



**FARKLI TEKSTÜRE SAHİP
TOPRAKLARDA YÜZEYDEKİ SU
DERİNLİĞİNİN İNFİLTRASYON HIZINA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ahmet ERGÜN
Yüksek Lisans Tezi
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof.Dr Lokman DELİBAŞ

2019

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI TEKSTÜRE SAHİP TOPRAKLARDA YÜZEYDEKİ SU DERİNLİĞİNİN
İNFİLTASYON HIZINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ahmet ERGÜN

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. LOKMAN DELİBAŞ

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ danışmanlığında, Ahmet ERGÜN tarafından hazırlanan “Farklı Tekstüre Sahip Topraklarda Yüzeydeki Su Derinliğinin İnfiltrasyon Hızına Etkilerinin Araştırılması” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ

İmza :

Üye : Prof. Dr. Tolga ERDEM

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Cüneyt BAĞDATLI

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI TEKSTÜRE SAHİP TOPRAKLARDA YÜZEYDEKİ SU DERİNLİĞİNİN İNFİLTRASYON HIZINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ahmet ERGÜN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilimdalı

Danışman: Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ

Farklı tekstüre sahip topraklarda yüzeydeki su derinliğinin infiltrasyon hızına etkilerinin araştırıldığı çalışma 2019 yılı Tekirdağ ili Ergene ilçesi koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada beş farklı toprak tekstürüne sahip arazilerde değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre ile 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliğinde infiltrasyon hızı ölçülmüştür. Ölçümler 20 cm su derinliğinden 15 cm su derinliğine, 15 cm su derinliğinden 10 cm su derinliğine ve 10 cm su derinliğinden 5 cm su derinliğine düştüğünde su tamamlaması yapılarak başlangıçtaki su derinliğine yükseltilmiştir. Başlangıçtaki su derinliğinden itibaren farklı zaman aralıklarındaki su derinliği ve geçen süre not edilerek çizelgeler oluşturulmuştur. Excelde üs regresyon türü seçilerek, çizelgelerdeki toplam dakika ve toplam infiltre olan su ölçümü verileri kullanılmıştır. $Z = k.t^a$ eşitliğine uygun olarak grafik eğrileri oluşturulmuş, toplam infiltrasyon ve infiltrasyon hızı denklemleri bulunmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre yapılan infiltrasyon ölçümleri sınırlı sayıda olsada, toprak tekstürü ile özellikle kum oranı ile infiltrasyon eşitliğindeki parametreler arasında yüksek bir korelasyon tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada toprak tekstürü ve su derinliğinin infiltrasyona etkileri, kumlu toprakların killi topraklara göre infiltrasyon hızının fazla olduğu, su derinliği yükseldikçe ise infiltrasyon hızının arttığı gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: İnfiltrasyon, İnfiltrasyon hızı, İnfiltrometre, Toprak tekstürü

2019, 60 sayfa

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF WATER DEPTH ON THE INFILTRATION RATE OF SURFACE IN SOILS WITH DIFFERENT TEXTURE

Ahmet ERGÜN

Tekirdag Namık Kemal University

Institute of Science and Technology

Biosystems Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ

The study was conducted to investigate the effects of surface water depth on infiltration rate in different textured soils in Ergene district of Tekirdağ province in 2019. In this study, infiltration rate of 20 cm, 15 cm and 10 cm water depth was measured with variable level double cylinder infiltrometer in five different soil textures. Measurements were increased from 20 cm water depth to 15 cm water depth, 15 cm water depth to 10 cm water depth, and 10 cm water depth to 5 cm water depth. Tables were created by noting the water depth and elapsed time from the initial water depth at different time intervals. In Excel, exponent regression type was selected, total minute and total infiltrated water measurement data were used in the charts. Graphical curves were formed according to $Z = k.t^a$ equation, total infiltration and infiltration rate equations were found. Although the infiltration measurements were limited according to the results obtained in the study, a high correlation was found between soil texture and especially sand content and parameters in infiltration equation. In this study, the effects of soil texture and water depth on infiltration, sandy soils have higher infiltration rate than clay soils, and infiltration rate increases with increasing water depth.

Key words: Infiltration, Infiltration rate, Infiltrometer, Soil texture

2019, 60 pages

TEŞEKKÜR

Tez konumu belirleyerek tüm bilgi ve olanakları sağlayan fikirleri ile daima yol gösteren çok kıymetli danışman hocam sayın Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ' a, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümdeki saygıdeğer bölüm hocalarıma, okul arkadaşlarıma, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Özge ERGÜN, oğlum Seymen ERGÜN, babam İrfan ERGÜN ve annem İlknur ERGÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ahmet ERGÜN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. İnfiltrasyonun Tanımı	3
2.2. Farklı Su Derinliklerinde İnfiltrasyon Çalışmaları	4
2.3. İnfiltrasyon Hızı.....	6
2.4. İnfiltrasyona Etki Eden Faktörler.....	6
2.4.1. Sulama suyunun kalitesinin infiltrasyona etkisi.....	7
2.4.2. Toprak strüktürü (yapısı).....	7
2.4.3. Sıkışma derecesi	8
2.4.4. Organik madde içeriği.....	9
2.4.5. Toprak nemi.....	10
2.4.6. Toprak yüzeyindeki su yüksekliği.....	11
2.5. İnfiltrasyon Eşitlikleri.....	11
3. MATERTAL ve YÖNTEM.....	14
3.1. Materyal.....	14
3.1.1. Araştırma yeri.....	14
3.1.2. Araştırma bölgesinin iklim özellikleri.....	14
3.1.3. Araştırma bölgesinin toprak özellikleri.....	15
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. Toprak örneklerinin alınması.....	15
3.2.2. Deneme düzeni ve araştırma konuları.....	15
3.2.3. İnfiltrasyonun ölçülmesi.....	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	19
4.1. Deneme Toprakları Toplam İnfiltrasyon ve Toplam İnfiltrasyon Hızı Sonuçları.....	19
4.2. % Kum Oranı ile k Parametresinin İlişkisi.....	36
4.3. % Kil Oranı ile k Parametresinin İlişkisi.....	38
4.4. % Silt Oranı ile k Parametresinin İlişkisi.....	40
4.5. % Kum Oranı ile a Parametresinin İlişkisi.....	42
4.6. % Kil Oranı ile a Parametresinin İlişkisi.....	44
4.7. % Silt Oranı ile a Parametresinin İlişkisi.....	46
4.8. Su Derinliği ile k Parametresinin İlişkisi.....	48
4.9. Su Derinliği ile a Parametresinin İlişkisi.....	51
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	54
KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1.	Araştırma alanının yeri ve konumu.....	14
Şekil 3.2.	Çift silindirli infiltrometre.....	17
Şekil 3.3.	İnfiltrimetrenin ölçüm için hazırlanması.....	17
Şekil 3.4.	Su ile doldurulmuş çift silindirli infiltrometre.....	18
Şekil 4.1.	Deneme toprağı 1 infiltrasyon grafiğı (20 cm su derinliğı).....	20
Şekil 4.2.	Deneme toprağı 1 infiltrasyon grafiğı (15 cm su derinliğı).....	21
Şekil 4.3.	Deneme toprağı 1 infiltrasyon grafiğı (10 cm su derinliğı).....	22
Şekil 4.4.	Deneme toprağı 2 infiltrasyon grafiğı (20 cm su derinliğı).....	23
Şekil 4.5.	Deneme toprağı 2 infiltrasyon grafiğı (15 cm su derinliğı).....	24
Şekil 4.6.	Deneme toprağı 2 infiltrasyon grafiğı (10 cm su derinliğı).....	25
Şekil 4.7.	Deneme toprağı 3 infiltrasyon grafiğı (20 cm su derinliğı).....	26
Şekil 4.8.	Deneme toprağı 3 infiltrasyon grafiğı (15 cm su derinliğı).....	27
Şekil 4.9.	Deneme toprağı 3 infiltrasyon grafiğı (10 cm su derinliğı).....	28
Şekil 4.10.	Deneme toprağı 4 infiltrasyon grafiğı (20 cm su derinliğı).....	29
Şekil 4.11.	Deneme toprağı 4 infiltrasyon grafiğı (15 cm su derinliğı).....	30
Şekil 4.12.	Deneme toprağı 4 infiltrasyon grafiğı (10 cm su derinliğı).....	31
Şekil 4.13.	Deneme toprağı 5 infiltrasyon grafiğı (20 cm su derinliğı).....	32
Şekil 4.14.	Deneme toprağı 5 infiltrasyon grafiğı (15 cm su derinliğı).....	33
Şekil 4.15.	Deneme toprağı 5 infiltrasyon grafiğı (10 cm su derinliğı).....	34
Şekil 4.16.	k değeri - % kum grafiğı (20 cm su derinliğı).....	36
Şekil 4.17.	k değeri - % kum grafiğı (15 cm su derinliğı).....	37
Şekil 4.18.	k değeri - % kum grafiğı (10 cm su derinliğı).....	37
Şekil 4.19.	k değeri - % kil grafiğı (20 cm su derinliğı).....	38
Şekil 4.20.	k değeri - % kil grafiğı (15 cm su derinliğı).....	39
Şekil 4.21.	k değeri - % kil grafiğı (10 cm su derinliğı).....	39
Şekil 4.22.	k değeri - % silt grafiğı (20 cm su derinliğı).....	40
Şekil 4.23.	k değeri - % silt grafiğı (15 cm su derinliğı).....	41
Şekil 4.24.	k değeri - % silt grafiğı (10 cm su derinliğı).....	41
Şekil 4.25.	a değeri - % kum grafiğı (20 cm su derinliğı).....	42
Şekil 4.26.	a değeri - % kum grafiğı (15 cm su derinliğı).....	43
Şekil 4.27.	a değeri - % kum grafiğı (10 cm su derinliğı).....	43
Şekil 4.28.	a değeri - % kil grafiğı (20 cm su derinliğı).....	44
Şekil 4.29.	a değeri - % kil grafiğı (15 cm su derinliğı).....	45
Şekil 4.30.	a değeri - % kil grafiğı (10 cm su derinliğı).....	45
Şekil 4.31.	a değeri - % silt grafiğı (20 cm su derinliğı).....	46
Şekil 4.32.	a değeri - % silt grafiğı (15 cm su derinliğı).....	47
Şekil 4.33.	a değeri - % silt grafiğı (10 cm su derinliğı).....	47
Şekil 4.34.	k değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 1).....	48
Şekil 4.35.	k değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 2).....	49
Şekil 4.36.	k değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 3).....	49
Şekil 4.37.	k değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 4).....	50
Şekil 4.38.	k değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 5).....	50
Şekil 4.39.	a değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 1).....	51
Şekil 4.40.	a değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 2).....	52
Şekil 4.41.	a değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 3).....	52
Şekil 4.42.	a değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 4).....	53
Şekil 4.43.	a değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 5).....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1.	Alınan toprak örneklerinin tekstür analizi sonuçları.....	15
Çizelge 4.1.	Deneme toprağı 1 ölçüm sonuçları (20 cm su derinliğı).....	20
Çizelge 4.2.	Deneme toprağı 1 ölçüm sonuçları (15 cm su derinliğı).....	21
Çizelge 4.3.	Deneme toprağı 1 ölçüm sonuçları (10 cm su derinliğı).....	22
Çizelge 4.4.	Deneme toprağı 2 ölçüm sonuçları (20 cm su derinliğı).....	23
Çizelge 4.5.	Deneme toprağı 2 ölçüm sonuçları (15 cm su derinliğı).....	24
Çizelge 4.6.	Deneme toprağı 2 ölçüm sonuçları (10 cm su derinliğı).....	25
Çizelge 4.7.	Deneme toprağı 3 ölçüm sonuçları (20 cm su derinliğı).....	26
Çizelge 4.8.	Deneme toprağı 3 ölçüm sonuçları (15 cm su derinliğı).....	27
Çizelge 4.9.	Deneme toprağı 3 ölçüm sonuçları (10 cm su derinliğı).....	28
Çizelge 4.10.	Deneme toprağı 4 ölçüm sonuçları (20 cm su derinliğı).....	29
Çizelge 4.11.	Deneme toprağı 4 ölçüm sonuçları (15 cm su derinliğı).....	30
Çizelge 4.12.	Deneme toprağı 4 ölçüm sonuçları (10 cm su derinliğı).....	31
Çizelge 4.13.	Deneme toprağı 5 ölçüm sonuçları (20 cm su derinliğı).....	32
Çizelge 4.14.	Deneme toprağı 5 ölçüm sonuçları (15 cm su derinliğı).....	33
Çizelge 4.15.	Deneme toprağı 5 ölçüm sonuçları (10 cm su derinliğı).....	34
Çizelge 4.16.	Deneme toprakları eklemeli infiltrasyon ve infiltrasyon hızı denklem verileri.....	35

SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
s	: Kum
c	: Kil
si	: Silt
d	: Derinlik
cm	: Santimetre
dak	: Dakika



1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu gıda tüketiminde artışa sebebiyet verdiğinden dolayı, gerekli tedbirler alınarak tarımsal üretimin arttırılması önem arz etmektedir. Ülkemiz kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde bulunması sebebiyle tarımsal üretimin arttırılması ve yetiştirilen ürünlerin kaliteli olması bakımından, toprak ve su arasında belirli bir denge yaratılarak, toprak ve su kaynaklarından en iyi şekilde yararlanmak gerekmektedir.

Tarım topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi verimlilik açısından belirleyici olmaktadır. Bu özelliklerin üzerinde yetiştirilecek olan bitkilerin verimlilik üzerine etkileri yönünden yurt içi ve yurt dışında çok sayıda çalışma yapılmıştır. Toprakların önemli bir özelliği olan infiltrasyon, toprak üzerine düşen yağışların veya toprağa uygulanan sulama sularının toprak profili içine girme özelliğini ifade etmektedir. Toprakların infiltrasyon hızı değeri sulama yönteminin seçiminde ve sulamaların planlanmasında kullanılacak temel özellik olmaktadır. İnfiltrasyon hızı, sulama yöntemlerinin seçimi yanında, bu yöntemlerin projelendirilmelerine de önemli ölçüde etki etmektedir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Suyun toprağa infiltrasyonu toprak tipleri arasında önemli değişiklikler gösterdiği gibi, koşulların değişik olması durumunda aynı toprak tipinde infiltrasyon hızı ve toprağa infiltre olan toplam su kalınlıkları bakımından önemli ayrıcalıklar beklenebilir.

Toprağın infiltrasyon hızı ile toprağa infiltre olan su kalınlığının bir takım parametreler yardımıyla kolayca bulunabilmesi çoğu kez arzu edilen bir durumdur. Bununla ilgili olarak yapılan birçok çalışma, söz konusu parametrelerin, infiltrasyon hızı ve infiltre olan su kalınlığıyla infiltrasyon süresi arasındaki ilişkileri ortaya koyan matematiksel eşitliklerin katsayı veya üslerinin olabileceğini göstermiştir. İnfiltrasyon süresinin matematiksel olarak ifade edilebilmesiyle eşitliklerdeki parametrelerden yararlanılarak toprağın infiltrasyon özelliği belirlenebilir. Ancak bu durum, eşitliklerin deneysel gözlemleri iyi temsil edip edemediğinin çeşitli toprak ve değişik koşullarda araştırılması gereğini ortaya çıkarır (Sönmez, 1980).

Su üretimi sınırlandıran gelişim etmenlerinin en önemlisidir. Bu nedenle sudan, toprağa eriştiği noktada en yüksek düzeyde yararlanılması temel ilke olarak benimsenmelidir. Bitki kök bölgesine gerekli olan suyu verebilmek için, suyun toprak yüzeyiyle belirli bir süre temasta olması gerekmektedir (Sönmez, 1980). Ayrıca toprağa verilen bitki besin elementlerinin çözünmesi ve bitki tarafından yararlı hale geçmesi bakımından su büyük bir önem arz etmektedir.

Yüzey altı sulama dışında tüm sulama yöntemlerinde su doğrudan doğruya toprak yüzeyine uygulanmakta ve oradan infiltrasyon yoluyla toprağa girerek bitkilerin daha sonraki kullanımları için kök bölgesinde depo edilmektedir (Delibaş, 1994).

Tarlaya ne kadar su verilmesi gerektiği ve bu suyun hangi sürede verileceğinin planlanmasında toprakların infiltrasyon özelliklerinden yararlanılır. Ayrıca; uygulayıcı, tarlaya verdiği suyun ne kadarının toprağa girdiğini ne kadarının yüzey akış ya da derine sızma yoluyla bitkiye yararışlı halden uzaklaştığını, bilmek ister (Delibaş ve Okuroğlu, 1987).

Suyun toprağa giriş hızı, sulama sistemlerinin planlanmasında önemli rol oynayan bir faktördür. Uzun tava, karık ve düz tava gibi sulama ünitelerinin boyutlandırılmasında, bunlara uygulanacak su debisi ve bu debinin uygulama süresinin belirlenmesinde, bitki kök bölgesinde ihtiyaç duyulan suyun depo edilmesi için gereken sürenin hesaplanmasında toprakların infiltrasyon hızlarından yararlanılır. Diğer taraftan yüzey sulamalarda tarlaya verilmesi gereken su miktarının belirlenmesinde, yağmurlama sulamada yağmurlayıcılarının debisinin tespitinde, drenaj problemlerinin çözümünde ve hidroloji de büyük önemi olan yüzey akış olayının analizinde infiltrasyon bilgisi ön planda yer alır (Delibaş, 1994).

Yüzey sulama yöntemlerinin planlanmasında bitki kök bölgesini dolduracak su miktarının verilmesi için gerekli sürenin hesaplanmasında, akış uzunlukları ve tava boyutlarının saptanmasında toprağın infiltrasyon özelliklerinin bilinmesi esastır (Lal ve Pandya, 1972).

Bir toprak için iyi bir uyum gösterdiği saptanan bir infiltrasyon eşitliğindeki parametrelerle toprağın başlangıç nem kapsamı ve toprak üzerinde göllendirilen su yüksekliği arasındaki ilişkiler biliniyorsa, suyun toprağa uygulanacağı andaki başlangıç nem kapsamı tayin edilerek bu ilişkiler yardımıyla o eşitlikteki parametreler elde edilebilir. Bu çalışmada böylelikle bulunacak parametre değerlerinin infiltrasyon eşitliğinde yerlerine konularak, toprağa verilmesi gereken su kalınlığı bilinciyle suyun toprağa uygulanma süresinin hesaplanabilmesi düşünülmüştür (Sönmez, 1980).

Giriş ile birlikte beş bölümden oluşan çalışmada, ikinci bölümde konuya ilişkin kaynak araştırması verilmiş, üçüncü bölümde materyal ve uygulanan yöntemler açıklanmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlar dördüncü bölümde verilmiş ve bunların tartışması ise son bölümde yer almıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. İnfiltrasyonun Tanımı

Hanks' e (Erie, 1962) göre infiltrasyon, sürekli ve çabucak değişen pek çok faktörün toplu etkisi ile meydana gelen oldukça karmaşık bir olaydır.

Yağmur veya sulama sularının toprak profili boyunca yer çekiminin etkisi ile yüzeyden aşağıya doğru inmesidir (Ekinci, 2015). İnfiltrasyon hızının zamana göre integrali toplam (eklemeli) infiltrasyonu verir, diğer bir ifade ile toplam infiltrasyon belli bir süre içerisinde toprağa giren su hacmidir (Delibaş, 1984).

İnfiltrasyon, yerçekimi ve kapillar kuvvetler etkisi ile meydana gelir. Toprak içerisine giren suyun hareketi toprakta mevcut bulunan nem koşullarına bağlı olarak her yönde olabildiği gibi genellikle düşey doğrultudadır (İstanbuluoğlu, 2015).

Toprak yüzeyine ulaşan yağış suları ya yüzeysel akış haline geçer ya da infiltrasyonla toprağa sızar. Yağış sularının infiltrasyonla toprağa sızan miktarının, yağış miktarına oranı, yağış şiddetinin infiltrasyon kapasitesini aşıp aşmamasına bağlıdır.

Her toprağın infiltrasyon kabiliyeti farklıdır. İnfiltrasyon üzerinde en önemli etkiyi topraktaki boşluklar yaratır. Suyun toprağa girme oranı veya bir toprağın birim zamanda absorbe edebileceği su miktarı infiltrasyon oranı olarak tanımlanır.

Suyun toprağa girerek aşağıya doğru hareketi neticesinde; Üst topraktaki tuz, kil, humus ve besin maddeleri aşağılara doğru taşınır ve belirli bir yerde birikebilir.

Toprak yüzeyindeki suyun toprağa geçişine ve profil içindeki hareketine engel olan faktörler genellikle toprak yüzeyinde oluşan faktörler olmasına rağmen, bunlar toprak profilinin farklı derinliklerinde de oluşabilir. Bir profildeki toprak katmanlarının (horizonlarının) infiltrasyon kapasitesi ise, katmandaki toprağın yapısına, bünyesine, hacim ağırlığına, mineralojisine, kimyasına ve katmanın nasıl oluştuğuna bağlıdır. Öte yandan düşük infiltrasyon kapasitesi, süreklilik göstermeyen büyük gözeneklerin noksanlığından ve büyük gözenekleri tıkayan ince toprak parçacıklarının ortamda olmasından kaynaklanmaktadır (Öztekin ve Öztekin, 2007).

Toprak profili, ana kaya veya ana materyal üzerinde uzanan toprak katına denilir. Herhangi bir toprak profiline bakıldığında yüzeyden alta doğru toprağın renk, yapı ve bünye gibi fiziksel özellikleri ile asitlik, besin kapasitesi gibi kimyasal özelliklerinin değiştiği görülür, ileride açıklanacağı üzere topraklar, toprak profilinde görülen bu değişme ve

horizonlaşma durumuna bağlı olarak sınıflandırılır. Yukarıda bahsedilen horizonlardan sadece A ve B horizonu esas toprak katını oluşturur. Buna toprağın gerçek toprak katıdır denilebilir (Anonim, 2018a).

Smith (1949), toprak strüktür tiplerinin infiltrasyon sürecine etkilerini ayrıntılı olarak eleştirmiş ve toprağın gözenek durumu ve tekstürünün infiltrasyonu tanımlamak için yeterli olmadığını, toprak strüktürü ile nem kapsamının gerekliliğini belirtmiştir. Araştırmacıya göre, horizonların infiltrasyon kapasitesi, yağış yüzey akışı ilişkileri söz konusu olduğunda önemli bir ölçü olarak ortaya çıkar. Kısa süreli intensif yağışlarda A horizonunun, uzun süreli yağışlarda ise B horizonunun infiltrasyon kapasitesi önem kazanır. C horizonu B ye oranla genellikle daha ince olamayacağı için yüzey akışı etkilemede B horizonundan daha az önemlidir (Sönmez, 1980).

2.2. Farklı Su Derinliklerinde İnfiltrasyon Çalışmaları

Schiff (1953), genç bir alluvial toprakta, göllendirilen su yüksekliğinin infiltrasyon üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmada yüzey alanı değişik olan tek ve çift silindirik infiltretreler kullanılmış ve toprak yüzeyinde 100 cm ye varan yüksekliklerde su göllendirilmiştir. Sonuç olarak, toprak yüzeyindeki su yüksekliğinin infiltrasyonu önemli derecede etkilendiği ve bazı toprakların infiltrasyon hızının normal olarak uygulanan su yüksekliklerinin artırılmasıyla yeteri oranda yükseltilebileceği ileri sürülmüştür. Ayrıca infiltrasyon hızındaki artışın doğrusal olduğu belirtilmiştir.

Aronovici (1945) yaptığı laboratuvar denemesinde, toprak üzerinde 2,5 ve 11 cm yüksekliklerde su göllendirilmiş ve bu yükseklikleri deneme süresince sabit tutulmuştur. Deneme sonunda artan su yüksekliğiyle infiltrasyon hızının arttığı görülmüştür.

Erie (1962)'e göre, hidrostatik yük, bazı topraklarda infiltrasyon hızını etkileyen en önemli etmendir. Araştırmacı, infiltrasyon hızı yüksek olan topraklarda, infiltrasyon hızı bakımından 2,5 cm ile 15 cm lik yükler arasında önemli farklar bulunmuştur.

Zaslavsky (1969), kuramsal ve deneysel yolla, toprak üzerindeki su yükünün bir fonksiyonu olarak bulunan infiltrasyon hızı değerlerini birbirleriyle karşılaştırmıştır. Su yüksekliği arttıkça, infiltrasyon hızının su yüksekliğiyle doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür.

Toprak üzerindeki su yüksekliğinin infiltrasyona etkisini araştıran Philip (1957), sulama bakımından önemli olan su yüksekliğiyle daha derin göllendirmelere uygulanabilecek kuramsal bir sonuç elde etmeye çalışmıştır. Araştırmacı, Yolo kili üzerinde bu konuyla ilgili

olarak yaptığı sayısal örnekten şu sonuçları çıkarmıştır. Toprak üzerindeki su yüksekliği artarken sorptivite ve kümülatif infiltrasyon da artmaktadır. İnfiltrasyon hızı üzerine su kalınlığının etkisi infiltrasyon ilerlerken giderek azalmaktadır. Philip (1957) bu çalışmasında, başlangıç nem kapsamındaki değişimin, toprak üzerindeki su yüksekliğinin infiltrasyona etkisi üzerine olabilecek katkısını da incelemiş ve şu sonuçları elde etmiştir. Toprağın başlangıç nem kapsamı artarken su yüksekliğinin infiltrasyon hızı üzerine olan nispi nem etkisi artmaktadır. Toprak üzerinde su yüksekliği sıfır olduğunda, başlangıç nem kapsamı artarken sorptivite azalmaktadır. Buna bağlı olarak, su yüksekliğinin artması durumunda, yüksekliğin sorptiviteye nispi katkısı başlangıç nem kapsamıyla artmaktadır. İnfiltrasyon üzerine su yüksekliğinin etkisi ıslak toprakta kuru toprağa oranla daha önemlidir.

Norum ve Gray (1970), toprak üzerinde göllendirilen su yüksekliklerinin sabit olduğu durumlarda, Kostyakov ve Philip eşitliklerindeki parametrelerin bulunabilmesinde eğri çakıştırma yönteminin uygulanabileceğini göstermişlerdir.

Schiff (1953), Aronovici (1955) ve Zaslavsky (1969) toprak üzerindeki su yüksekliği artışının infiltrasyon hızını arttırdığını göstermişlerdir. Philip (1957), Yolo kilinde yaptığı hesaplamalarda, toprak üzerindeki göllendirilen su yüksekliğinin artmasıyla sorptivite parametresinin sürekli olarak arttığı bulunmuştur. Talsma (1974), toprak üzerinde göllendirilen su yüksekliğinin Philip eşitliğindeki S parametresini arttırdığını belirtmiştir.

Musgrave (1955)' e göre, göllendirme koşullarında elde edilen infiltrasyon hızı değerleri, yağmurlama ile bulunanlardan genellikle yüksektir. Norum ve Gray (1970), yağmurlama ile belirlenen infiltrasyon hızı değerlerinin yüzeysel sulama amacıyla kullanılamayacağını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, suyun göllendirilme durumunda toprak üzerinde durduğunu, tarla koşullarında ise yüzeyden aktığına işaret ederek, erezyon, zerrelerin çökmesi ve yüzeyin kaplanması sonucu, yağmurlama ile edilen infiltrasyon hızı değerlerinin daha düşük olduğunu ileri sürmüşlerdir. Farrell ve Larson (1972), yağmurlanan yüzeyin geçirgenliğinin, yağmur damlasının darbe etkileri sonucu giderek azaldığını belirtmişlerdir (Sözmez, 1980).

2.3. İnfiltrasyon Hızı

İnfiltrasyon hızı; toprağın birim yüzeyinden birim zamanda toprak profiline giren suyun hacmi olarak bilinmektedir (Erşahin, 2001).

Musgrave, toprak yüzeyi ince birsu tabakası ile kaplandığında, birim zamanda toprak yüzeyinin birim alandan geçen su hacmini infiltrasyon hızı olarak tanımlamıştır. İnfiltrasyon hızı sabit bir değere erişinceye kadar zamanla azalır (Gardner, 1967).

İnfiltrasyon su ile doymun olmayan topraklarda meydana gelen bir olaydır. Toprak yüzeyi doymunluğa yaklaştıkça infiltrasyon hızıda toprağın hidrolik iletkenliğine yaklaşır (Lin ve ark., 1973). Bir toprağın belirli şartlar altında ve belli süre içinde suyu absorbe edebileceği en yüksek hıza infiltrasyon kapasitesi denir. İnfiltrasyon hızı, suyun toprağa uygulanış hızına bağlı olarak sıfırdan başlayarak bazı nisbi değerler alır ve infiltrasyon kapasitesine kadar yükselebilir. Eğer suyun uygulanış hızı infiltrasyon kapasitesinden yüksek ise yüzeyde su göllenmeleri ve arkasından yüzey akışı başlamaktadır (Delibaş, 1994).

2.4. İnfiltrasyona Etki Eden Faktörler

Herhangi bir noktada infiltrasyon kapasitesi, etmenlerinin bireysel etkilerine bağlı olduğu kadar etmenlerin kendi aralarında bulunan ilişkileri ile de yakından ilgilidir. Bazı etmenler sızma kapasitesinin yöresel olarak, diğerleri ise kapasitenin zamana göre değişiklik göstermesine neden olurlar. Kapasitenin zamana göre değişiklik göstermesine neden olan etmenlerden bir kısmı yağmur süresince kapasitenin azalmasında, diğer bir kısmı ise kapasitenin mevsimlere göre değişiklik göstermesinde etkili olurlar (İstanbuluoğlu, 2015).

Ayrıca, uzun süreli yağışların görüldüğü bahar aylarında, toprak profilinde bulunabilecek geçirimsiz tabaka, toprağın infiltrasyon hızını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu koşulların oluşması halinde, ortaya çıkabilecek olumsuzluklar toprak işleme ile kontrol edilebilir (Erşahin, 2001).

İnfiltrasyonu etkileyen en önemli faktörler toprağın strüktür, tekstür, sıkışma, nem içeriği, sıcaklık derecesi, koloidal ve organik madde, hapsedilmiş hava ve sıcaklık dağılımı gibi fiziksel özellikleri ile diğer kimyasal ve biyolojik özellikleridir. Ayrıca toprak yüzeyinin meyil derecesi, topoğrafik yapısı, bitki örtüsü, toprak işleme durumu, toprağın kültüre alınma tarzı, otlama durumu su uygulama süresi ve yağış şiddeti de infiltrasyon üzerinde etkilidir (Delibaş, 1994). İnfiltrasyonu etkileyen en önemli faktörler aşağıda sırasıyla açıklamalı olarak şu faktörlerdir;

2.4.1. Sulama suyunun kalitesinin infiltrasyona etkisi

Az tuzlu sular, (< 0.5 dS/m ve özellikle < 0.2 dS/m) toprak strüktürü ve agregatları üzerinde kuvvetli stabilize etkisi olan kalsiyum gibi iyonların ve ayrıca çözünebilir tuz ve minerallerin, topraktan yıkanarak uzaklaştırılmasına neden olur. Çözünebilir tuzlar ve kalsiyumsuz bir toprak dispers yapıdadır. Dispers olmuş ince toprak taneleri, küçük gözenek boşluklarının bir kısmını doldurarak, yüzeyi geçirimsiz kılar ve yüzey toprağında suyun infiltrasyonunu önemli ölçüde azaltır. Bu durum sık sık toprakta kabuk oluşumuna ve bitki çimlenmesinde sorunlara yol açar (Anonim, 2018b).

Fazla miktarda sodyum içeren sularla sulama yapıldığında, sodyumun kalsiyum ve magnezyuma göre nisbi miktarı arttıkça alkalilik zararı artmakta ve yüzey toprakları dispers hale geçerek toprakların su geçirgenlikleri çok azalmakta ve işlenebilme özellikleri kötüleşmektedir. Bunun neticesi olarak sulama suyunun bitki kök, bölgesine girişi engellenmekte ve bitkiler susuzluktan solmaktadır. Alkali topraklarda, toprak zerrelere tarafından absorbe edilmiş olan sodyum toprağın yapısını bozar ve toprağı geçirimsiz hale getirir. Sulama suyu fazla miktarda sodyum olması infiltrasyonu azaltmaktadır (Delibaş ve Yüksel, 1987).

2.4.2. Toprak strüktürü (yapısı)

Bireysel toprak parçacıklarının (kum, silt ve kil), toprak sistemi içerisinde gerçekleşen birçok olay ve süreç altında, ortamda bulunan bağlayıcı, yapıştırıcı ve çimentolayıcı maddelerin etkisiyle bir araya gelerek çeşitli yapılarda kümeleşmesidir.

Kumlu topraklar kaba bünyeli hafif topraklardır. En az % 85 kum içerirler. Bu toprakların su ve hava geçirgenlikleri oldukça iyi, drenaj problemleri yoktur, kolaylıkla işlenebilen topraklardır. Besin depolama kapasiteleri ve su tutma yetenekleri sınırlı olduğundan tarımsal açıdan üretim potansiyelleri düşüktür.

Tınlı topraklar orta bünyeli topraklardır. Kum, kil ve silt oranları hemen hemen eşittir. Kil ve organik madde içerikleri kumlu topraklara göre daha yüksektir. Tınlı topraklar tarımsal açıdan orta düzeyde verimli ancak fiziksel özellikler bakımından bitki yetiştiriciliğine en uygun topraklardır.

Killi topraklar ince bünyeli ağır topraklardır. En az % 40 kil içerirler. Su ve hava geçirgenlikleri oldukça düşüktür. Besin elementi ve su depolama kapasitesi yüksektir. Drenaj yetersizliği ve havalanma sorunu görülebilir (Anonim, 2018c).

Topraktaki boşlukların olması infiltrasyon hızını artırır. Buna göre boşluğu fazla olan kumlu topraklar, boşluğu daha az olan killi topraklara oranla suyu daha fazla infiltre ederler. Toprak içerisinde kum miktarı arttıkça infiltrasyon hızı da artar. Ancak su tutma kapasitesi yönünden killi topraklar daha fazla su tutabilirler.

2.4.3. Sıkışma derecesi

İnsan, araç ve hayvan trafiğinin yoğun olduğu yörelerde toprakların infiltrasyon kapasitesi, üst toprak katmanlarının sıkışarak geçirimsiz hale dönüşmesi nedeni ile düşüktür. Örnek olarak aşırı otlatılmış meralar, oyun alanları, toprak yollar gösterilebilir. İsviçre’de yapılan bir araştırmada, 10 cm derinliğinde yağmur suyunun 2 dakika içerisinde orman toprağına girmesine karşın, aşırı otlatılmış mera toprağında aynı miktarlarda suyun toprağına girmesinin 3 saatlik bir zaman gerektirdiğini ortaya çıkarmıştır (İstanbuluoğlu, 2015). Zeminin sıkıştırılarak boşluklarının azaltılmasını ve daha sıkı bir yerleşime sahip olmasını sağlayan, mekanik işlemler olarak tanımlanabilir. Sıkışma infiltrasyonu azaltmaktadır. Toprak sıkışması alt ve üst sıkışması olarak ortaya çıkmaktadır.

Alt toprak sıkışması toprak işleme derinliğinin altında kalan bölgede oluşan sıkışma türüdür ve giderek artan traktör ve biçerdöver aks yüklerinin artması sonucu ortaya çıkmaktadır.

Tarım sektöründe makineleşmenin paralelinde gelen intensif tarım, toprak üzerinde daha fazla alet ve makinalarının kullanılmasına, yani toprağına yapılan baskının artmasına neden olmuştur. Örneğin, 1948 yılında ülkemizdeki traktör sayısı 3.000 dolaylarında iken, 1988 yılında bu sayı 650.000 civarındadır (Aksakal, 2004). Günümüzde ise bu sayı 1.863.000 adete ulaşmıştır (Anonim, 2018d). Ayrıca, 1948 ile 1968 yılları arasında ortalama traktör ağırlığı 2.7 ile 4.5 ton arasında iken bugün ortalama traktör ağırlığının 6.8 ton olduğu ve traktöre bağlanan komplike makinelerle bu ağırlığın daha da artacağı belirtilmektedir (Aksakal, 2004).

Özellikle, toprak işleme aletlerinin (pulluk, diskaro gibi) açtığı çizi tabanı, traktör tekerlekleri tarafından çiğnenerek sıkıştırılmakta ve toprak işleme derinliğinde sert bir katman olan pulluk, diskaro tabanı oluşmaktadır.

Bu sert katman, infiltrasyonu azalttığı gibi bitki kök gelişimini engellemekte, hidrolik iletkenliği ve verimi azaltabilmektedir. Tarımda kullanılan traktör ve biçerdöverlerin tekerlekleri, hayvanlar ve toprak işleme aletleri, uyguladıkları dış kuvvetlerle toprağı bastırmakta ve sıkıştırmaktadır. Bu kuvvetler, toprak mukavemeti (penetrasyon direnci),

hacim ağırlığı, gözeneklilik ve gözenek boyutu gibi fiziksel özellikleri etkilemektedir. Toprakta sıkışma sonucu, penetrasyon direnci ve hacim ağırlığı artmakta, gözeneklilik oranı ve hava-su hareketini büyük oranda sağlayan makro gözeneklerin boyutları küçülmektedir.

Artan sıkışma ile birlikte toprak suyunun infiltrasyon hızı düşmektedir. Bu yüzey akış yoluyla su ve toprak erezyonuna neden olmaktadır. Tesviyesi iyi olan arazilerde drenajın kötü olması yüzünden su, tarla yüzeyinde uzun süre kalabilmektedir. Toprak sıkışması ile birlikte, bitki besin elementleri dinamiğide değişebilmekte; amonifikasyon, nitrifikasyon ve genellikle azot fiksasyonu azalmaktadır. Sıkışmış topraklar, uzun süre nemli kalabildiklerinden denitrifikasyon artmaktadır. Sıkışmış toprak, traktör çeki etkinliğini arttırmaktadır, ancak toprağın işlenmesi için daha fazla enerji gerektirmektedir. Ayrıca toprak işleme aletleri aşırı sıkışmış topraklarda verimli çalışmayabilirler. Toprak sıkışması ile ilgili en önemli endişe, sıkışmanın verime olan etkisidir. Parsel başlarında, dönüşlerde ve tarla girişlerinde olan aşırı trafik nedeniyle bitki gelişiminin engellendiği görülmektedir. Ancak bu ekstrem durumlar dışında kalan daha az sıkışma durumunda toprak sıkışmasının verime olan etkisini belirleyebilmek kolay değildir. Verim yıldan yıla ve konuma bağlı olarak değişmektedir. Sıkışması gidermek için herhangi bir önlem alınmadığında verim ortalama olarak % 10-20 oranında azalabilmektedir. Toprak sıkışması nedeniyle sıkışma derecesine bağlı olarak şeker pancarında %25, kışlık arpada %45, kışlık buğdayda %34 ve patatesten %17 'ye varan verim azalmaları rapor edilmiştir (Arslan, 2006).

Üst toprak sıkışması her bir aks üzerinde 5 tondan daha az ağırlık bulunması durumunda meydana gelen tekerlek trafiği sıkışması olan yüzey toprak sıkışması, genellikle toprağın üst 10 cm'lik kısmında etkisini gösterir. Bu bölgede meydana gelen sıkışma toprağın işlenmesiyle, kaldırılabilir (Anonim, 2012).

2.4.4. Organik madde içeriği

Toprak organik maddesi enerji, besin ve biyolojik çeşitlilik ile biyolojik aktiviteye destek sağlayarak toprak agregat oluşumuna ve suyun infiltrasyonuna etki gibi birçok toprak fonksiyonunda anahtar rol oynamaktadır. Toprak içerisinde organik maddenin artması infiltrasyon hızın artmasına, kolloidal materyalin artması ise infiltrasyon hızının azalmasına neden olur.

Yapılan bir çalışmada farklı düzeylerde yapılan çiftlik gübresi uygulamasının toprağın infiltrasyon kapasitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada çiftlik gübresi uygulamalarından bir saat sonra yapılan yağmurlama ile toprağa giren su miktarı ölçülmüş ve

çiftlik gübresi uygulamasının artan miktarlarıyla birlikte toprağa giren su miktarında da önemli düzeyde artışın meydana geldiği belirtilmiştir. Yine araştırmacılar yaptıkları bir çalışmada farklı düzeylerde saman uygulayarak infiltrasyondaki değişimi araştırmışlardır. Çalışmada, 2,5 ton/ha üzerindeki yüksek oranlarda yapılan saman uygulamalarında en yüksek infiltrasyon seviyesinin elde edildiği bildirilmiştir (Yılmaz ve Alagöz, 2008).

Toprak yüzeyi bitki veya bitki artıkları ile örtülü olduğu zaman infiltrasyon hızı artar, yüzey akışı azalır. Bitki örtüsünün bulunmadığı topraklara sulama veya yağışlar yoluyla su verildiği zaman, üst toprak gevşek ise başlangıçta infiltrasyon hızı yüksektir, fakat kısa bir süre sonra toprak yüzeyinde ince materyalin parçalanarak çatlak ve yarık gibi açıklıkları tıkanması yüzünden infiltrasyon hızı düşmeye başlar (Delibaş, 1994).

Toprak yüzeyini örten bitkisel materyal, ister orman ister otsu vejetasyon olsun, bu örtü tabakasının toprak yüzeyinde oluşturduğu ölü örtü katı, toprak-bitki-su arasındaki doğal dengede önemli rol oynar. Bu konuda yapılan pek çok araştırma göstermiştir ki, toprak yüzeyini kaplayan iyi bir ölü örtü tabakası hem toprak yüzeyinin strüktürünü muhafaza etmesi, hem de bu ölü örtü tabakasının çok yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle yüzeysel akışın azalmasına, buna karşılık infiltrasyonla toprağa giren suyun miktarının artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca bu ölü örtünün su kalitesini artırıcı bir filtre etkisi yaptığı da bilinmektedir (Asan ve Şengönül, 1987).

2.4.5. Toprak nemi

Tarla koşullarında yağmur veya sulama suyunun toprağa infiltrasyonu, genellikle suyun nem bakımından uniform olmayan toprak profili içerisine sızmasıdır. İnfiltrasyondan önce, drenaj ve buharlaşma ve terleme nedeni ile toprağın nem kapsamı derinlikle artış gösterir.

Bodman ve Coman (1944) yaptıkları labarotuar denemelerinde, infiltrasyon hızlarındaki azalmaların infiltrasyon süresince su potansiyeli gradienti düşüşünün bir sonucu olduğunu göstermişlerdir. Başlangıç nem kapsamının infiltrasyon hızı üzerine yaptığı etkiyi incelediklerinde, başlangıç nem kapsamının yüksek olması durumunda infiltrasyon hızının düşük olduğunu görmüşlerdir. Araştırmacılar, infiltrasyon esnasında toprak kitlesinde dört bölgenin varlığını ortaya koymuşlardır. Bunlar; satürasyon bölgesi, geçiş bölgesi, iletim bölgesi ve ıslanma bölgesidir.

Kuru bir toprak yüzeyi aniden satüre duruma getirilince, ince bir yüzey tabakasını etkileyen nem gradientinin çok büyük olması nedeniyle, infiltrasyon hızının başlangıçta

yüksek olduğu görülür. Islak cephe derine indikçe tansiyon eğimi ve buna bağlı olarak da infiltrasyon hızı azalır. Tüm profil satüre duruma gelince infiltrasyon hızı sabitleşir ve eğer toprak homojen ve strüktür bakımından kararlı ise infiltrasyon hızı satüre hidrolik kondaktivite değerine erişir. Philip (1954), toprağın nem kapsamıyla toplam infiltrasyon ve infiltrasyon hızı arasında fonksiyonel bir ilişki bularak, toprağın başlangıç nem kapsamının toprağın infiltrasyon özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ileri sürmüştür

Tisdall (1951), killi, killi tın ve kumlu tın bünyeye sahip topraklarda yaptığı çalışmada, toprağın başlangıç nem kapsamıyla infiltrasyon hızı arasında ilişki araştırmıştır. Yaklaşık olarak 30 cm çapında infiltrometrelerle yürüttüğü denemelerde 2 saat süreli gözlem yapmış ve toprağın üst 30 cm lik katından nem ve doğal yoğunluk belirlemesi için örnek almıştır. Kuruma ile çatlamayan kumlu toprakta 2 saatlik infiltrasyon hızı ile nem kapsamı arasında doğrusal, kuruma ile çatlayan killi tın ve killi topraklarda ise eğrisel ilişkiler elde edilmiştir. Her iki durumda azalan nem kapsamıyla 2 saatlik infiltrasyon hızının arttığı görülmüştür. Denemde elde edilen değerlerden yararlanılarak Kostiakov eşitliğindeki parametrelerle toprağın başlangıç nem kapsamı arasında doğrusal, çatlayan topraklarda ise eğrisel ilişkiler bulunmuştur. Eşitlikteki üs ile nem kapsamı arasındaki ilişki çok belirgin olmamakla birlikte ters yönde bir eğilim görülmüştür (Sönmez, 1980).

Islak topraklarda gözeneklerin bir kısmı su ile dolu olduğundan bu tip topraklarda infiltrasyon hızı nemli ve kuru topraklara göre daha düşüktür. Toprağın su alma hızı, kuru topraklarda yüksek, nemli topraklarda düşüktür.

2.4.6. Toprak yüzeyindeki su yüksekliği

Taban suyunun seviyesinin toprak yüzeyine yakın olması yukarı doğru kapiller su hareketine neden olacağı için infiltrasyon hızını azaltır. Suyun profil içindeki hareketine kolloidlerin şişmesi ve toprak daneleri arasında tutulmuş hava da menfi yönde hareket eder (Anonim, 2018e).

2.5. İnfiltrasyon Eşitlikleri

Suyun topraktaki hareketi ile ilgili çalışmalar yapan pek çok araştırmacı infiltrasyon süresi ile infiltrasyon hızı veya toplam infiltrasyon arasında var olan ilişkiyi matematiksel olarak ifade etmeyi amaçlamışlar ve birtakım eşitlikler geliştirmişlerdir. Günümüzde kullanılan bu infiltrasyon eşitlikleri Philip, Gardner-Widstoe ve Horton, Kostiakov ve değiştirilmiş Kostiakov eşitlikleridir (Delibaş, 1994).

Philip Eşitliği:

$$Z = St^{1/2} + At \quad (1)$$

Gardner-Widstoe ve Horton Eşitliği:

$$Z = Ct + \frac{B}{k} (1 - e^{-kt}) \quad (2)$$

Kostiakov Eşitliği:

$$Z = kt^a \quad (3)$$

Değiştirilmiş Kostiakov Eşitliği:

$$Z = Ct + kt^a \quad (4)$$

Yukarıdaki toplam infiltrasyon eşitlikleri zamana göre türetildiğinde infiltrasyon hızı için şu eşitlikler elde edilebilir;

Philip Eşitliği:

$$I = \frac{1}{2} S \cdot t^{-1/2} + A \quad (5)$$

Gardner-Widstoe ve Horton Eşitliği

$$I = C + Be^{-kt} \quad (6)$$

Kostiakov Eşitliği:

$$I = akt^{a-1} \Rightarrow I = Kt^n \quad (a-1 = n \text{ ve } ak = K \text{ olmak üzere}) \quad (7)$$

Değiştirilmiş Kostiakov Eşitliği:

$$I = C + Kt^n \quad (8)$$

1-8 Nolu eşitliklerde;

Z = belirli bir t süresinde infiltre olan toplam su derinliği,

A, S, k = toprak özelliklerine bağlı katsayılar,

t = zaman,

B ; $t = 0$ iken infiltrasyon hızının aldığı değer ile son infiltrasyon hızı arasındaki

Fark ($B = I_0 - C$)

$C = t \rightarrow \infty$ için infiltrasyon hızının aldığı değer,

n = infiltrasyon hızının zamanla değişimini gösteren ve değeri 0 ile -1 arasında değişen bir üs,

e = tabii logaritma tabanı ($e = 2,718$) 'dır.

K : $t = 1$ anındaki infiltrasyon hızı,

Sulama uygulamalarında en yaygın olarak Kostiakov Eşitliği kullanılmaktadır ve genellikle;

$$Z = kt^a$$

şeklinde ifade edilmektedir. İnfiltrasyon ölçümlerinde bu eşitlikteki k ve a parametrelerinin toprak çeşitlerine bağlı olarak aldıkları değerler bulunmaya çalışılır ve toprakların infiltrasyon eşitlikleri elde edilir. Bu parametreler bulunduktan sonra gerekirse bunlardan yararlanılarak n ve K parametreleri de hesaplanarak $I = Kt^n$ şeklindeki infiltrasyon hızı eşitliği de elde edilebilir (Delibaş, 1994).

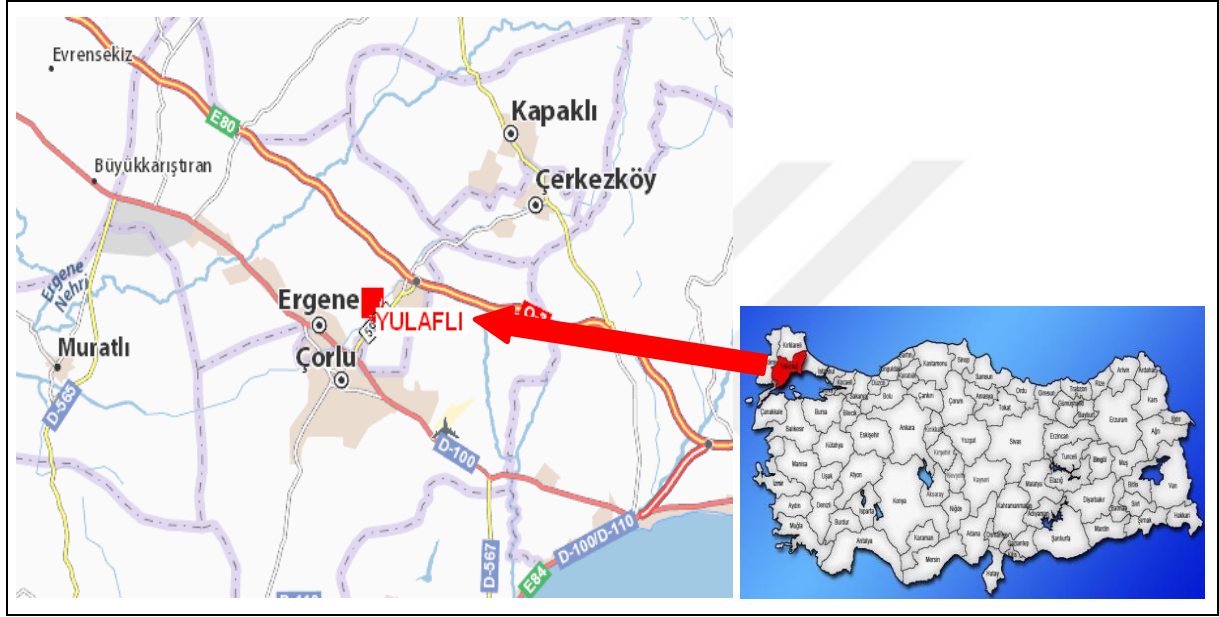


3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

Araştırma Çorlu-Çerkezköy yoluna 1 km uzaklıkta, Tekirdağ il merkezine 45 km, Tekirdağ İli Ergene İlçesi Yulaflı Mahallesiindeki farklı arazilerde yürütülmüştür. Araştırma alanının denizden yüksekliği ortalama 145 m, enlem derecesi 41°13' kuzey, boylam derecesi ise 27°49'doğudur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Araştırma alanının yeri ve konumu

3.1.2. Araştırma bölgesinin iklim özellikleri

Araştırma alanı iç kesimde yer alması ve karasal iklim hakim olup, Yazları kurak ve sıcak, kışları ise yağışlı ve soğuktur. Trakya' da en az yağış alan bölgedir. Yağışların % 20 si ilkbahar, %10'u yaz, %30'u sonbahar ve %40'ı kış mevsiminde düşmektedir. Ortalama rüzgarın yönü Kuzey-kuzey doğudur ve rüzgarın hızı 3.6 m/sn. ye kadar yükselir. Bu rüzgarlar fazla yağış getirmezler. Nemli hava kütlelerini getiren ve yağışa neden olan rüzgarlar güney ve güneybatı yönlü Lodos ve Kıbledir. Karayel ise soğuk hava dalgasını getirerek kar yağışına sebep olur. Yıllık sıcaklık ortalaması 12.6 °C., en yüksek sıcaklık ortalaması 18.2 °C., en düşük sıcaklık ortalaması 8.1 °C dir. Çorlu Karadeniz ile Akdeniz arasında yer aldığı için bu iklim bölgelerinin etkileri altında kalır. Kuzeyden inen soğuk hava kütleleri ile güneyden Akdeniz ve Ege den gelen nemli, ılık hava akımları bölge iklim yapısını belirler (Anonim, 2018f).

3.1.3. Araştırma bölgesinin toprak özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü tarla parselleri genel olarak kumlu, tınlı ve killi bünyeye sahip, organik madde içeriği düşük ve orta düzeyde, potasyumca zengin topraklardan oluşmaktadır. Alanda taban suyu, tuzluluk ve sodyumluk gibi sorunlar bulunmamaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü tarla parsellerinde eğim yoktur.

3.2. Yöntem

Bu bölümde, araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri dikkate alınarak, değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre ile farklı su derinliklerinin infiltrasyona etkileri araştırılmıştır.

3.2.1. Toprak örneklerinin alınması

Denemelere başlamadan önce belirlenen arazilerden pulluk derinliğinden alınan toprak numunelerinin tekstür analizi yapılarak sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Alınan toprak örneklerinin tekstür analizi sonuçları

Deneme	% Kum Oranı (s)	% Kil Oranı (c)	% Silt Oranı (si)	Tekstür Sınıfı
Toprak-1	46,97	38,79	14,23	Kumlu kil
Toprak-2	57,26	28,57	14,16	Kumlu killi tın
Toprak-3	64,90	22,08	13,00	Kumlu killi tın
Toprak-4	70,40	22,72	6,88	Kumlu killi tın
Toprak-5	80,54	10,08	9,36	Kumlu tın

3.2.2. Deneme düzeni ve araştırma konuları

Araştırma 5 (beş) farklı toprak tekstürüne sahip arazide yürütülmüştür. Belirlenen noktalarda pulluk derinliğindeki toprak katmanından örnekler alınarak tekstür analizi yapılmıştır. Belirlenen her noktada infiltrometre testi uygulanmıştır. Bu testlerde başlangıçtaki su derinliği 20 cm, 15 cm ve 10 cm olarak belirlenmiştir. 20 cm’ den 15 cm’ e indiğinde, 15 cm’ den 10 cm’ e indiğinde, 10 cm’ den 5 cm’ e indiğinde su ilave edilerek başlangıç seviyesine getirilmiştir. Elde edilen sonuçlar kullanılarak $Z = Kt^a$ eşitliğinin parametreleri belirlenmiştir.

3.2.3. İnfiltrasyonun Ölçülmesi

İnfiltrasyonun ölçülmesinde kullanılmak üzere çeşitli tarla yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler; tek veya çift silindirli infiltrometreler, yapay yağmurlayıcılar, giren çıkan akış ölçümleri, göllendirme ve karık infiltrometre yöntemleridir (Norum ve Gray, 1970). Bu yöntemlerin hemen hepsi toprak üzerinde bir su kütlesinin göllendirilmesi esasına dayanır ve bu durum su akışında karşılaşılan yüzey koşullarını göstermekten uzaktır (Lal ve Pandya, 1972).

Christiansen ve arkadaşları (1966) belli bir süre içerisinde tarlaya verilen su miktarının, aynı süre içerisinde toprağa infiltre olan ve yüzeyde depolanan su hacimlerinin toplamına eşit olduğunu kabul ederek infiltrasyonun ölçülmesinde hacim – denge yönetimini geliştirmişlerdir. Araştırmacılar bu yöntemle Kostiakov eşitliğindeki parametreleri hesaplamışlardır (Delibaş, 1984).

İnfiltrasyon özellikleri bakımından dikkatle alındığında, bir tarla toprağının çok değişken bir materyel olduğu hesaba katılmalıdır. Toprak, yüzeyden aşağı kısımlara doğru profil boyunca gerek yapı gerekse su iletim özellikleri bakımından farklılıklar gösterdiği gibi, bir tarlanın her tarafındaki topraklarda bu özellikler bakımından aynı olmayabilir. Bu nedenlerden ve infiltrasyonu etkileyen diğer faktörlerden dolayı, infiltrasyon hızının ölçülmesinde bazı güçlükler söz konusu olabilir, en azından yeteri doğrulukta ölçümler elde etmek güçtür. Sulama yapılacak alan bir bütün olarak ele alındığında, bu alanı temsil edebilecek ortalama bir infiltrasyon hızının bulunması ise başka bir problem olmaktadır. Yine de infiltrasyon hızının ölçümü, hiç olmazsa yaklaşık olarak tahmini amacıyla çeşitli tarla yöntemleri geliştirilmiş olup halen uygulanmaktadır. Bu yöntemler arasında kesin olarak şu yöntem iyi veya şu yöntem yetersiz diye bir ayrım yapmak mümkün değildir. Bu konu ile araştırmacıların görüşleri farklıdır, bir kısmın yetersiz gördüğü bir yöntem başkaları tarafından uygulamaya değer bulunabilmektedir (Delibaş, 1994).

Çift silindirli infiltrometre yönteminin esası, belirli ölçülere sahip bir metal silindir içerisinde sağlanan değişken su yükü altında toprağa giren su miktarının zamana göre ölçülmesidir. Dıştaki silindirin amacı iç silindirde bulunan suyun yanlara doğru olan hareketini engellemektir. Çift silindir infiltrometre testlerinin uygulandığı yerde (Şekil 3.3), köstebek, tarla faresi, karınca vb. hayvanların yuvalarının bulunmamasına, arazide bulunan toprak çatlamlarına ve arazinin çok fazla taşlık olmamasına dikkat edilerek deneme topraklarında infiltrometre ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.2. Çift silindirli infiltrometre



Şekil 3.3. İnfiltrometrenin ölçüm için hazırlanması



Şekil 3.4. Su ile doldurulmuş çift silindirli infiltrometre

Toprağın su alma hızının saptanmasında, değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre yöntemi uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasında Delibaş (1994) belirtilen ilkelere uygun biçimde ölçmeler yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Deneme arazilerinde yapılan çalışmalarda Şekil 3.2'deki değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre kullanılmıştır. Bu infiltrometre düzeninde iç silindirin çapı 26 cm, dış silindirin çapı 44 cm dir. Yükseklikleri 40 cm olan bu silindirler yaklaşık olarak toprağın 10 cm derinliğine çakılmışlardır ve Şekil 3.4'deki gibi belirlenen su derinliklerine göre su ile doldurulmuşlardır. Ölçümler yaklaşık olarak 2 saatlik süreler halinde yapılmıştır. Arazide ölçümlerde kullanılan su traktöre bağlı 800 kg kapasiteli pülvarizatör ile karşılanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

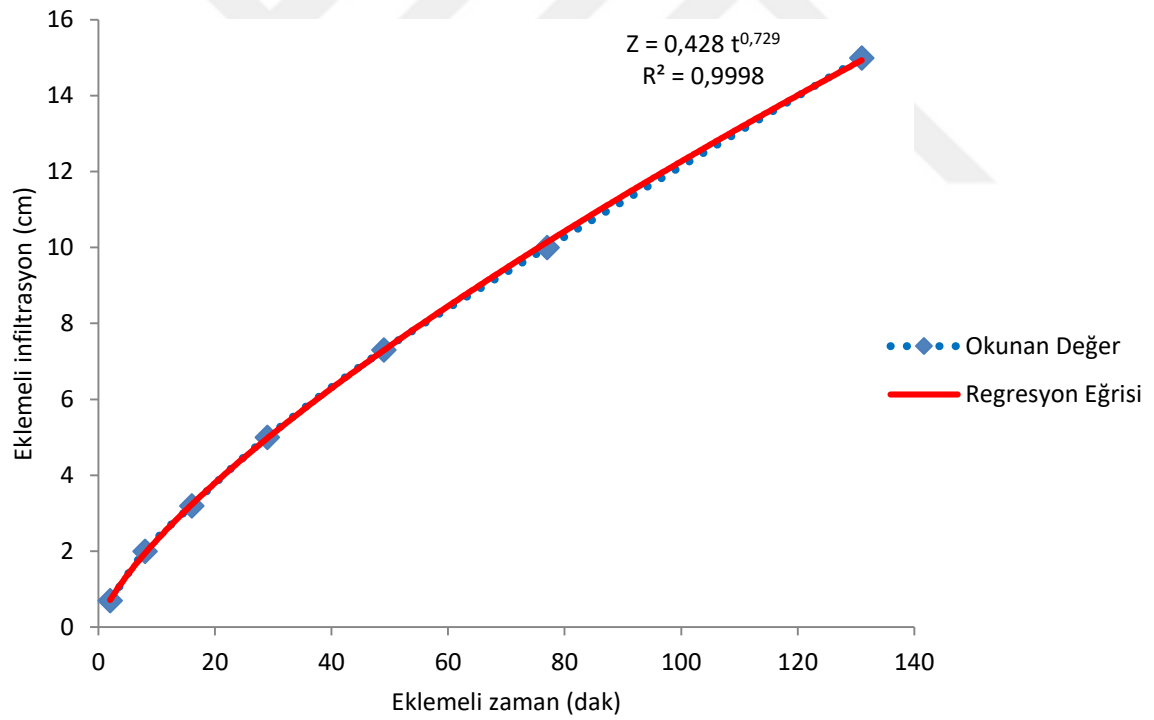
Bu bölümde, farklı tekstüre sahip araştırma alanı topraklarının 20, 15 ve 10 cm su derinliklerinin infiltrasyona etkileri değerlendirilmiştir. Ölçümlerden infiltrasyon denklemlerinin elde edilmesi için, ölçüm sırasında kaydedilen zaman ve su seviyeleri aşağıdaki çizelgelerde düzenlenmiştir. Çizelge 1. ve 4. sütunlarındaki değerler ölçüm esnasında kaydedilmiştir. Ölçüm değerleri kullanılarak grafikler oluşturulmuş ve ölçümü gerçekleştirilen çalışma topraklarında, toplam infiltrasyon ve toplam infiltrasyon hızı verileri elde edilmiştir.

4.1. Deneme Toprakları Toplam İnfiltrasyon ve Toplam İnfiltrasyon Hızı Sonuçları

Araştırma alanı toprağı infiltrasyon ölçümlerine ilişkin elde edilen veriler, 20 cm su derinliğindeki 15 cm su derinliğindeki 10 cm su derinliğindeki farklı toprak tekstürlerinde yapılmıştır. Farklı tekstüre sahip 5 deneme toprağı için, 3 farklı su derinliğinde toplam 15 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde su derinliği 5 cm düştüğünde su eklenerek başlangıçtaki su derinliği seviyesine getirilmiştir. Ölçümler 2 - 2,5 saat süreyle devam etmiştir. Excelde üs regresyon türü seçilerek, toplam dakika ve toplam infiltre olan su ölçümü verileri kullanılmıştır. $Z = k.t^a$ eşitliğine uygun olarak grafik eğrileri oluşturulmuş, toplam infiltrasyon ve infiltrasyon hızı denklemleri bulunmuştur. Elde edilen eşitlikler Çizelge 4.16'da topluca verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme toprağı 1 ölçüm sonuçları (20 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
18:29			20			
18:31	2	2	19,3	0,7		0,7
18:37	6	8	18	1,3		2
18:45	8	16	16,8	1,2		3,2
18:54	13	29	15	1,8		5
18:58		29	20		5	
19:18	20	49	17,7	2,3		7,3
19:44	28	77	15	2,7		10
19:44		77	20		5	
20:40	54	131	15	5		15



Şekil 4.1. Deneme toprağı 1 infiltrasyon grafiğı (20 cm su derinliğı)

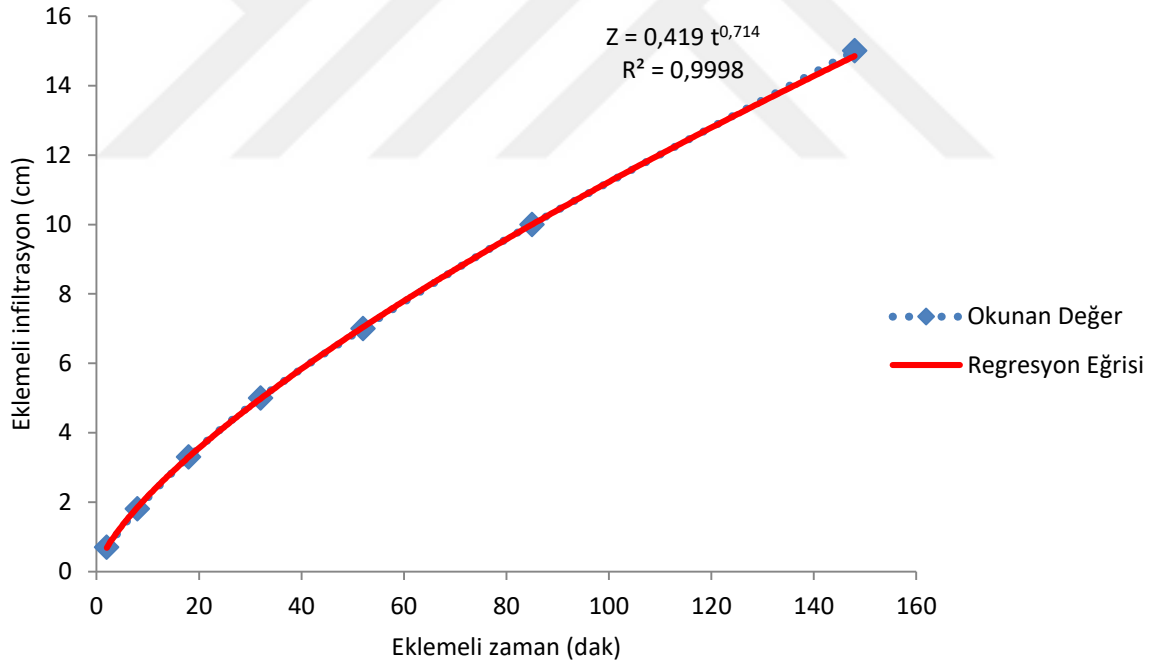
Çizelge 4.1'e göre Şekil 4.1'den elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 0,428 t^{0,729} \text{ cm,}$$

$$I = 0,312 t^{-0,271} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.2. Deneme toprağı 1 ölçüm sonuçları (15 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
08:00			15			
08:02	2	2	14,3	0,7		0,7
08:08	6	8	13,2	1,1		1,8
08:18	10	18	11,7	1,5		3,3
08:32	14	32	10	1,7		5
08:32		32	15		5	
08:52	20	52	13	2		7
09:25	33	85	10	3		10
09:25		85	15		5	
10:28	63	148	10	5		15



Şekil 4.2. Deneme toprağı 1 infiltrasyon grafiğı (15 cm su derinliğı)

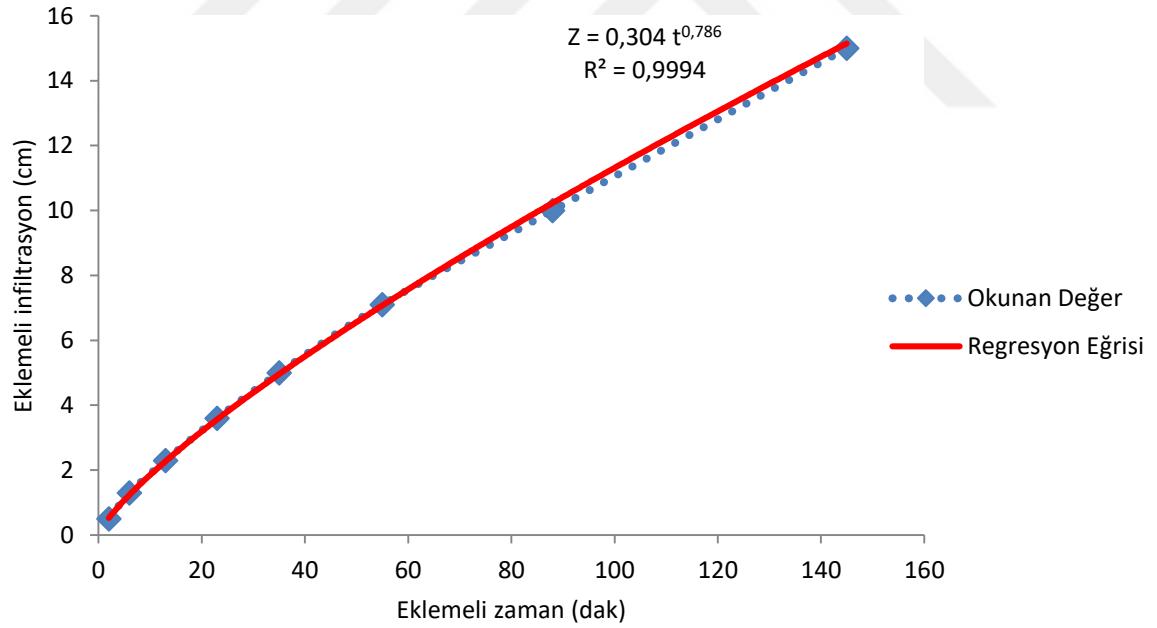
Çizelge 4.2'e göre Şekil 4.2'den elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 0,419 t^{0,714} \text{ cm,}$$

$$I = 0,299 t^{-0,286} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.3. Deneme arazi 1 ölçüm sonuçları (10 cm su derinliği)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
11:30			10			
11:32	2	2	9,5	0,5		0,5
11:36	4	6	8,7	0,8		1,3
11:43	7	13	7,7	1		2,3
11:53	10	23	6,4	1,3		3,6
12:05	12	35	5	1,4		5
12:05		35	10		5	
12:25	20	55	7,9	2,1		7,1
12:58	33	88	5	2,9		10
12:58		88	10		5	
13:55	57	145	5	5		15



Şekil 4.3. Deneme toprağı 1 infiltrasyon grafiğı (10 cm su derinliğı)

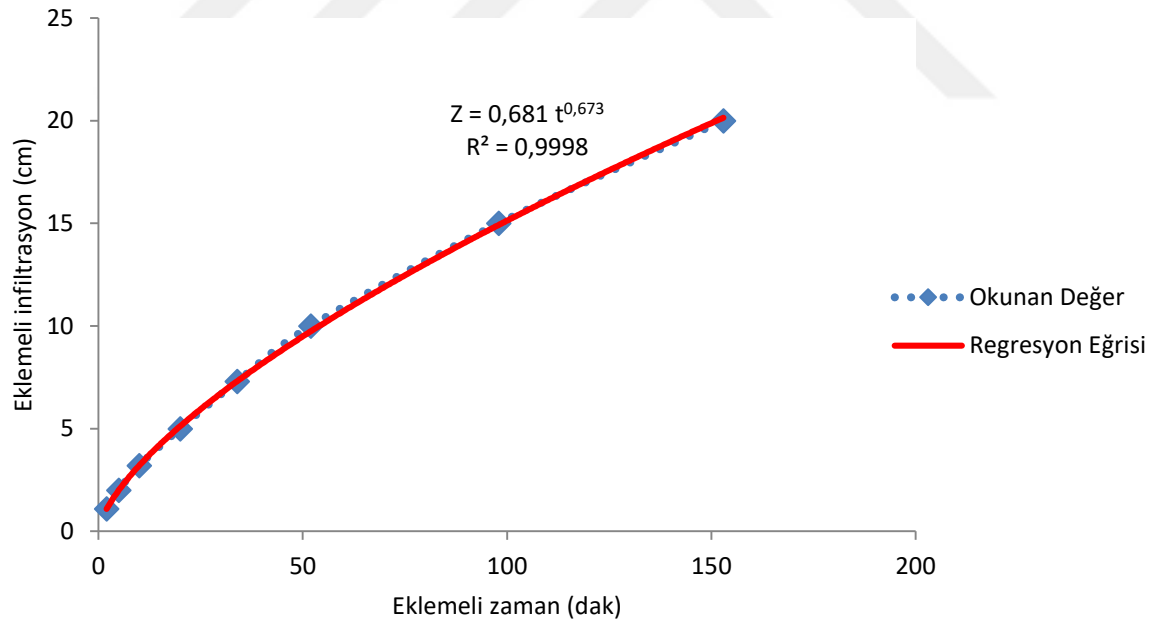
Çizelge 4.3'e göre Şekil 4.3'ten elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 0,304 t^{0,786} \text{ cm,}$$

$$I = 0,239 t^{-0,214} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.4. Deneme toprağı 2 ölçüm sonuçları (20 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
09:15			20			
09:17	2	2	18,9	1,1		1,1
09:20	3	5	18	0,9		2
09:25	5	10	16,8	1,2		3,2
09:35	10	20	15	1,8		5
09:35		20	20		5	
09:49	12	34	17,7	2,3		7,3
10:07	20	52	15	2,7		10
10:07		52	20		5	
10:52	45	98	15	5		15
10:52		98	20		5	
11:48	56	153	15	5		20



Şekil 4.4. Deneme toprağı 2 infiltrasyon grafiğı (20 cm su derinliğı)

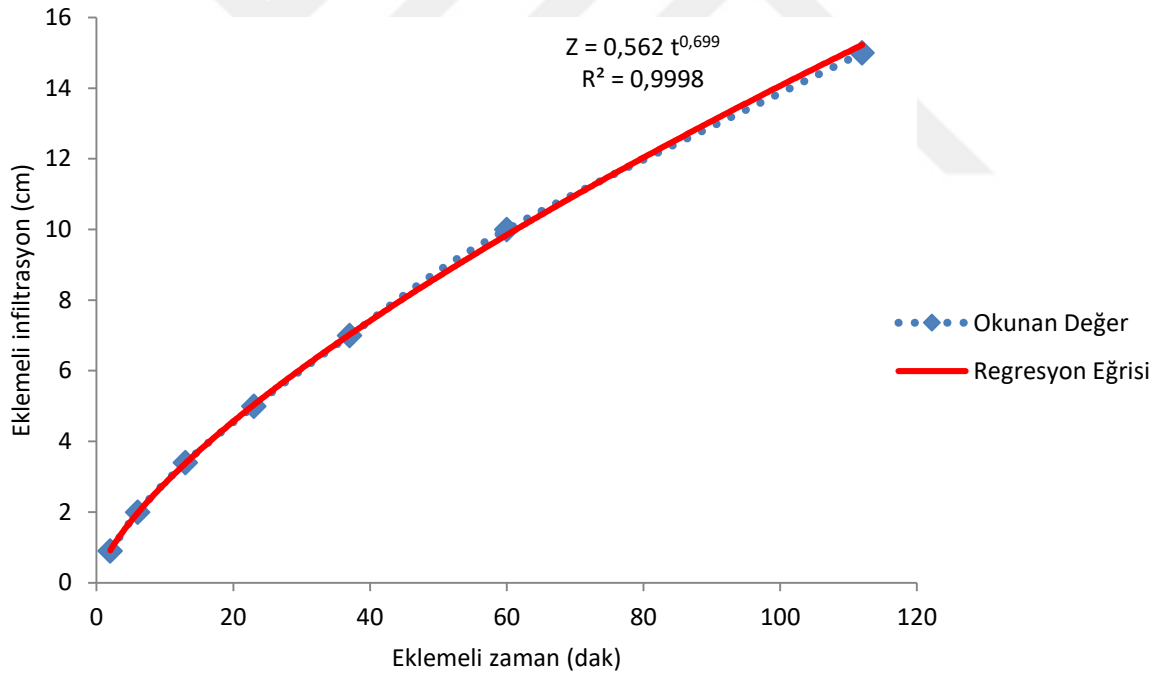
Çizelge 4.4'e göre Şekil 4.4'ten elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 0,681 t^{0,673} \text{ cm,}$$

$$I = 0,458 t^{-0,327} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.5. Deneme toprağı 2 ölçüm sonuçları (15 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
14:00			15			
14:02	2	2	14,1	0,9		0,9
14:06	4	6	13	1,1		2
14:13	7	13	11,6	1,4		3,4
14:23	10	23	10	1,6		5
14:23		23	15		5	
14:37	14	37	13	2		7
15:00	23	60	10	3		10
15:00		60	15		5	
15:52	52	112	10	5		15



Şekil 4.5. Deneme toprağı 2 infiltrasyon grafiğı (15 cm su derinliğı)

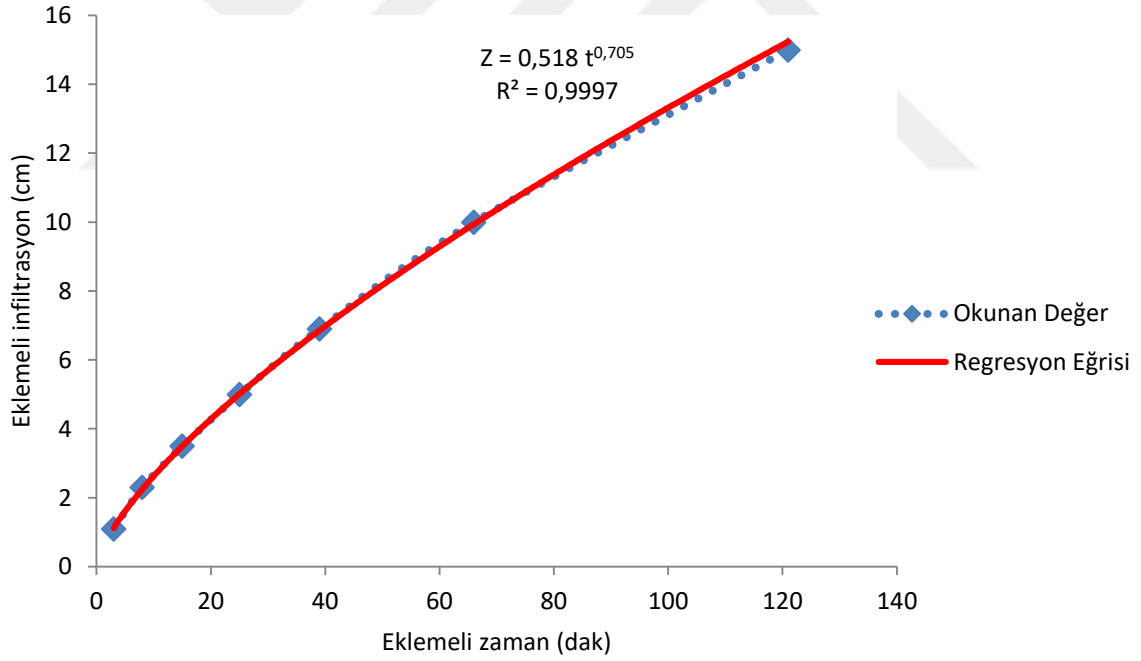
Çizelge 4.5'e göre Şekil 4.5'ten elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir;

$$Z = 0,562 t^{0,699} \text{ cm,}$$

$$I = 0,392 t^{-0,301} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.6. Deneme toprağı 2 ölçüm sonuçları (10 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
18:00			10			
18:03	3	3	8,9	1,1		1,1
18:08	5	8	7,7	1,2		2,3
18:15	7	15	6,5	1,2		3,5
18:25	10	25	5	1,5		5
18:25		25	10		5	
18:39	14	39	8,1	1,9		6,9
19:06	27	66	5	3,1		10
19:06		66	10		5	
20:01	55	121	5	5		15



Şekil 4.6. Deneme toprağı 2 infiltrasyon grafiğı (10 cm su derinliğı)

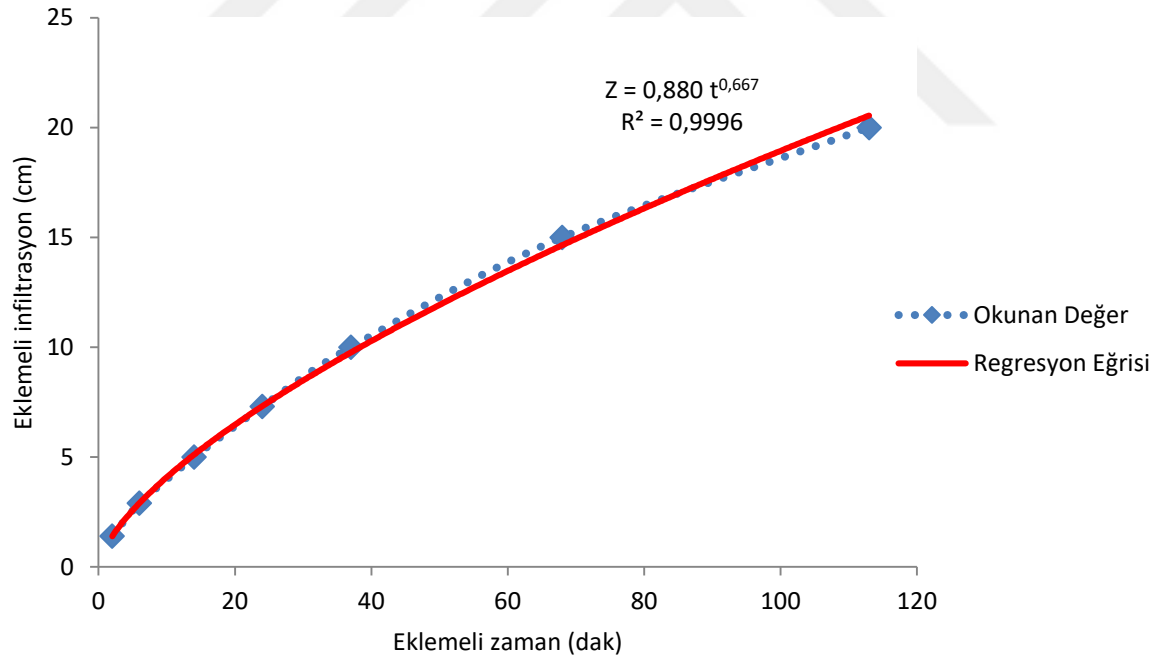
Çizelge 4.6'ya göre Şekil 4.6'dan elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 0,518 t^{0,705} \text{ cm,}$$

$$I = 0,365 t^{-0,295} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.7. Deneme toprağı 3 ölçüm sonuçları (20 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
13:30			20			
13:32	2	2	18,6	1,4		1,4
13:36	4	6	17,1	1,5		2,9
13:44	8	14	15	2,1		5
13:44		14	20		5	
13:54	10	24	17,7	2,3		7,3
14:07	13	37	15	2,7		10
14:07		37	20		5	
14:38	31	68	15	5		15
14:38		68	20		5	
15:23	45	113	15	5		20



Şekil 4.7. Deneme toprağı 3 infiltrasyon grafiğı (20 cm su derinliğı)

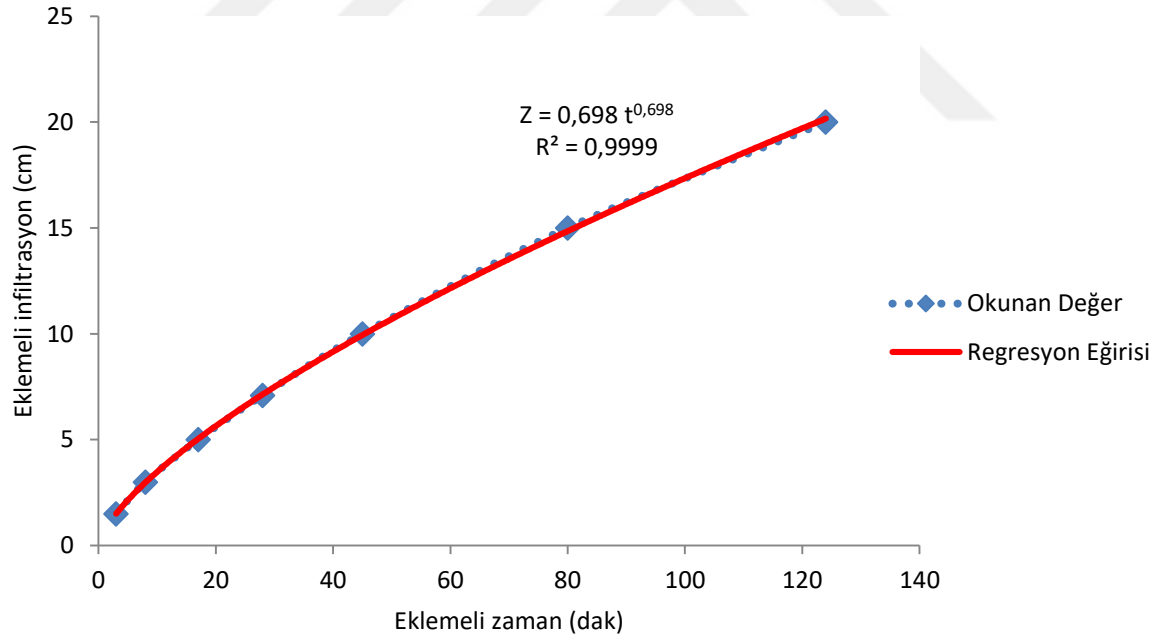
Çizelge 4.7'ye göre Şekil 4.7'den elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 0,880 t^{0,667} \text{ cm,}$$

$$I = 0,587 t^{-0,333} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.8. Deneme toprağı 3 ölçüm sonuçları (15 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
17:20			15			
17:23	3	3	13,5	1,5		1,5
17:28	5	8	12	1,5		3
17:37	9	17	10	2		5
17:37		17	15		5	
17:48	11	28	12,9	2,1		7,1
18:05	17	45	10	2,9		10
18:05		45	15		5	
18:40	35	80	10	5		15
18:40		80	15		5	
19:24	44	124	10	5		20



Şekil 4.8. Deneme toprağı 3 infiltrasyon grafiğı (15 cm su derinliğı)

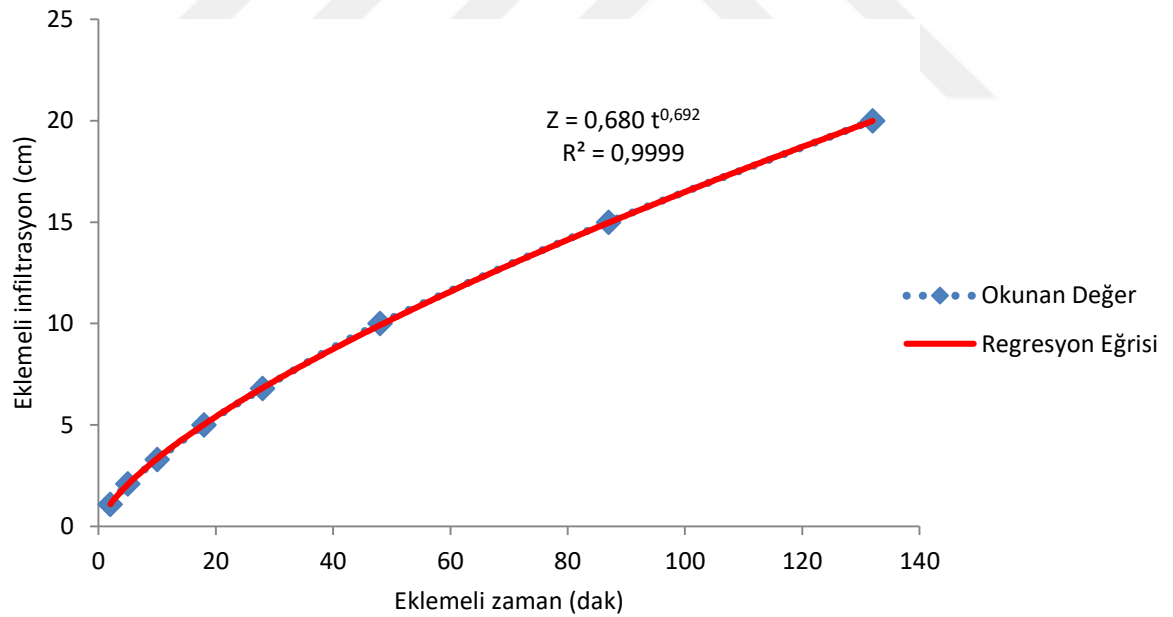
Çizelge 4.8'e göre Şekil 4.8'den elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 0,698 t^{0,698} \text{ cm,}$$

$$I = 0,487 t^{-0,302} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.9. Deneme toprağı 3 ölçüm sonuçları (10 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
08:25			10			
08:27	2	2	8,9	1,1		1,1
08:30	3	5	7,9	1		2,1
08:35	5	10	6,7	1,2		3,3
08:43	8	18	5	1,7		5
08:43		18	10		5	
08:53	10	28	8,2	1,8		6,8
09:13	20	48	5	3,2		10
09:13		48	10		5	
09:52	39	87	5	5		15
09:52		87	10		5	
10:37	45	132	5	5		20



Şekil 4.9. Deneme toprağı 3 infiltrasyon grafiğı (10 cm su derinliğı)

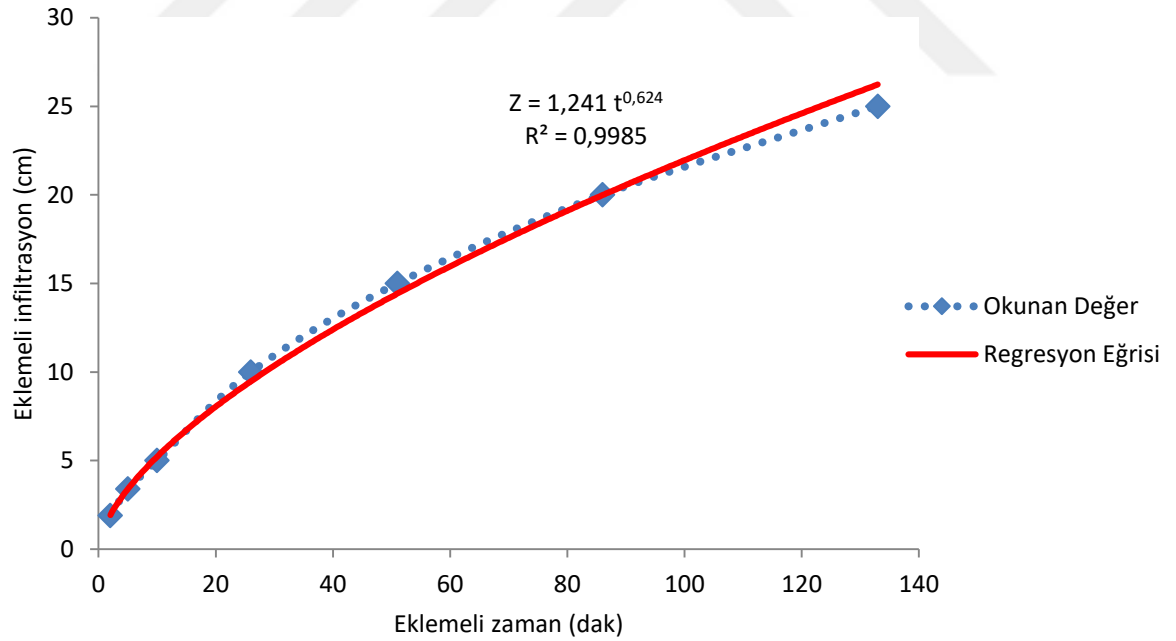
Çizelge 4.9'a göre Şekil 4.9'dan elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 0,680 t^{0,692} \text{ cm,}$$

$$I = 0,471 t^{-0,308} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.10. Deneme toprağı 4 ölçüm sonuçları (20 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
13:00			20			
13:02	2	2	18,1	1,9		1,9
13:05	3	5	16,6	1,5		3,4
13:10	5	10	15	1,6		5
13:10		10	20		5	
13:26	16	26	15	5		10
13:26		26	20		5	
13:51	25	51	15	5		15
13:51		51	20		5	
14:26	35	86	15	5		20
14:26		86	20		5	
15:13	47	133	15	5		25



Şekil 4.10. Deneme toprağı 4 infiltrasyon grafiğı (20 cm su derinliğı)

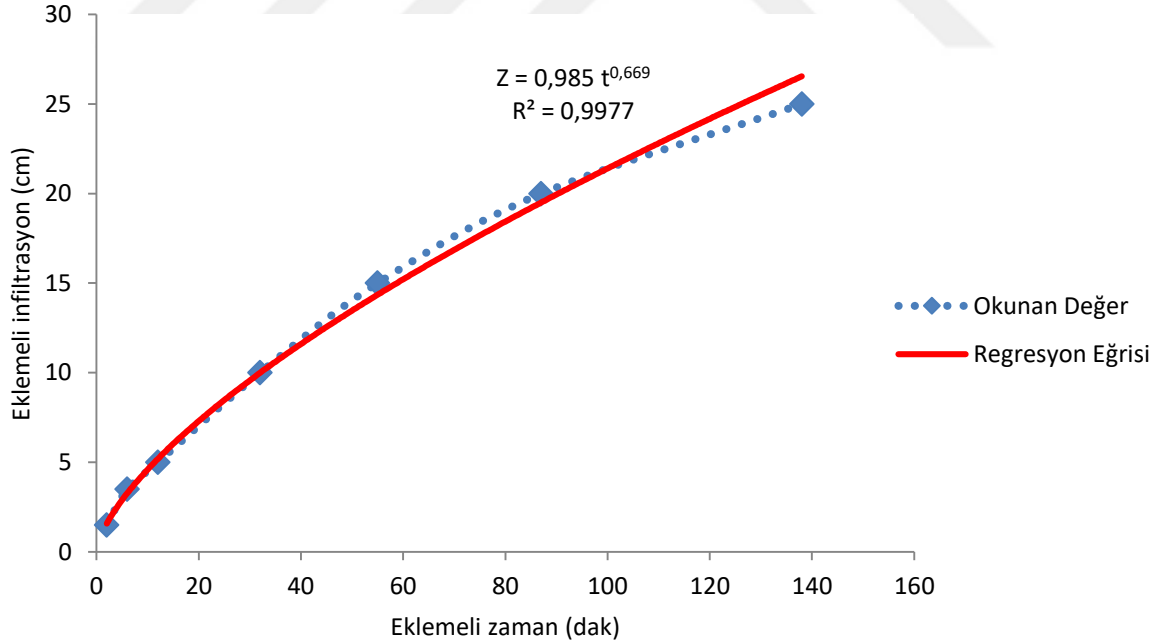
Çizelge 4.10'a göre Şekil 4.10'dan elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir;

$$Z = 1,241 t^{0,624} \text{ cm,}$$

$$I = 0,774 t^{-0,376} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.11. Deneme toprağı 4 ölçüm sonuçları (15 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
17:50			15			
17:52	2	2	13,5	1,5		1,5
17:56	4	6	11,5	2		3,5
18:02	6	12	10	1,5		5
18:02		12	15		5	
18:22	20	32	10	5		10
18:22		32	15		5	
18:45	23	55	10	5		15
18:45		55	15		5	
19:17	32	87	10	5		20
19:17		87	15		5	
20:08	51	138	10	5		25



Şekil 4.11. Deneme toprağı 4 infiltrasyon grafiğı (15 cm su derinliğı)

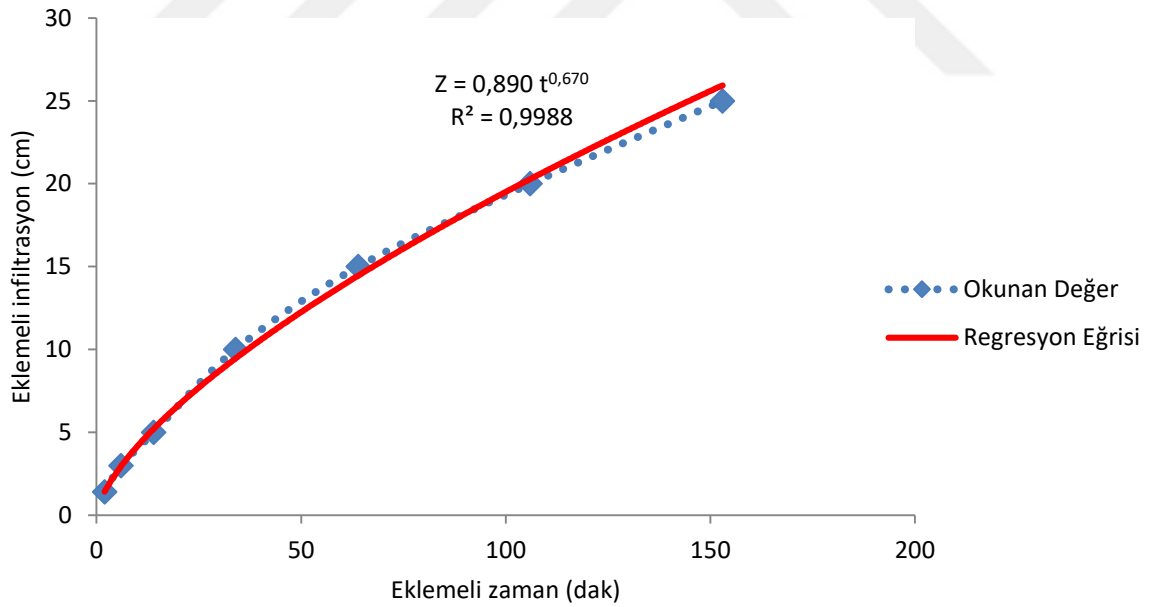
Çizelge 4.11'e göre Şekil 4.11'den elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir;

$$Z = 0,985 t^{0,669} \text{ cm,}$$

$$I = 0,659 t^{-0,331} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.12. Deneme toprağı 4 ölçüm sonuçları (10 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
17:00			10			
17:02	2	2	8,6	1,4		1,4
17:06	4	6	7	1,6		3
17:14	8	14	5	2		5
17:14		14	10		5	
17:34	20	34	5	5		10
17:34		34	10		5	
18:04	30	64	5	5		15
18:04		64	10		5	
18:46	42	106	5	5		20
18:46		106	10		5	
19:33	47	153	5	5		25



Şekil 4.12. Deneme toprağı 4 infiltrasyon grafiğı (10 cm su derinliğı)

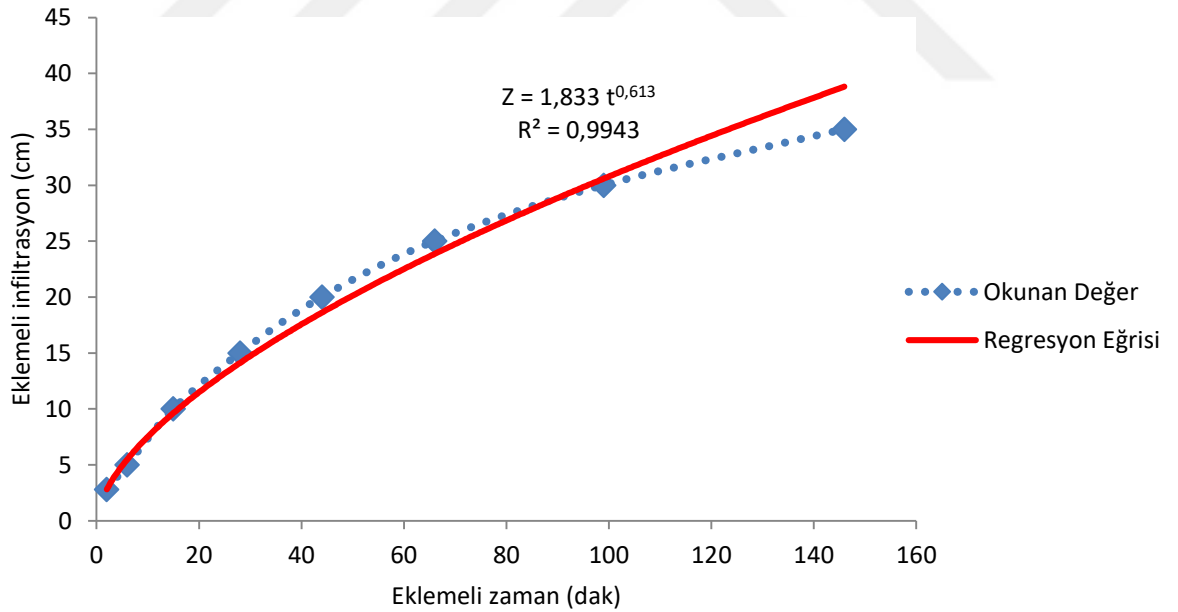
Çizelge 4.12'ye göre Şekil 4.12'den elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 0,890 t^{0,670} \text{ cm}$$

$$I = 0,596 t^{-0,330} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.13. Deneme toprağı 5 ölçüm sonuçları (20 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
11:41			20			
11:43	2	2	17,2	2,8		2,8
11:47	4	6	15	2,2		5
11:47		6	20		5	
11:56	9	15	15	5		10
11:56		15	20		5	
12:09	13	28	15	5		15
12:09		28	20		5	
12:25	16	44	15	5		20
12:25		44	20		5	
12:47	22	66	15	5		25
12:47		66	20		5	
13:20	33	99	15	5		30
13:20		99	20		5	
14:07	47	146	15	5		35



Şekil 4.13. Deneme toprağı 5 infiltrasyon grafiğı (20 cm su derinliğı)

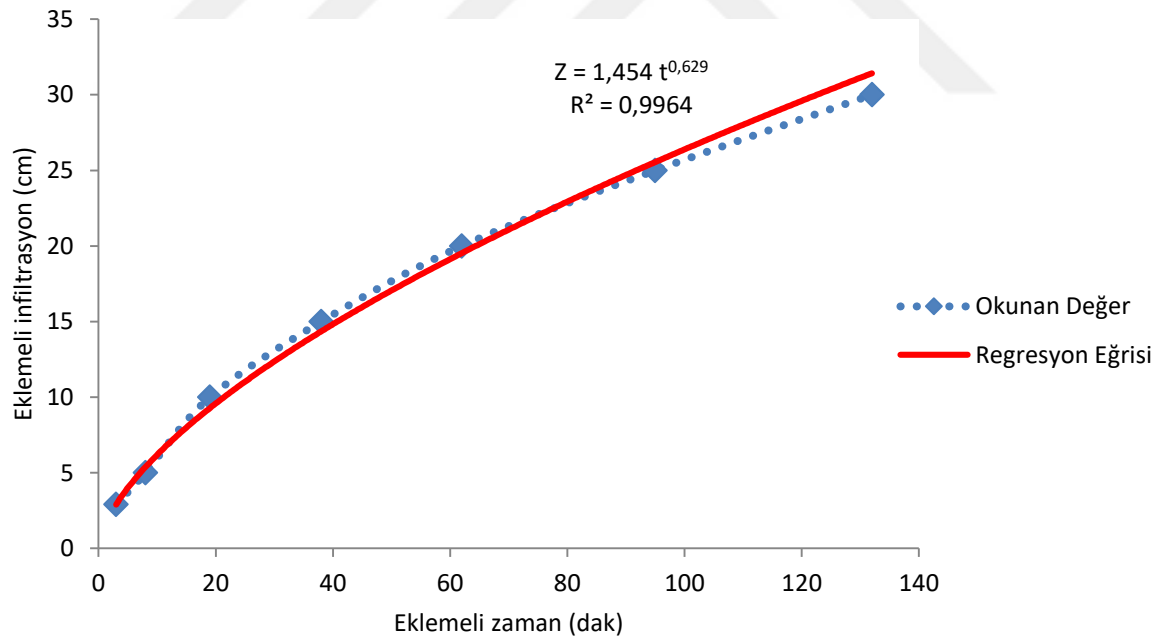
Çizelge 4.13'e göre Şekil 4.13'ten elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 1,833 t^{0,613} \text{ cm}$$

$$I = 1,124 t^{-0,387} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.14. Deneme toprağı 5 ölçüm sonuçları (15 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
16:45			15			
16:48	3	3	12,1	2,9		2,9
16:53	5	8	10	2,1		5
16:53		8	15		5	
17:04	11	19	10	5		10
17:04		19	15		5	
17:23	19	38	10	5		15
17:23		38	15		5	
17:47	24	62	10	5		20
17:47		62	15		5	
18:20	33	95	10	5		25
18:20		95	15		5	
18:57	37	132	10	5		30



Şekil 4.14. Deneme toprağı 5 infiltrasyon grafiğı (15 cm su derinliğı)

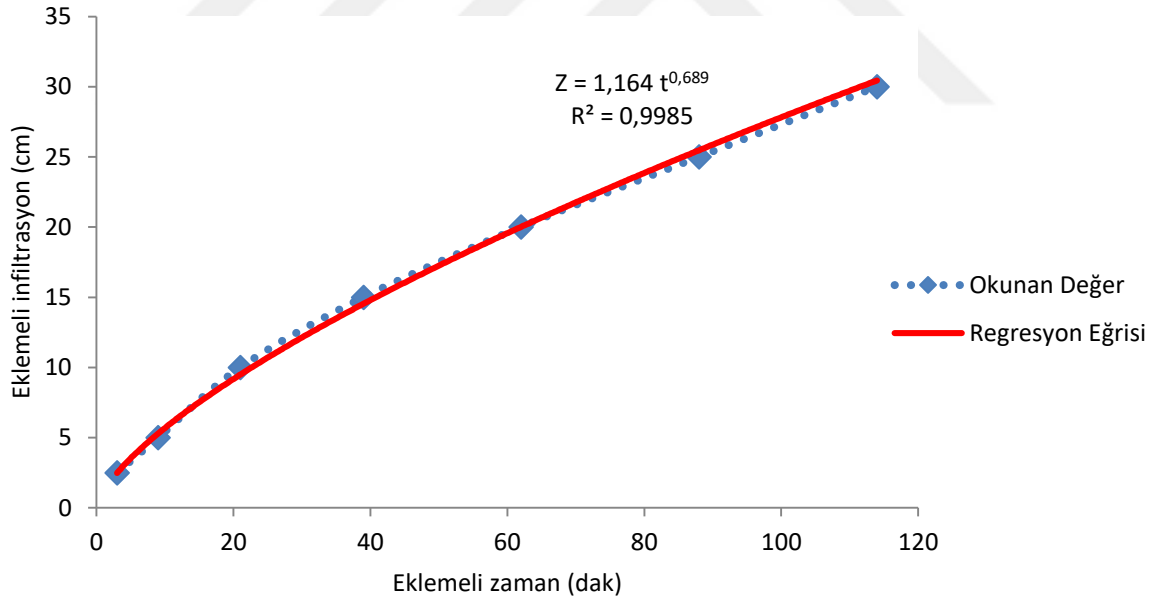
Çizelge 4.14'e göre Şekil 4.14'ten elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 1,454 t^{0,629} \text{ cm}$$

$$I = 0,914 t^{-0,371} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.15. Deneme toprağı 5 ölçüm sonuçları (10 cm su derinliğı)

Zaman (dak)			İnfiltrasyon olan su (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen Su (cm)	Toplam (cm)
08:00			10			
08:03	3	3	7,5	2,5		2,5
08:09	6	9	5	2,5		5
08:09		9	10		5	
08:21	12	21	5	5		10
08:21		21	10		5	
08:39	18	39	5	5		15
08:39		39	10		5	
09:02	23	62	5	5		20
09:02		62	10		5	
09:28	26	88	5	5		25
09:28		88	10		5	
09:54	26	114	5	5		30



Şekil 4.15. Deneme toprağı 5 infiltrasyon grafiğı (10 cm su derinliğı)

Çizelge 4.15'e göre Şekil 4.15'ten elde edilen infiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir ;

$$Z = 1,164 t^{0,689} \text{ cm,}$$

$$I = 0,802 t^{-0,311} \text{ cm/dak}$$

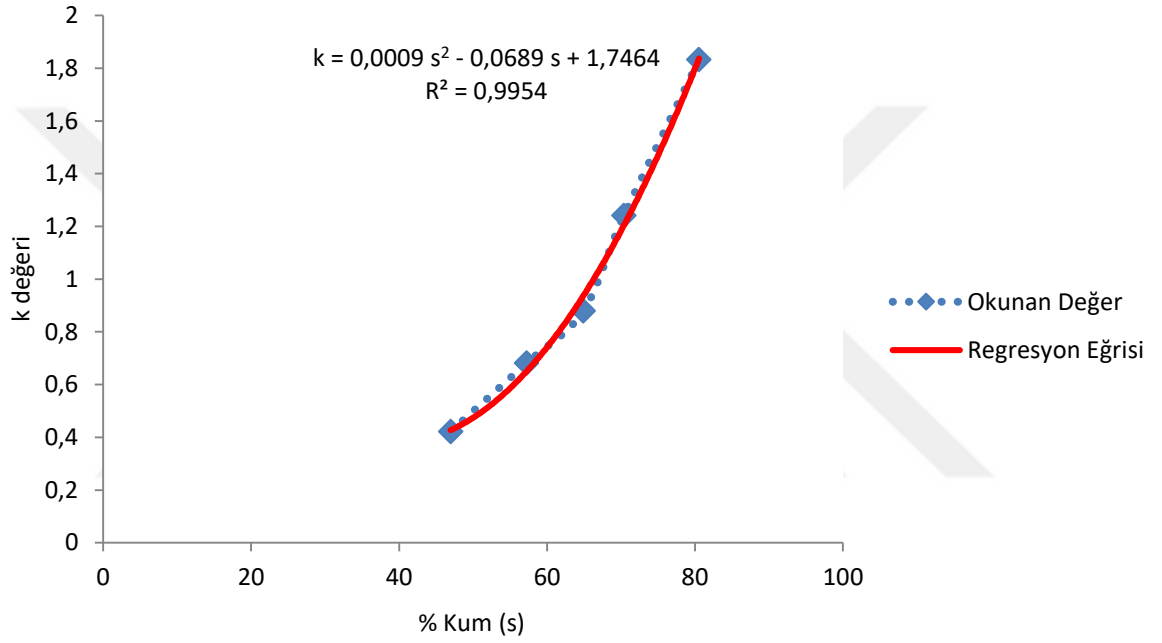
Çizelge 4.16. Deneme toprakları eklemeli infiltrasyon ve infiltrasyon hızı denklem verileri

Deneme no	Deneme toprağı su derinliğı	Eklemeli toplam infiltrasyon denklemi	İnfiltrasyon hızı denklemi
1	20 cm	$Z = 0,428 t^{0,729}$	$I = 0,312 t^{-0,271}$
	15 cm	$Z = 0,419 t^{0,714}$	$I = 0,299 t^{-0,286}$
	10 cm	$Z = 0,304 t^{0,786}$	$I = 0,239 t^{-0,214}$
2	20 cm	$Z = 0,681 t^{0,673}$	$I = 0,458 t^{-0,327}$
	15 cm	$Z = 0,562 t^{0,699}$	$I = 0,392 t^{-0,301}$
	10 cm	$Z = 0,518 t^{0,705}$	$I = 0,365 t^{-0,295}$
3	20 cm	$Z = 0,880 t^{0,667}$	$I = 0,587 t^{-0,333}$
	15 cm	$Z = 0,698 t^{0,698}$	$I = 0,487 t^{-0,302}$
	10 cm	$Z = 0,680 t^{0,692}$	$I = 0,471 t^{-0,308}$
4	20 cm	$Z = 1,241 t^{0,624}$	$I = 0,774 t^{-0,376}$
	15 cm	$Z = 0,985 t^{0,669}$	$I = 0,659 t^{-0,331}$
	10 cm	$Z = 0,890 t^{0,670}$	$I = 0,596 t^{-0,330}$
5	20 cm	$Z = 1,833 t^{0,613}$	$I = 1,124 t^{-0,387}$
	15 cm	$Z = 1,454 t^{0,629}$	$I = 0,914 t^{-0,371}$
	10 cm	$Z = 1,164 t^{0,689}$	$I = 0,802 t^{-0,311}$

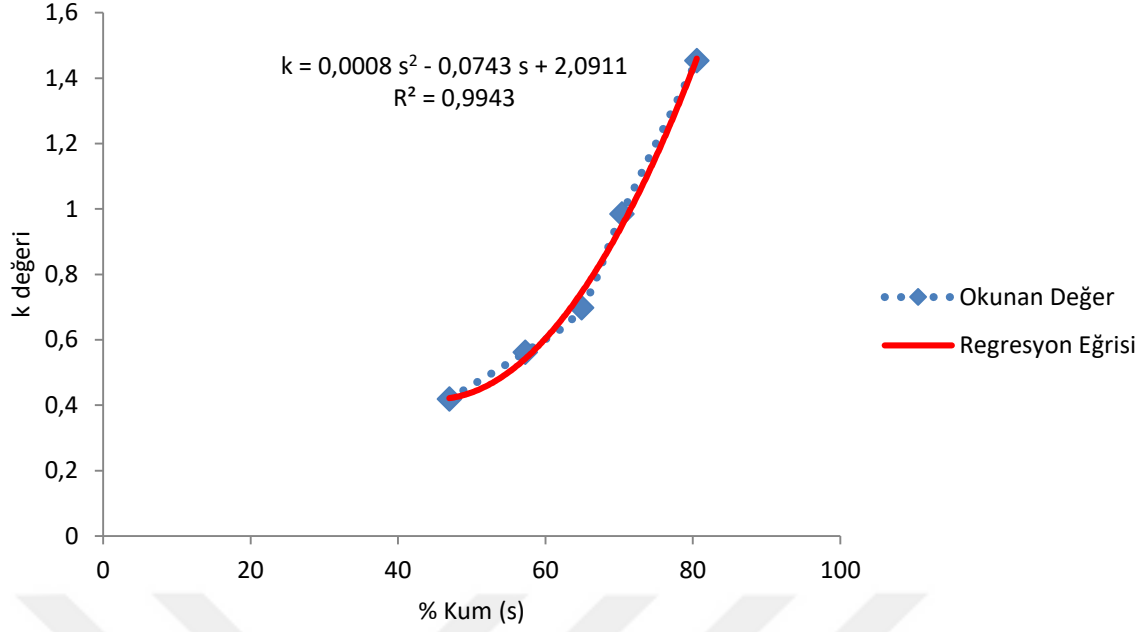
Çalışma yapılan topraklarda elde edilen sonuçlara bakıldığında infiltrasyon hızı, en düşük su derinliğı olan 10 cm ve kil oranı en yüksek olan deneme toprağı 1’de en düşük olarak bulunmuştur. Kil oranı en düşük fakat kum oranı en yüksek olan 20 cm su derinliğinde deneme toprağı 5’de ise infiltrasyon hızı en yüksek olarak bulunmuştur. Diğer deneme topraklarında kum oranı ve su derinliğı arttıkça infiltrasyon hızında da artış görölmektedir.

4.2. % Kum Oranı ile k Parametresinin İlişkisi

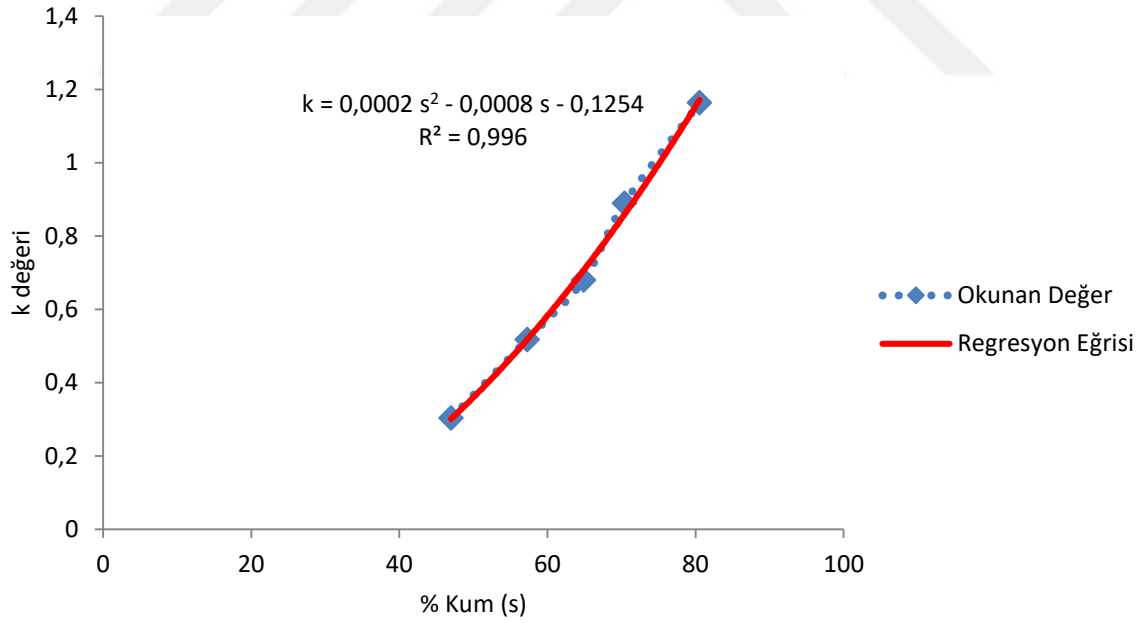
Farklı tekstüre sahip 5 deneme toprağının, 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliklerinden elde edilen k parametreleri ile % kum oranı arasında, excelde polinom regresyon türü kullanılarak grafik eğrileri oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 3 farklı su derinliklerindeki 5 deneme toprağının ayrı ayrı k parametreleri ve % kum oranları kullanılmıştır. Kum oranı yüzdesi ile k değeri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.16, 4.17 ve 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.16. k değeri - % kum grafiği (20 cm su derinliği)



Şekil 4.17. k değeri - % kum grafiği (15 cm su derinliği)

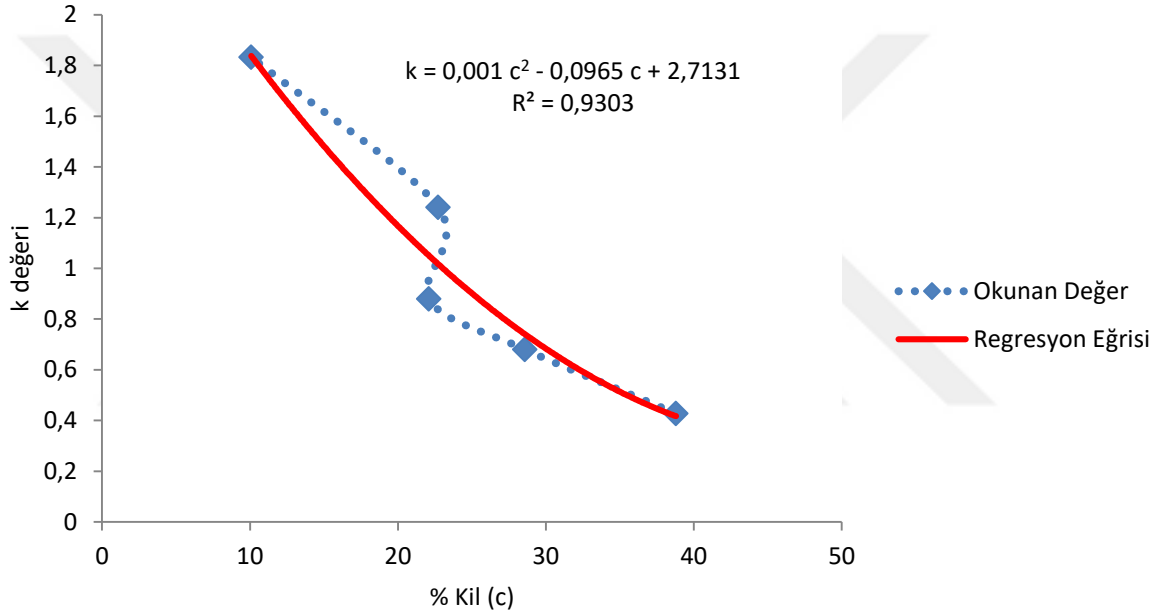


Şekil 4.18. k değeri - % kum grafiği (10 cm su derinliği)

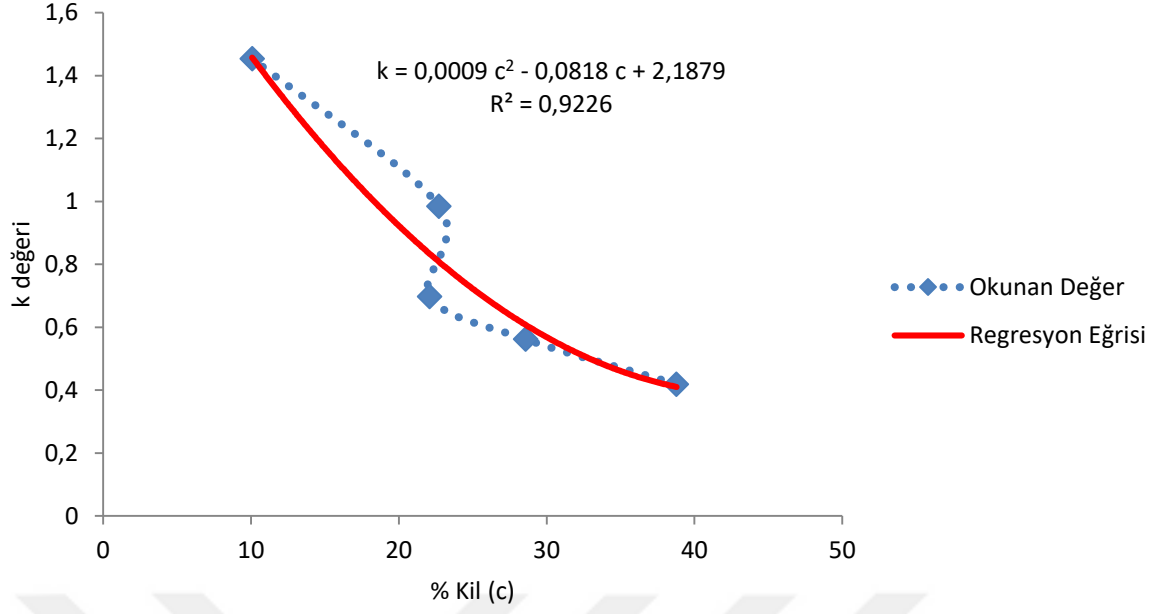
1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı deneme topraklarının 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliğindeki k parametresinin, topraktaki kum oranının artması ile birlikte arttığı görülmektedir. Toprakların içerdiği kum oranının artması infiltrasyon hızını da arttırmaktadır.

4.3. % Kil Oranı ile k Parametresinin İlişkisi

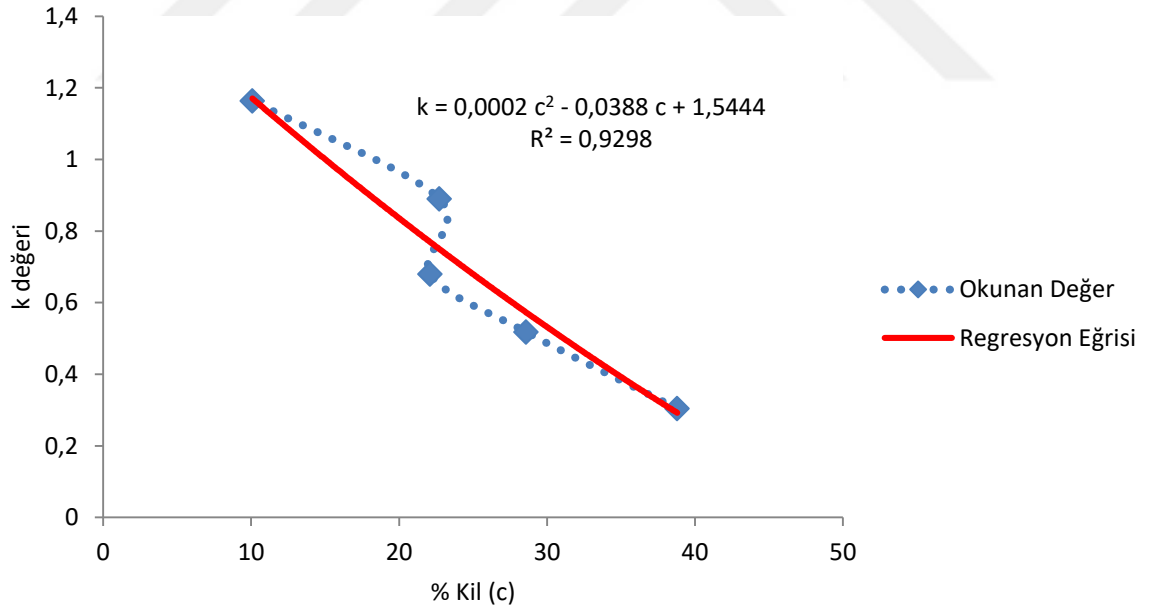
Farklı tekstüre sahip 5 deneme toprağının, 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliklerinden elde edilen k parametreleri ile % kil oranı arasında, excelde polinom regresyon türü kullanılarak grafik eğrileri oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 3 farklı su derinliklerindeki 5 deneme toprağının ayrı ayrı k parametreleri ve % kil oranları kullanılmıştır. Kil oranı yüzdesi ile k değeri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.19, 4.20 ve 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.19. k değeri - % kil grafiği (20 cm su derinliği)



Şekil 4.20. k değeri - % kil grafiği (15 cm su derinliği)

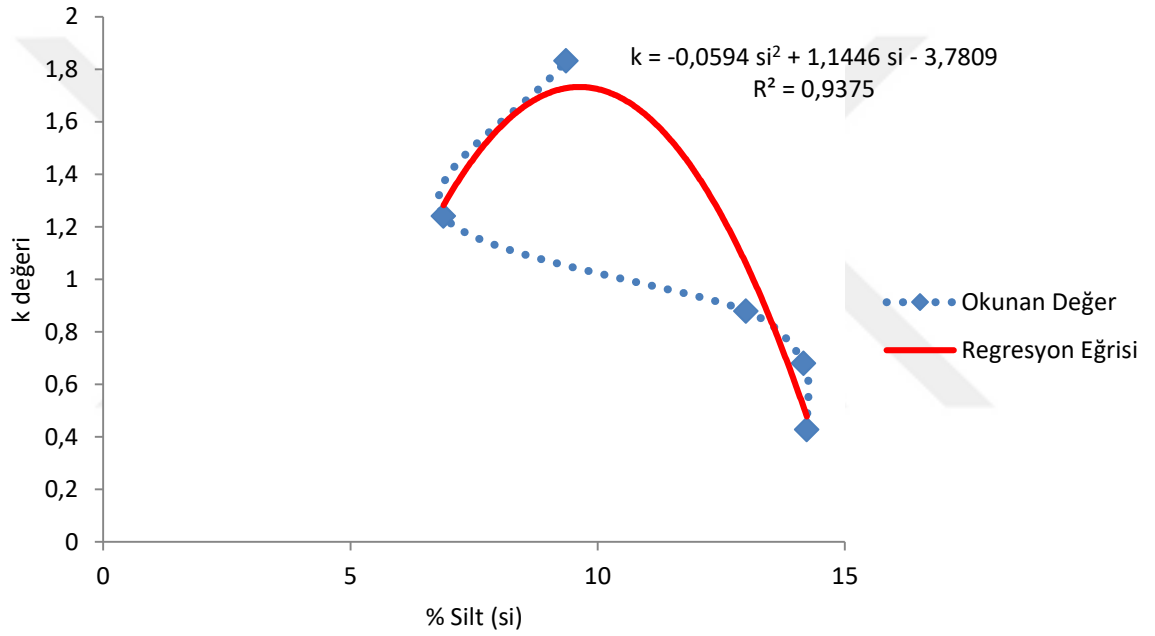


Şekil 4.21. k değeri - % kil grafiği (10 cm su derinliği)

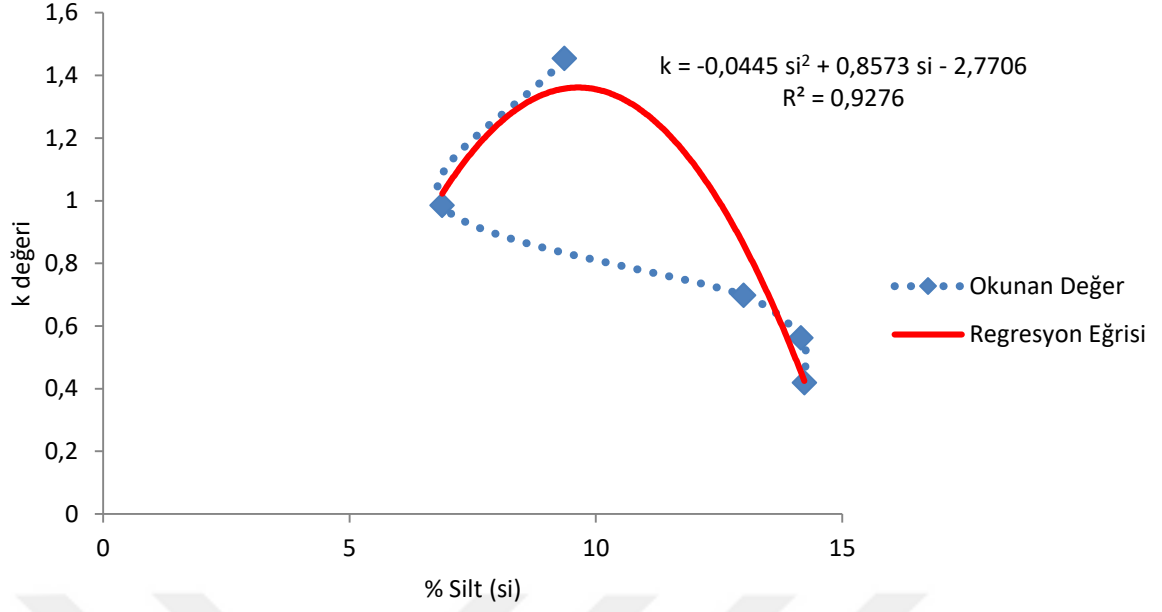
1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı deneme topraklarının 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliğindeki k parametresinin, topraktaki kil oranının artması ile birlikte azaldığı görülmektedir. Toprakların içerdiği kil oranının artması infiltrasyon hızını da azaltmaktadır.

4.4. % Silt Oranı ile k Parametresinin İlişkisi

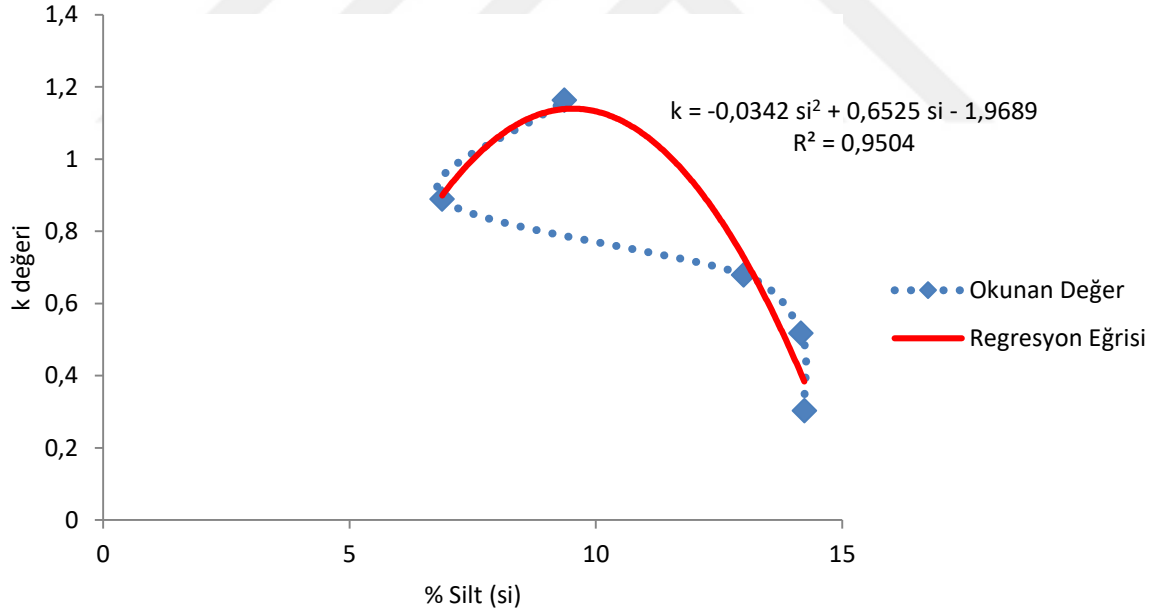
Farklı tekstüre sahip 5 deneme toprağının, 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliklerinden elde edilen k parametreleri ile % silt oranı arasında, excelde polinom regresyon türü kullanılarak grafik eğrileri oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 3 farklı su derinliklerindeki 5 deneme toprağının ayrı ayrı k parametreleri ve % silt oranları kullanılmıştır. Silt oranı yüzdesi ile k değeri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.22, 4.23 ve 4.24’de verilmiştir.



Şekil 4.22. k değeri - % silt grafiği (20 cm su derinliği)



Şekil 4.23. k değeri - % silt grafiği (15 cm su derinliği)

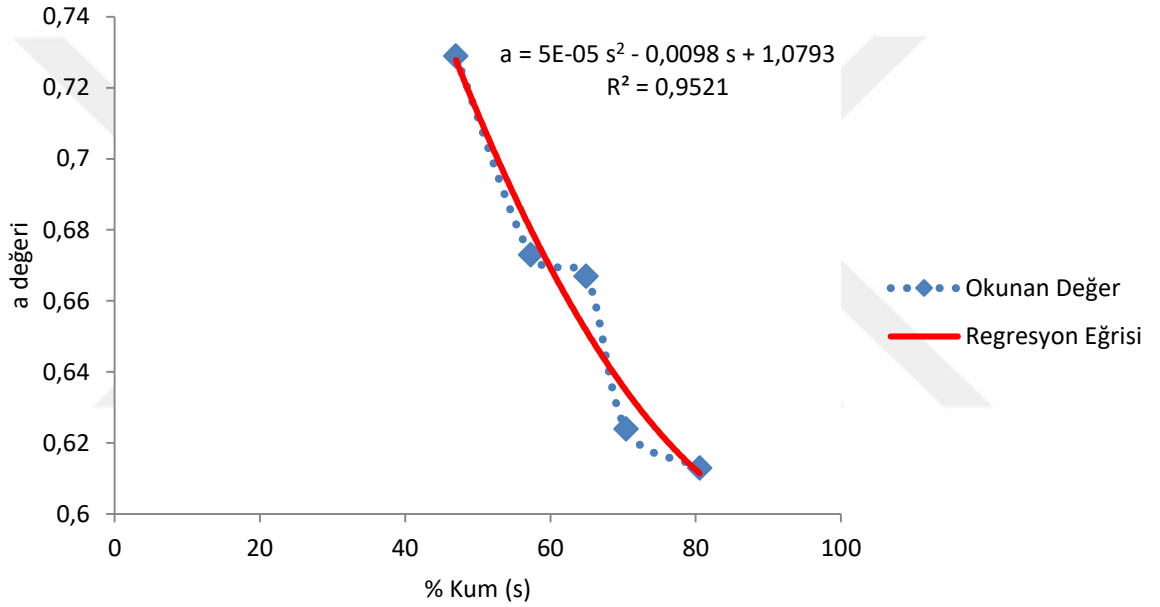


Şekil 4.24. k değeri - % silt grafiği (10 cm su derinliği)

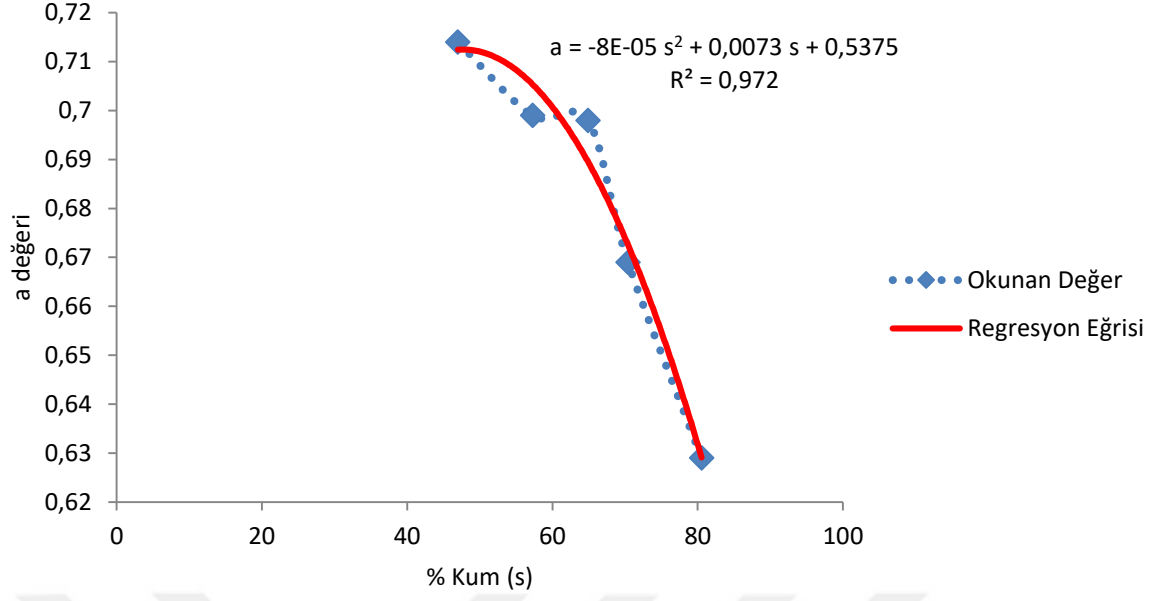
1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı deneme topraklarının 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliğindeki k parametresi, silt oranının artması ile birlikte genel olarak artış ve azalma görülmektedir. Artma ve azalmalar sebebi ile silt oranı ile k parametresi arasında tam doğru bir ilişki bulunamamıştır.

4.5. % Kum Oranı ile a Parametresinin İlişkisi

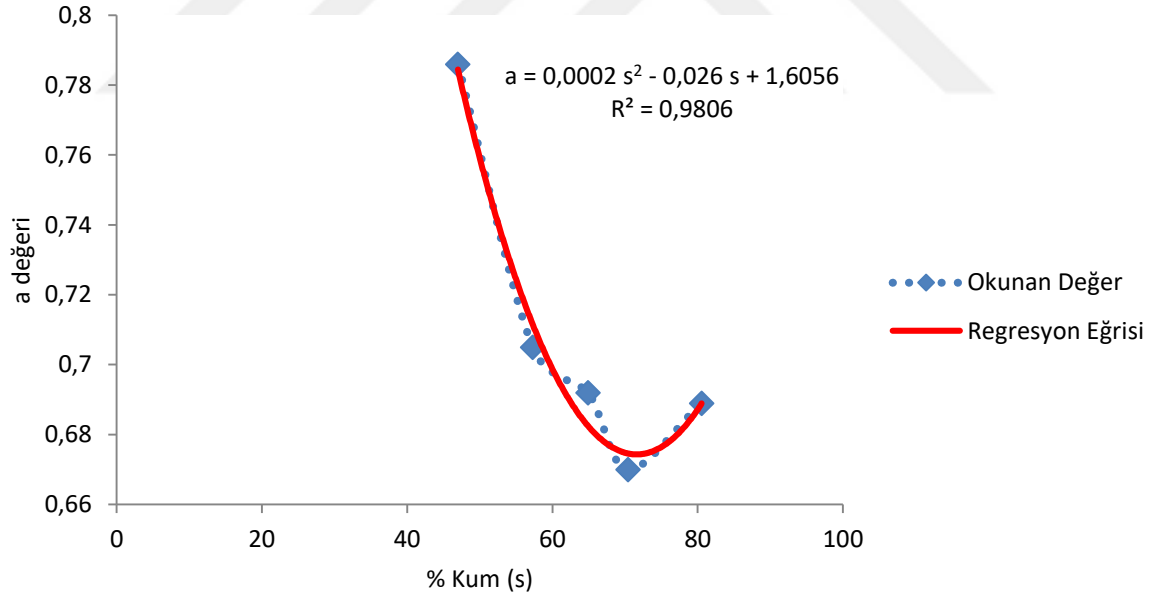
Farklı tekstüre sahip 5 deneme toprağının, 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliklerinden elde edilen a parametreleri ile % kum oranı arasında, excelde polinom regresyon türü kullanılarak grafik eğrileri oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 3 farklı su derinliklerindeki 5 deneme toprağının ayrı ayrı a parametreleri ve % kum oranları kullanılmıştır. Kum oranı yüzdesi ile a değeri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.25, 4.26 ve 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.25. a değeri - % kum grafiği (20 cm su derinliği)



Şekil 4.26. a değeri - % kum grafiği (15 cm su derinliği)

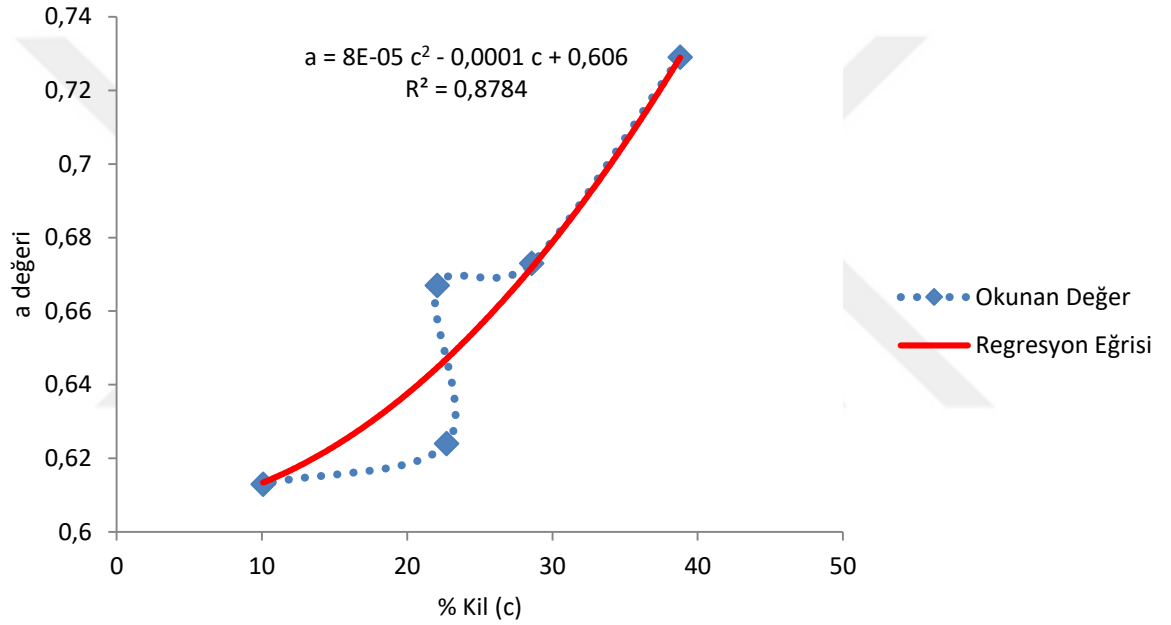


Şekil 4.27. a değeri - % kum grafiği (10 cm su derinliği)

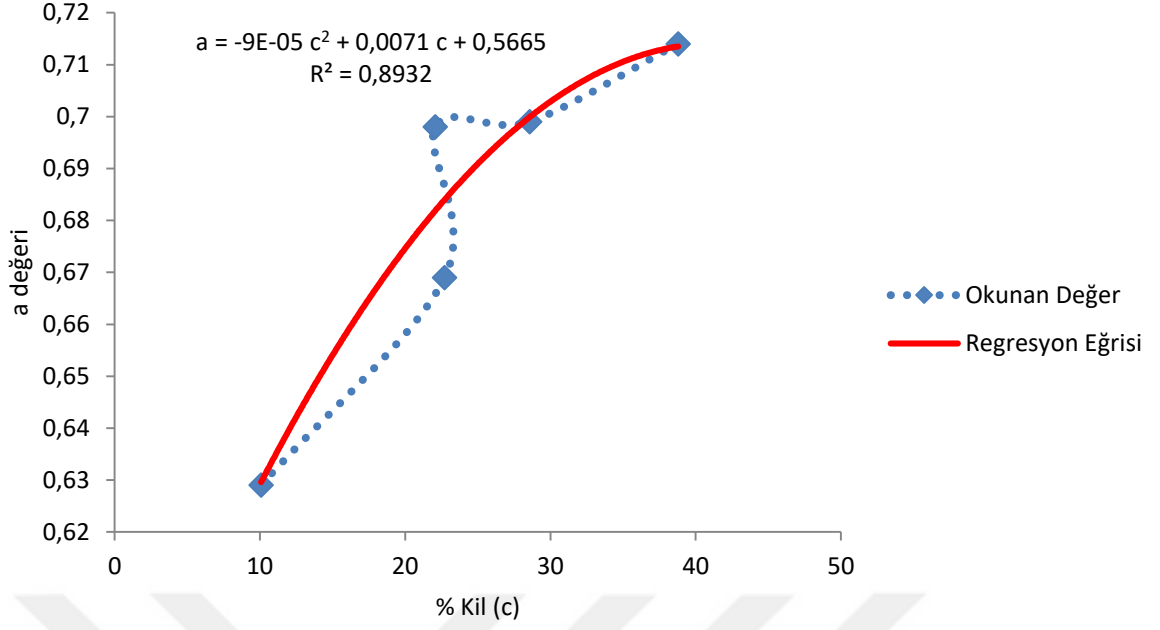
1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı deneme topraklarının 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliğindeki a parametresinde, topraktaki kum oranının artması ile birlikte genel olarak bir azalma görülmektedir.

4.6. % Kil Oranı ile a Parametresinin İlişkisi

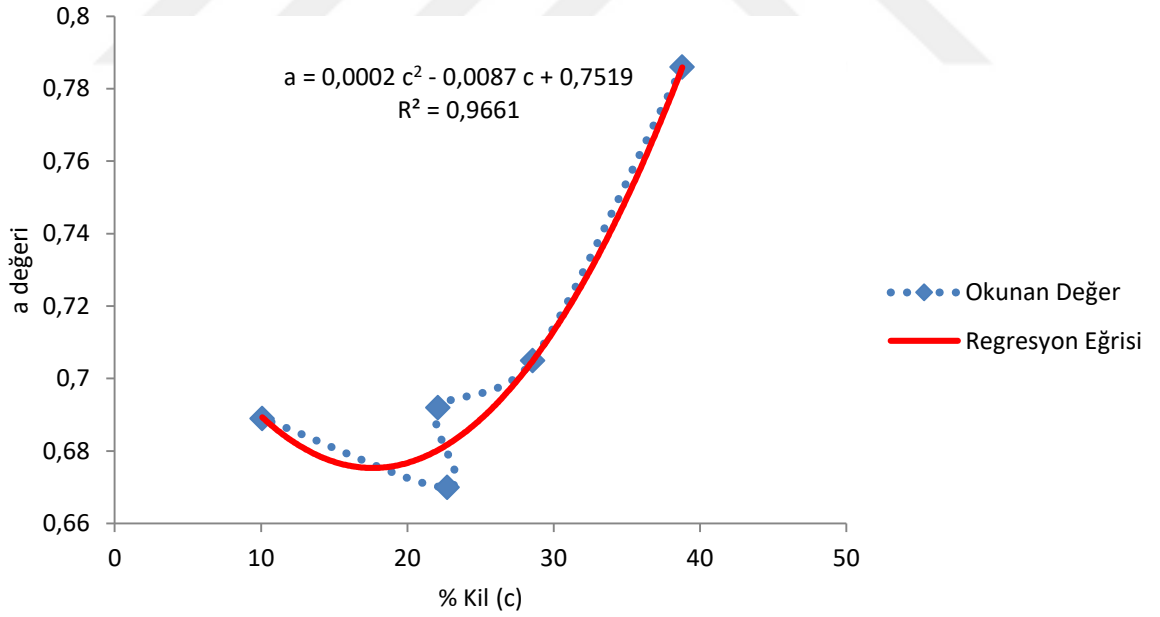
Farklı tekstüre sahip 5 deneme toprağının, 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliklerinden elde edilen a parametreleri ile % kil oranı arasında, excelde polinom regresyon türü kullanılarak grafik eğrileri oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 3 farklı su derinliklerindeki 5 deneme toprağının ayrı ayrı a parametreleri ve % kil oranları kullanılmıştır. Kil oranı yüzdesi ile a değeri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.28, 4.29 ve 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.28. a değeri - % kil grafiği (20 cm su derinliği)



Şekil 4.29. a değeri - % kil grafiği (15 cm su derinliği)

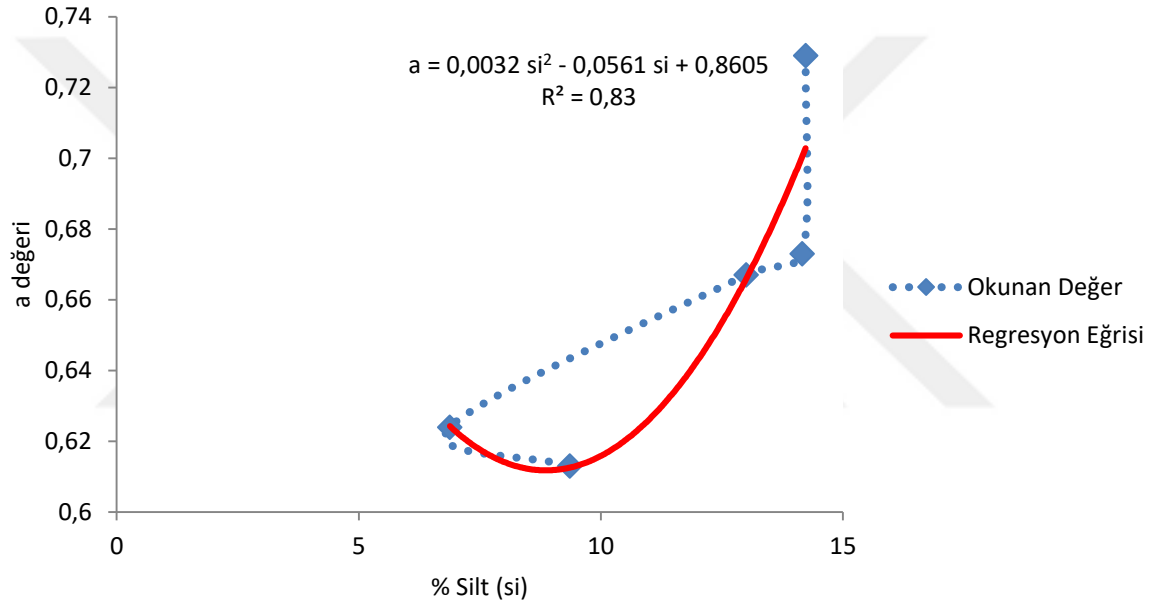


Şekil 4.30. a değeri - % kil grafiği (10 cm su derinliği)

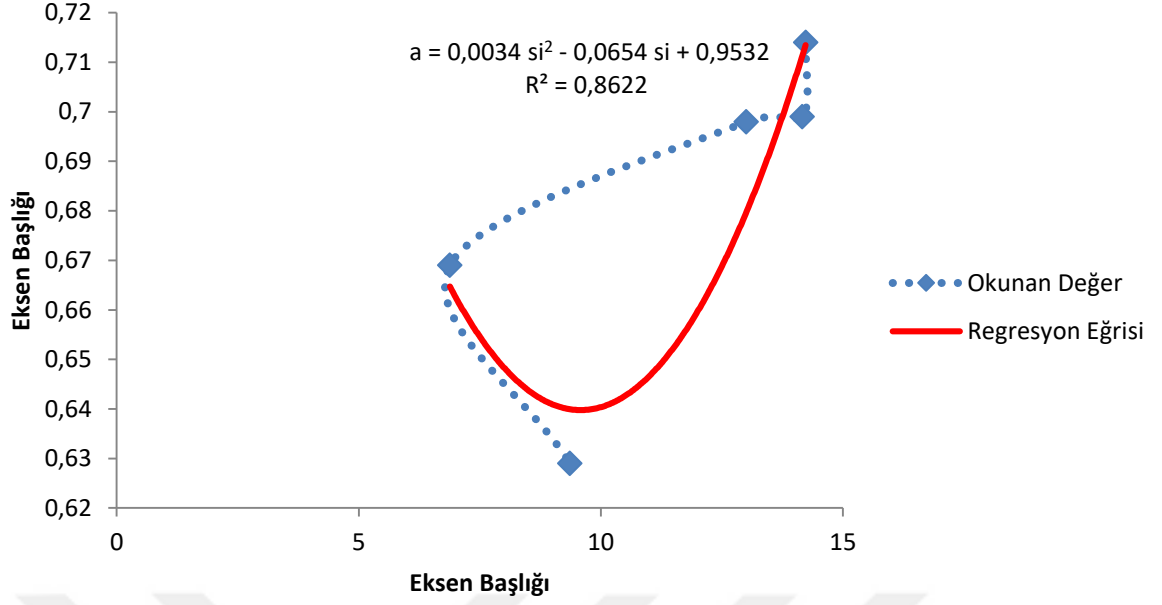
1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı deneme topraklarının 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliğindeki a parametresinde, topraktaki kil oranının artması ile birlikte genel olarak bir artış görülmektedir.

4.7. % Silt Oranı ile a Parametresinin İlişkisi

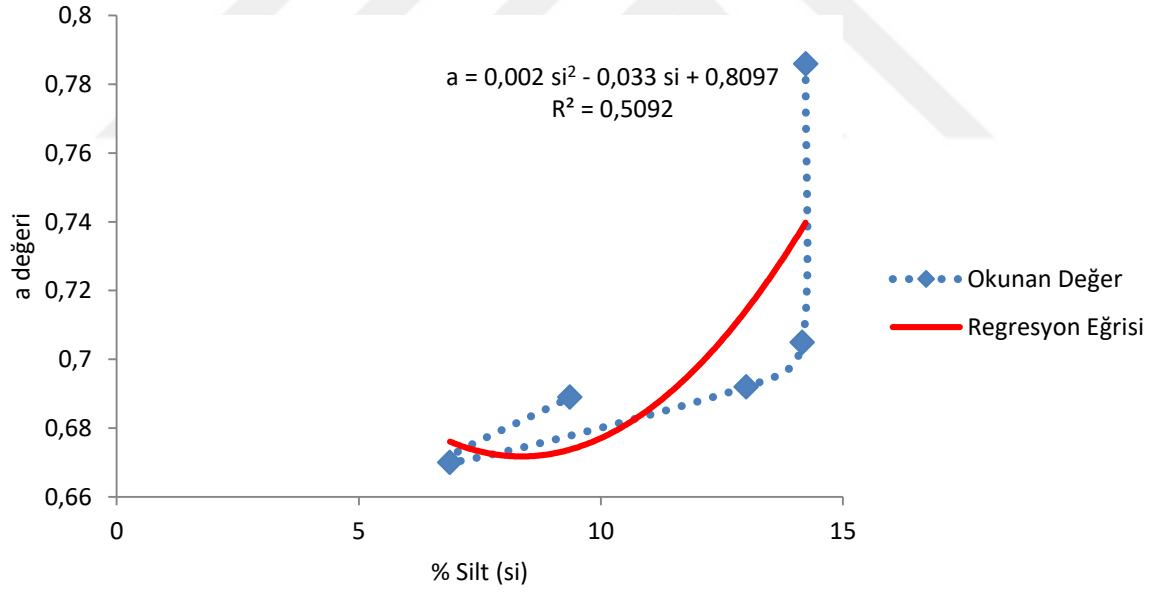
Farklı tekstüre sahip 5 deneme toprağının, 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliklerinden elde edilen a parametreleri ile % silt oranı arasında, excelde polinom regresyon türü kullanılarak grafik eğrileri oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 3 farklı su derinliklerindeki 5 deneme toprağının ayrı ayrı a parametreleri ve % silt oranları kullanılmıştır. Silt oranı yüzdesi ile a değeri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.31, 4.32 ve 4.33'te verilmiştir.



Şekil 4.31. a değeri - % silt grafiği (20 cm su derinliği)



Şekil 4.32. a değeri - % silt grafiği (15 cm su derinliği)

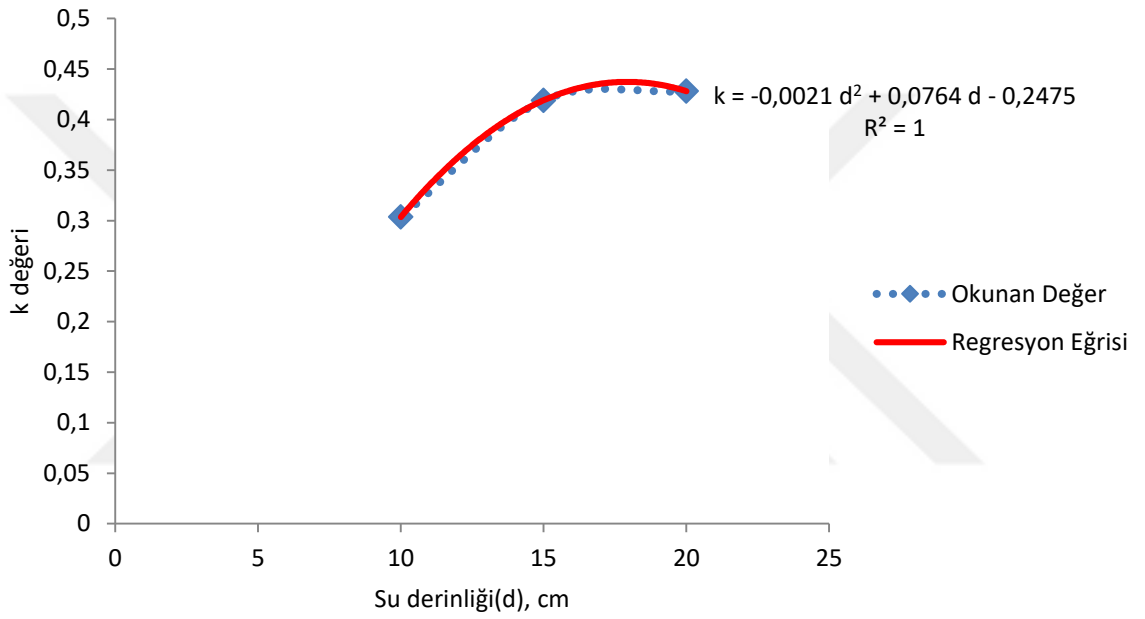


Şekil 4.33. a değeri - % silt grafiği (10 cm su derinliği)

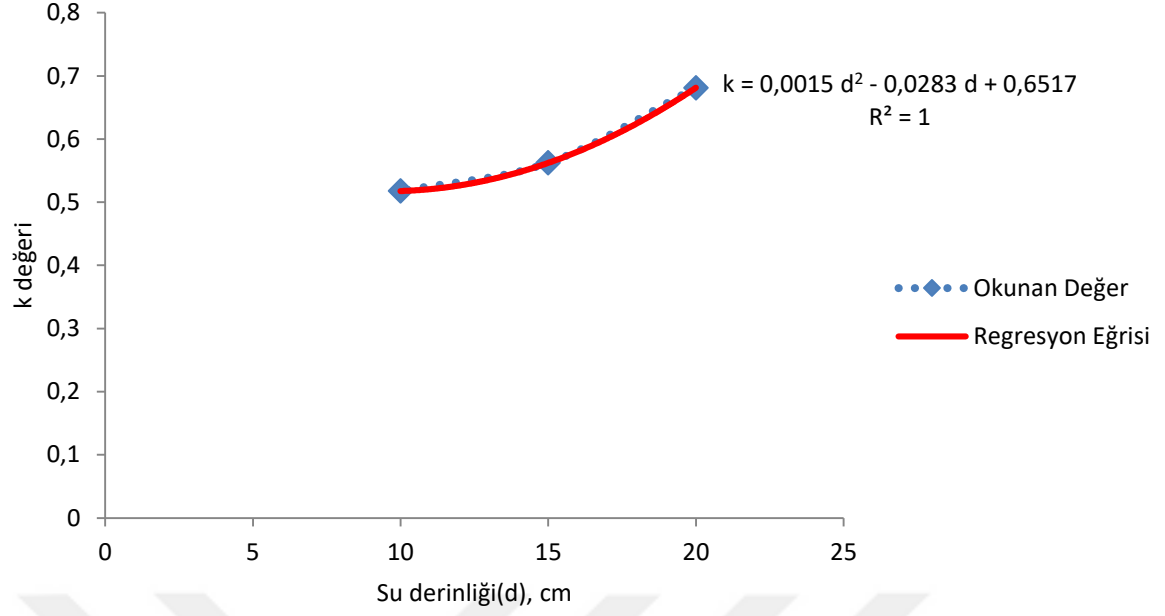
1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı deneme topraklarının 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinliğindeki a parametresinde, topraktaki silt oranının artması ile birlikte artma ve azalmalar görülmektedir. Artma ve azalmalar neticesinde a parametresi ile topraktaki silt oranı arasında doğru bir ilişki bulunamamıştır.

4.8. Su Derinliği ile k Parametresinin İlişkisi

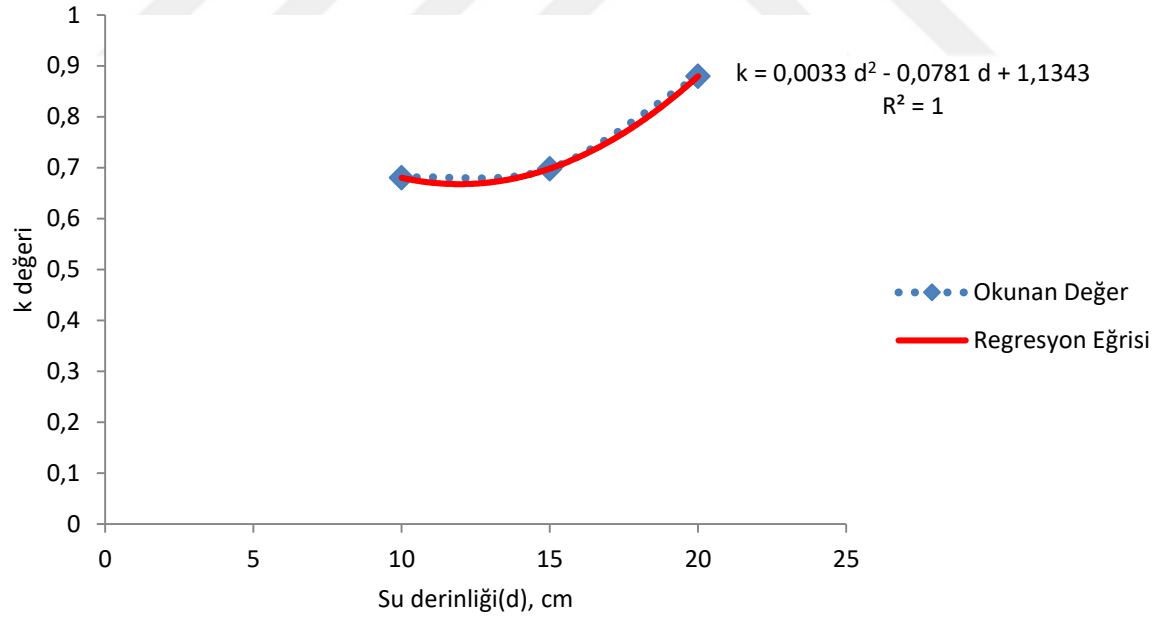
Farklı tekstüre sahip 5 deneme toprağının 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinlikleri ile k parametresi arasında, excelde polinom regresyon türü kullanılarak grafik eğrileri oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken her deneme toprağı için 3 farklı su derinliğindeki k parametresi kullanılmıştır. Su derinliği ile k parametresi arasındaki grafik eğrileri şekil 4.34, 4.35, 4.36, 4.37 ve 4.38’de verilmiştir.



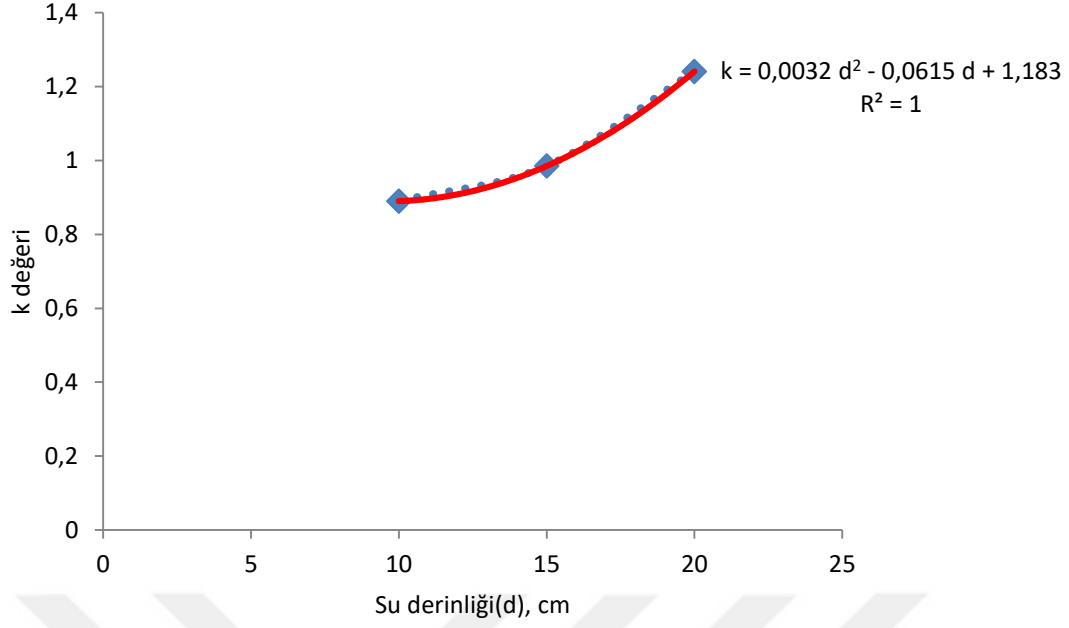
şekil 4.34. k değeri ile su derinliği grafiği (Deneme toprağı 1)



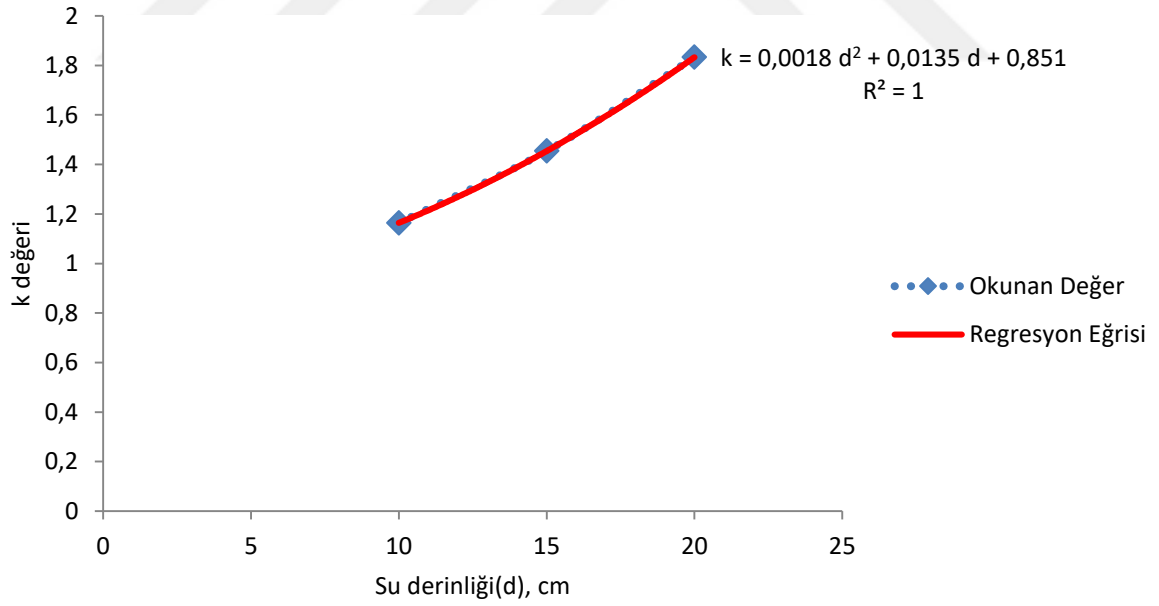
Şekil 4.35. k değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 2)



Şekil 4.36. k değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 3)



Şekil 4.37. k değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 4)

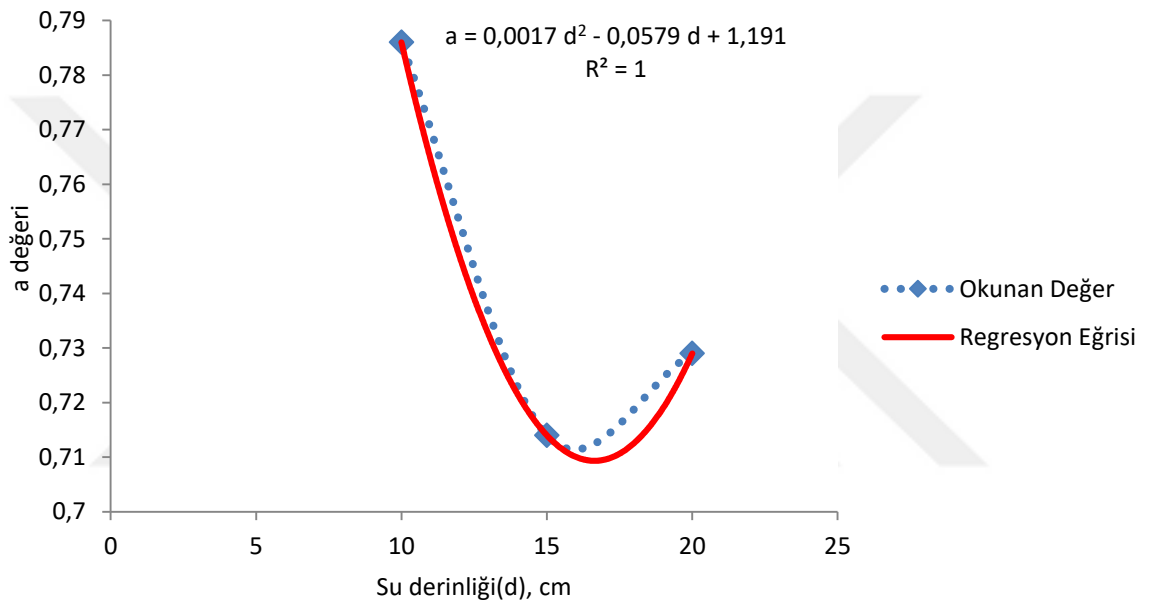


Şekil 4.38. k değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 5)

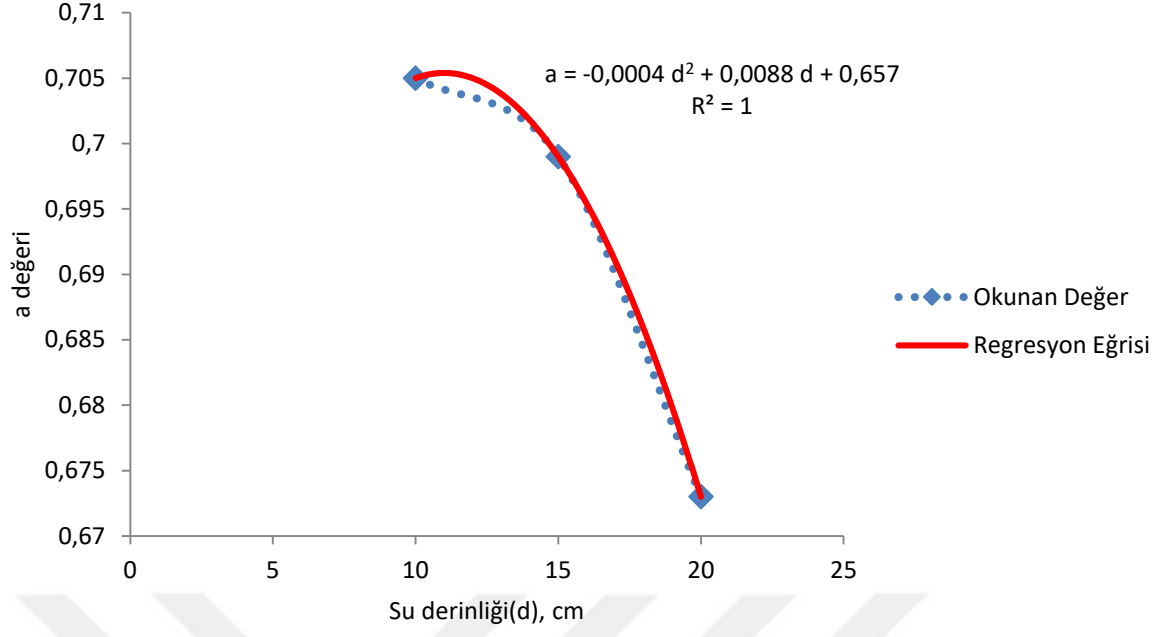
k değeri ile su derinliğı grafik eğrilerinde görüldüğü gibi su derinliğinin artması sonucunda k değeri artmaktadır. Deneme toprağı 1’de 15 cm ve 20 cm su derinliğı arasında, diğer deneme topraklarına göre k değerinde daha düşük bir artış olmaktadır.

4.9. Su Derinliği ile a Parametresinin İlişkisi

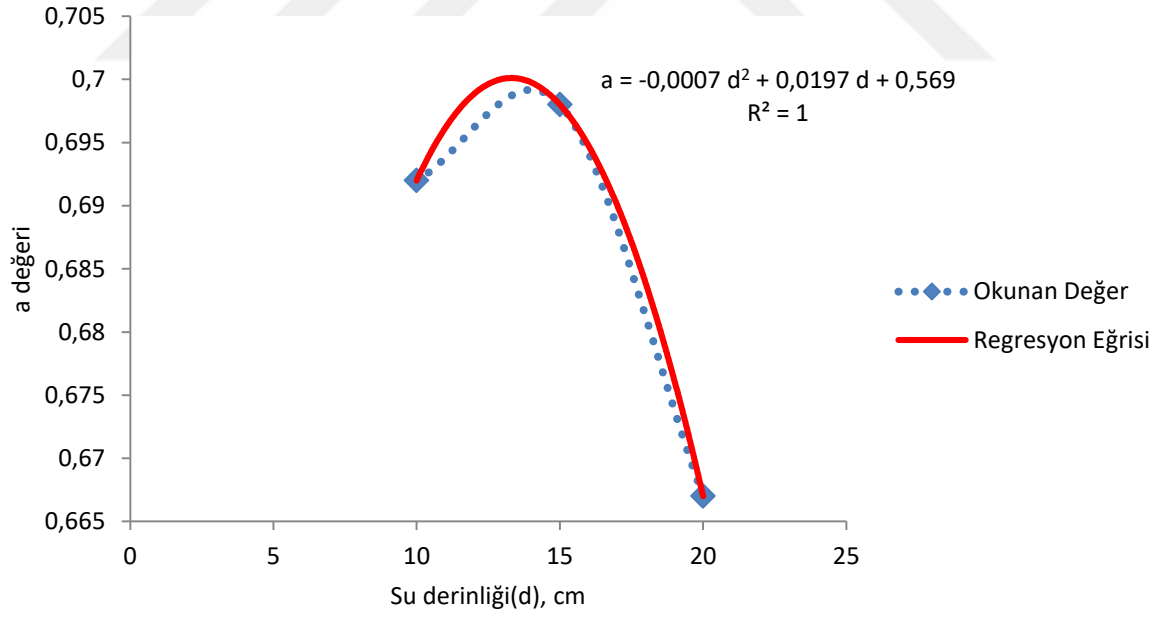
Farklı tekstüre sahip 5 deneme toprağının 20 cm, 15 cm ve 10 cm su derinlikleri ile a parametresi arasında, excelde polinom regresyon türü kullanılarak grafik eğrileri oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken her deneme toprağı için 3 farklı su derinliğindeki a parametresi kullanılmıştır. Su derinliği ile a parametresi arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.39, 4.40, 4.41, 4.42 ve 4.43'te verilmiştir.



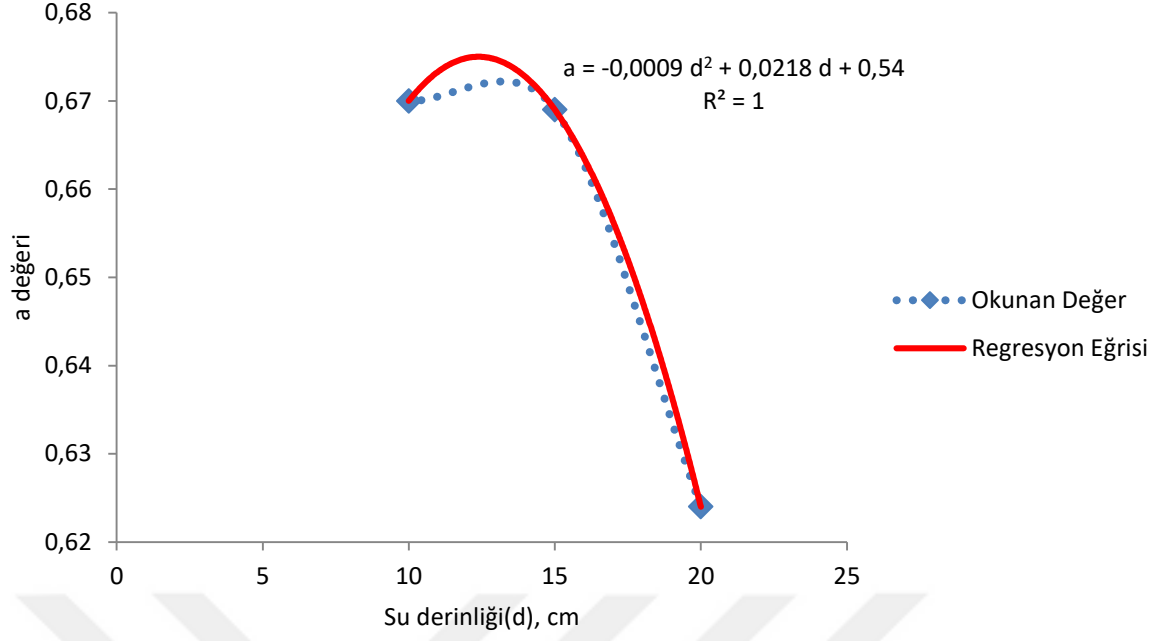
Şekil 4.39. a değeri ile su derinliği grafiği (Deneme toprağı 1)



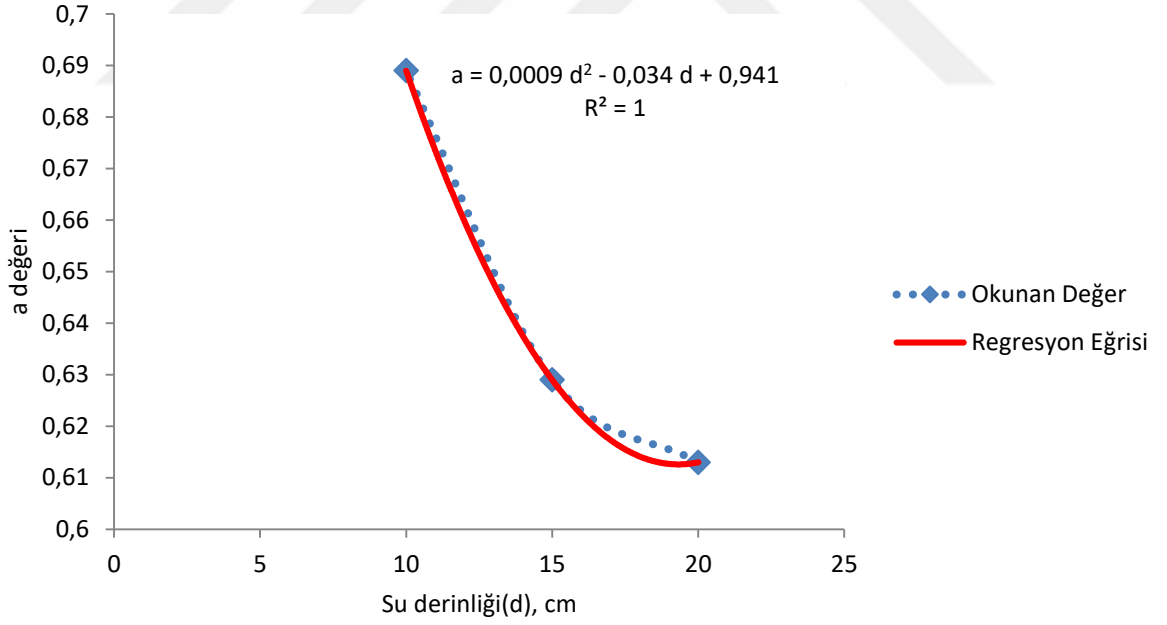
Şekil 4.40. a değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 2)



Şekil 4.41. a değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 3)



Şekil 4.42. a değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 4)



Şekil 4.43. a değeri ile su derinliğı grafiğı (Deneme toprağı 5)

a değeri ile su derinliğı grafik eğrilerinde görüldüğü gibi su derinliğinin artması sonucunda a değerinin 20 cm ve 10 cm su derinliğı arasında genel olarak azalmaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Farklı tekstüre sahip topraklarda yüzeydeki su derinliğinin infiltrasyon hızına etkilerinin araştırıldığı çalışma 2019 yılı Tekirdağ koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada farklı tekstürlere sahip 5 farklı toprakta değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre kullanılarak 20, 15 ve 10 cm su derinliğinde k ve a parametrelerinin değişimleri, bu parametrelerden elde edilen infiltrasyon eşitlikleri ve farklı tekstürlerde farklı su derinliklerinin infiltrasyon hızına olan etkileri araştırılmıştır.

Yapılan çalışmada ilk andaki infiltrasyon hızı yüksek olduğu, 2 saat süre zamanı içerisinde giderek infiltrasyon hızının azaldığı görülmüştür.

Ölçümlerdeki veriler kullanılarak Kostiakov eşitliklerindeki parametreler ve r^2 değerleri bulunmuştur. Kil yüzdesi en yüksek, kum yüzdesi en düşük olan kumlu killi yapıya sahip deneme toprağı 1' in k parametresi en düşük değerde olduğu bulunmuştur. Deneme toprakları arasında infiltrasyon hızının en düşük olduğu toprak 1 nolu toprak olarak görülmüştür. Kum yüzdesi en yüksek kil yüzdesi en düşük olan kumlu tınlı yapıya sahip deneme toprağı 5 'in k parametresi en yüksek değerde olduğu bulunmuştur. Deneme toprakları arasında infiltrasyon hızının en yüksek olduğu toprak 5 nolu toprak olarak görülmüştür.

Kum yüzdesi arttıkça 20 cm, 15 cm, 10 cm su derinliklerinde k parametresinde artış görülmüştür. Deneme topraklarındaki kum oranı arttıkça infiltrasyon hızında da bir artışın olduğu tespit edilmiştir.

Topraktaki kil oranının artması sonucunda k parametresinin azaldığı görülmüştür. Deneme topraklarındaki kil oranı yükseldikçe infiltrasyon hızında azalmaktadır.

Topraktaki silt oranının artması ile k parametresi arasında doğru bir ilişki bulunamamıştır. k parametresini toprakların içerdiği kum oranı ve kil oranı daha fazla etkilemektedir. Silt oranının yanındaki toprağın içerdiği kum ve kil oranları infiltrasyon hızını daha fazla etkilediği görülmüştür.

Deneme topraklarının kum oranı yüzdesi değişimlerinde, a parametresinin topraktaki kum oranının artması sonucunda azaldığı tespit edilmiştir. Topraktaki kil oranının artması sonucunda a parametresinin arttığı görülmüştür.

Topraktaki silt oranı ile a parametresi grafiğinde ölçüm sonuçları eğrisi ve regresyon eğrisi uyumsuzluk içindedir. a parametresi ile topraktaki silt oranı arasında doğru bir tespit

yapılamamıştır. Çalışma yapılan tekstür sınıfları içerisinde k parametresinde olduğu gibi a parametresini de, toprağın içerdiği kum ve kil oranı daha fazla etkilemektedir.

Araştırma yapılan deneme topraklarında su derinliğinin artmasıyla birlikte k parametresinde de artış gözlemlenmiştir. Deneme sonunda yüzeydeki su derinliği arttıkça infiltrasyon hızının da arttığı görülmüştür. Schiff (1953), Aronovici (1955) ve Zaslavsky (1969) yaptığı denemelerde buna benzer sonuç elde etmişlerdir.

Farklı toprak tekstürlerinde ve aynı toprak tekstürlerindeki farklı derinliklerde a parametresi değerleri birbirine yakın değerler olarak bulunmuştur. a parametresinin su derinliğiyle ilişkisinde genel olarak su derinliğinin artması sonucunda a parametresinin azaldığı görülmüştür.

Toprak çok değişken bir materyaldir. Bir arazinin farklı noktalarında yada aynı noktalarında bile gerek profil olarak gerek yüzeysel olarak değişiklik gösterebilir. Böyle olunca bir arazide sulama programlarına yönelik olarak infiltrasyon ölçümü yapıldığında tüm araziye temsil edebilecek bir infiltrasyon denklemi elde edebilmek hemen hemen imkansızdır. İnfiltrasyon ölçümleri belirli düzeyde işgücü ve çaba gerektirmektedir. Dolayısıyla bir arazi üzerinde değişik noktalarda infiltrasyon ölçümlerinin yapılması çok uzun zaman ve çaba gerektirmektedir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre yapılan infiltrasyon ölçümleri sınırlı sayıda olsada, toprak tekstürü ile özellikle kum oranı ile infiltrasyon eşitliğindeki parametreler arasında yüksek bir korelasyon tespit edilmiştir. Doğal olarak bu konuda yapılacak daha fazla çalışma ile elde edilen sonuçlar teğit edilebilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre eğer bir arazide belli noktalardan toprak tekstürü analizi yapılacak olursa infiltrasyon ölçümlerine gerek kalmadan toprak tekstürü ile infiltrasyon parametreleri arasındaki ilişkiler kullanılarak infiltrasyon denklemi daha kolay elde edilebilir.

Toprağın tekstür yapısı, toprağa uygulanan suyun yüksekliği ve infiltrasyon hızı arasındaki ilişkilerin sonucunda elde edilen grafik eğrilerinin ve parametrelerin bilinmesi ile sulama yapılacak olan değişik toprak yapılarına sahip arazilerde, suyun toprağa uygulanma süresi belirlenebilir. Elde edilen veriler ile sulama suyunun uygulama süresinin bilinmesi, iş gücünün kolaylaşmasına ve sulamadan kaynaklanan maliyetlerinde azalmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2012. <https://www.turktob.org.tr/en/toprak-sikismasi-ve-cozum-yollari/5049> (20.10.2018)
- Anonim, 2018a. <https://www.beyince.net/yazi/toprak-profili-ve-toprak-horizonlari/> (10.10.2018)
- Anonim, 2018b. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:S7hCwAlD0uEJ:https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php%3Fid%3D28517+&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr> (02.03.2019)
- Anonim, 2018c. <https://docplayer.biz.tr/12810104-Toprak-toprak-teksturu-bunyesi.html> (05.03.2019)
- Anonim, 2018d. <https://www.sektorix.com/tr/turkiyede-traktor-sayisi-yillara-gore-istatistik/> (06.03.2019)
- Anonim, 2018e. <http://sapancasulamasistemleri.blogspot.com/2011/02/toprak-suyunun-hareketi.html> (11.10.2018)
- Anonim, 2018f. <http://www.corlu.gov.tr/cografi-yapisi> (05.11.2018)
- Aksakal, E.L. 2004. Toprak Sıkışması ve Tarımsal Açından Önemi Atatürk Üniv.Ziraat Fak. Derg. 35 (3-4), 247-252
- Aronovici, V.S. 1955. Model study of ring infiltrometer performance under low initial soil moiusture. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19: 1-6.
- Arslan, S. 2006. Toprak Sıkışmasının Azaltılması İçin Alternatif Bir Yöntem, Konturollü Tarla Trafığı, K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(1)
- Asan, Ü., Şengönül, K., 1987. Orman Formlarının Fonksiyonel Açından Karşılaştırılması, İ.Ü.Orman Fak.Der.Seri:B,Cilt:37 Sayı:4, İstanbul.
- Bodman, G.B., and E.A. Colman, 1944. Moisture and Energy Conditions During Downward Entry of Water Into Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. (1943). 8: 116-122.

- Christiansen, J.E., Bishop, A.A., Kiefer, F.W. and Fok, Y.S., 1966. Evaluation of Intake Rate Constants as Related to Advance of Water in Surface Irrigation. Transactions of the ASEA, Vol 9, No. 5.
- Delibaş, L. 1984. Tava ve Karıklarda Yüzey Sulama Hidroliği İlkelerinin Tarla Koşullarında Araştırılması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Erzurum.
- Delibaş, L., Okuroğlu, M. 1987. Yüzey Sulamada Suyun Emilme İlerleme İlişkileri ve İlerleme Verilerinden İnfiltrasyon Parametrelerinin Belirlenmesi A.Ü. Zir. Fak. Der. Ocak-Aralık Cilt. 18, Sayı.1-4 Erzurum.
- Delibaş, L., Yüksel, A.N. 1987. Sulanan Topraklarda Tuzlanma Sorunları, Hasat Dergisi, Sayı. 27
- Delibaş, L. 1994. Sulama. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları No.213, Ders Kitabı No. 24, Tekirdağ.
- Ekinci, B. 2015. Su Kaynaklarının Verimli Kullanılmasına Yönelik Örnek Ülke Uygulamaları ve Ülkemizde Bu Çalışmaların Uygulanabilirliği T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı Uzmanlık Tezi
- Erie, L.J., 1962. Evaluation of İnfiltration Measurements. Transactions of the ASAE, Vol.5, No. 1.
- Erşahin, S. 2001. Toprak Amerajmanı, Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 21, Tokat
- Farrell, D.A., and Larson, W.E. 1972. Dynamics of the Soil Water System During a Rainstorm. Soil Sci. 113: 88-95.
- Gardner, W.R., 1967. Development of Modern İnfiltration Theory and Application in Hydrology. Transactions of the ASEA, Vol. 2.
- İstanbuluoğlu, A. 2015. Hidroloji Uygulamalı Havza Hidrolojisi N.K.Ü Genel Yayınları No:17 Ders Notu Yayın No:6

- Korukçu, A., Yıldırım, O. 1981. Yağmurlama Sistemlerinin Projelendirilmesi. Ankara. 9-19
- Lal, R., Pandya, A.C., 1972. Volume Balance Method For Computing Infiltration Rates in Surface İrrigation. Trans. ASAE, Vol. 15, No.1
- Lin, S.S., Rochester, E.W and Hermanson, R.E., 1973. Soil Moisture Profile under Steady Infiltration. Journal Agricultural Engineering Research, Vol.18
- Norum, D.I. and Gray, D.M., 1970. Infiltration Equations from Rate of Advance Data. Journal of the Irrigation and Drainage Division Proceedings of the ASCE, Vol. 96. No. IR 2.
- Musgrave, G.V. 1955. How Much of the Rain Enters the Soil. USDA. Water The Yearbook of Agriculture. 151-160.
- Öztekin T., Öztekin S. 2007. Hacim Ağırlığı ve Drenaj Sisteminin İnfiltrasyona Etkileri G.ö. Ziraat Fakültesi Dergisi 24(2), 67-75, Tokat
- Philip, J.R. 1954. An Infiltration Equation With Physical Significance. Soil Sci. 77: 153-157.
- Philip, J.R. 1957. The Theory of Infiltration: 6. Effect of Water Depth Over Soil. Soil Sci. 85: 278-286.
- Smith, W.O. 1949. Podological Relations of Infiltration Phenomena. Trans. Amer. Geophys. Un. 30: 555-562.
- Schiff, L. 1953. The Effect of Surface Head on Infiltration Rates Based on the Performance of Ring Infiltrometers and Ponds. Trans Amer Geophys. Un. 34: 257-266.
- Sönmez, K. 1980. Horton, Kostikov ve Philip İnfiltrasyon Eşitliklerinin Tarla Koşullarında Denemesi. Atatürk Üniversitesi Yayınları No. 530
- Talsma, T. 1974. Infiltration in Feld Soils. Trans Tenth Int. Congt. Soil Sci. 1: 68-74.

- Tisdall, A.L. 1951. Antecedent Soil Moisture and its Relation to Infiltration. Australian J. Agr. Res. 2: 342-348.
- Yılmaz, E., Alagöz, Z. 2008. Organik Madde Toprak Suyu İlişkisi Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 1 (2): 15-21
- Zaslavsky, D. 1969. Saturation – Unsaturation Transtion in Infiltration to a Nonuniform Soil Profile. Soil Sci. 107: 160-165.



ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Tekirdağ ili Çorlu ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Çorlu’da tamamladı. 2009 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünden mezun oldu. 2009-2010 yılları arasında vatani görevini tamamladı. 2010-2012 yılları arasında Can Tekstilde Sera İşletme Mühendisi olarak çalıştı. 2012 yılından itibaren halen Çorlu Ziraat Odasında Ziraat Mühendisi olarak çalışmaktadır. 2016 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Evli ve 1 çocuk babasıdır.

