomisinin saptanmasına kadar değişik amaçlara ulaşmada yeni ufuklar yaratabilir (Çelebi, 2001).

Bu çerçevede Agroekosistem'deki çevre faktörlerinden biri olan toprak sıcaklığı ve ona bağımlı proseslerin modelleme ortamında iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu durumu daha iyi araştırmak için toprak sıcaklığı, ısı iletkenliği, hacim ağırlığı ve nem gibi çeşitli fiziksel parametrelerin birbirlerini nasıl etkilediklerinin üzerinde durmakta fayda vardır. Bilindiği üzere, düşük toprak sıcaklığında organik maddenin

mineralizasyonu yavaşlayacağı için özellikle azot, fosfor ve kükürdün bitkiye yararı azalır. Aynı durumda bitki kök gelişimi ve kökün su iletim özelliği de düşmekte ve besin maddelerinin absorpsiyonu da azalmaktadır. Yıl içinde toprak sıcaklığındaki değişimler ve toprakta ısı iletimi bitki gelişimini etkileyen çok önemli etkidir. Ayrıca toprakların termal özellikleri, yalnız toprak sıcaklığını değil bitki çevresini de önemli derecede etkiler. Isı iletkenliğin iyi olması toprak sıcaklığının artmasını sağlayacak buna bağlı olarak, bitki köklerinin su iletim katsayısı artacaktır. Bu durumların izlenilmesi ve modellenmesi, temel bitki gelişim modelleri için önem taşımaktadır.

Bu araştırmanın amacı; Trakya Bölgesinin tarım arazilerinin büyük çoğunluğunu temsil eden vertisol toprağının hacim ağırlığı (sıkışıklığı) ve nem oranına bağlı olarak ısı iletim katsayısının tespit etmektir.

Bu amaçla bir dizi laboratuvar ve arazi çalışması yürütülmüştür.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Toprağın ısı iletkenliği ve diffüzyonunun genellikle toprak yapısı ve bünyesinden etkilendiği, ısı iletkenliğinin ise hacim ağırlığı ve nemle artış gösterdiği, organik maddeyle ise azalma gösterdiği belirtilmiştir (Nakshabandi ve Kohnke, 1965; Gruham ve Lal, 1985; Ebu- Hamdeh, 2000).

Munsuz (1969); Türkiye'nin değişik bölgelerinden alınan, bazı büyük toprak gruplarına ait örneklerin ıslanma ısıları üzerinde bir araştırma yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; araştırma topraklarının sudaki ıslanma ısıları değerleri 0.93- 18.53 cal/g arasında değişmekte olup, en düşük değer solonchak toprak örneğinde, en yüksek değer ise, terrarossa toprak örneğinde elde edilmiştir.

Yağmur, hava sıcaklığını değiştirerek ve buharlaşmanın artmasına neden olarak, toprak sıcaklığını değiştirmektedir. Su yüksek bir özgül ısıya sahip olduğundan, ıslak toprakların özgül ısıları, kuru topraklara kıyasla daha fazla olmakta ve bununla ilişkili olarak, ıslak topraklar kuru topraklardan daha yavaş ısınmaktadır (Daji, 1970).

Westcot ve Wierenga (1974); büyük sıcaklık dalgalanmalarının olduğu zamanlarda, toprak yüzeyindeki buhar hareketinin, ısı hareketini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişler ve gün boyunca üstten 0.2 cm'lik kısımda ısı hareketinin %40-60 kadarının buhar hareketine bağlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Yeşilsoy (1975); toprakların ısı iletkenliğinin hesaplanması üzerine yaptığı çalışmalarda, De Vries tarafından geliştirilen aşağıdaki formülü kullanarak sonuca ulaşmıştır.

$$k = \frac{\sum_{i=0}^N t_i x_i k_i}{\sum_{i=0}^N t_i x_i}$$

Burada;

Isı iletkenlik katsayısı,  $k$ ; tanecik tiplerinin sayısı,  $N$ ; tanelerin hacim fraksiyonları,  $x_i$ ; toprağı oluşturan taneciklerin tek tek ısı iletkenlikleri,  $i$ ; ortam ile tek tek tanecikler arasındaki ortalama sıcaklık eğilimi  $t_i$ 'dir.

Bazı mineral ve organik maddelerin termal özellikleri üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, organik maddelerin ısı özelliklerinin su içerikleriyle çok yakından ilgili olduğunu saptanmıştır. Ayrıca yüksek diffüzivite, sıcaklıkta hızlı değişmelere ve derin ısı dalgalanmalarına neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, ısı iletkenliği nemin etkilediğı belirtilmiştir (Verdonck vd.,1978).

Toprakların nem kapsamları ısı iletkenliğinin önemli ölçüde etkilemektedir. Isının toprak içine veya dışına doğru olan hareketi yüzey toprağı ile alt katmanlardaki sıcaklık değişmesine bağlıdır. Bu hareket sıcak katmanlardan soğuk katmanlara doğrudur. Bitki gelişme bölgesinde, nem oranı yüksek olduğu zaman, toprak sıcaklığı düşüktür (Pala, 1979).

Fidanlıklarda genellikle üst toprağı çiftlik gübresi gibi organik materyaller olmadan türbanın verilmesini otların çıkışını engellediğini, toprağı verilen türbanın hacim ağırlığını azaltacağından dolayı toprağın ısı iletkenliği ve diffüzisitesini düşüreceğini belirtmişlerdir. Fakat türbanın ısı iletkenliğini miktar olarak ne kadar etkilediğı konusunda çok az çalışma yapılmış yada hiç çalışılmamıştır (Soane, 1975; De Kimpe vd., 1982; Ekwue ve Stone, 1994).

Toprak sıcaklığını en iyi yansıtan parametrenin diffüzivite olduğunu ve diffüzivite değerinin drenajlı ve drenajsız topraklarda hemen hemen aynı değerde olduğunu belirtmişlerdir. Bu yüzden, tarla kapasitesindeki nem miktarındaki azalma, toprak sıcaklığında meydana gelen değişiklikleri etkilemez (Steenhuis ve Walter,1984).

Toprak gibi gözenekli ve heterojen bir ortamda bir çok etmenin dikkate alınmasının zorunlu olması nedeniyle, ısı akısının matematiksel tanımlanması çok karmaşıktır ve henüz tam gelişmeden iletim mekanizmasının sorumlu olması ve belirli şartların gözlenebilmesi nedeniyle, bir çok durumda topraktaki ısı akısının tanımlanmasında homojen katılardaki ısı iletimi ile ilgili olarak geliştirilmiş matematiksel eşitlikler kullanılabilir (Özkan, 1985).

Tollner ve Verma (1987); analitik yöntemler kullanarak organik karışımların ısı iletkenliği özelliklerini ortaya koymuşlardır. Araştırmada çeşitli oranlarda nem içeren çam kabuğu-kum (2:1 ve 4:1) karışımları ve %100 çam kabuğu olmak üzere üç materyal kullanılmıştır. En düşük ısı iletkenliği değeri %100 çam kabuğunda, en yüksek değer ise 2:1 oranındaki çam kabuğu-kum karışımında elde edilmiş, yüksek porozite ve düşük hacim ağırlığına sahip olan organik materyallerin ısı iletkenlik özelliklerinin iyi olmadığı belirtilmiştir. Karışımların ısı iletkenliğinin, nem miktarı ve hacim oranı etkilemiştir.

Kumun ısı öz direncini etkileyen faktörler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Toprağın ısıl özelliklerini ölçmede kullanılan basit test ölçümleri "termal iğne" olarak adlandırılır. Bu test suyun azalması ile oluşan düşük sıcaklıkta kumun öz direncini ölçmeye izin veren araç ve unsurlardır. Laboratuvar çalışmalarında "termal iğne" yöntemi silis kumları için kullanılmıştır. Bu yöntem sıcaklık ve su içeriğinin artmasıyla, öz direncin azaldığını ortaya koymuştur. Silisli kumların öz direnci saturasyon zamanı ile azalmaktadır. Bu sonuçlar yalnız ısı problemlerinin çözümde değil, aynı zamanda kumun mekanik strüktürel yapısını yorumlamada da kullanılabilir (Brandon ve Mitchell, 1989).

Malç ile örtülü toprak yüzeyinde yatay ve dikey olmak üzere iki ayrı yönde sıcaklık ve ısı akış ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklıkta ve ısı akış miktarında zamana bağlı olarak değişimler görülmesine rağmen, sıcaklıkların aynı olduğunu, ısı akışlarının da yön ve miktar olarak benzerlik gösterdiğini belirtilmiştir (Kluitenberg ve Horton, 1990).



Mısır bitkisi artıklarında, radyasyon yoluyla oluşan ısı iletkenliği üzerinde yapılan araştırmada; metrekarede 0.95 kg olarak belirlenen mısır bitkisi artıklarından, %60'ı radyasyon yoluyla oluşan ısı akışının, %2'sinin hissedilebilir ısı (sensible) şeklinde ölçüldüğü bildirilmiştir (Shen ve Tanner, 1990).

Buchan, (1991); Topraktaki sıcaklık rejimini incelemiş yüzeydeki ısı dengesi, ısı iletkenliği ve ısı özelliklerinin hesaplanmasının, tamamen topraktaki ısı akışıyla ilgili olduğunu belirtmiştir.

Nassar ve Hortor (1992); gözenekli ortamda ısı, su ve tuzla birlikte geçişini incelemişlerdir. Topraktaki çözeltinin, su ve sıvının aynı anda geçişini tanımlayan üç eşitlik kullanılmaktadır (ısı, su ve tuz). Isı, su ve tuz akışı eşitlikleri beraber geliştirilmiştir. Her eşitlik bir diffüzyon katsayısı içermektedir. Diffüzyon katsayıları çözelti yoğunluğuna, sıcaklığına ve toprak nemine bağlıdır.

Kemp vd., (1992); tarafından yapılan araştırmada, 0-15 cm derinlikten alınan ve %9 kil, %10 silt, %81 kum, %1'den az organik madde içeren toprak örneği kullanılmıştır. Hacim ağırlığı  $1.66 \text{ gr.cm}^{-3}$  olarak belirlenen toprağın %8'lik ve %34'lük nem içeriğindeki özgül ısı, ısı iletkenliği ve termal diffüzivite değerleri tespit edilmiştir. Burada, artan nem değerlerine karşılık diğer değerlerin de artış göstermesi, nemin ısı iletkenliği artırıcı bir etkiye sahip olduğunu ve kumun da iyi bir iletken olduğunu ortaya koymuştur.

Toprakta su ve enerji hareketlerinin modellenmesinde sıcaklık, tuz ve su ilişkisinin bilinmesi gerekir. Toprakta ısı akışı ısı iletkenliği ve sıcaklık değişiminin bilinmesi durumunda mümkündür. Tuzların ve suyun toprağın ısı iletkenliğini nasıl etkilediği tuz içeren toprakların su ve enerji hareketlerinin modellenmesiyle mümkündür (Noboria ve McInnes, 1993).

Hava ve toprak yüzeyindeki sıcaklık farklılıklarından dolayı meydana gelen buharlaşma, ısı transferini etkilemektedir. Toprak yüzeyinde meydana gelen sıcaklık

dalgalanmaları toprak ve hava arasında meydana gelmektedir ve toprakta oluşan buharlaşmaya bağlı olarak da artmaktadır (Kohayashi,1993).

Toprakların kimyasal kompozisyonu dolaylı olarak ısı iletkenlikleriyle bağlantılıdır. Bu bilgi ayrıca toprakların ısı-nem rejimini kontrolde de yardımcı olabilir. (Usovicz, 1993).

Abu-Hamdeh ve Reeder (2000); aynı nemdeki topraklarda kumlu toprağın ısı iletkenliği en fazla olduğunu, bunu siltli toprağın takip ettiğini en az ısı iletkenliği ise killi toprakların gösterdiğini belirlemişlerdir. Nem değişimleri ve hacim ağırlığında ısı iletkenliği partikül büyüklüğüne göre daha fazladır. Bu araştırmacılar ayrıca, toprağa turba verip turbanın toprağın ısı iletkenliğini azalttığını bulmuşlardır. Fakat, turbanın diğer ısı özellikleri veya toprağın nem miktarı, sıkışabilirlik veya tekstürü gibi diğer ilişkili faktörlerin mümkün etkileşimlerinin olan etkilerini araştırmamışlardır.

Toprakların ısı özellikleri, yalnız toprak sıcaklığını değil bitki çevresini de önemli derecede etkiler. Su içeriği düşük kuru topraklar, hızla ısındıkları gibi hızla da soğurlar. Söz konusu ısınma ve soğuma bitki çevresindeki hava sıcaklığını ve dolayısıyla bitki gelişmesini etkiler. Toprak yüzüne yakın bölgelerde depolanan ısı enerjisi toprak yüzünden olan serbest buharlaşmayı etkiler. Bu nedendir ki, toprak tarafından depolanan ısı, bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılan enerji dengesi yöntemlerinde dikkate alınması gereken önemli bir değişkendir (Steduto, 2000).

Akınyemi vd. (2006); ısı iletkenliğinin ( $k$ ) Cu, Ni, Cr ve Zn düşük derişimli topraklarda çok yüksek olduğu, ancak Cd ve Pb düşük derişimli topraklarda çok az olduğunu bildirmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırmada Kullanılan Toprağın Özellikleri

Yapılan araştırmada Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme arazisinden alınan toprak örneği kullanılmıştır. Araştırılan toprak örneğinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizleri yapılmış ve Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri.

% Kum	% Silt	%Kil	Bünye Sınıfı	pH	% CaCO <sub>3</sub>	% Organik Madde
46.40	35.10	18.50	Tın	7.53	5.25	0.44

Genel olarak, bu bölgede vertisol topraklar bulunmaktadır. Bu topraklar alüviyal gölsel çökeller üzerinde oluşabilecekleri gibi bazalt, şeyl, kireç taşı ve volkanik materyallerle de ilişkilidir (FitzPatrick, 1997).

Vertisollerin kil boyutunun başat minerali smektit olmasına karşın diğer kil mineral tiplerine de farklı düzeylerde rastlanmaktadır (Cangir, 1982, Dinç vd., 1986).

Trakya Bölgesi’nde yer alan koyu kahve renkli derin alüviyal kökenli vertisollerin (karakepir) kil mineral içerikleri büyük çoğunlukla smektittir (Yeşilsoy, 1966). Yüksek düzeyde smektitte ıslanma ve kurumada, toprağın hacmini % 25-50 arttırarak derin çatlamalara neden olmaktadır. Bunlar, Trakya Bölgesi’nde derin köklü olan ayçiçeği tarımı için en uygun toprakları oluşturmaktadır. Bu topraklarda yetişen kazık köklü bitkiler alt horizonlarda özellikle kumlu ve tınlı tekstüre sahip diğer topraklara göre daha yüksek düzeyde bulunan elverişli sudan, daha uzun süre faydalanma olanağı bulmaktadır.

Üst horizonlarda görünen strüktür oluşumu, bu toprakların kendi kendini malçlama özelliğini göstermektedir. Yazın çatlayan derin yarıkların altına mekanik

olarak granüler topraklar düşer. Strüktürleri yüzey altında kaba prizmatikle köşeli blok arasında değişir. Kaba prizmatik strüktür, çatlama sonucunda oluşur. Üst toprak profilinden alta doğru mikro strüktür birimlerinin köşeleri, kamalara ve kama-oval karışık birimlerine dönüşür. Vertisollerin, yarı köşeli, blok mikro strüktürleri, yüzey altı horizonlarında sulamalarda, suyun ilk verilmiş süreçlerinde infiltrasyon hızını uygun biçimde etkiledikleri için kazık köklü olup saçak kökleri az gelişen bitkilerde olumlu gelişme sağlar. Trakya'da çalıştıkları vertisollerin sıkışma potansiyelinin yüksekliğine karşın, solucan aktivitesini de kanalların çevresindeki gözeneklerin azalmasıyla ve kanal duvarlarındaki materyalin oryantasyonuyla saptanmıştır (Mermut ve Jangerius,1980).

Bu topraklarda, organik madde içeriği %1-2'yi geçmez. C/N oranı ise geniştir. KDK 25-80 me/100 g arasında olup, baz doygunlukları genellikle yüksektir. Bunlar serbest biçimde CaCO<sub>3</sub> içermelerine karşın, kireçsiz olanlarının sayısı da az değildir. CaCO<sub>3</sub> % 60'a çıkabileceği gibi genelde % 5-10 arasında değişir (Cangir, 1982). Bu topraklarda K tutulması olur. Değişebilir Na<sup>+</sup> düzeyleri % 5-10 arasında değişir. Bu düzey nemli topraklar için yüksek olmasına rağmen, tuzlu-alkali topraklara göre düşüktür. Genellikle bu topraklarda tuzluluk düşük olup, tuz birikimi çoğunlukla 50 cm'den sonra seyrek olarak görülmektedir. pH'ları 6.0-8.5 arasında değişir. Buna karşın pH değerleri kil değişim kompleksleri Na<sup>+</sup> ile doymun duruma geldikçe artar. Böylece solancak ve geçiş gösterilir. Bu topraklara rengi Fe ve Mn içerikleri vermektedir.

### **3.1.2. Isı İletkenlik Katsayısını Ölçen KD2 Marka Ölçüm Cihazı**

Araştırmada ısı iletkenlik katsayısını ölçmek amacıyla KD2 marka ölçüm cihazı kullanılmıştır. Taşınabilir olan bu cihaz, iğne tipli 60 mm uzunluğunda, 1.28 mm çaplı ölçüm probuna sahiptir. 3.0 V CR2 tip lityum iyon pille çalışmaktadır. Çalışma ortam sıcaklığı -20 ve 60 °C, ölçüm sınırları 0.02-2 Wm<sup>-1</sup>°C<sup>-1</sup> (ısı iletkenliği), 0.5-50 m°CW<sup>-1</sup> (ısı direnci) arasında, ölçüm duyarlılığı da ± %5 civarındadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. KD2 Marka Isı İletkenlik Ölçüm Cihazı

### 3.1.2.1. KD2 Marka Ölçüm Cihazının Çalışma İlkesi

KD2 ölçüm cihazının probu hem ısıtma hem de termo eleman içermektedir. Ölçme işlemine başlangıcında mikro işlemci ısının sabitlenmesi için 30 saniye bekler ve daha sonra probun içindeki direnci bilinen sahip ısıtıcıya 30 saniye boyunca belirli bir akım uygular. Mikroişlemci ısıtıcıya sağlanan enerji miktarını hesaplar. 30 saniye boyunca mikroişlemci bilgileri kaydederken prob içindeki termo eleman değişen ısıyı ölçer. Daha sonra akım kesilir, 30 saniye süresince zamana bağlı ısı düşüşü kaydedilir. Okuma işleminin sonunda işlemci zaman ve veriye göre ısıdaki değişiklikleri kullanarak ısı iletkenliği ve direnci hesaplar.

Isı iletkenliği,  $k$ ; bu okuma işlemlerinden sonra aşağıdaki bağıntı ile bulunmaktadır (Fontana vd., 2001).

$$k = \frac{q}{4\pi m}$$

Burada; ısı iletkenliği,  $k$  ( $\text{Wm}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ ); harcanan enerji miktarı,  $q$  (W); sıcaklık düşüşünün ( $\Delta T$ ) zamanın logaritmasına ( $\ln t$ ) göre çizilen grafiğin eğimi,  $m$ 'dir.

Cihazın termal direnç ölçüm aralığı daha fazla olduğundan, daha hassas veri elde etmek için ölçümler termal direnç modunda yapılmış, daha sonra ısı iletkenliği değerlerine dönüştürülmüştür.

### 3.1.3. Deney Kapları

Toprak sıkışması ve nemin ısı iletkenliği üzerindeki etkilerini laboratuvar koşullarında saptamak için, silindirik kaplar kullanılmıştır. Üç eşit noktadan ölçüm alınmış olup, silindirik kapların yüksekliği, çapı ve ölçüm mesafeleri KD2 aletinin iletkenlik iğnesinin boyu (60 mm) düşünülerek ayarlanmıştır. Bu kaplara ait ölçüler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Ölçüm Kaplarının Boyutları

Ölçü	Boyut
Çap	70 mm
Yükseklik	245 mm
Ölçüm mesafeleri	60 mm
Hacim	942.4 cm <sup>3</sup>

### 3.1.4. Araştırmada Kullanılan Diğer Alet ve Cihazlar

Nem tayinlerini yapmak amacıyla Dedeoğlu marka TS-4032 tipi etüv kullanılmıştır. Ayrıca, tartımların yapılması amacıyla Precisa Marka 0.01g duyarlılığa sahip hassas terazi kullanılmıştır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Tekstür Tayini

Araştırmada kullanılan toprağın tekstürünü belirlemek amacıyla, Bouyucos hidrometre yöntemi ile yapılmıştır. 50 g hava kuru toprak alınarak 250 ml.’lik bir behere konup, üzerine 10 ml. calgon çözeltisi ilave edilmiştir. Saf suyla 150 ml.’ ye

tamamlanarak cam çubuk ile karıştırılmış ve bir gece beklemeye bırakılmış ve daha sonra karıştırma aletine aktararak ve 10 dakika karıştırılmıştır. Örnek 1 lt'lik silindire alınmış ve saf su ile hacim bir litreye tamamlanmıştır. Delikli disk ile örnek 20 defa karıştırılarak ve zaman tespit edilmiştir. 20 sn. sonra hidrometre yavaşça örneğe yerleştirilmiş ve 40. saniyede hidrometre okuması yapılarak, sıcaklık tespit edilmiştir. 2 saat sonra tekrar hidrometre okuması ve sıcaklık tespiti yapılmıştır. Hidrometre okumalarının düzeltilmesiyle elde edilen değerlerden %kum, % silt ve % kil hesaplanmıştır. Daha sonra elde edilen yüzde değerlerin tekstür üçgeninde yerine koyulması ile toprak tekstür sınıfı saptanmıştır (Bouyoucos, 1951).

### 3.2.2. Hacim Ağırlığının Saptanması

Hacmi 100 cm<sup>3</sup> olan çelik silindirlerle alınan bozulmamış toprak örnekleri fırında kurutulduktan sonra tartılmış, ağırlık toplam silindir hacmine bölünerek g.cm<sup>-3</sup> cinsinden hacim ağırlığı bulunmuştur (Blake ve Hartge, 1986).

### 3.2.3. Nem Oranlarının Saptanması

Toprağın nemlilik durumuna ve tayinin amacına bağlı olarak 10-100 g arasında değişen toprak örneği darası alınmış ve sıkı kapaklı bir alüminyum toprak kutusuna aktarılmıştır. Kutunun kapağı kapatılarak derhal tartılmıştır. Örnek, kutunun kapağı açılmış olarak bir fırına (100-110 °C'de) yerleştirilmiş ve ağırlığı sabitleşinceye kadar kurutulmuştur (Ortalama 24 saat yeterlidir).

Kurutma süresi sonunda, örnek fırından alınmış, kutunun kapağı kapatılmış, içerisinde aktif kurutucu bulunan bir desikatöre yerleştirilmiş ve soğuyuncaya kadar bekletilip, tekrar tartılmıştır.

Elde edilen tartım sonuçlarına göre; aşağıdaki bağıntı yardımıyla nem içeriği ( $P_w$ ) hesaplanmıştır (Black, 1965).

$$P_w = \frac{(B - C)}{(C - A)} * 100$$

Burada;

Fırın kurusu toprak ağırlığının yüzdesi olarak toprak su miktarı,  $P_w(\%)$ ; Toprak kabının darası,  $A(g)$ ; Dara + ıslak toprak ağırlığı,  $B(g)$  ve Dara + fırın kurusu toprak ağırlığı,  $C(g)$ 'dir.

Araştırmadaki hesaplamalarda kuru baz ( $P_w$ ) esas alınarak bulunan nem değerleri kullanılmıştır.

### 3.2.4. Toprak Reaksiyonu (pH)

Saturasyon ekstraktında, cam elektrotlu pH-metre aleti kullanılarak ölçülmüştür (Richard, 1954).

### 3.2.5. Kireç ( $CaCO_3$ ) Tayini

Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir. Kireç miktarına göre 0.5-5.0 g arasında toprak tartılmıştır. Tartılan toprak bir kavanoza alınır. Tüp içine 5 ml. %10'luk HCl doldurulur bir pens yardımıyla tüp kavanozun içine indirilir. Düzeneğin lastiğinin ucundaki tıpa kavanoza takılır. Bu sırada sıkışmış hava nedeniyle su seviyesi sıfırın biraz altına iner kiskanç açılır. Su seviyesi tekrar sıfıra getirilir. Kavanoz eğilerek toprakla asit temas haline getirilir. Reaksiyon sonucunda  $CO_2$  gazı suya basınç yapar. Bu arada kavanoz sık sık çalkalanarak 10 dakika beklenir. Gaz çıkışı bittikten sonra okuma yapılır.

$$V_0 = \frac{V(b - e)}{760(273 + t)}$$

Burada;

Okunan  $CO_2$  hacmi,  $V(cm^3)$ ; Hesaplanan normal şartlardaki  $CO_2$  hacmi,  $V_0(cm^3)$ ; Deneyin yapıldığı andaki barometre basıncı, ( $mm.Hg$ )  $b(cm^3)$ ; Deneyin yapıldığı andaki sıcaklık,  $t (^{\circ}C)$  ve  $t (^{\circ}C)$ 'deki suyun buharlaşma basıncı,  $e (mm.Hg)$ ' dir.

Formülde değerler yerine konulur.  $CO_2$  gazının  $0^{\circ}C$  ve 760 mm. Hg basıncı altında 44 g  $CO_2$  gazı 22.4 litre hacim kaplar. Buna göre  $1 cm^3 CO_2$  'nin ağırlığı 1.964 mg'dır. (Sağlam, 1978).



### 3.2.6. Organik Madde Tayini

Modifiye edilmiş Lichterfelder yaş yakma yöntemine göre yapılmıştır. 100 ml'lik balonlara 2 g toprak tartılmış, üzerine 15 ml sülürük asit ( $H_2SO_4$ ) ilave edilmiş, sonra 2N potasyumdikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) eklenmiş ve etüvde  $120^\circ C$ 'de 2 saat bekletilerek ve spektrofotometrede 548 nanometrede okunmuştur (Schlichting ve Blume, 1966).

### 3.2.7. Ölçüm Yöntemleri

Araştırmada, 5 farklı hacim ağırlığında ve 4 farklı nem içeriğinde ısı iletkenlik katsayıları ölçülmüştür. Bu amaçla başlangıçtaki nem düzeyi belli olan toprak 2 ölçüm kabına doldurulmuş ve sıkıştırma yapılmadan 2 ölçüm kabından da 3 farklı noktadan ölçüm alınmıştır. Sonra bu kaplardaki toprağı bir tokmak yardımıyla 4 farklı aşamada sıkıştırıp her sıkıştırma sonrasında ölçüm kabının 3 farklı noktasından (Şekil 3.2) ısı iletim katsayıları ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda aynı nem içeriğı ve ölçüm noktalarındaki 2 kabın ortalama değerleri alınarak grafiklenmiştir.



Şekil 3.2. Deney Düzenegi

Daha sonra toprak 2 gün kurutularak daha düşük bir nem düzeyi elde edilmiş ve bu işlemler 8 gün süreyle %20.50, %16.60, %12.10 ve %9.0 olmak üzere 4 ayrı nem düzeyinde tekrarlanıp ölçüm yapılmıştır. Elde edilen değerlerden yararlanarak hacim ağırlığı dolayısıyla toprak sıkışıklığı ve toprak neminin ısı iletkenliği ile olan ilişkisi araştırılmıştır.

Ayrıca, arazi koşullarında, 2x2 m<sup>2</sup>'lik bir alanda, ekime hazır toprağa traktörün arkasına ağırlık takılarak sıkıştırma işlemi gerçekleştirilip, daha sonrada toprak doymun konuma gelinceye kadar su verilmiştir. Sonra 24 saat arayla hem ısı iletkenliği, hem de nem oranı saptanmış, bu işleme 10 gün süreyle devam edilmiştir. Böylece laboratuvar ortamı dışında da sabit bir hacim ağırlığına sahip toprağın nem içeriğine bağlı olarak ısı iletim katsayısı saptanmıştır.

### **3.2.8. İstatistiksel Yöntemler**

Çalışmada toprak hacim ağırlığı ve nemine bağlı olarak ısı iletim katsayısının değişim grafikleri çizilmiş ve elde edilen regresyon eğriler yardımıyla en uygun model saptanarak, excel programında korelasyon katsayıları bulunmuştur (Soysal, 2000).

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

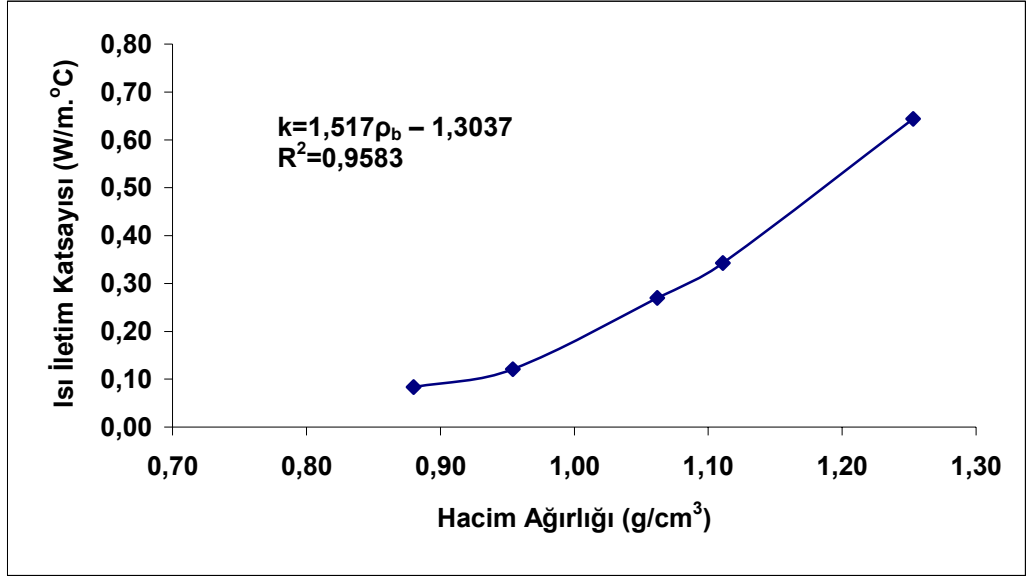
##### 4.1. Farklı Hacim Ağırlıklarında, %20.50 (P<sub>w</sub>) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayısı Değerleri

Farklı hacim ağırlıklarında, %20.50 (P<sub>w</sub>) nem düzeyinde ısı direnç ve ısı iletim katsayısı değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı hacim ağırlıklarında, %20.50 (P<sub>w</sub>) nem düzeyinde ısı direnç ve ısı iletim katsayıları

<b>Hacim Ağırlığı = 0.880 g/cm<sup>3</sup></b>						
<b>Tekrar No</b>	<b>Ölçüm No 1</b>		<b>Ölçüm No 2</b>		<b>Ölçüm No 3</b>	
	<b>r</b> <b>m.°C/W</b>	<b>k</b> <b>W/m.°C</b>	<b>r</b> <b>m.°C/W</b>	<b>k</b> <b>W/m.°C</b>	<b>r</b> <b>m.°C/W</b>	<b>k</b> <b>W/m.°C</b>
1	11.92	0.084	11.81	0.085	13.12	0.076
2	10.50	0.095	12.12	0.083	13.21	0.076
<b>Ortalama</b>	<b>11.21</b>	<b>0.090</b>	<b>11.97</b>	<b>0.084</b>	<b>13.17</b>	<b>0.076</b>
<b>Hacim Ağırlığı = 0.954 g/cm<sup>3</sup></b>						
1	6.62	0.151	7.11	0.141	11.65	0.086
2	5.29	0.189	12.10	0.083	13.27	0.075
<b>Ortalama</b>	<b>5.96</b>	<b>0.170</b>	<b>9.61</b>	<b>0.112</b>	<b>12.46</b>	<b>0.081</b>
<b>Hacim Ağırlığı = 1.062 g/cm<sup>3</sup></b>						
1	3.30	0.303	5.68	0.176	4.01	0.249
2	2.70	0.370	3.81	0.262	3.87	0.258
<b>Ortalama</b>	<b>3.00</b>	<b>0.337</b>	<b>4.75</b>	<b>0.219</b>	<b>3.94</b>	<b>0.254</b>
<b>Hacim Ağırlığı = 1.111 g/cm<sup>3</sup></b>						
1	2.25	0.444	4.21	0.238	4.17	0.240
2	1,88	0,532	2.95	0.339	3.09	0.324
<b>Ortalama</b>	<b>2,07</b>	<b>0.488</b>	<b>3.58</b>	<b>0.288</b>	<b>3.63</b>	<b>0.282</b>
<b>Hacim Ağırlığı = 1.253 g/cm<sup>3</sup></b>						
1	1.36	0.735	1.65	0.606	1.75	0,571
2	1.30	0.769	1.82	0.549	1.58	0.633
<b>Ortalama</b>	<b>1.33</b>	<b>0.752</b>	<b>1.74</b>	<b>0.578</b>	<b>1.67</b>	<b>0.602</b>

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi toprak sıkışıklığı arttıkça ısı direnç azalmış, ısı iletkenliği artmıştır. En düşük hacim ağırlığında ısı direnç ortalama 12.12 m.°C.W<sup>-1</sup>; ısı iletkenliği 0.083 W.m<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>, en yüksek hacim ağırlığında ise sırasıyla 1.58 m.°C.W<sup>-1</sup> ve 0.644 W.m<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup> olmuştur. Hacim ağırlığı ile ısı iletim katsayısı arasındaki ilişki Şekil 4.1’de verilmiştir. Görüldüğü gibi bu nem düzeyinde hacim ağırlığı ile ısı iletim katsayısı arasında yüksek bir ilişki bulunmuştur (R<sup>2</sup>=0.9583).



Şekil 4.1. Nem düzeyi %20.50 ( $P_w$ ) toprağın hacim ağırlığı ve ısı iletim katsayısı arasındaki ilişki

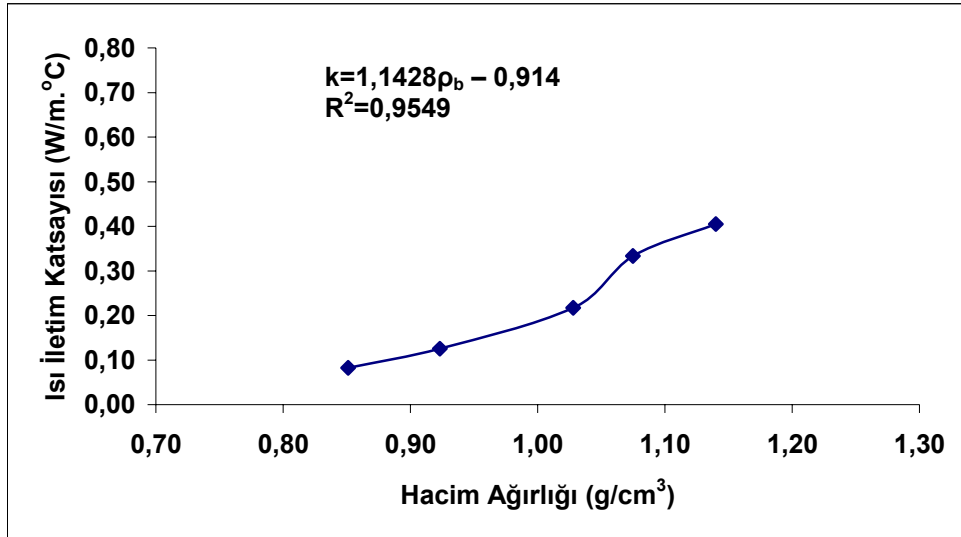
#### 4.2. Farklı Hacim Ağırlıklarında, %16.60 ( $P_w$ ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayısı Değerleri

Çizelge 4.2’de %16.60 nem düzeyindeki ısıl direnç ve ısı iletim katsayısı değerleri verilmiştir. %20.50 nem düzeyinde olduğu gibi bu nem düzeyinde de hacim ağırlığı artarken ısıl direnç azalmış ve ısı iletim katsayısı artmıştır. En düşük hacim ağırlığında ısıl direnç ortalama  $12.10 \text{ m.}^\circ\text{C.W}^{-1}$ ; ısı iletkenliği  $0.083 \text{ W.m}^{-1}.\text{}^\circ\text{C}^{-1}$ , en yüksek hacim ağırlığında ise sırasıyla  $2.60 \text{ m.}^\circ\text{C.W}^{-1}$  ve  $0.405 \text{ W.m}^{-1}.\text{}^\circ\text{C}^{-1}$  olmuştur.

Hacim ağırlığı ile ısı iletim katsayısı arasındaki ilişki de Şekil 4.2’de verilmiştir. Bu nem düzeyinde de iki parametre arasındaki korelasyonun yüksek olduğu gözlenmiştir ( $R^2=0.9549$ )

Çizelge 4.2. Farklı hacim ağırlıklarında, %16.60 ( $P_w$ ) nem düzeyinde ısı direnç ve ısı iletim katsayıları

Hacim Ağırlığı = 0.851 g/cm <sup>3</sup>						
Tekrar No	Ölçüm No 1		Ölçüm No 2		Ölçüm No 3	
	r m.°C/W	k W/m.°C	r m.°C/W	k W/m.°C	r m.°C/W	k W/m.°C
1	11.81	0.085	13.32	0.075	11.90	0.084
2	12.19	0.082	11.73	0.085	11.61	0.086
<b>Ortalama</b>	<b>12.00</b>	<b>0.083</b>	<b>12.53</b>	<b>0.080</b>	<b>11.76</b>	<b>0.085</b>
Hacim Ağırlığı = 0.923 g/cm <sup>3</sup>						
1	8.62	0.116	7.11	0.141	8.60	0.116
2	7.48	0.134	7.81	0.128	8.30	0.120
<b>Ortalama</b>	<b>8.05</b>	<b>0.125</b>	<b>7.46</b>	<b>0.134</b>	<b>8.45</b>	<b>0.118</b>
Hacim Ağırlığı = 1.028 g/cm <sup>3</sup>						
1	3.40	0.294	4.41	0.227	6.29	0.159
2	3.71	0.270	4.82	0.207	6.91	0.145
<b>Ortalama</b>	<b>3.56</b>	<b>0.282</b>	<b>4.62</b>	<b>0.217</b>	<b>6.60</b>	<b>0.152</b>
Hacim Ağırlığı = 1.075 g/cm <sup>3</sup>						
1	2.28	0.439	3.81	0.262	3.92	0.255
2	2.38	0.420	3.11	0.322	3.32	0.301
<b>Ortalama</b>	<b>2.33</b>	<b>0.429</b>	<b>3.46</b>	<b>0.292</b>	<b>3.62</b>	<b>0.278</b>
Hacim Ağırlığı = 1.140 g/cm <sup>3</sup>						
1	1.95	0.513	2.87	0.348	3,10	0.323
2	1.82	0.549	2.60	0.385	3,21	0.312
<b>Ortalama</b>	<b>1.89</b>	<b>0.531</b>	<b>2.74</b>	<b>0.367</b>	<b>3.16</b>	<b>0.317</b>



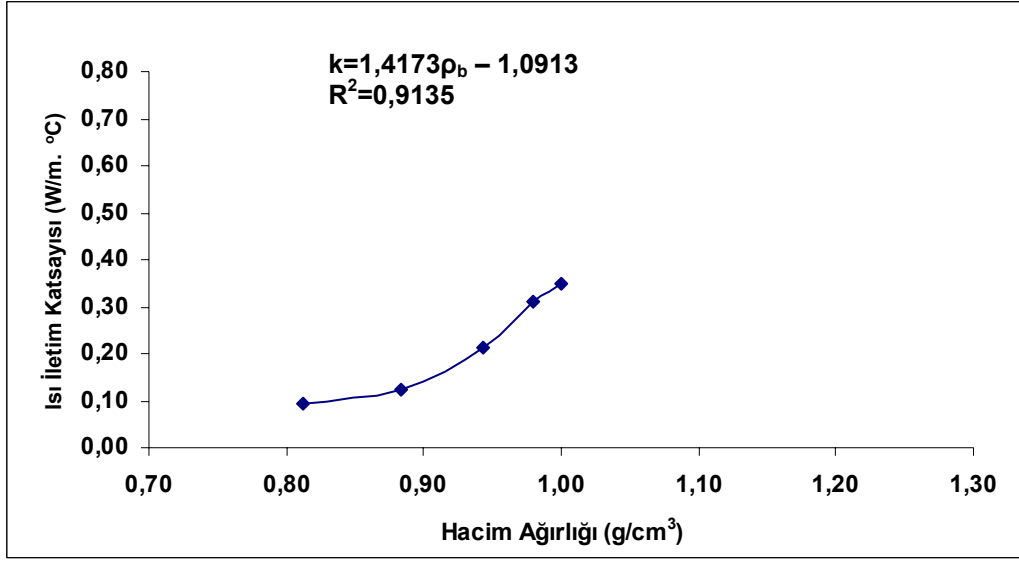
Şekil 4.2. Nem düzeyi %16.60 ( $P_w$ ) toprağın hacim ağırlığı ve ısı iletim katsayısı arasındaki ilişki

### 4.3. Farklı Hacim Ağırlıklarında, %12.10 ( $P_w$ ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayısı Değerleri

Çizelge 4.3’de %12.10 nem düzeyinde 5 farklı hacim ağırlığında ısı direnç ve ısı iletim katsayısı değerleri verilmiştir. Topraktaki nem düzeyi az olduğu için bu ve bundan sonraki nem düzeyinde sıkışma oranı fazla olmamıştır. En düşük hacim ağırlığında ısı direnç ortalama  $11.08 \text{ m}^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$ ; ısı iletkenliği  $0.092 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ , en yüksek hacim ağırlığında ise sırasıyla  $3.08 \text{ m}^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$  ve  $0.351 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$  olmuştur. Bu nem düzeyinde de iki parametre arasındaki korelasyon diğer nemlere göre düşmüştür ( $R^2=0.9135$ ) (Şekil 4.3.).

Çizelge 4.3. Farklı hacim ağırlıklarında, %12.10 ( $P_w$ ) nem düzeyinde ısı direnç ve ısı iletim katsayıları

<b>Hacim Ağırlığı = <math>0.812 \text{ g/cm}^3</math></b>						
<b>Tekrar No</b>	<b>Ölçüm No 1</b>		<b>Ölçüm No 2</b>		<b>Ölçüm No 3</b>	
	<b>r <math>\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}</math></b>	<b>k <math>\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}</math></b>	<b>r <math>\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}</math></b>	<b>k <math>\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}</math></b>	<b>r <math>\text{m}^\circ\text{C}/\text{W}</math></b>	<b>k <math>\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}</math></b>
1	8.90	0.112	13.11	0.076	10.01	0.100
2	9.72	0.103	13.10	0.076	11.63	0.086
<b>Ortalama</b>	<b>9.31</b>	<b>0.108</b>	<b>13.11</b>	<b>0.076</b>	<b>10.82</b>	<b>0.093</b>
<b>Hacim Ağırlığı = <math>0.884 \text{ g/cm}^3</math></b>						
1	5.80	0.172	9.91	0.101	10.01	0.100
2	6.11	0.164	10.83	0.092	10.11	0.099
<b>Ortalama</b>	<b>5.96</b>	<b>0.168</b>	<b>10.37</b>	<b>0.097</b>	<b>10.06</b>	<b>0.100</b>
<b>Hacim Ağırlığı = <math>0.943 \text{ g/cm}^3</math></b>						
1	4.20	0.238	4.64	0.216	6.40	0.156
2	3.63	0.275	3.85	0.260	7.15	0.140
<b>Ortalama</b>	<b>3.92</b>	<b>0.257</b>	<b>4.25</b>	<b>0.238</b>	<b>6.78</b>	<b>0.148</b>
<b>Hacim Ağırlığı = <math>0.980 \text{ g/cm}^3</math></b>						
1	2.61	0.383	3.21	0.312	4.40	0.227
2	2.41	0.415	3.15	0.317	4.68	0.214
<b>Ortalama</b>	<b>2.51</b>	<b>0.399</b>	<b>3.18</b>	<b>0.314</b>	<b>4.54</b>	<b>0.220</b>
<b>Hacim Ağırlığı = <math>1.000 \text{ g/cm}^3</math></b>						
1	2.01	0.498	2.82	0.355	4.21	0.238
2	2.31	0.433	2.90	0.345	4.20	0.238
<b>Ortalama</b>	<b>2.16</b>	<b>0.465</b>	<b>2.86</b>	<b>0.350</b>	<b>4.21</b>	<b>0.238</b>



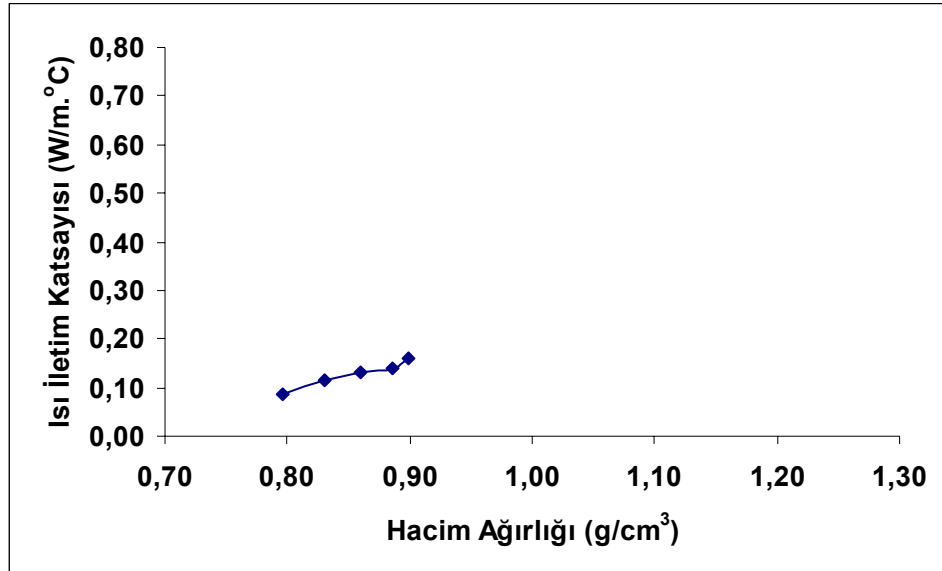
Şekil 4.3. Nem düzeyi %12.10 ( $P_w$ ) toprağın hacim ağırlığı ve ısı iletim katsayısı arasındaki ilişki

#### 4.4. Farklı Hacim Ağırlıklarında, % 9.0 ( $P_w$ ) Nem Düzeyinde Isıl Direnç ve Isı İletim Katsayısı Değerleri

% 9.0 nem düzeyinde farklı hacim ağırlığında elde edilen ısı direnç ve ısı iletim katsayısı değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Toprak nem düzeyi çok düşük olduğundan toprak fazla sıkıştırılmamış ve hacim ağırlıkları arasındaki fark fazla olmamıştır. En düşük hacim ağırlığında ısı direnç ortalama  $11.66 \text{ m.}^\circ\text{C.W}^{-1}$ ; ısı iletkenliği  $0.087 \text{ W.m}^{-1}.\text{C}^{-1}$ , en yüksek hacim ağırlığında ise sırasıyla  $6.42 \text{ m.}^\circ\text{C.W}^{-1}$  ve  $0.160 \text{ W.m}^{-1}.\text{C}^{-1}$  olmuştur. Bu nem düzeyinde de iki parametre arasındaki korelasyonun yüksek olduğu gözlenmiştir ( $R^2=0.9712$ ) (Şekil 4.4.).

Çizelge 4.4. Farklı hacim ağırlıklarında, % 9.0 ( $P_w$ ) nem düzeyinde ısı direnç ve ısı iletim katsayıları

Hacim Ağırlığı = 0.796 g/cm <sup>3</sup>						
Tekrar No	Ölçüm No 1		Ölçüm No 2		Ölçüm No 3	
	r m.°C/W	k W/m.°C	r m.°C/W	k W/m.°C	r m.°C/W	k W/m.°C
1	10.71	0.093	13.30	0.075	10.09	0.099
2	10.80	0.093	13.25	0.075	11.80	0.085
<b>Ortalama</b>	<b>10.76</b>	<b>0.093</b>	<b>13.28</b>	<b>0.075</b>	<b>10.95</b>	<b>0.092</b>
Hacim Ağırlığı = 0.830 g/cm <sup>3</sup>						
1	6.68	0.150	9.95	0.101	10.20	0.098
2	7.01	0.143	10.90	0.092	10.15	0.099
<b>Ortalama</b>	<b>6.85</b>	<b>0.146</b>	<b>10.43</b>	<b>0.096</b>	<b>10.18</b>	<b>0.099</b>
Hacim Ağırlığı = 0.859 g/cm <sup>3</sup>						
1	6.56	0.152	8.47	0.118	9.04	0.111
2	6.55	0.153	8.00	0.125	8.30	0.120
<b>Ortalama</b>	<b>6.56</b>	<b>0.153</b>	<b>8.24</b>	<b>0.122</b>	<b>8.67</b>	<b>0.116</b>
Hacim Ağırlığı = 0.886 g/cm <sup>3</sup>						
1	6.04	0.166	7.13	0.140	8.40	0.119
2	6.23	0.161	7.90	0.127	7.90	0.127
<b>Ortalama</b>	<b>6.14</b>	<b>0.163</b>	<b>7.52</b>	<b>0.133</b>	<b>8.15</b>	<b>0.123</b>
Hacim Ağırlığı = 0.899 g/cm <sup>3</sup>						
1	5.30	0.189	6.12	0.163	7.29	0.137
2	5.35	0.187	6.01	0.166	8.41	0.119
<b>Ortalama</b>	<b>5.33</b>	<b>0.188</b>	<b>6.07</b>	<b>0.165</b>	<b>7.85</b>	<b>0.128</b>

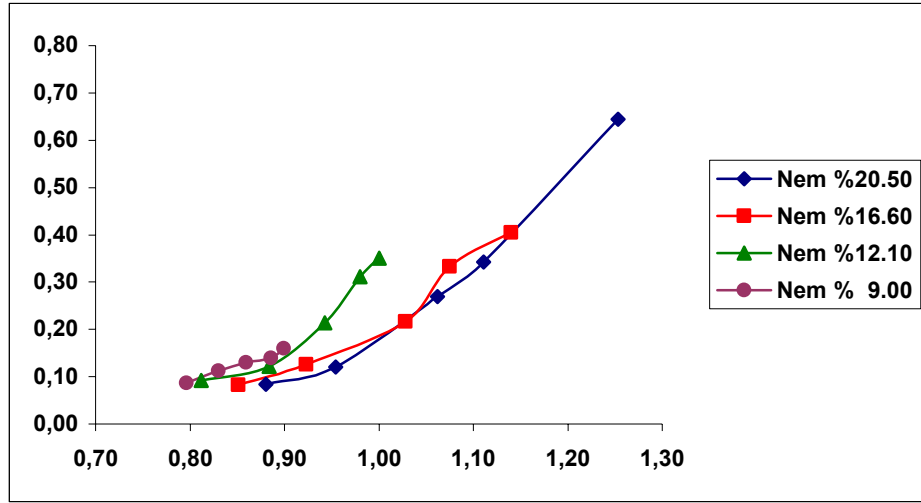


Şekil 4.4. Nem düzeyi % 9.0 ( $P_w$ ) toprağın hacim ağırlığı ve ısı iletim katsayısı arasındaki ilişki



#### 4.5. Nem İçerikleri Farklı Deneme Toprağının Hacim Ağırlığı ve Isı İletim Katsayısının Grafikselsel Karşılaştırılması

Nem içerikleri  $\%(P_w)$  20.50, 16.60, 12.10 ve 9.0 olan toprağın ısı iletim katsayısı ve hacim ağırlığı grafiği incelendiğinde hacim ağırlığının artışıyla ısı iletim katsayısının arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.5.).



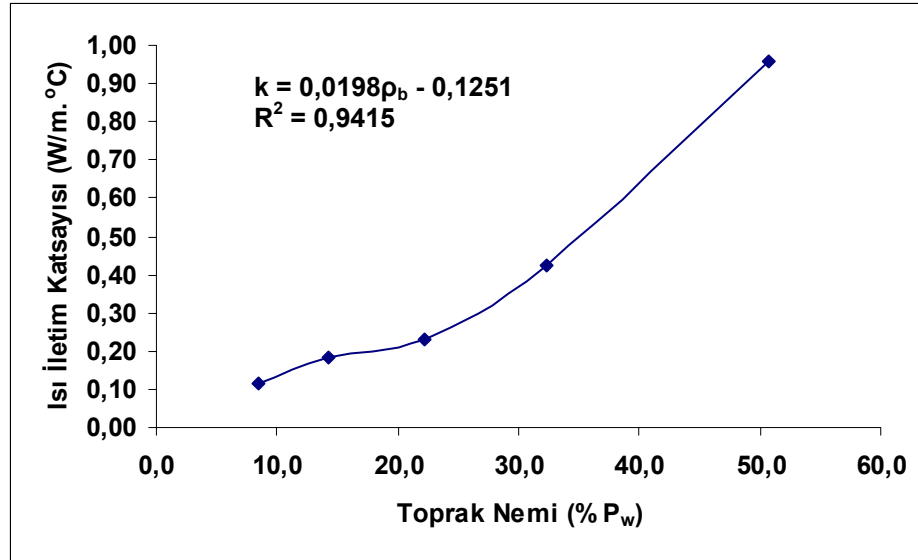
Şekil 4.5. Nem içerikleri farklı deneme toprağının hacim ağırlığı ve ısı iletim katsayısının grafikselsel karşılaştırılması

#### 4.6. Laboratuvar Koşullarında Toprak Nemi ile Isı İletim Katsayısı Arasındaki İlişki

Laboratuvarda iki ayrı ölçüm kabında, toprak yığın halinde sıkıştırmadan iki tekrarlı olarak 5 farklı nem düzeyinde ısı iletim katsayıları ölçülmüştür (Çizelge 4.5). Çizelgede görüldüğü gibi nem ile ısı iletim katsayısı arasında doğrusal, ısıl direnç arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Bu iki parametre arasındaki ilişki Şekil 4.6'de verilmiştir. Isı iletim katsayısı ile nem toprak nemi arasında yüksek bir ilişki olduğu görülmektedir ( $R^2=0.9415$ ). Toprağın hacim ağırlığı,  $0.88 \text{ gr.cm}^{-3}$  bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Laboratuvar koşullarında toprak nemine bağlı olarak hesaplanan ısı direnç ve ısı iletim katsayıları

Nem = (%) 8.50		
Tekrar No	r m.°C/W	k W/m.°C
1	8.59	0.116
2	8.59	0.116
<b>Ortalama</b>	<b>8.59</b>	<b>0.116</b>
Nem = (%) 14.20		
1	5.28	0.189
2	5.62	0.178
<b>Ortalama</b>	<b>5.45</b>	<b>0.184</b>
Nem = (%) 22.20		
1	4.33	0.231
2	4.33	0.231
<b>Ortalama</b>	<b>4.33</b>	<b>0.231</b>
Nem = (%) 32.40		
1	2.27	0.441
2	2.44	0.410
<b>Ortalama</b>	<b>2.36</b>	<b>0.425</b>
Nem = (%) 50.80		
1	1.04	0.962
2	1.05	0.952
<b>Ortalama</b>	<b>1.05</b>	<b>0.957</b>



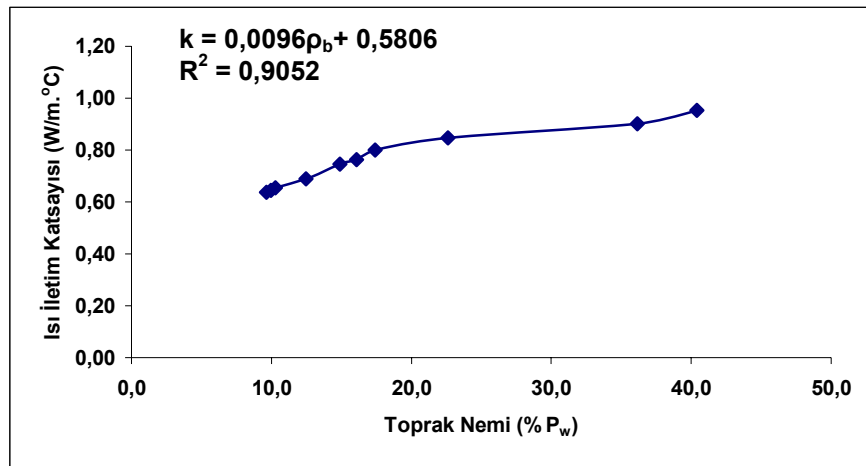
Şekil 4.6. Laboratuvar koşullarında toprak nemi ile ısı iletim katsayısı arasındaki ilişki

#### 4.7. Tarla Koşullarında Toprak Nemi ile Isı İletim Katsayısı Arasındaki İlişki

Arazide farklı zamanlarda yapılan 10 farklı nem düzeyinde 5 tekrarlı ölçüm ortalamaları Çizelge 4.6'te verilmiştir. Çizelge 4.6'da da görüldüğü gibi nem oranındaki azalma ile birlikte ısıl direnç artarken ısı iletim katsayısı azalmaktadır. Isı iletim katsayısı ile nem arasındaki ilişki Şekil 4.7'de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi bu iki parametre arasında yüksek bir korelasyon bulunmaktadır ( $R^2=0.9052$ ). Arazi koşullarında olası ölçüm hatalarından dolayı korelasyon katsayısı, laboratuvar koşullarındakinden daha düşük olmuştur. Toprağın hacim ağırlığı,  $1.35 \text{ gr.cm}^{-3}$  bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Tarla koşullarında toprağın farklı nem düzeyindeki ısıl direnç ve ısı iletim katsayıları

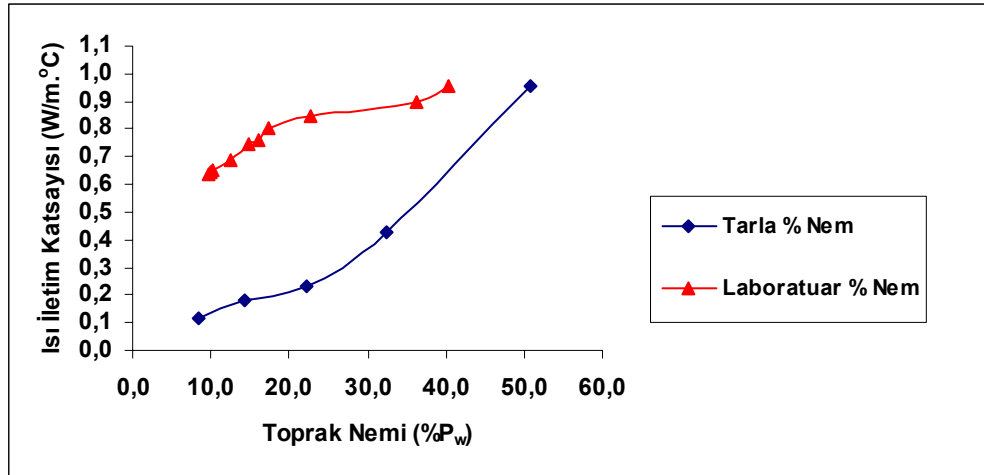
Ölçüm No	Nem (%)	r (m.°C/W)	k (W / m.°C)
1	40.40	1.05	0.952
2	36.10	1.11	0.901
3	22.60	1.18	0.847
4	17.40	1.25	0.800
5	16.10	1.31	0.763
6	14.90	1.34	0.746
7	12.50	1.45	0.690
8	10.30	1.53	0.654
9	9.90	1.55	0.645
10	9.60	1.57	0.637



Şekil 4.7. Tarla koşullarında toprak nemi ile ısı iletim katsayısı arasındaki ilişki

#### 4.8. Laboratuvar ve tarla koşullarında toprak nemi ile ısı iletim katsayısı arasındaki ilişkinin grafiksel karşılaştırılması

Deneme alanı ve laboratuvar ölçümlerinde elde edilen sonuç olumlu yönde görülmesine rağmen laboratuvar koşullarında % 8.50 nem düzeyinde, ısı direnç  $8.59 \text{ m}^{\circ}\text{C}.\text{W}^{-1}$ , ısı iletenliği  $0.116 \text{ W}.\text{m}^{-1}.\text{C}^{-1}$  iken, tarla koşullarında % 9.60 nem düzeyinde ısı direnç  $1.57 \text{ m}^{\circ}\text{C}.\text{W}^{-1}$ , ısı iletenliği  $0.637 \text{ W}.\text{m}^{-1}.\text{C}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Tarla ve laboratuvar koşullarında nem değerleri yakın olmasına rağmen ısı direnç ve ısı iletenlikleri farklılık göstermektedir. Bu durumda; arazi koşullarında hacim ağırlığının yüksek oluşuna bağlıdır. Diğer taraftan, laboratuvarda % 50.80 nem düzeyinde ısı direnç  $1.05 \text{ m}^{\circ}\text{C}.\text{W}^{-1}$ , ısı iletenliği  $0.952 \text{ W}.\text{m}^{-1}.\text{C}^{-1}$ , arazide ise % 40.40 nem düzeyinde, ısı direnç  $1.05 \text{ m}^{\circ}\text{C}.\text{W}^{-1}$ , ısı iletenliği  $0.957 \text{ W}.\text{m}^{-1}.\text{C}^{-1}$  olarak ölçülmüş değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür (Şekil.4.8.).



Şekil 4.8. Laboratuvar ve tarla koşullarında toprak nemi ile ısı iletim katsayısı arasındaki ilişkinin grafiksel karşılaştırılması

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hacim ağırlığı ve toprağın nem içeriği arttığında, her iki fiziksel parametreye bağlı olarak, ısı iletkenliği artmıştır. Bu sonuçlar Abu-Hamdeh (2001), Abu-Hamdeh (2003) ve Ekwue vd., (2006) tarafından bildirilen sonuçlarla uyum göstermektedir.

Toprakta hacim ağırlığının artması toprak sıkışması ve toprağın nem içeriği ile yakından ilişkilidir. Toprak neminin fazla olduğu durumlarda, tarla trafiğinin fazla olması sıkışma etkisini daha da arttırmaktadır. Özellikle tohumun çimlenme ve gelişme dönemlerinde, toprağın belli bir sıcaklık değerinde olmasının istenmesi göz önünde bulundurulursa, sıkışık ve aşırı nemli topraklarda ısı iletkenliği yüksek olacağından, toprak sıcaklığındaki düşüş daha hızlı olacak ve çimlenme açısından olumsuzluklar yaşanacaktır. Ancak, toprakta sıcaklığın artırılmasının gerekli olduğu, özellikle tohum yatağı hazırlanması aşamasında, uygun nem koşullarında ve belirli düzeyde sıkıştırma, toprakta ısı iletkenliğini arttıracığı için, olumlu bir durumdur.

Bu nedenle uygun zamanda uygun toprak işleme tekniğinin kullanılması çok önemlidir. Tohum yatağının hazırlanması, sürümle ve sürümden önce başlayıp gelişme dönemi boyunca devam eder. Tohum yatağında iyi bir tavın elde edilmesi için ön koşul, toprağın dayanıklı stabil ve granüler strüktüre sahip olmasıdır. Uygun toprak işleme tekniğinin uygulanması durumunda, hem toprak strüktürü bozulmayacak, toprağın erozyona maruz kalması engellenecek hem de toprak sıcaklığı korunmuş olacaktır.

Yaptığımız araştırmada nem düzeyleri belirli zaman aralıkları göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Nem düzeylerinin Tarla kapasitesi, solma noktası gibi toprak su karakteristik değerleri alınarak yapılması daha uygun olacağı kanısına varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Abu-Hamdeh, N.H., 2000, Effect of tillage treatments on soil thermal conductivity for some Jordanian clay loam and loam soils, *Soil and Tillage Research* 56 (3-4): 145-151.
- Abu-Hamdeh, N.H., Reeder, R.C., 2000, Soil thermal conductivity: Effects of density, moisture, salt concentration, and organic matter, *SSSA J.*, 64, 1285-1290.
- Abu-Hamdeh, N.H., 2001, Measurement of the Thermal Conductivity of Sandy Loam And Clay Loam Soils Using Single And Dval Probes, *J. Agric. Eng. Res.* 80(2), P. 209-216.
- Abu-Hamdeh, N.H., 2003, Thermal Properties of soils as affected by density and water content *Biosystems Engineering.* 86, (1) 97-102.
- Akinyemi, O.D., 2006, Olowofela J.A., Akinlade O.O., Akande O.O., Thermal conductivity of soils with heavy metals concentration from the Niger Delte region of Nigeria, Department of Physics, University of Agriculture, Abeokuta, PMB 2240, Nigeria, Received Feb. 20, 2006, revision accepted Mar. 15.
- Black, C.A., 1965), *Methods of Soil Analysis, Part I*, American Society of Agronomy, Agronomy No 9.
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk Density In: *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods.* (Ed: A. Klute) Agr. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison WI. p.363–375.
- Bouyoucos, G.J., 1951. Hydrometer Method Improved For Marking Particle Size Analysis of Soils. *Agronomy J.* 54, pp: 464–465.
- Brandon, T.L., Mitchell J.K. 1989 Factors influencing thermal resistivity of sands. *Journal of Geotechnical Engineering*, 115: 12, 1683-1698: 30 ref.
- Buchan, G.D., 1991, Soil temperature regime. *Soil analysis: physical methods*, 551-612; 133 ref. New York.
- Cangir, C., 1982, Kireçli Materyaller Üzerinde Oluşmuş Kahverengi, Kırmızımsı-Kahverengi, Terra-Rossa, Rendzina ve Grumusol Topraklarının Morfoloji ve Genesisleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Doçentlik Tezi, Ankara.

- Çelebi, E., 2001, Toprak Kolonlarında Sıcaklık Dağılımlarının Farklı Nem Düzeylerinde Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Daji, J.A., 1970, A text book of soil science Asia Publishing House, N.Y., USA.
- De Kimpe, C.R., Bernier-Cordou M., Jolicocur P., 1982, Compaction and settling of Quebec soils in relation to their soil water properties, Canadian J. Soil Science, 62(1): 165-175.
- Dinç, U, Şenol S., Sarı M., Yeşilsoy, M.Ş., Kaya Z., Özbek H., Sayın, M., Çolak, A.K., Yeğingil, İ., 1986, Harran Ovası Toprakları, Güneydoğu Anadolu Projesi, Tarımsal Kalkınma Simpozyumu, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Ekwue, E.I, Stone, R.J., 1994, Effect of peat on the compactibility of some Trinidadian soils, J. Agric. Eng. Res., 57(2): 129-136.
- Ekwue, E.I., Stone R.J., Bhagwat D., 2006, Thermal Conductivity of Some Compacted Trinidadian Soils an affected by Peat Content, Biosystem Eng., 94 (3), 461-469.
- FitzPatrick, E.A., 1971, Soils Their Formation, Classification and Distribution. Longman. London and Newyork.
- Fontana, A.J., Wacker B., Campell C.S, and Campell G.S, 2001, Decagon Devices, Inc., 950 NE Nelson Court, Pulman WA 99163. Written for presentation at the 2001 ASAE Annual International Meeting Sponsored by ASAE Sacramento Convection Center Sacramento, California, USA.
- Gruham, B.S. ve Lal R., 1985, Thermal conductivity, thermal diffusivity and thermal capacity of some Nigerian soils, Soil Science, 139, 74-80.
- Kemp, P.R., Cornelelius J.M., Reynolds J.F., 1992, A simple model for predicting soil temperatures in desert ecosystems. Soil Science, 153, 4: 280-287.
- Kirkham, D., ve Powers W. L., 1972, Advanced Soil Physics, Wiley-Interscience, New York, London.
- Kluitenberg, G.J., Horton R., 1990, Analytical Solution for two dimensional heat conduction beneath a partial surface mulch.

- Kohayashi, T., 1993, The effect of the temperature gradient on the evaporation from bare soils with dry surfaces. Exchange processes at land surface for a range of space and time scales: proceedings of an international symposium held at Yokohama, 13-16 July, 147-153: 14 ref, Japan.
- Kolyasev, F.E., ve Gupalo A.I., 1958, On the correlation of heat and moisture properties of soils, Special Report, No, 40: 106-112 (Publication No. 629) Highway Res. Bd., Nat. Acad. Sci., Washington, USA.
- Mermut, A., Jongeus, A., 1980, A Micromorphological Analysis of Regrouping Phenomena in Some Turkis Soils: Geoderma Elsevier Pub. Com. Vol. 24, Amsterdam.
- Munsuz, N., 1969, Toprakların Islanma Isıları Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Nakshabandi, G. A., Kohnke H, 1965, Thermal conductivity and diffusivity of soils as related to moisture tension and other physical properties. Agric. Meteorology 2(4): 271-279.
- Nassar, I.N., Horton R., 1992, Simultaneous transfer of heat, water and solute in prous media: I-Theoretical development. Soil Science Society of America Journal, 56: 5, 1350-1356; 28 ref.
- Noborio, K., McInnes K.J., 1993, Thermal conductivity of salt-affected soils, Soil Sci. Soc. Am J. 57: 329-334.
- Özkan, A. İ., 1985, Toprak Fiziği Ders Kitabı: 270, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 946.
- Pala, M., 1979, Toprak Sıcaklığı ve Neminin Toprak Havasının Özelliklerine Etkisi. Orta Anadolu Bölgesi Zirai Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Richards., L.A, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soil. USDA Handbook No:60.
- Schlichting, E., Blume., E, 1966. Bodenkundliches Practikum. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Sağlam, M.T, 1978. Toprak Kimyası Tatbikat Notları (Teksir), Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum.



- Shen, Y., Tanner C.B., 1990, Radiative and conductive Transport of Heat Trough Fall Chopped Corn (*Zea Mays L.*) Residue. *Soil Sc. Soc. Am. Jor.* 54,3:653.
- Soane, B. D., 1975, Studies on some physical properties in relation to cultivation and traffic, In *Soil Physical Conditions and Crop Production*, 160-182, MAFF Technical Bulletin No:29.
- Soysal, İ., 2000. Biometrinin prensipleri, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 95, Ders Notu No: 64, Tekirdağ.
- Steduto, P. 2000. Determination methods of crop water consumption. In: Kırda, C., Steduto, P. (eds). *Soil Water Balance and Transport Processes, Review of Theory and Field Applications. Cahiers Options Mediterraneennes* 46: 1-25.
- Steenhuis, T.S., Walter M.F., 1984, Will drainage increase spring soil temperature. *ASAE. paper. No.84-251*, 15 pp., 14 ref., 7 fig.
- Tollner, E.W., Verma B.P., 1987, Apparent thermal conductivity of organic patting mixes. *American Society of Agricultural Engineers.* 30:2,509-513.
- Usowicz, B., 1993, A method for the estimation of thermal properties of soil, In *Agrophys*, 7 (1): 27-34.
- Verdonck, O., Felipo Oriol M.T., De Boodt M., 1978, Study of the thermal properties of some organic and mineral materials, *Med. Fac. Landbouww, Rijksuniv. Gent.*
- Westcot, O. W., Wierenga P.J., 1974, Transfer of heat by conduction and vapor movement in closed soil system. *Soil Sci. Am. Proc.* 38: 9-14.
- Yeşilsoy, M.Ş., 1966, The Calay Mineralogy of Grumusol, Non-Calcic Brown and Rendzina Soils, *Cento Con.*, 71-81, Ankara.
- Yeşilsoy, M.Ş.,1975, Toprakların Isısal İletkenliğinin Özelliklerine Dayanarak Hesaplanması. *Tübitak V. Bilimsel Kongresi*, Ankara.

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım süresince katkılarını esirgemeyen başta danışmanım Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU olmak üzere, Tarım Makineleri Öğretim Üyeleri; Prof. Dr. Poyraz ÜLGER, Prof. Dr. Selçuk ARIN, Prof. Dr. Bülent EKER, Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR, Yrd. Doç. Dr. Cihangir SAĞLAM, Yrd. Doç. Dr. Yılmaz BAYHAN, Yrd. Doç. Dr. Fulya TORUK, Yrd. Doç. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN, Yrd. Doç. Dr. Erkan GÖNÜLOL, Yrd. Doç. Dr. Türkan AKTAŐ ve Bölüm Asistanlarına, bana bu konuda yardımcı olmaya çalışın; ama her bakışında bir şey anlamadığımı söyleyen biricik kızım Hevese, eşime ve katkı sağlayan herkese teşekkür ederim.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1968 yılında Diyarbakır'da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimini Diyarbakır'da tamamladım.

1986 yılında, Çukurova Üniversitesi Antakya Meslek Yüksek Okulu Elektrik Bölümünü kazandım. 1988'de okulu bitirdikten sonra 1990 aynı kurumda Teknik Eleman olarak göreve başladım. 1995 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nü kazanınca Adana'ya tayin oldum. 1999 yılında Toprak Bölümünü bitirip aynı kurumda çalışmaya devam ettim. 2004 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi'ne tayin oldum ve Döner Sermaye de görevlendirildim. Halen Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde aynı görevi yürütmekteyim.