



**TOPRAK TEKSTÜRÜNÜN İNFİLTRASYON PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Osman UÇAN
Yüksek Lisans Tezi
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ
2021

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TOPRAK TEKSTÜRÜNÜN İNFİLTRASYON PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Osman UÇAN

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. LOKMAN DELİBAŞ

TEKİRDAĞ-2021

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans

TOPRAK TEKSTÜRÜNÜN İNFİLTRASYON PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Osman UÇAN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ

Toprak tekstürünün infiltrasyon parametreleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışma, 2020-2021 yılları arasında Tekirdağ ili Saray ilçesi sınırlarında farklı tekstür sınıfına ait on dört farklı toprakta yürütülmüştür. Araştırmada farklı tekstür sınıfına ait topraklarda değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre ile toprakların su alma hızı ve toprakların su alma derinliği hesaplanmıştır. Araştırmada yer alan on dört farklı toprak verileri tablolara işlenmiştir. Tablolara işlenen hesaplamalardan Excel üs regrasyon türü seçilerek $Z = k.t^a$ eşitliğine uygun grafik eğrileri oluşturulmuş ve oluşturulan eğrilerden toplam infiltrasyon ve infiltrasyon hızı denklemleri bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre toprağın tekstür sınıfına bağlı olarak başlangıçta infiltrasyon hızı ve infiltre olan su derinliğinin fazla olduğu, zaman geçtikçe infiltrasyon hızının ve infiltre olan su derinliğinin düştüğü, buna bağlı olarak da toprakta tutulan su miktarının başlangıçtan sona doğru arttığı gözlemlenmiştir. Toprak tekstüründen, kum ve kil oranı ile infiltrasyon eşitliğindeki parametreler arasında yüksek bir korelasyon tespit edilmiştir. Silt oranı ile infiltrasyon parametreleri arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunamamıştır.

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

2021, 63 sayfa
ABSTRACT

Master Thesis

**INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF SOIL TEXTURE ON INFILTRATION
PARAMETERS**

Osman UÇAN

Tekirdağ Namık Kemal University
Institute of Science and Technology
Biosystems Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ

This study, in which the effects of soil texture on infiltration parameters were investigated, was carried out in 14 different soils belonging to different texture classes in the borders of Saray district of Tekirdağ province between 2020-2021. In the research, the water intake rate of the soils and the water intake depth of the soils were calculated with a variable level double-cylinder infiltrometer in soils belonging to different texture classes. Fourteen different soil data included in the study were entered in the tables. From the calculations processed in the tables, the graphical curves in accordance with the $Z = k.t^a$ equation were created by selecting the Excel exponent regression type, and the total infiltration and infiltration rate equations were found from the curves. According to the results obtained from the study, depending on the texture class of the soil, it was observed that the infiltration rate and the infiltrating water depth were high, the infiltration rate and the infiltrating water depth at the beginning decreased as time passed, and consequently the amount of water retained in the soil increased from the beginning to the end. From the soil texture, a high correlation was found between the ratio of sand and clay and the parameters in the infiltration equation. No significant relationship was found between the comparison.

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

2021, 63 pages

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Toprak.....	4
2.1.1. Toprak Tekstürü	4
2.1.2. Toprak Tesktürü Tayin Yöntemleri.....	5
2.1.3. Tekstür Sınıfına Göre Toprak Çeşitleri	6
2.1.4. Toprakta Tutulan Su	7
2.2. İnfiltrasyon	8
2.2.1. İnfiltrasyonu Etkileyen Faktörler	11
2.2.2. İnfiltrasyon Hızının Ölçülmesi.....	13
2.2.3. İnfiltrasyon Eşitlikleri.....	15
3. METERYAL ve YÖNTEM	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Araştırma Bölgesi.....	18
3.1.2. Araştırma Bölgesinin Toprak Özellikleri	18
3.1.3. Araştırma Bölgesinin İklim Özellikleri	19
3.2. Yöntem	19
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması	20
3.2.2. Deneme Düzeni ve Araştırma Konuları	21
3.2.3. İnfiltrasyonun Ölçülmesi	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	24
4.1. Deneme Topraklarında İnfiltrasyon Sonuçları	24
4.2. % Kum Oranı ile k Parametresi İlişkisi	40
4.3. % Kil Oranı ile k Parametresi İlişkisi	42
4.4. % Silt Oranı ile k Parametresi İlişkisi	45

4.5. % Kum Oranı ile a Parametresinin İlişkisi	47
4.6. % Kil Oranı ile a Parametresi İlişkisi	50
4.7. % Silt Oranı ile a Parametresi İlişkisi.....	52
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	55
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ.....	Error! Bookmark not defined.



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Farklı tesktür topraklarındaki ortalama infiltrasyon hızları	10
Çizelge 3.1. Toprak örnekleri.....	20
Çizelge 4.1. Toprak 1 ölçüm sonuçları.....	25
Çizelge 4.2. Toprak 2 ölçüm sonuçları.....	26
Çizelge 4.3. Toprak 3 ölçüm sonuçları.....	27
Çizelge 4.4. Toprak 4 ölçüm sonuçları.....	28
Çizelge 4.5. Toprak 5 ölçüm sonuçları.....	29
Çizelge 4.6. Toprak 6 ölçüm sonuçları.....	30
Çizelge 4.7. Toprak 7 ölçüm sonuçları.....	31
Çizelge 4.8. Toprak 8 ölçüm sonuçları.....	32
Çizelge 4.9. Toprak 9 ölçüm sonuçları.....	33
Çizelge 4.10. Toprak 10 ölçüm sonuçları	34
Çizelge 4.11. Toprak 11 ölçüm sonuçları	35
Çizelge 4.12. Toprak 12 ölçüm sonuçları	36
Çizelge 4.13. Toprak 13 ölçüm sonuçları	37
Çizelge 4.14. Toprak 14 ölçüm sonuçları	38
Çizelge 4.15. Toprakların eklemeli toplam infiltrasyon ve infiltrasyon hızı denklemleri	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Araştırma bölgesi	18
Şekil 3.2. Çift silindirli infiltrometre.....	22
Şekil 3.3. İnfiltrimetrenin ölçüm için hazırlanması.....	23
Şekil 3.4. Çift silindirli infiltrometre okumaları	23
Şekil 4.1. Toprak 1 infiltrasyon grafiği	25
Şekil 4.2. Toprak 2 infiltrasyon grafiği	26
Şekil 4.3. Toprak 3 infiltrasyon grafiği	27
Şekil 4.4. Toprak 4 infiltrasyon grafiği	28
Şekil 4.5. Toprak 5 infiltrasyon grafiği	29
Şekil 4.6. Toprak 6 infiltrasyon grafiği	30
Şekil 4.7. Toprak 7 infiltrasyon grafiği	31
Şekil 4.8. Toprak 8 infiltrasyon grafiği	32
Şekil 4.9. Toprak 9 infiltrasyon grafiği	33
Şekil 4.10. Toprak 10 infiltrasyon grafiği	34
Şekil 4.11. Toprak 11 infiltrasyon grafiği	35
Şekil 4.12. Toprak 12 infiltrasyon grafiği	36
Şekil 4.13. Toprak 13 infiltrasyon grafiği	37
Şekil 4.14. Toprak 14 infiltrasyon grafiği	38
Şekil 4.15. Killi tınlı topraklarda k değeri ile % kum grafiği.....	40
Şekil 4.16. Kumlu killi tınlı topraklarda k değeri ile % kum grafiği	41
Şekil 4.17. Kumlu tınlı- tınlı kumlu topraklarda k değeri ile % kum grafiği.....	41
Şekil 4.18. % Kum ile k parametresi arasındaki ilişki	42
Şekil 4.19. Killi tınlı topraklarda % kil ile k parametresi grafiği.....	43
Şekil 4.20. Kumlu killi tınlı topraklarda % kil ile k parametresi grafiği.....	43
Şekil 4.21. Kumlu tınlı- tınlı kumlu topraklarda % kil ile k parametresi grafiği.....	44
Şekil 4.22. % Kil ile k parametresi arasındaki ilişki	44
Şekil 4.27. Killi tınlı topraklarda % kum ile a parametresi grafiği	48
Şekil 4.28. Kumlu killi tınlı topraklarda % kum ile a parametresi grafiği.....	48
Şekil 4.29. Kumlu tınlı-Tınlı kumlu topraklarda % kum ile a parametresi grafiği	49
Şekil 4.30. % Kum ile a parametresi arasındaki ilişki	49

Şekil 4.31. Killi tınlı topraklarda % kil ile a parametresi grafiği	50
Şekil 4.32. Kumlu killi tınlı topraklarda % kil ile a parametresi grafiği	51
Şekil 4.33. Kumlu tın- Tınlı kumlu topraklarda % kil ile a parametresi grafiği	51
Şekil 4.34. % Kil ile a parametresi arasındaki ilişki	52
Şekil 4.35. Killi tınlı topraklarda % silt ile a parametresi grafiği	53
Şekil 4.36. Kumlu killi tınlı topraklarda % silt ile a parametresi grafiği	53
Şekil 4.37. Kumlu tın- Tınlı- kumlu topraklarda % silt ile a parametresi grafiği	54
Şekil 4.38. % Silt ile a parametresi arasındaki ilişki	54



SİMGELER ve KISALTMALAR

%	: Yüzde
s	: Kum
c	: Kil
si	: Silt
d	: Derinlik
cm	: Santimetre
mm	: milimetre
dak	: Dakika
kg	: Kilogram
cm ³	: Santimetre küp
gr	: Gram
°C	: Derece
SiO ₂	: Silisyum dioksit
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
h	: Saat
o	: Derece
1	: Dakika
m	: Metre
km ²	: Kilometre kare
km	: Kilometre
da	: Dekar

TEŐEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesi ve bu çalıŐmanın yürütölmesi sırasında desteğini ve yardımını hiçbir zaman esirgemeyen danıŐmanım Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ'a, yardımlarından dolayı Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü hocalarımdan Prof. Dr. Tolga ERDEM'e, yoğun çalıŐmalarımda bana destek olan Saray İlçe Tarım Müdürlüęünde görevli olan iş arkadaşlarım Ziraat Yüksek Mühendisi Ö. Sami ORAN ve Ziraat Teknikeri Hüseyin MENKU'a, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen eŐim Betül UÇAN'a, bugünlere gelmemde büyük emeği olan, her zaman maddi manevi yanımda olan babam İlyas UÇAN, annem AyŐe UÇAN'a ve değerli aile büyüklerimize sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Nisan, 2021

Osman UÇAN
Ziraat Mühendisi

1. GİRİŞ

Tarım insanlığın ilk üretim faaliyetlerinden biridir. Günümüzde hâlâ insanlığın besin kaynaklarının üretilmesinin en temel yapıtaşı konumundadır. Ülkemizin kurak ve yarı kurak bir bölgede bulunması ve ülkemizde kullanılabilir suyun %70'inin tarımda kullanılması sebebi ile tarımsal üretimde su kullanımı ve tarımsal üretimde su tasarrufu gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Dünya nüfusundaki yükseliş, gıda talebinde artışa sebebiyet verdiğinden dolayı birim alandan minimum girdi ile maksimum ürün elde ederek daha ekonomik üretim gerçekleştirmeliyiz.

Su, bitkilere gerekli olan besin maddelerinin eritilerek kökler tarafından emilimini ve bitkinin ihtiyacı olan besinleri, bitkinin ihtiyacı olan organlarına taşınmasını sağlar. Ülkemizde tarımsal hasılanın artırılması ve mahsullerin kaliteli olmasına için toprak ve su ilişkisinde bir denge sağlanmalıdır. Toprak ve su arasında oluşturulan denge bize su kaynaklarından en yüksek fayda sağlamaktadır.

Doğada var olan bitki-toprak-su dengesinin bozulması toprakta verimin azalmasına, bitkide fizyolojik strese ve su tüketiminde dengesizliğe sebep olmaktadır. Ülkemizde yağış rejiminin düzensiz olması, doğal bitki örtüsünün giderek bozulması su ve suyun kullanımı konusunda bizi daha dikkatli olmaya sevk etmektedir.

Topraklarımızın fiziksel ve kimyasal özelliklerini bilmemiz ürün verimliliği tahmin etmemizde bize yol göstermektedir. Topraklarımızın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ürün verimliliğine etkileri noktasında yurt dışı ve yurt içinde fazlaca çalışma bulunmaktadır. Topraklarımızın en önemli özelliklerinden olan infiltrasyon, toprağa uygulanan sulama sularının ve toprak üzerine düşen yağmur, kar vb. yağış çeşitlerinin toprak profili içerisine girmesini tanımlamaktadır. Toprakların infiltrasyon hızı sulama zamanında, sulama yöntemlerinin seçiminde ve bu sulama yöntemlerinin planlanmasında kullanılan en belirleyici özelliktir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Belirli birtakım parametreler yardımı ile topraklarımız ait infiltrasyon hızı ve infiltre olan su derinliğinin kolay tahmin edilmesi araştırmacılar tarafından istenilen bir gelişmedir. İnfiltrasyon hızı ve infiltre olan su derinliğinin hakkında yapılan çalışmalar gözlemlendiğinde söz konusu parametreleri ile infiltrasyon hızı, infiltre olan su derinliği ve infiltrasyon süresi arasında matematiksel eşitlik, katsayı veya üstlerin olabileceği ön görülmüştür (Delibaş, 1994).

Toprağın infiltrasyon özelliklerinin tahmini, infiltrasyon süresinin çeşitli matematiksel eşitlikler ile belirlenmesi sonucunda, eşitliklerdeki parametreler yardımıyla elde edilebilir. Fakat eşitlikler ile yapılan bu infiltrasyon tahminlerinin doğruluğu tam olarak belirlenmesi için farklı topraklarda ve değişik koşullarda araştırma yapılmasını zorunlu kılmaktadır (Sönmez, 1980).

Topraktan elde edilen ürünlerin gelişmesinde ve büyümesinde en önemli etken sudur. Bu sebep ile suyun toprak ile buluştuğu noktada sudan en yüksek fayda elde etmek önemli önceliğimiz değildir. Bitkinin ihtiyacı olan suyu bitki kök bölgesine verebilmemiz için suyun toprak ile belirli sürelerde temas etmesi gerekmektedir (Sönmez, 1980).

Toprak altı sulama hariç sulama sistemlerinin hemen hepsinde su direk olarak toprağın yüzey kısmına uygulanmaktadır. Toprağın yüzey kısmına uygulanan su infiltrasyon yolu ile toprağın kök bölgesine depolanmakta ve bitkinin ihtiyacı olduğunda bitki tarafından kullanılmaktadır (Delibaş, 1994).

Toprağın infiltrasyon özelliklerinden faydalanılarak toprağın ne kadar su istediği ve bu suyun hangi aralıklar ile toprağa uygulanacağı planlanmaktadır. Ayrıca toprağa verilen suyun ne kadarının toprağa infiltre olduğu ne kadarın toprakta yüzey akışına geçtiği veya ne kadarının derine sızma sonucu bitkiye fayda sağlayıp sağlamadığını tahmin edilmektedir (Delibaş ve Okuroğlu, 1987).

Toprağın infiltrasyon hızı, sulama sisteminin projelendirilmesinde rol oynayan önemli bir faktördür. Bitki kök bölgesinde bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun depolanması için gerekli sürenin hesaplanmasında, yüzey sulama yöntemlerinden karık sulama, uzun tava sulama ve düz tava sulama gibi ünitelerin boyutlandırılmasında, boyutlandırılan sulama yöntemleri için uygulanacak su debisi ve bu debinin uygulama süresinin belirlenmesinde etkilidir. Yağmurlama sulama sistemlerinde yağmurlama başlıklarının debisinin tespitinde, tuzluluk oluşturmaması için drenaj projelerinde ve hidrolojide en önemli faktörlerden olan yüzey akışında infiltrasyon hızı en önemli faktörlerdendir (Delibaş, 1994).

İnfiltrasyon hızı; yüzey sulama yöntemlerinden uzun tava, karık ve düz tava gibi sulama sistemlerinin planlanmasında, bitki kök bölgesine verilecek olan su miktarının hesaplanmasında, akış uzunlukları ve tava boyutlarının belirlenmesinde etkilidir (Lal ve Pandya, 1972).

Ülkemizde büyük yatırımlarla tesis edilen ve geniş alanları kaplayan sulama projelerinin %61,6'sı yüzey sulama, %21,5'i yağmurlama sulama, %16,9'u damla sulama yöntemlerini kullanarak sulanmaktadır (DSİ, 2021). Ayrıca ekonomik imkânlar ölçüsünde büyük rakamlara varan yatırımlarla sulu tarım alanlarının artırılmasına çalışılmaktadır. Ancak tarımsal sulamada her zaman var olan sorunların günümüzde gerçekleştirilen modern sulama tesislerinde bile tam anlamıyla çözüme kavuşturulamadığı görülmektedir. Sulama suyunun kaynaktan alınarak sulanacak araziye iletilmesi için inşa edilen tesisler başarılı birer mühendislik örneği olmalarına karşın, aynı mükemmellik suyun arazi içinde dağıtımı ve toprağa verilmesi sırasında ne yazık ki görülememekte, sulama tesisinden beklenen yarar sağlanamamaktadır (Delibaş, 1986).

Sulamanın amacı, bitkilerin gelişmesi için gerekli suyun bitki kök bölgesine uygun zamanda doğru olarak verilmesini sağlamaktır. Bu iş yapılırken sulama yapılan arazinin topoğrafik ve toprak özelliklerine bağlı olarak sulama suyunun, fazla su kaybına neden olmadan, bitki ve toprağa zarar vermeden tarla yüzeyine eşit miktarda uygulanması esastır (Delibaş, 1994). Sulama randımanını yükseltmek için suyun tarlaya ne şekilde ne miktarda ve ne kadar süreyle verileceği, sulanacak ünitenin boyutlarının ne olacağı gibi sorunlara çözüm aramak eldeki kısıtlı kaynaklardan daha iyi faydalanmak adına zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışmadaki amacımız toprak tekstürünün İnfiltrasyon parametreleri üzerine etkileri bulmak ve sadece basit bir toprak analizi ile topraklarımız İnfiltrasyon hızını tespit edebilmektir.

Giriş bölümünde konu ilgili kısa bilgilere yer verilmiş olup bundan sonraki bölümlerde konuyla alakalı kaynak araştırması, materyal ve yöntem, araştırmadan elde edilen sonuçlar ve son bölümde tartışma ve sonuca yer verilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Toprak

Toprak kayaların ve organik maddelerin yüzyıllar boyunca çeşitli etkenlerle parçalanıp ayrılması ile meydana gelmiş, içinde geniş bir canlılar alemi barındıran ve bitkilere durak vazifesi görmesinin yanında su ve besin maddesi sağlayan ortamdır. Toprağı oluşturan en önemli parçalar kil, silt, kumdur. Büyüklükleri birbirlerinden farklılaşan bu parçacıkların topraktaki miktarları toprağın bünyesini oluşturur (Oğuz, 2008).

Sulama sistemlerinin etkili bir şekilde planlanması ve işletilmesi, suyun toprak içerisindeki hareketini ve depolanmasını kontrol eden faktörler ve işlemler hakkında bir bilgiye ihtiyaç gösterir. Sulama yapılacak bölgelerde önemli olan su ve toprak bağlantıları, bitki kök bölgesinde bitkiye faydalı suyun tutulmasını ve suyun toprak içerisinde farklı hareketlerini ve akımlarını kapsama alır. Toprakta suyun buharlaşması ile birlikte toprakta meydana gelen tuzluluk ve alkalilik su ve toprak bağlantıları değerini ortaya çıkarır. Su ve toprak arasındaki bağlantılar toprak ve suyun bazı fiziki özellikleriyle bağlantılı olarak birbirleri ile karşılıklı etkileşimlerinin sonucudur (Delibaş, 1994).

2.1.1. Toprak Tekstürü

Toprağı oluşturan parçacıkların büyüklükleri onun tekstürünü tayin eder. Bu parçacıklar büyüklük bakımından esas olarak dört gruba ayrılırlar. Çapı 1,00 mm'den fazla olanlara kaba kum; çapı 0,0-1,0 mm aralıkları içinde olanlara kum; çapı 0,002-0,05 mm içinde olanlara silt; çapı 0,002 mm'den küçük olanlar kil olarak isimlendirilmektedir. Toprakların çoğu kum, silt ve kilin çeşitli oranlarda karışımından oluşur. Bir toprakta kum nitelikli parçacıklar çoğunlukta ise, bu toprak kumlu toprak, aynı şekilde kilin çoğunlukta olduğu topraklar da killi topraklar olarak adlandırılır. Siltli topraklar bu iki grup arasında yer alır. Aşağı yukarı eşit miktarlarda kum, silt ve kil içeren topraklar tınlı topraklardır. Kumlu topraklar kaba bünyeli, tınlı topraklar orta bünyeli, killi topraklar da ince bünyeli olarak değerlendirilirler. Toprağın tekstürü toprak suyunun hareketi, hava sirkülasyonu ve bitki hayatı için önemli olan kimyasal değişimlerin hızı üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir (Delibaş, 1994).

Kum, kil ve silt' in birbirlerine göre nisbi oranları toprağın tekstürünü tayin eder. Kısacası toprağın hangi miktarda kil, silt ve kum içerdiğini belli eder. Toprağı oluşturan 2 mm'den küçük eşdeğer çapa sahip zerreler üç büyük gruba ayrılır (Delibaş, 1994).

Çapı 0,02- 2,0 mm arasında bulunan toprak tanelerine kum denir. Kumun hakiki yapısı kuvarstır (SiO_2) (silisyum dioksit). Kum tane büyüklükleri açısından bakıldığında silt ve kilden daha büyüktür. Kum toprak strüktüründe (primer toprak taneciklerinin bileşik parçacıklar teşkil ederek birleşmeleri ve gruplaşmaları) toprağın ana iskeletini meydana getirir. Kum toprak oluşumunda fiziksel etki yapar. Kısacası ana iskeletini meydana getirdiği için toprağın strüktürünün ayakta tutar (Oğuz, 2008).

Çap büyüklükleri 0,002-0,02 mm arasındaki toprak taneciklerine silt (mil) denir. Siltin toprak oluşumundaki esas görevi fiziksel bağlama yapmasıdır (Oğuz, 2008).

Çapı 2 mikrondan veya 0,002 mm'den daha küçük olan toprak taneciklerine kil adı verilir. Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine oldukça etkili olan aktif gruptur. Toprağın su tutma ve iletmesinden, topraktaki organik madde ayrışmasına kadar fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok özellik toprağın kil tanecikleri tarafından yönlendirilir. Kil taneciklerinin toplam yüzey alanı kum ve silt'e göre daha geniştir (Oğuz, 2008). Mineral parçacığın çapı küçüldükçe, yüzey alanları artar yani besin maddesi ve su tutma gücü artar (Namlı, 2012).

2.1.2. Toprak Tesktürü Tayin Yöntemleri

Toprağın tekstürü kalitatif ve kantitatif olmak üzere iki farklı şekilde tayin edilir. Kalitatif yöntem de avuç içine alınan toprak parmaklar arasında sıkıştırılarak toprağın killi, kumlu veya siltli olup olmadığı hakkında tahmini bilgi verir. Fakat toprak içinde hangi miktarda kum, kil ve silt olduğu anlaşılmaz (Oğuz, 2008).

Kantitatif yöntem de ise kohezyon kuvveti ile bağlı tanelerin büyüklük grupları elek analizi yöntemi ile belirlenemez. Böyle tanelerin büyüklük gruplarını belirlemek için aralarındaki çekim kuvvetinin ortadan kaldırılması, diğer bir deyişle tanelerin bağımsız hale getirilmesi gerekmektedir. Kohezyonlu tanelerin büyüklük grupları, su içerisindeki düşme hızlarına göre Hidrometre Yöntemi ile belirlenir (Ergene, 1972).

Bouyoucos Hidrometre yönteminde da toprağı meydana getiren taneciklerin birbirleri ile olan bağlantılarını ortadan kaldırarak taksel hâle getirmek sureti ile hazırlanan süspansiyonun yoğunluğunun Bouyoucos Hidrometre ile ölçülmesi ve ölçüm değerlerinden taneciklerin yüzde oranlarının bulunması, metodun prensibini oluşturur (Ergene, 1972).

Belli miktar toprak tartılır (orta ve ağır yapılı topraklardan 50 g, kumlu topraklardan 100 g) bir beherglasa konur. Üzerine 200 cm³ su ilave edilir. Eğer toprakta fazla organik madde varsa, bu %6'lık hidrojen peroksit (H₂O₂) ile giderilir. Beherglas bir buhar banyosu üzerine yerleştirilir. Üzerine küçük porsiyonlar halinde %6'lık hidrojen peroksit (H₂O₂) ilave edilir. Bu işleme toprağın organik maddeden ileri gelen koyu rengi açılana kadar devam edilir, sonra beherglastaki toprak süspansiyonu santrifüje alınır. Üzerine 15 cm³ 0,5 normalitede sodyum hexametafosfat veya amonyum asetat, amonyum hidroksit, sodyum karbonat ilave edilir. Santrifüjde 10 dakika karıştırılır. Sonra süspansiyon bouyoucos özel silindirine alınır. Silindir alttaki işareti kadar su ilave edilmek suretiyle doldurulur (Ergene, 1972).

Tablası delikli olan el karıştırıcı ile iyice karıştırılır. Hidrometre derhal süspansiyon için daldırılır ve 40 saniye sonra silt + kil fraksiyonu için hidrometre okunur, aynı zamanda süspansiyon sıcaklık derecesi ölçülür. Tekrar karıştırılarak, kendi haline terk edilen süspansiyonda iki saat sonra aynı şekilde kil için bir okuma yapılır (Ergene, 1972).

Eğer süspansiyonun sıcaklık derecesi 20 °C'tan farklı ise her derece artışı için okunan değere 0,3 ilave etmek ve her bir derece düşmesi halinde 0,3 çıkarmak suretiyle düzeltmeler yapılmalıdır (Ergene, 1972).

Sonuç olarak kil + silt toplamında kil yüzdesi çıkarıldığı zaman yüzde silt miktarı elde edilmiş olur. Silt ve kil yüzdelerinden kum miktarı hesab edilerek bulunur. Eğer çeşitli kum fraksiyonları da ayrıca isteniyorsa silindirdeki materyal elekten geçirilmek sureti ile çeşitli fraksiyonlar tartılarak bulunur (Ergene, 1972). Tartılarak elde edilen değerler tekstür üçgeninde yerine konularak toprağın sınıfı tayin edilir. Tekstür üçgenin her bir tarafı kum, kil, silt' in yüzde miktarını gösterecek şekilde bölümlendirilmiştir (Ergene, 1972).

2.1.3. Tekstür Sınıfına Göre Toprak Çeşitleri

%85'den fazla kum içeren topraklara kumlu topraklar denir ve genel olarak kaba yapıdırlar. Kumlu toprakların organik madde ve kil miktarları oldukça az olduğunda su tutma kapasiteleri düşüktür. Bu topraklar bitki besin elementleri açısından verimsizdirler. Kumlu toprakları verimli hale getirmek için içine fazlaca çiftlik gübresi ve kil karıştırılması gerekir (Ergene, 1972).

%80'den fazla silt % 12'den az kil içeren topraklara siltli topraklar denir. Siltli topraklar genelde verimsizdirler. İnfiltrasyon hızları ve su tutma kapasiteleri orta derecededir (Ergene, 1972).

%40'dan fazla kil %40'den az silt ve %45'den aşağı kum içeren topraklara killi topraklar denir. Killi toprakların kil miktarları genellikle %60-%70 civarlarındadır. Bu toprakların su tutma kabiliyetleri yüksek olduğundan aşırı sulama ve fazla yağışta hemen balıklaşırlar. Bu zellikler bitkiler açısından olumsuz değere sahiptir. Çünkü balıklaşan toprakların boş kısımlarının nerdeyse tamamı hava yerine su ile dolmuştur. Bu durumda bitki kök bölgesi yeterli havaya erişemez ve ölüm olayı gerçekleşir. Balıklaşan topraklar aniden kurumaya başladığında ise toprak hemen sertleşir ve bitki köklerini sıkıştırarak bitki ölümlerine sebebiyet verir veya bitki gelişimine olumsuz etki eder (Ergene, 1972).

Kil içeriği çok fazla olan killi toprakların su tutma ve bitki besin öz elementleri depo etme kapasitesi fazla olmasına rağmen genelde verimsizdirler (Ergene, 1972).

Tınlı topraklar, içerisinde yaklaşık olarak eşit miktarlarda kum, kil ve silt (mil) ihtiva eden topraklara tınlı toprak denir. Zirai ve bitki gelişmesi açısından en uygun fiziksel özelliklere sahiptirler. Bu toprağın su tutma kapasitesi, havalanması, strüktürü, gözenek yapısı ve su hava dengesi bitki gelişmesi açısından en elverişli durumdadır. Aşırı ısladıklarında balıklaşmazlar, aniden kuruduklarında sertleşmezler, daha kolay tava gelirler. Kimyasal yapısı iyi olduğu ve yeterli düzeyde bitki besin maddesi ihtiva ettiği takdirde verimleri çok yüksek topraklardır (Ergene, 1972).

Yukarıda sayılan dört önemli tekstür sınıfının dışında içerisinde nispi olarak daha fazla ihtiva ettikleri tanecik miktarına göre kumlu kil, siltli tın, kumlu killi tın, siltli kil vb. isimler alırlar (Ergene, 1972).

2.1.4. Toprakta Tutulan Su

Bitkilerin yaşamını sürdürebilmesi ve büyüyebilmesi için toprakta belli bir seviyede su bulunmalıdır. Bu nedenden dolayı suyun toprak içerisinde nasıl hareket ettiği, toprağın ne kadar su tutabildiği, bu tutulan suyun ne kadarının bitkilerin kullanması için uygun olduğu ve toprak suyunun nasıl doygun halde tutulacağı incelenmektedir (Dağdelen, 2012).

Suyun toprak içerisinde hareketi, toprağın fiziksel özellikleri tarafından yani tane büyüklüğü ve bu tanelerin dağılımı ile ilgilidir. Toprağın tutabileceği su miktarı ise daha çok toprağın sahip olduğu organik madde miktarı ile orantılıdır. Sonuçta bol organik madde içeren iyi bir toprak çeşidinin su tutma kapasitesi yüksek olur (Dağdelen 2012).

Toprakta su ne kadar az ise o kadar sıkı bir şekilde tutulur. Yani gerilim daha yüksektir. Gerilim kuvvetini etkileyen etmenler adhezyon ve kohezyondur. Adhezyon; toprak parçacıkları ile su molekülleri arasındaki çekim kuvvetidir. Kohezyon; su moleküllerinin birbiri arasındaki çekim kuvvetidir. Adhezyon; suyu toprak ile temas noktalarında sıkıca tutar. Kohezyon ise su moleküllerini birbirine bağlar. Bu iki kuvvet sayesinde küçük boşluklar su ile dolar, büyük boşluklarda ise su toprak parçacıkların etrafını sarar. Bazen dış çeperde bulunan su molekülleri yerçekimine karşı koyamaz ve yerçekimi suyu olarak toprağın derin katmanlarına ilerlemek üzere harekete başlar (Delibaş, 1994).

Suyun toprak içerisindeki hareketi; suyu hareket ettiren kuvvetler, suyun hareket edebileceği çok fazla yön ve etkileyici durumlar olduğundan dolayı çok karışıktır. Toprak içerisinde su doymuş katmandan doymamış katmana doğru geçişini sürdürür. Bu geçişe hidrolik eğim, boru çapı ve yük kayıpları etki eder. Büyük gözenekler su ile dolduktan sonra küçük gözenekler su ile dolmaya başlar. Nemli topraklarda suyun hareketi kuru topraklara nazaran daha düzenlidir (Dağdelen, 2012).

Suyun kapillar hareketini toprak tekstürü etkiler. Kapillar yükselmenin fazla oluşu toprakta bulunan küçük çapa sahip gözeneklerin fazla olduğuna gösterir. Tekstür inceldikçe gözenek çapı da incelik ve böylelikle kaba bünyeli topraklara göre ince bünyeli topraklarda suyu kapillarite ile yükselmesi daha fazla olur. Doymuş topraklarda kapillar hareket en hızlı kumlu topraklarda en yavaş ise killi topraklarda meydana gelir. Ancak doymuş olmayan veya kuru topraklarda bu tam tersidir (Delibaş, 1994).

2.2. İnfiltrasyon

Hanks' e (Erie, 1962) göre infiltrasyon devamlı ve hızlıca değişen ve içerisinde pek çok faktör barındıran fazlaca karmaşık bir olaydır.

İnfiltrasyon sulama sularının ve yağmurun toprak yüzeyinden içerisine girmesidir. Suyun toprağın yüzeyinden içerisine doğru hareketine süzülme denir. İnfiltrasyon hızı, toprağın yüzeyinden içeri doğru girme hızına eşittir. İnfiltrasyon hızının birimi cm/h veya mm/h'dir. Toprakların genel olarak su alma hızları başlangıçta yüksek daha sonra yavaş yavaş azalarak belli bir süre içinde sabit bir noktada gelir (Delibaş, 1994).

Toprakta suyun hareketi toprak nemine bağlı olarak değişmekle birlikte yatay akışlar olsa da genel olarak düşey doğrultudadır (İstanbuluoğlu, 2015).

Yerçekimi ve kapillar kuvvetin etkisi ile toprak yüzeyinde bulunan su, toprak içerisine giriş yaparak profil boyunca aşağı doğru hareket eder. Suyun aşağı doğru hareketinde yerçekimi etkisi ile büyük gözenekler, kapillarite etkisi ile küçük gözenekler dolar. Toprak taneleri küçüldükçe suyun hareketi de yavaşlar. Bu sebep ile ince tekstüre sahip topraklar suyu fazla tutsa da iletimleri oldukça yavaştır. Kil kapasiteleri çok yüksek olan topraklarda pratik de su hareketi olmadığı varsayılır. Bu toprakların organik madde miktarı ve granülasyonu arttırılmadıkça drenajı çok yavaş olur ve etki etmez. Kaba bünyeli toprakların geçirgenlikleri yüksektir çünkü gözenekleri geniştir (Delibaş, 1994).

Zeminler küçük alanlarda dahi büyük yerel değişim gösterebilirler. Bu yerel değişiklik sonucunda ve zamanla zemin özelliklerinde olan değişim, zemin su içeriğinin değişmesine neden olur. Tüm bu olaylar göz önüne alınırsa infiltrasyon olayı, oldukça karışık olan bir olaydır. Bu nedenle matematiksel denklemler ile ancak yaklaşık olarak ifade edilebilmektedir (Tekinsoy, 2013).

Suyun toprak yüzeyinden toprağın içerisine girişine ve profil içindeki hareketlerine engel olan etmenler genelde toprak yüzeyinde oluşmasına rağmen, toprak profili içerisinde bulunan farklı derinliklerde de olabilir. Profilde bulunan toprak horizonlarının infiltrasyon kapasiteleri, katmanda bulunan toprağın yapısına, mineralojisine, kimyasına bünyesine, hacim ağırlığına, bünyesine ve katmanların oluşumuna bağlıdır. İnfiltrasyon kapasitesinin düşük olması büyük gözeneklerin ince topraklar ile tıkalı olması veya devamlılık göstermeyen büyük gözeneklerin olmamasından kaynaklanmaktadır (Öztekin ve Öztekin, 2007).

İnfiltrasyon su ile doygun duruma gelmeyen topraklarda meydana gelmektedir. Topraklar su alarak doygunluğa geldikçe infiltrasyon hızı da yavaşlayarak hidrololik iletkenliğe ulaşır. İnfiltrasyonun açıklanmasında infiltrasyon hızı ve toplam infiltrasyon olmak üzere iki konu önem arz etmektedir (Delibaş, 1994).

İnfiltrasyon kapasitesi, toprağın belirli süreler içerisinde belirli şartlarda suyu emeceği en yüksek hızdır. İnfiltrasyon hızı, suyun toprak içerisine uygulama hızına bağlı değişmekle birlikte sıfırdan başlayarak çeşitli değerler alır ve infiltrasyon kapasitesine kadar yükselebilir. Eğer su toprağa infiltrasyon kapasitesinden yüksek bir hızda toprağa uygulanır ise ilk önce göllenme meydana gelir ardından su yüzey akışına geçer (Delibaş, 1994).

Toplam infiltrasyon veya kümülatif infiltrasyon, belirlenen süreler içerisinde toprağa infiltre olan toplam su derinliğidir. Toplam infiltrasyon uzunluk biri ile su derinliği

olarak açıklanır ve infiltrasyon hızının zamana göre düzenlenmesi ile tahmin edilir (Delibaş, 1994).

Toprak yüzeyinde bulunan suyun toprağa girişi ve toprak içerisinde aşağılara doğru hareketi sırasında, profil boyunca nem dağılımı bakımından dört ayrı bölge ayırt etmek mümkündür. Bunlar, toprak yüzeyinin yakınında toprağın doymuş halde bulunduğu saturasyon veya geçiş bölgesi, nem içeriğinin nispeten üniform olduğu taşıma bölgesi, ıslaklık sınırı ile taşıma bölgesini birleştiren ve ıslaklık sınırına yaklaştıkça nem içeriği azalan ıslanma bölgesi ve ıslak toprakla kuru toprağı kesin bir şekilde ayıran ıslaklık sınırındır. Su uygulamasına son verildikten sonra toprakta nem hareketi devam eder ve 3-4 gün geçtikten sonra nem içeriği ıslanma bölgesi açısından hemen hemen üniform bir değer olan tarla kapasitesine yaklaşırken, aşağıdaki kuru topraktan kesin bir ıslaklık sınırı ile ayrılır (Delibaş, 1994).

Sulama sistemlerinin planlanmasında suyun toprağa absorbe olma hızı önemli bir rol oynamaktadır. (Delibaş, 1994).

Toprak kum, silt, kil gibi büyüklükleri farklı parçacıklardan oluşan bir materyaldir. Toprak içerisinde kum miktarı arttıkça infiltrasyon hızı da artar, buna karşılık kilin fazla miktarda bulunması infiltrasyon hızının infiltrasyon hızının azalmasına neden olur. Genel olarak toprak tekstürünün infiltrasyon hızına etkisi Çizelge 2.1’de görülmektedir (Delibaş, 1994).

Çizelge 2.1. Farklı tekstür topraklarındaki ortalama infiltrasyon hızları (Delibaş, 1994)

Tekstür sınıfı	Ortalama İnfiltrasyon hızı, cm/h	
	Bitki örtüsü var	Bitki örtüsü yok
Kaba kum	2,0- 2,5	1,2
İnce kum	1,2- 2,0	1,0
İnce kumlu tın	1,2	0,8
Siltli tın	1,0	0,7
Killi tın	0,8	0,6
Kil	0,5	0,2

2.2.1. İnfiltrasyonu Etkileyen Faktörler

İnfiltrasyon, sürekli ve hızlıca değişen çok fazla faktörün etkisiyle oluşan oldukça karışık bir oluşumdur. İnfiltrasyonu etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır bunların en önemlileri porozite, sıcaklık derecesi, nem içeriği, strüktür, tekstür, organik madde ve kolloidal yapı, hapsedilmiş hava ve sıcaklık değişimi gibi fiziksel özellikler ile kimyasal (alkalilik, tuzluluk vb.) ve biyolojik. Bunların dışında topoğrafya, toprak yüzeyinin eğimi, bitki örtüsü, toprağın işlenme durumu, toprağın kültüre alınma tarzı, otlama durumu, su uyulama süresi ve yağış şiddeti de infiltrasyon üzerinde etkilidir (Delibaş, 1994).

Bahar aylarında uzun süreli yağışlar neticesinde, toprak profilinde geçirimsiz tabaka oluşur ise bu geçirimsiz tabaka, infiltrasyon hızını olumsuz yönde etkileyebilir. Eğer bu koşullar oluşur ise infiltrasyon hızını etkileyebilecek olumsuzlukları toprak işleme ile kontrol altına alınabilir (Erşahin, 2001).

Toprak; kum, silt, kil gibi büyüklükleri farklı parçacıklardan oluşan bir materyaldir. Toprak içerisinde kum oranı fazlaştıkça infiltrasyon hızı da artar, bunun yanında kil oranının artması ise infiltrasyon hızının azalmasına yol açar (Delibaş, 1994).

Strüktür, toprağın porozitesi ile kısacası boşluk hacmi ile alakalıdır. Kabartılarak havalandırılmış ve granüller bir yapıya kavuşmuş olan toprakların poroziteleri artar, poroziteleri arttırılan toprakların infiltrasyon hızı artar (Delibaş, 1994).

Nemli topraklarda, gözeneklerin bazı kısımları su dolu olduğundan infiltrasyon hızı kuru topraklara göre daha yavaştır (Delibaş, 1994).

Bodman ve Coman (1944) yaptıkları laboratuvar denemelerinde, infiltrasyon süresinde su potansiyeli gradientinin düşmesinin sonucunda infiltrasyon hızının da düştüğünü gözlemlemişlerdir. İnfiltrasyon hızı üzerine yapılan incelemede başlangıçtaki nem kapsamı yüksek olduğunda infiltrasyon hızının düşük olduğunu görmüşlerdir. Araştırmacılar, infiltrasyon sırasında toprak profilinde dört bölgenin varlığını ortaya koymuşlardır. Bunlar; satürasyon bölgesi, geçiş bölgesi, iletim bölgesi ve ıslanma bölgesidir.

Sıcaklığı düşük olan topraklar sıcaklığı yüksek olan topraklara göre daha yavaş infiltrasyon hızına sahiptirler (Delibaş, 1994).

Toprakta bulunan organik maddenin fazla olması infiltrasyon hızı üzerinde olumlu etki yaparak infiltrasyon hızını artırır. Koloidal materyalin artması ise olumsuz etki yaparak infiltrasyon hızının azalmasına neden olur (Delibaş, 1994).

Toprakta taban suyu seviyesinin yüzeye yakın olması yukarı doğru kapillar harekete sebep vereceğinden dolayı infiltrasyon hızı azalır. Suyun profil içerisindeki hareketine kolloidlerin şişmesi ve toprak danelerinin arasına tutulmuş hava olumsuz yönde etkiler (Delibaş, 1994).

Yılmaz ve Alagöz (2008) yaptıkları bir çalışmada farklı düzeylerde yapılan çiftlik gübresi uygulamasının toprağın infiltrasyon kapasitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapılan 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 görülmüştür. 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 görülmüştür.

Toprak yüzeyini örten bitkisel materyal ister orman ister otsu vejetasyon olsun, bu örtü tabakasının toprak yüzeyinde oluşturduğu katı ölü örtü, toprak-bitki-su arasındaki doğal dengede önemli bir rol almaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar 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 akışı azaltmakta, buna karşılık infiltrasyon ile toprağa giren suyun miktarında artmaya sebep vermektedir. Ayrıca bu ölü örtünün su üzerinde filtre etkisi yaparak suyun kalitesini önemli ölçüde arttırmıştır (Asan ve Şengönül, 1987).

Tisdall (1951), toprağın başlangıç nem kapsamıyla infiltrasyon hızı arasında ilişkiyi killi, killi tın ve kumlu tın bünyeye sahip topraklarda araştırmıştır. 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 Kostikov 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).

Toprak sıkıştıkça infiltrasyon hızı düşmektedir. Bu sıkışma İnfiltrasyonu azalttığı için suyun yüzey akışına geçmesine bunun doğal sonucu olarak da toprak ve su erozyonuna neden olmaktadır. Drenajı kötü olan toprakların tesviyesi iyi yapılmış bile olsa yüzeyinde biriken su uzun süre toprakta kalabilmektedir. Toprak sıkışması ile, 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. Toprak sıkışması ile ilgili en önemli endişe, sıkışmanın verime olan etkisidir. Parsel başlarında, dönüşlerde ve tarla girişlerinde olan aşırı sıkışma 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).

2.2.2. İnfiltrasyon Hızının Ölçülmesi

İnfiltrasyon hızının ölçülmesinde tüm koşullarda uygulanabilecek genel bir yöntem yoktur. Bu nedenle, yöntem seçiminde büyük deneyim ve bilgi birikimine gerek vardır. Bununla birlikte, infiltrasyon hızını saptanmasında kullanılan belli başlı yöntemler (tek silindir infiltrometre yöntemi, çift silindir infiltrometre yöntemi, karık yöntemi, karık infiltrometre yöntemi, tava yöntemi, yağmurlama yöntemi, laboratuvar yöntemi) vardır. (Aydın ve Kılıç, 2010).

İnfiltrasyon hızının belirlenmesinde birçok yöntem mevcuttur, fakat uygulama kolaylığı nedeni ile en çok kullanılan yöntem çift silindirli infiltrometre yöntemidir.

Çift silindirli infiltrometre yönteminde iç içe geçmiş iki metal silindirden oluşmaktadır. Silindirler genellikle kalınlıkları 2 mm olan sacdan yapılıdır. Dış silindirin çapı 40 cm, iç silindirin çapı 20-25 cm ve her iki silindirin yüksekliği 40 cm dir. Toprağa kolayca girebilmeleri

için silindirin alt uçlar keskinleştirilir. İç silindir gözlem silindiri olarak kullanılır (Güngör, Y., Erözel, Z. ve Yıldırım, O., 2004).

İnfiltrasyon ölçümlerinin birbirine yakın olacak en çok 2 da alan içerisinde kalacak şekilde 3-5 yerde yapılması ve elde edilen değerlerin ortalamasının kullanılması gerekmektedir. Ölçme işleminin mutlaka işlenmemiş arazide ve sulama başlangıcı için öngörülen toprak nemi koşullarında yapılması gerekmektedir (Güngör, Y., Erözel, Z. ve Yıldırım, O., 2004).

Çakma plakası; üzerinde çakma sırasında kaymayı engelleyecek şekilde silindir çaplarına uygun tamponlar bulunan ve genellikle 3 mm sacdan yapılan düz bir plakadır. Çakma plakasının üzerinde geniş tabanlı çelik bloktan oluşan yaklaşık 15 kg ağırlığındaki bir çakma ağırlığı ile yavaş yavaş vurularak ve yataylık sürekli denetlenerek silindirler 15-20 cm kadar çakılır. Her iki silindire iç ve dış silindirlerdeki su seviyeleri eşit olacak şekilde sulamada uygulanacak su derinliği kadar (10-15 cm) su ile doldurulur. Dıştaki silindirin amacı iç silindirde bulunan suyun yanlara doğru olan hareketini engellemektir. Silindirdeki su azalmaya başladıkça eşit miktarda su ilave edilir (Güngör, Y., Erözel, Z. ve Yıldırım, O., 2004).

Suyun doldurulması sırasında erozyonu önlemek için iç silindirin tabanına bir çuval parçasının serilmesi ve su doldurulduktan sonra kaldırılması gerekir. Su düzeyi ölçmeleri iç silindirden bir ölçme aracı ile yapılır. Ölçme aracı, mm değerine kadar bölümlendirilmiş bir cetvel üzerinde bulunan ucu sivri, çengelli ve ölçü göstergeli metal çubuktan ibarettir. İç silindire su doldurulduğunda ölçme aracı ile ilk su düzeyi okuması yapılır. Bundan sonra 10 ar dakika ara ile üç, 15 ve 30 dakika aralarla ikişer, 60 dakika ara ile bir ve 120 dakika ara ile yeteri kadar su düzeyi ölçmeleri yapılır ve ölçme zamanları su düzeyi değerleri bir çizelgeye kaydedilir (Güngör, Y., Erözel, Z. ve Yıldırım, O., 2004).

Ölçme birim zamanda toprak içerisine giren su miktarı yaklaşık eşit oluncaya kadar devam edilir. Ölçmeler sırasında toprak yüzeyinde su yüksekliği 5 cm civarına düştüğünde silindirlere tekrar su ilave edilir. Elde edilen ölçme sonuçlarından yararlanılarak eklemeli zaman, su alma hızı, ortalama su alma hızı ve eklemeli su alma değerleri bulunur. Su alma hızı ile eklemeli zaman arasında logaritmik bir ilişki söz konusudur. Bu nedenle söz konusu değerler milimetrik kâğıda işaretlenirse eğriler, logaritmik kâğıda işlenirse doğrular elde edilecektir (Güngör, Y., Erözel, Z. ve Yıldırım, O., 2004).

Toprağın su alma hızı ilk başlarda yüksektir ama zamanla azalmakta ve bir noktadan sonra sabit bir değere ulaşmaktadır. Hiçbir zaman sıfır olmaz (Güngör, Y., Erözel, Z. ve Yıldırım, O., 2004).

Toprağın infiltrasyon hızı; sulama süresinde, yağmurdan sonra yüzey akışına geçecek su miktarının belirlenmesinde, drenaj problemlerinin çözümünde, hidrolojide büyük önemi olan yüzey akış olayının analizinde, sulama sisteminin seçiminde ve bu sulama sistemlerinden; yüzey sulama sisteminde; akış uzunlukları, sulama ünitelerinin boyutlandırılması ve debi, yağmurlama sulama sisteminde; başlık debisi ve tertip aralıklarına, damla sulama sisteminde; damlatıcı debisi ve damlatıcı aralığının belirlenmesinde etkilidir.

2.2.3. 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. Bunlar; Philip Eşitliği, Gardner-Widstoe ve Horton Eşitliği, Kostiakov Eşitliği dir. Sulama uygulamalarında uygulama açısından kolay olması sebebi ile en yaygın olarak Kostiakov Eşitliği kullanılmaktadır (Delibaş, 1994).

Kostiakov infiltrasyon eşitliğindeki K parametresinin büyük değere sahip olması başlangıçtaki infiltrasyon hızının yüksekliğini gösterir. Zamanın üssü olan n parametresinin büyük olması ise infiltrasyon hızındaki düşüşün yavaş olduğunu belirtir (Alıcı, 1980).

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 bu infiltrasyon eşitliklerinden en çok kullanılanları aşağıda verilmiştir;

Philip Eşitliği:

$$Z = S t^{1/2} + At$$

(2.1)

Gardner-Widstoe ve Horton Eşitliği:

$$Z = Ct + \frac{B}{k}(1 - e^{-kt}) \quad (2.2)$$

Kostiakov Eşitliği:

$$Z = \frac{K}{n+1} t^{n+1} \quad (2.3)$$

Değiştirilmiş Kostiakov Eşitliği:

$$Z = Ct + \frac{K}{n+1} t^{n+1} \quad (2.4)$$

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

Philip Eşitliği:

$$I = \frac{1}{2} S t^{-1/2} + A \quad (2.5)$$

Gardner-Widstoe ve Horton Eşitliği:

$$I = C + B e^{-kt} \quad (2.6)$$

Kostiakov Eşitliği:

$$I = K t^n \quad (2.7)$$

Değiştirilmiş Kostiakov Eşitliği:

$$I = C + K t^n \quad (2.8)$$

Yukarıdaki 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,

K ; $t = 1$ anındaki infiltrasyon hızı,

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

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

Sulama uygulamalarında en yaygın olarak Kostiakov Eşitliği kullanılmaktadır ve genellikle Eşitlik 3' deki yazılım formunda $n+1 = a$ ve $K/(n+1) = k$ konularak;

$$Z = k t^a \quad (2.9)$$

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

ve verimsiz olmakla beraber bazı bölgeleri kara kepir topraklardır. Araştırmanın yürütüldüğü tarım parselleri genel olarak organik maddesi düşük, kumlu, killi ve tınlı toprak yapısına sahip alanlardan oluşmaktadır.

3.1.3. Araştırma Bölgesinin İklim Özellikleri

Saray ilçesi, coğrafi konumu açısından iki farklı iklim özelliğini içinde barındırmaktadır. İlçe merkezinin de yer aldığı güney ve orta kesimlerde karasal iklim hâkim olurken, ilçenin kuzeyine doğru gidildikçe yükseltinin artmasıyla birlikte Karadeniz'in nemli iklim özelliklerine bağlı olarak iklim ve bitki örtüsü değişim göstermektedir.

Saray, genel olarak atmosfer dolaşımı özellikleri bakımından daha çok batı ve kuzeybatı hava kütlelerinden etkilenir. Kış mevsiminde Balkanlar üzerinden gelen hava kütlelerinin etkileri egemendir. Saray ilçesi de kış mevsiminde tüm Türkiye'de olduğu gibi özellikle kuzeyde 40°-50° enlemleri arasında etkisini arttıran Polar cepheye bağlı alçak basınç merkezi ve Sibiryaya üzerinde oluşan termik yüksek basınç merkezinin etkisi altına girmektedir. Bu basınç düzenine bağlı olarak soğuk dönemde Balkanlar ve Karadeniz üzerinden gelen soğuk-kurak, soğuk-nemli hava kütleleri sahada etkili olmaktadır. Karasal iklim özelliklerinin de etkisi ile Saray ilçesinin merkezi ve kuzey kesimleri şiddetli soğukların görüldüğü bir alan olmaktadır. Yaz mevsiminde ise Türkiye genelinde olduğu gibi, Basra alçak basıncı Asor yüksek basıncı hâkim dolaşım koşullarını kontrol eden ana mekanizmalardır. Buna bağlı olarak yağış koşullarından uzaklaşmakta, kurak koşullar etkili olmaktadır. Ancak ilçenin kuzey kesimlerinde, Güngörmez ve Bahçeköy hattının ilerisinde, Karadeniz'e doğru dağlık yapının da etkisi ile nispeten daha nemli koşullar görülmektedir. Diğer yandan karasal ve deniz ile yükselti farklılıklarının meydana getirdiği bir etken altında Saray ilçesinin kuzeyi ile güneyi arasında nispeten farklı iklim özellikleri görülmektedir (Anonim, 2020).

3.2. Yöntem

Araştırma yapılacak alanların kum, kil ve silt oranları dikkate alınarak örnekleme yöntemi ile 5 köyden 5 farklı tarım parselinden toprak örnekleri alınmış ve Tekirdağ Ticaret Borsası'nda toprakların tekstür analizleri yaptırılmıştır. Toprak analizleri yaptırılan topraklara çift silindirli infiltrometre ile infiltrasyon testi yapılmış ve infiltrasyon sonuçları tablolara kaydedilmiştir. Daha sonra tablolarda bulunan toplam (dak) ve toplam (cm) değerleri ile Excel dağılım grafikleri içerisinde bulunan üssel grafik türünden yararlanılarak $Z = k t^a$ eşitliğindeki k ve a parametreleri ile R² değerleri bulunmuştur.

3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması

Toprak örnekleri için 14 farklı tarım parselinden, büyüklükleri dikkate alınarak 8-10 noktadan zikzaklı bir şekilde ilerleyip, “V” şeklinde çukur açılmış ve her çukurdan 1,5-2,0 kg toprak alınarak, topraklar birbirleri ile karıştırılmıştır. Tarım parselini temsil edecek miktarda toprak plastik torbalara konularak etiketlenmiştir. Alınan toprak örnekleri daha sonra Tekirdağ Ticaret Borsası’na götürülerek analiz yaptırılmış ve toprağın tekstür sınıfları belirlenmiştir. Alınan toprak örnekleri ve tekstür sınıfları aşağıda Çizelge 3.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Toprak örnekleri

Deneme	% Kum Oranı (s)	% Kil Oranı (c)	% Silt Oranı (si)	Tekstür Sınıfı
Toprak-1	37,7	38,3	23,9	Killi Tın
Toprak-2	42,3	37,3	19,9	Killi Tın
Toprak-3	44,5	35,1	20,3	Killi Tın
Toprak-4	47,9	32,5	19,5	Kumlu Killi Tın
Toprak-5	48,4	31,9	19,8	Kumlu Killi Tın
Toprak-6	49,1	33,5	17,3	Kumlu Killi Tın
Toprak-7	50,2	27,8	21,8	Kumlu Killi Tın
Toprak-8	57,8	23,8	18,3	Kumlu Killi Tın
Toprak-9	59,5	25,6	16,7	Kumlu Killi Tın
Toprak-10	70,9	12,2	16,7	Tınlı Kum
Toprak-11	73,8	12,1	14	Kumlu Tın
Toprak-12	79,8	10,2	9,9	Kumlu Tın
Toprak-13	79,9	11,8	8,2	Kumlu Tın
Toprak-14	81,1	6,2	12,5	Tınlı Kum

3.2.2. Deneme Düzeni ve Araştırma Konuları

Araştırmada, 14 farklı toprak tekstürüne sahip tarım parsellerinde belirlenen 3 noktada çift silindirli infiltrometre ile infiltrasyon testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar tablolara işlenmiştir. Tablolardan elde edilen verilerden $Z = k t^a$ parametreleri belirlenmiştir.

3.2.3. İnfiltrasyonun Ölçülmesi

Christiansen, Bishop, Keiefer ve Fok (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 materyal 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 ayırım 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. Çift silindirli (halkalı) infiltrometrede iki silindir vardır. Bir iç ve bir dış silindir. Amaç iç halkadan suyun tek boyutlu akışını oluşturmaktır. Dış silindir suyun yanal hareketini engelleyerek iç silindir içerisinde dikey akışı sağlamaya çalışır. Çift silindir infiltrometre testlerinin uygulandığı yerde, köstebek, tarla faresi, karınca vb. hayvanların yuvalarının bulunmamasına, arazide bulunan toprak çatlamlarına ve arazinin çok fazla taşlık olmamasına dikkat edilerek deneme parsellerinde infiltrometre ölçümleri yapılmıştır (Delibaş, 1994).

Bu tip infiltrometrelerin avantajları, ölçümler için küçük alan gerektirmeleri, kurulumlarının pahalı olmaması, işletim kolaylığı ve fazla su gerektirmemeleridir. Ancak halkanın çakılması sırasında zeminin örselenmesi, yağmur damlalarının çarpma etkisinin benzeştirilemeyişi gibi etkenler dolayısıyla elde edilen sonuçlar gerçeği tam olarak yansıtmaz (Bayazıt, 2003).

Farklı tesktür sınıfına ait topraklarda su alma hızının saptanmasında, değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre yöntemi uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasında Delibaş (1994)'ın belirtilen ilkelerine uygun biçimde ölçmeler yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Farklı tesktür sınıfına ait deneme yapılacak olan tarım parsellerinde Şekil 3.2'deki değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre kullanılmıştır. Şekil 3.3'teki gibi toprağa çakılmış ve toprağa kolayca girebilmeleri için silindir alt uçları keskinleştirilmiştir. Şekil 3.4'te görüldüğü gibi iç silindir gözlem silindiri olarak kullanılmıştır. Ölçümler İnfiltrasyon hızı sabitleşinceye kadar gerçekleştirilmiştir. Silindirdeki su azaldıkça eşit miktarda su ilave edilmiştir. Arazideki ölçümlerde kullanılan su, araca yerleştirilmiş 0,5 ton kapasiteli sulama tankı ile karşılanmıştır.



Şekil 3.2. Çift silindirli infiltrometre



Şekil 3.3. İnfiltrometrenin ölçüm için hazırlanması



Şekil 3.4. Çift silindirli infiltrometre okumaları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

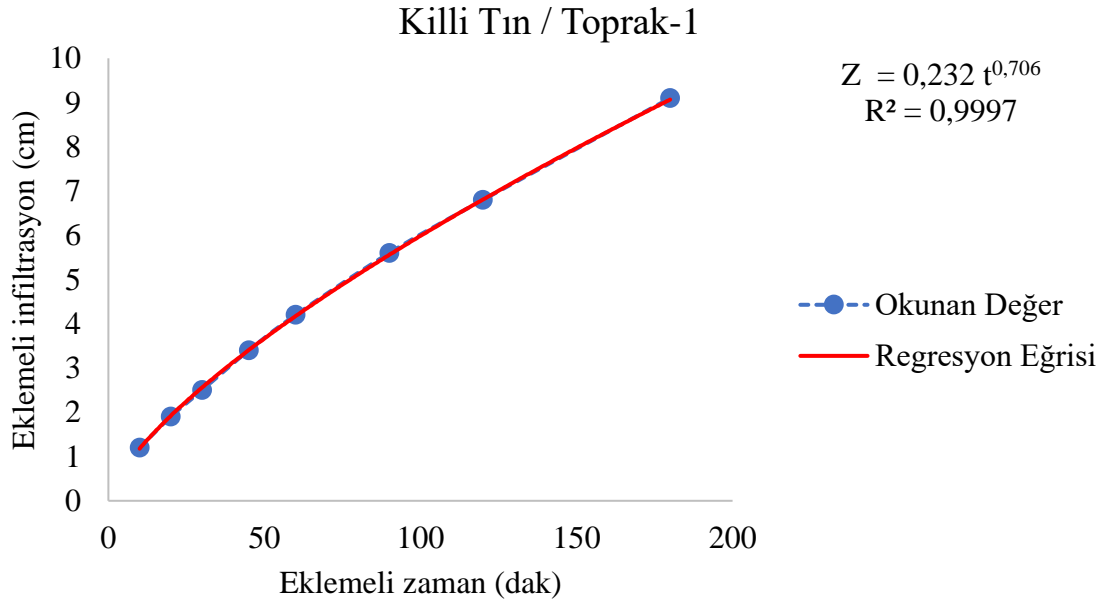
Farklı tekstür sınıfına ait toprakların infiltrasyona etkileri değerlendirilmiştir. Ölçümlerden infiltrasyon denklemlerinin elde edilmesi için, ölçüm sırasında gözlem süreleri ve su düzeyi seviyeleri çizelgelerde düzenlenmiştir. Okunan (dak) ve okunan (cm) değerleri ölçüm esnasında kaydedilmiştir. Ölçüm değerleri kullanılarak grafikler oluşturulmuştur. Ölçümü gerçekleştiren tarım parsellerinin, toplam infiltrasyon ve toplam infiltrasyon hızı verileri elde edilmiştir.

4.1. Deneme Topraklarında İnfiltrasyon Sonuçları

Farklı tekstür sınıfına ait 14 farklı tarım parseli için ortalama 3 adet ölçüm, İnfiltrasyon hızı sabitleşinceye kadar sürdürülmüş ve tarım parsellerinin infiltrasyon hızları ve infiltrasyon derinlikleri hesaplanmıştır. Çizelgelerin oluşturulmasında Excel dağılım grafikleri içerisinde bulunan üssel grafik türünden yararlanılmıştır. Tablolarda bulunan toplam (dak) ve toplam (cm) değerleri kullanılarak $Z = k t^a$ eşitliğine uygun grafik eğrileri oluşturulmuştur. Elde edilen eşitlikler Çizelge 4.15'te toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprak 1 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
14:33			10			
14:43	10	10	11,2	1,2		1,2
14:53	10	20	11,9	0,7		1,9
15:03	10	30	12,5	0,6		2,5
15:18	15	45	13,4	0,9		3,4
15:33	15	60	14,2	0,8		4,2
16:03	30	90	15,6	1,4		5,6
17:33	30	120	16,8	1,2		6,8
18:33	60	180	19,1	2,3		9,1



Şekil 4.1. Toprak 1 infiltrasyon grafiği

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

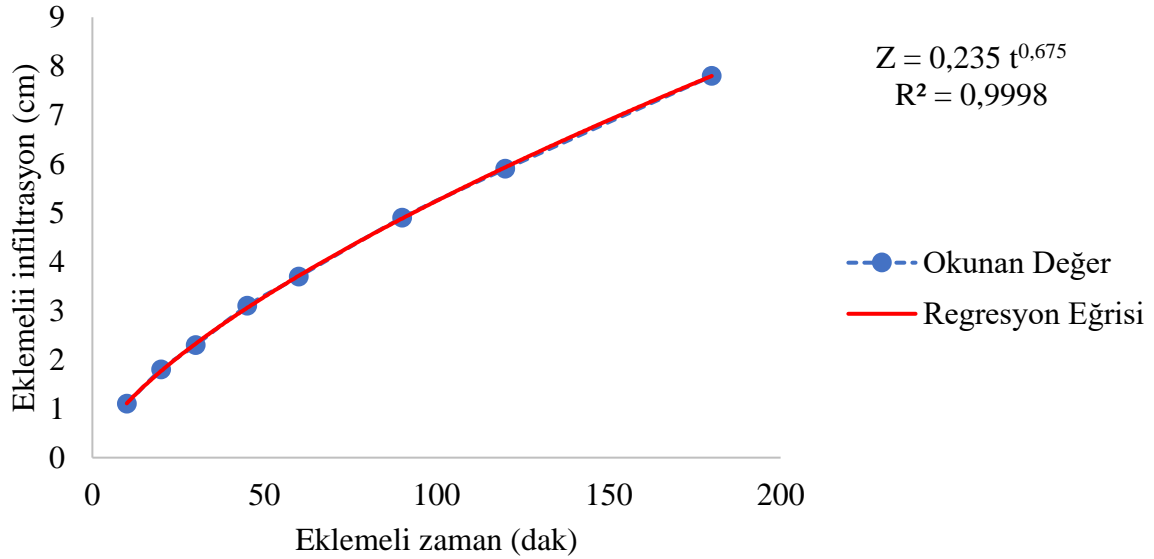
$$Z = 0,232 t^{0,706} \text{ cm}$$

$$I = 0,164 t^{-0,294} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.2. Toprak 2 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
11:57			10			
11:07	10	10	11,1	1,1		1,1
12:17	10	20	11,8	0,7		1,8
12:27	10	30	12,3	0,5		2,3
12:42	15	45	13,1	0,8		3,1
12:57	15	60	13,7	0,6		3,7
13:07	30	90	14,9	1,2		4,9
13:17	30	120	15,9	1,0		5,9
14:17	60	180	17,8	1,9		7,8

Killi Tın / Toprak-2



Şekil 4.2. Toprak 2 infiltrasyon grafiği

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

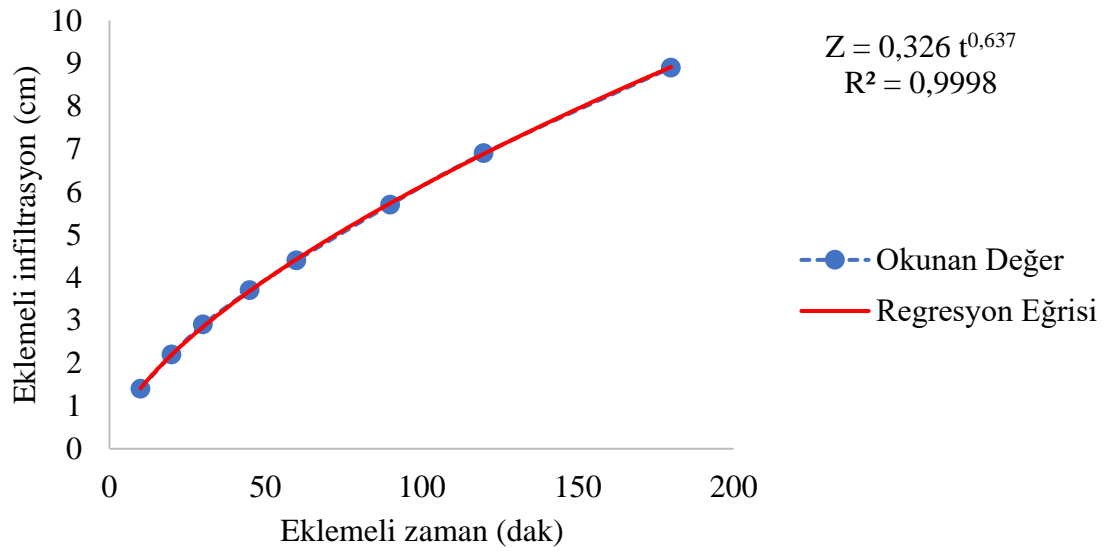
$$Z = 0,235 t^{0,675} \text{ cm}$$

$$I = 0,158 t^{-0,325} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.3. Toprak 3 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
09:15			10			
09:25	10	10	11,4	1,4		1,4
09:35	10	20	12,2	0,8		2,2
09:45	10	30	12,9	0,7		2,9
10:00	15	45	13,7	0,8		3,7
10:15	15	60	14,4	0,7		4,4
10:45	30	90	15,7	1,3		5,7
11:15	30	120	16,9	1,2		6,9
12:15	60	180	18,9	2,0		8,9

Killi Tın / Toprak-3



Şekil 4.3. Toprak 3 infiltrasyon grafiği

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

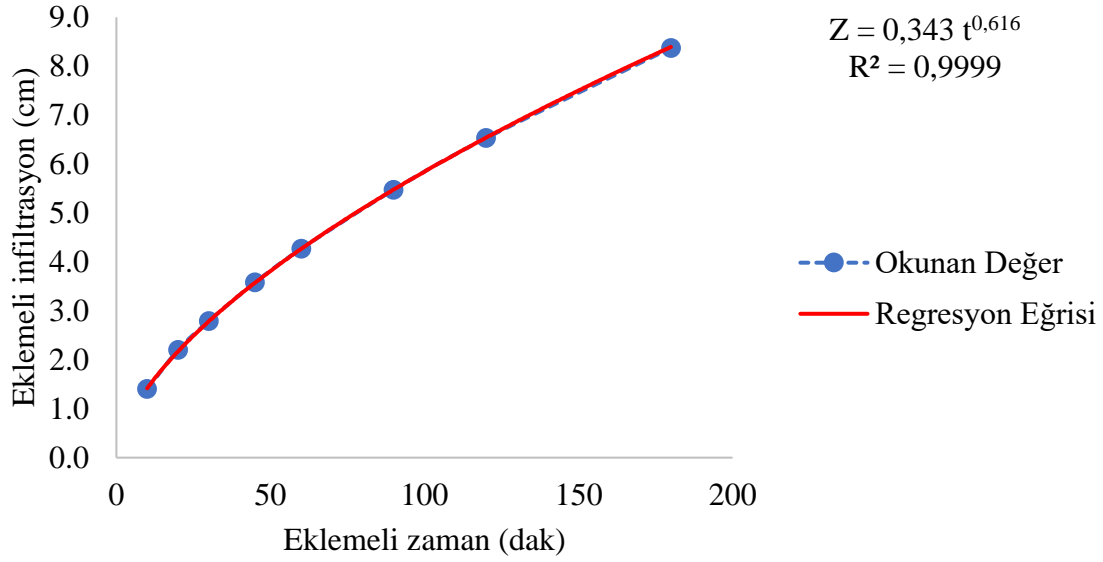
$$Z = 0,326 t^{0,637} \text{ cm}$$

$$I = 0,208 t^{-0,363} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.4. Toprak 4 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
15:35			10			
15:45	10	10	11,4	1,4		1,4
15:55	10	20	12,2	0,8		2,2
16:05	10	30	12,8	0,6		2,8
16:20	15	45	13,6	0,8		3,6
16:35	15	60	14,3	0,7		4,3
17:05	30	90	15,5	1,2		5,5
17:35	30	120	16,6	1,1		6,5
18:35	60	180	18,5	1,9		8,4

Kumlu Killi Tın / Toprak-4



Şekil 4.4. Toprak 4 infiltrasyon grafiği

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

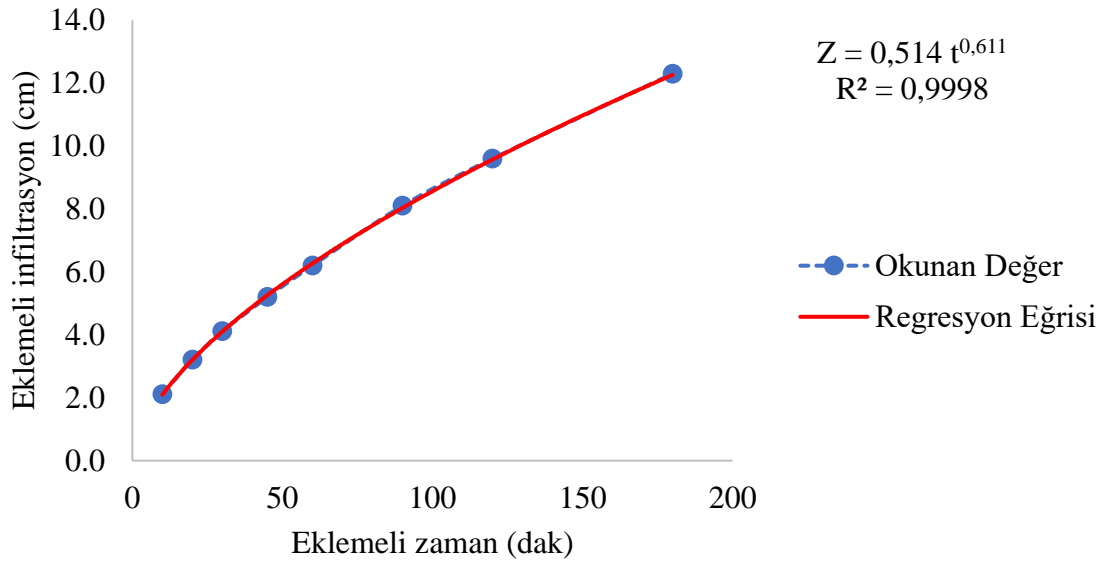
$$Z = 0,343 t^{0,616} \text{ cm}$$

$$I = 0,211 t^{-0,384} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.5. Toprak 5 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
15:35			10			
15:45	10	10	12,1	2,1		2,1
15:55	10	20	13,2	1,1		3,2
16:05	10	30	14,1	0,9		4,1
16:20	15	45	15,2	1,1		5,2
16:35	15	60	16,2	1,0		6,2
17:05	30	90	18,1	1,9		8,1
17:35	30	120	19,6	1,5		9,6
18:35	60	180	22,3	2,7		12,3

Kumlu Killi Tın / Toprak-5



Şekil 4.5. Toprak 5 infiltrasyon grafiği

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

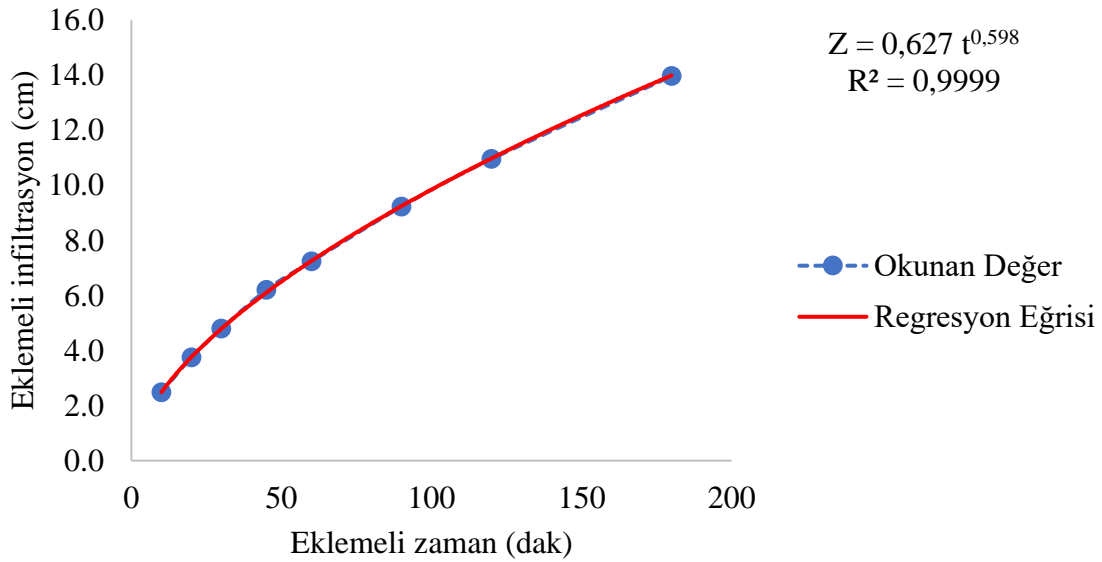
$$Z = 0,514 t^{0,611} \text{ cm}$$

$$I = 0,314 t^{-0,389} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.6. Toprak 6 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
15:54			10			
16:04	10	10	12,5	2,5		2,5
16:14	10	20	13,8	1,3		3,8
16:24	10	30	14,8	1,0		4,8
16:39	15	45	16,2	1,4		6,2
16:54	15	60	17,2	1,		7,2
17:24	30	90	19,2	2,0		9,2
17:54	30	120	21,0	1,8		11,0
18:54	60	180	24,0	3,0		14,0

Kumlu Killi Tın / Toprak-6



Şekil 4.6. Toprak 6 infiltrasyon grafiği

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

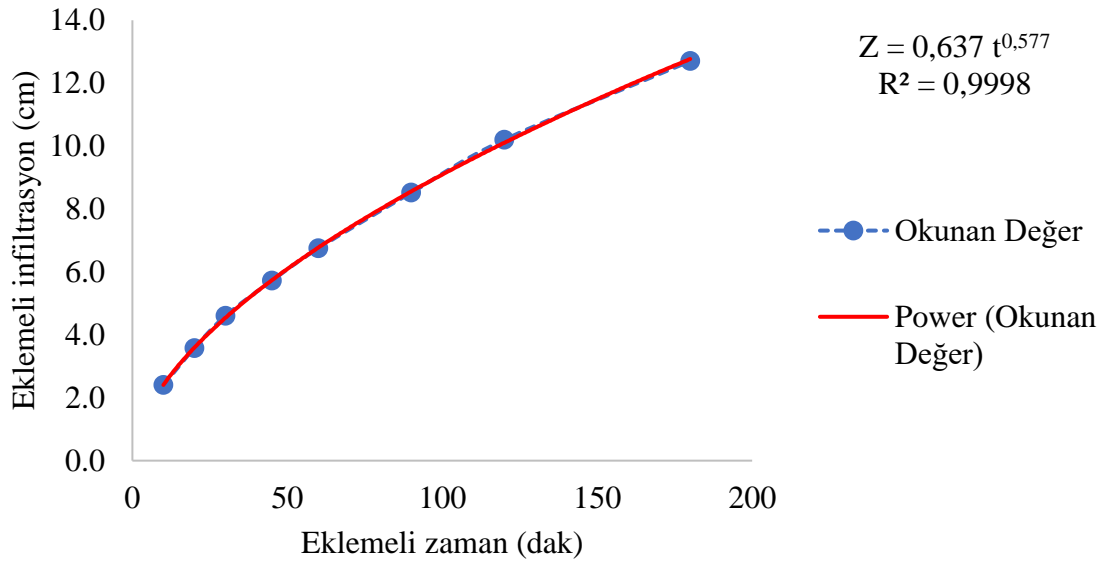
$$Z = 0,627 t^{0,598} \text{ cm}$$

$$I = 0,375 t^{-0,402} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.7. Toprak 7 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
10:00			10			
10:10	10	10	12,4	2,4		2,4
10:20	10	20	13,6	1,2		3,6
10:30	10	30	14,6	1		4,6
10:45	15	45	15,7	1,1		5,7
11:00	15	60	16,8	1,1		6,8
11:30	30	90	18,5	1,7		8,5
12:00	30	120	20,2	1,7		10,2
13:00	60	180	22,7	2,5		12,7

Kumlu Killi Tın / Toprak-7



Şekil 4.7. Toprak 7 infiltrasyon grafiği

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

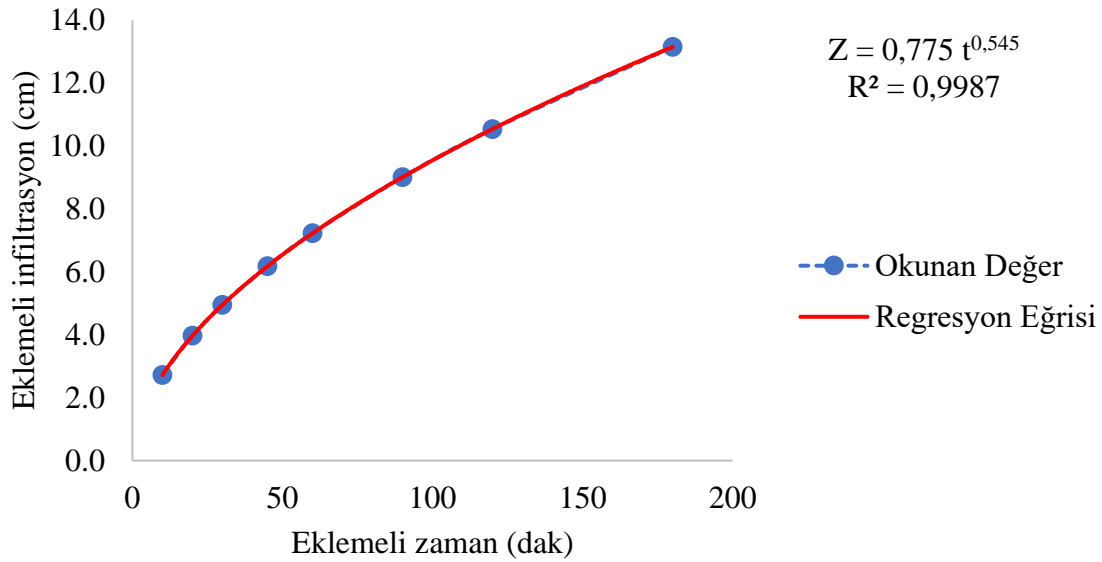
$$Z = 0,637 t^{0,577} \text{ cm}$$

$$I = 0,368 t^{-0,423} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.8. Toprak 8 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
08:45			10			
08:55	10	10	12,7	2,7		2,7
09:05	10	20	14,0	1,3		4,0
09:15	10	30	15,0	1,0		5,0
09:30	15	45	16,2	1,2		6,2
09:45	15	60	17,2	1,0		7,2
10:15	30	90	19,0	1,8		9,0
10:45	30	120	20,5	1,5		10,5
11:45	60	180	23,2	2,7		13,2

Kumlu Killi Tın / Toprak-8



Şekil 4.8. Toprak 8 infiltrasyon grafiği

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

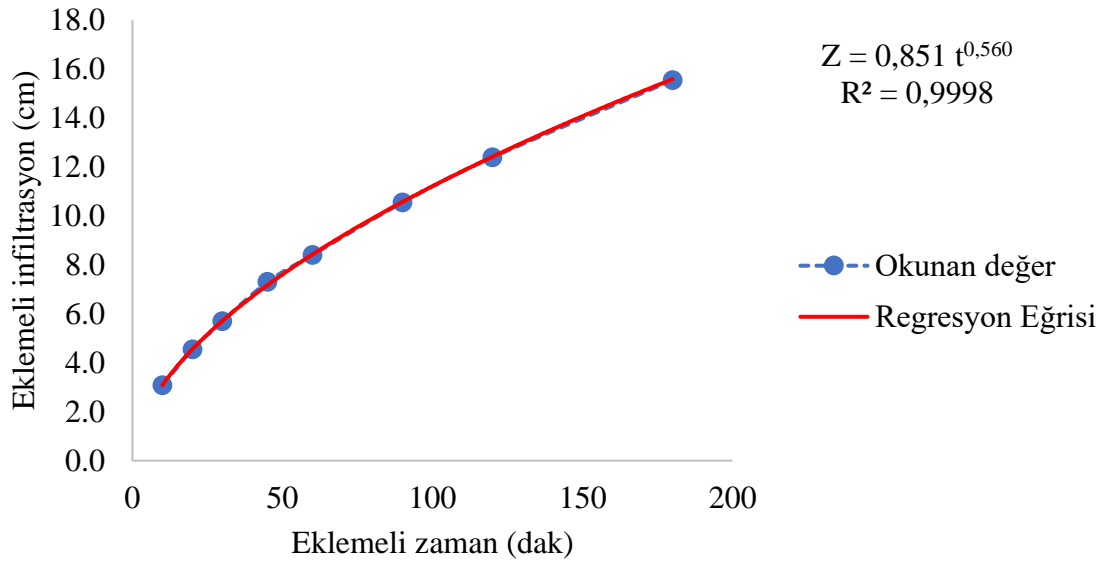
$$Z = 0,775 t^{0,545} \text{ cm}$$

$$I = 0,423 t^{-0,455} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.9. Toprak 9 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
09:15			10			
09:25	10	10	13,1	3,1		3,1
09:35	10	20	14,5	1,4		4,5
09:45	10	30	15,7	1,2		5,7
10:00	15	45	17,3	1,6		7,3
10:15	15	60	18,4	1,1		8,4
10:45	30	90	20,6	2,2		10,6
11:15	30	120	22,4	1,8		12,4
12:15	60	180	25,6	3,2		15,6

Kumlu Killi Tın / Toprak-9



Şekil 4.9. Toprak 9 infiltrasyon grafiği

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

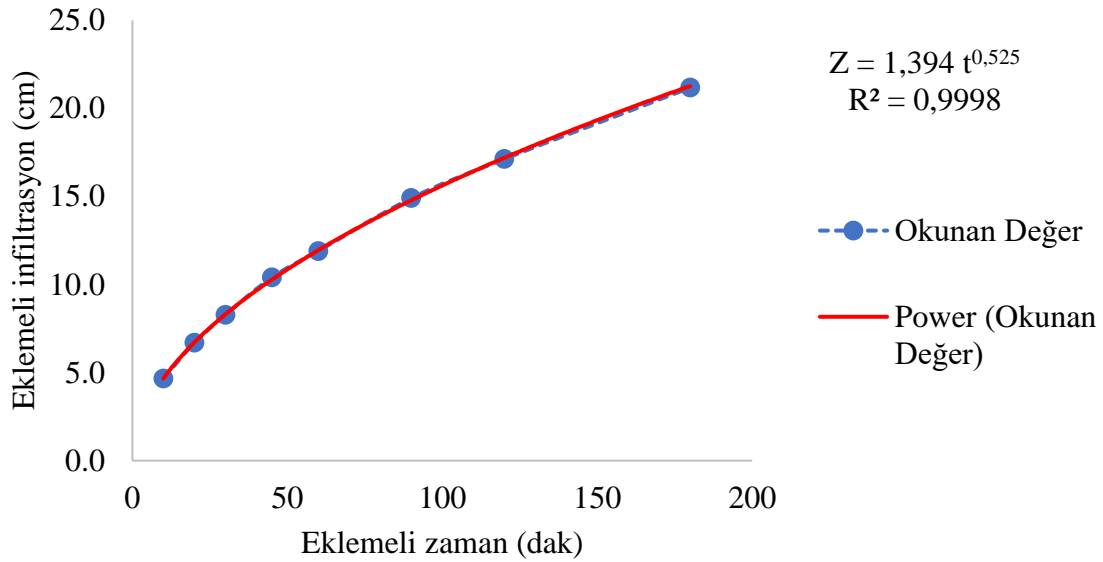
$$Z = 0,851 t^{0,560} \text{ cm}$$

$$I = 0,476 t^{-0,440} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.10. Toprak 10 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
12:35			10			
12:45	10	10	14,7	4,7		4,7
12:55	10	20	16,7	2,0		6,7
13:05	10	30	18,3	1,6		8,3
13:20	15	45	20,4	2,1		10,4
13:35	15	60	21,9	1,5		11,9
14:05	30	90	24,1	3	14,1	14,9
14:35	30	120	12,2	2,2		17,1
15:35	60	180	16,3	4,1		21,2

Tınlı Kum / Toprak-10



Şekil 4.10. Toprak 10 infiltrasyon grafiği

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

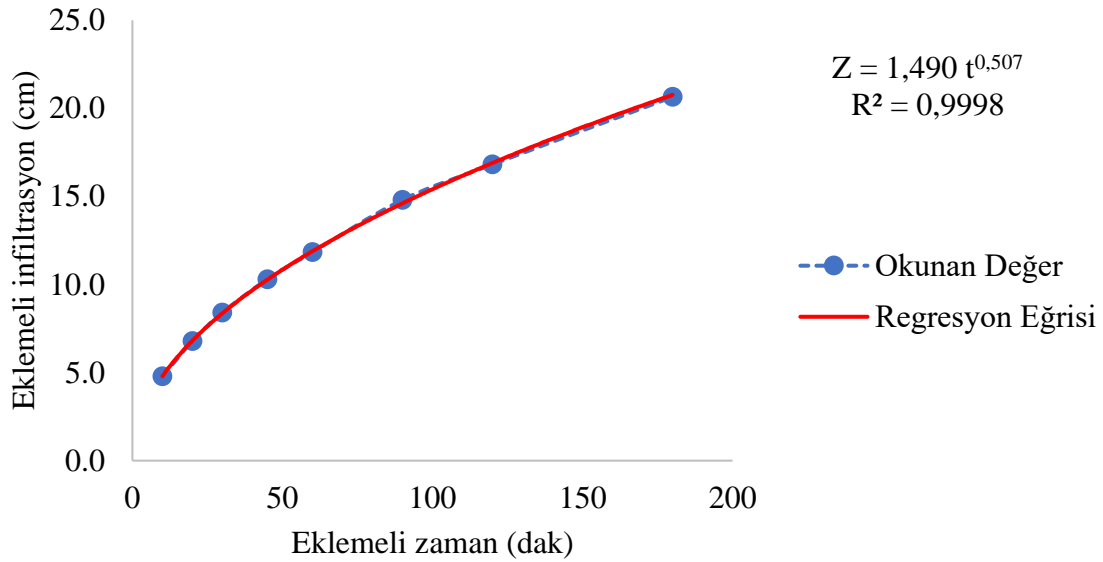
$$Z = 1,394 t^{0,525} \text{ cm}$$

$$I = 0,731 t^{-0,475} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.11. Toprak 11 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
09:15			10			
09:25	10	10	14,8	4,8		4,8
09:35	10	20	16,8	2,0		6,8
09:45	10	30	18,4	1,6		8,4
10:00	15	45	20,3	1,9		10,3
10:15	15	60	21,8	1,5		11,8
10:30	30	90	24,8	3,0	14,8	14,8
11:00	30	120	12	2,0		16,8
12:00	60	180	15,9	3,9		20,7

Kumlu Tın/ Toprak-11



Şekil 4.11. Toprak 11 infiltrasyon grafiği

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

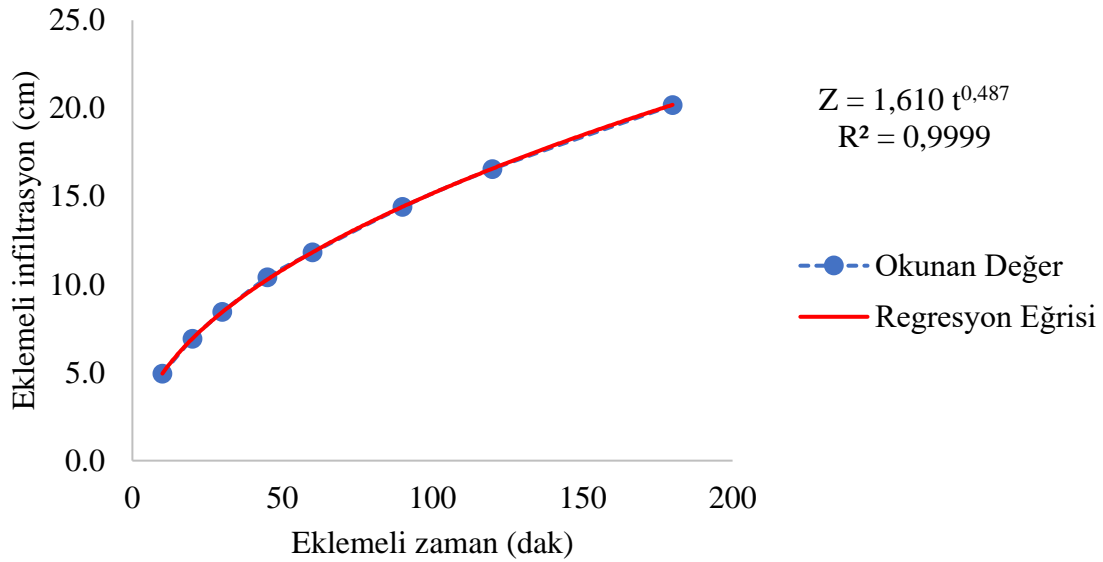
$$Z = 1,490 t^{0,507} \text{ cm}$$

$$I = 0,756 t^{-0,493} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.12. Toprak 12 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
13:40			10			
13:50	10	10	14,9	4,9		4,9
14:00	10	20	16,9	2,0		6,9
14:10	10	30	18,4	1,5		8,4
14:15	15	45	20,4	2		10,4
14:30	15	60	21,8	1,4		11,8
15:00	30	90	24,4	2,6	14,4	14,4
15:30	30	120	12,2	2,2		16,6
16:30	60	180	15,8	3,6		20,2

Kumlu Tın / Toprak-12



Şekil 4.12. Toprak 12 infiltrasyon grafiği

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

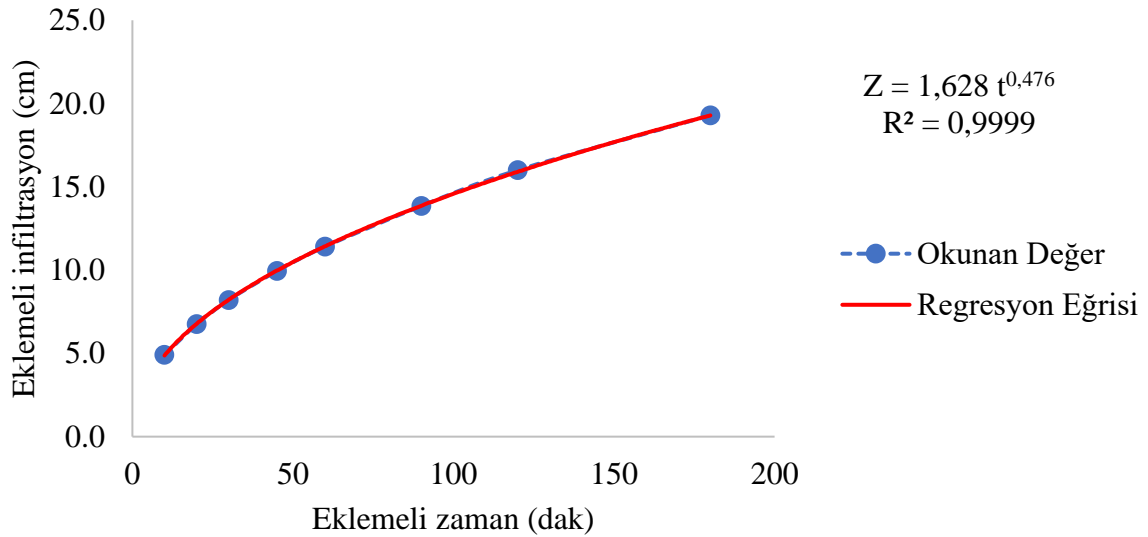
$$Z = 1,610 t^{0,487} \text{ cm}$$

$$I = 0,784 t^{-0,513} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.13. Toprak 13 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
14:30			10			
14:40	10	10	14,8	4,9		4,9
14:50	10	20	16,8	1,9		6,8
15:00	10	30	18,2	1,4		8,2
15:15	15	45	19,9	1,7		9,9
15:30	15	60	21,4	1,5		11,4
16:00	30	90	23,9	2,5	13,9	13,9
16:30	30	120	12,1	2,1		16,0
17:30	60	180	15,4	3,3		19,3

Kumlu Tın / Toprak-13



Şekil 4.13. Toprak 13 infiltrasyon grafiği

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

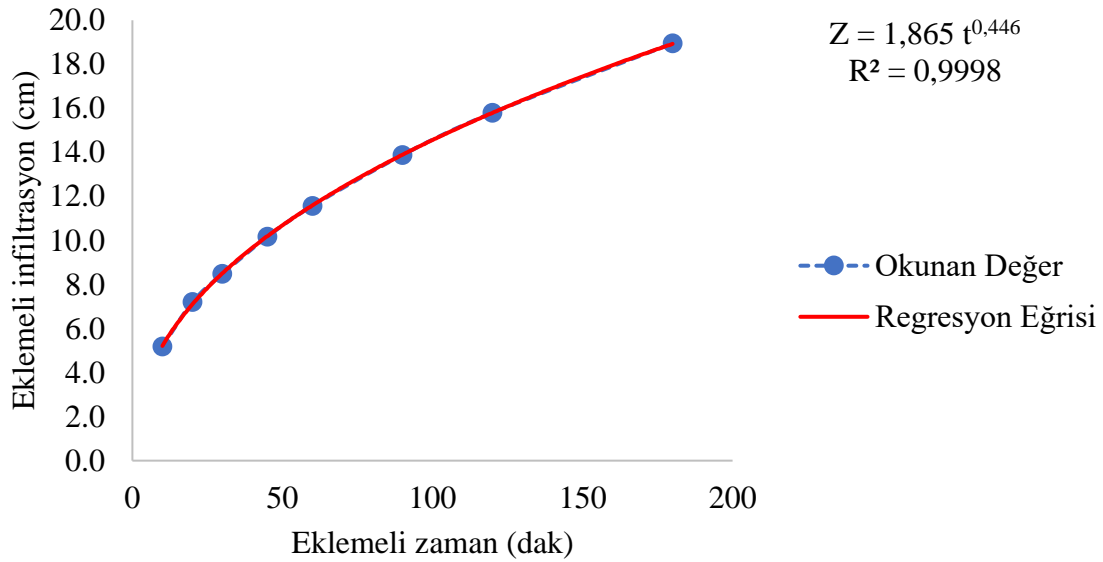
$$Z = 1,628 t^{0,476} \text{ cm}$$

$$I = 0,775 t^{-0,524} \text{ cm/dak}$$

Çizelge 4.14. Toprak 14 ölçüm sonuçları

Zaman (dak)			İnfiltrasyon (cm)			
Okunan (dak)	Fark (dak)	Toplam (dak)	Okunan (cm)	Fark (cm)	Eklenen su (cm)	Toplam (cm)
11:54			10			
12:24	10	10	15,2	5,2		5,2
12:14	10	20	17,1	1,9		7,2
12:24	10	30	18,5	1,4		8,5
12:39	15	45	20,2	1,7		10,2
12:54	15	60	21,6	1,4		11,6
13:24	30	90	23,9	2,3		13,9
13:54	30	120	25,8	1,9		15,8
14:54	60	180	29,0	3,2		19,0

Tınlı Kum / Toprak-14



Şekil 4.14. Toprak 14 infiltrasyon grafiği

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

$$Z = 1,865 t^{0,446} \text{ cm}$$

$$I = 0,832 t^{-0,554} \text{ cm/dak}$$

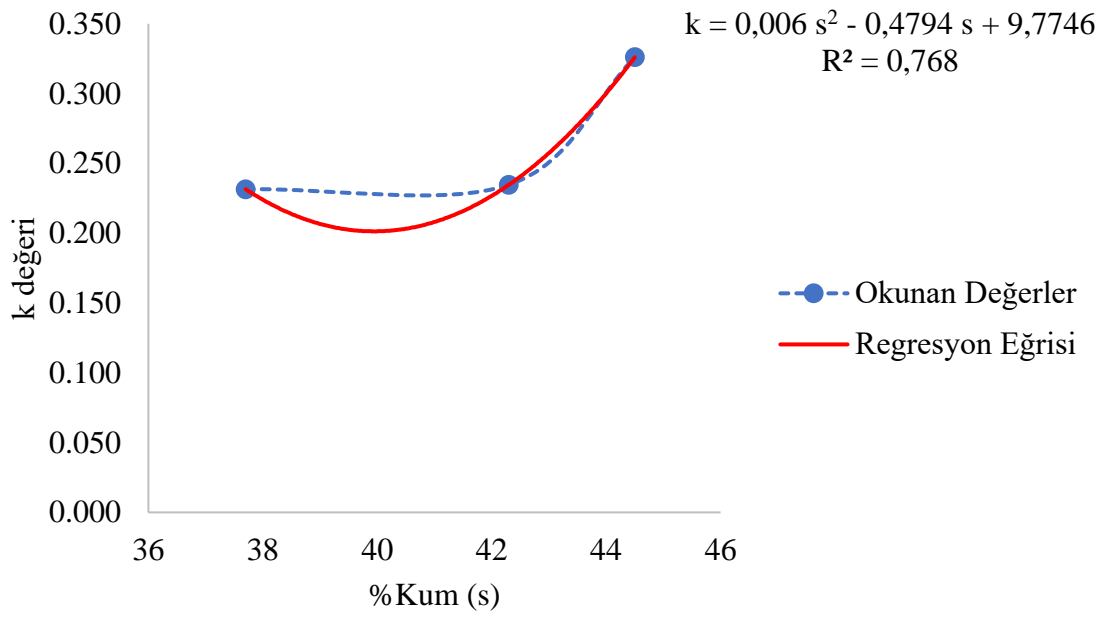
Çizelge 4.15. Toprakların eklemeli toplam infiltrasyon ve infiltrasyon hızı denklemleri

	Eklemeli toplam İnfiltrasyon denklemi	İnfiltrasyon hızı denklemi	Tekstür Sınıfı
Toprak-1	$Z = 0,232 t^{0,706}$	$I = 0,164 t^{-0,294}$	Killi Tın
Toprak-2	$Z = 0,235 t^{0,675}$	$I = 0,158 t^{-0,325}$	Killi Tın
Toprak-3	$Z = 0,326 t^{0,637}$	$I = 0,208 t^{-0,363}$	Killi Tın
Toprak-4	$Z = 0,343 t^{0,616}$	$I = 0,211 t^{-0,384}$	Kumlu Killi Tın
Toprak-5	$Z = 0,514 t^{0,611}$	$I = 0,314 t^{-0,389}$	Kumlu Killi Tın
Toprak-6	$Z = 0,627 t^{0,598}$	$I = 0,375 t^{-0,402}$	Kumlu Killi Tın
Toprak-7	$Z = 0,637 t^{0,577}$	$I = 0,368 t^{-0,423}$	Kumlu Killi Tın
Toprak-8	$Z = 0,775 t^{0,545}$	$I = 0,423 t^{-0,455}$	Kumlu Killi Tın
Toprak-9	$Z = 0,851 t^{0,560}$	$I = 0,476 t^{-0,440}$	Kumlu Killi Tın
Toprak-10	$Z = 1,394 t^{0,525}$	$I = 0,731 t^{-0,475}$	Tınlı Kum
Toprak-11	$Z = 1,490 t^{0,507}$	$I = 0,756 t^{-0,493}$	Kumlu Tın
Toprak-12	$Z = 1,610 t^{0,487}$	$I = 0,784 t^{-0,513}$	Kumlu Tın
Toprak-13	$Z = 1,628 t^{0,476}$	$I = 0,775 t^{-0,524}$	Kumlu Tın
Toprak-14	$Z = 1,865 t^{0,446}$	$I = 0,832 t^{-0,554}$	Tınlı Kum

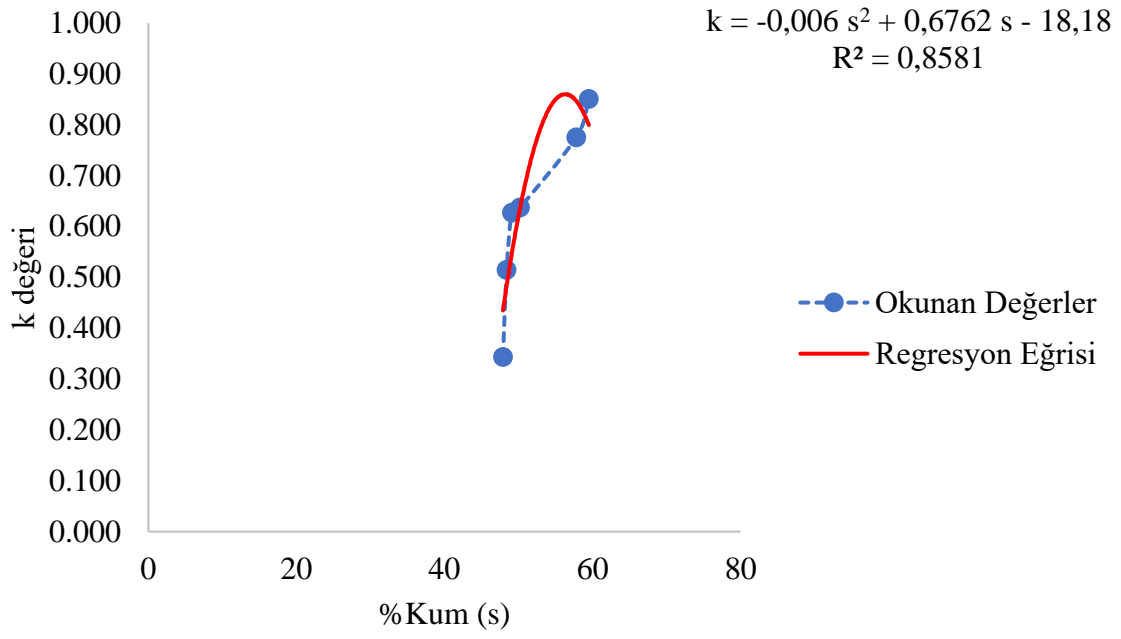
İncelenen topraklar neticesinde infiltre olan su derinliği ve infiltrasyon hızı en yüksek olan toprak, en fazla kum oranına ve en az kil oranına sahip olan tınlı kumlu toprak sınıfına ait 14 nolu toprak olmuştur. İnfiltrasyon hızı ve infiltre olan su derinliği en düşük olan toprak ise en fazla kil oranına ve en az kum oranına sahip killi tınlı toprak sınıfına ait olan 1 nolu toprak olmuştur. Çizelge 4.15'te de görüldüğü üzere deneme toprakları incelendiğinde kum oranı artıp kil oranı azalan topraklarda infiltrasyon hızı ve infiltre olan su derinliğinin arttığı, kum oranının azalması ve kil oranının arttığı topraklarda ise infiltrasyon hızı ve infiltre olan su derinliğinin azaldığı görülmüştür.

4.2. % Kum Oranı ile k Parametresi İlişkisi

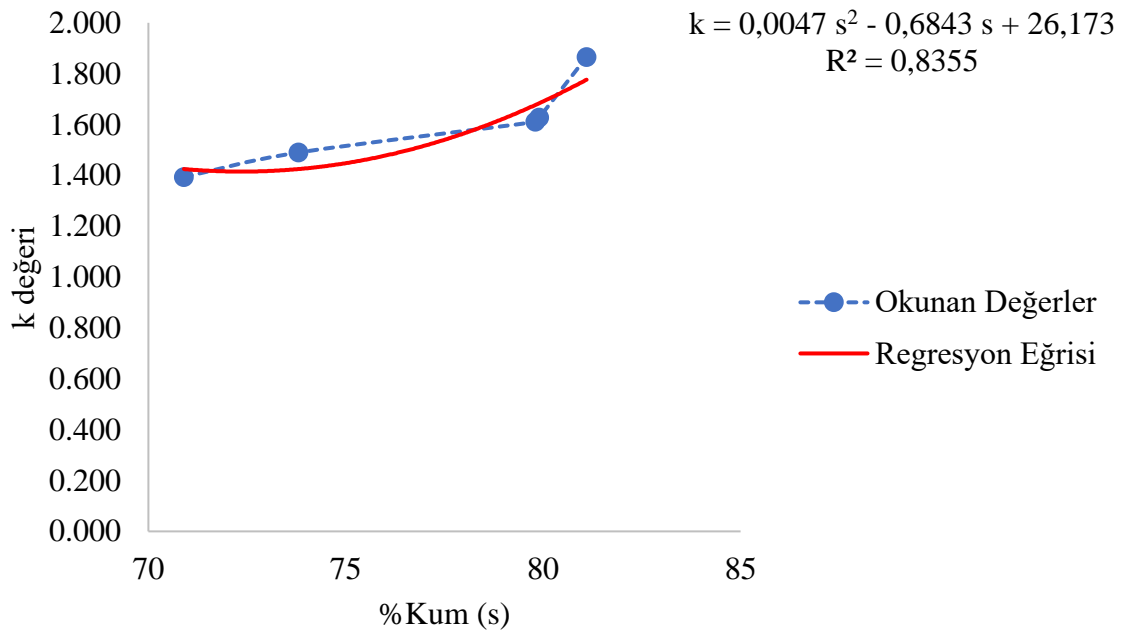
Farklı tekstür sınıfına ait killi tın, kumlu killi tın, tınlı kum ve kumlu tınlı topraklardan elde edilen k parametreleri ile %kum oranı arasında, Excel’de polinom regresyon türü kullanılarak grafikler oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 4 farklı toprak tipi ve 14 farklı deneme toprağının ayrı ayrı k parametreleri ve %kum oranları kullanılmıştır. %kum yüzdesi ile k parametreleri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.15’te killi tınlı topraklar, 4.16’da kumlu killi topraklar, 4.17’de kumlu tın ve tınlı kumlu topraklar için verilmiş olup ayrıca 4.18’de toplu olarak %kum ile k parametresi arasındaki ilişki verilmiştir.



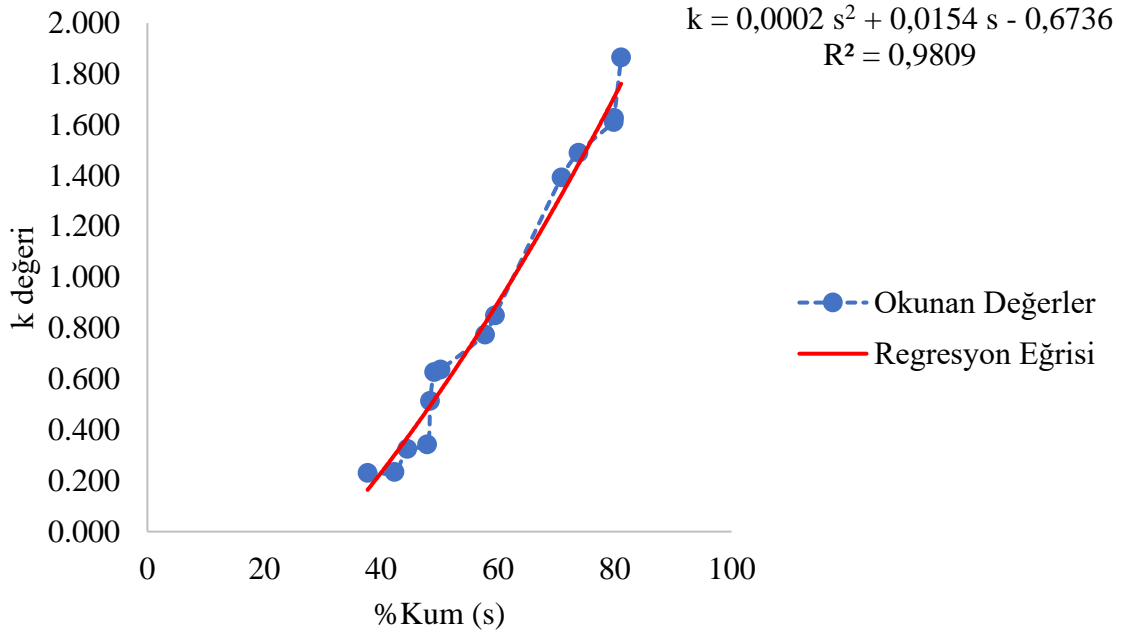
Şekil 4.15. Killi tınlı topraklarda k değeri ile % kum grafiği



Şekil 4.16. Kumlu killi tınlı topraklarda k değeri ile % kum grafiği



Şekil 4.17. Kumlu tınlı- tınlı kumlu topraklarda k değeri ile % kum grafiği

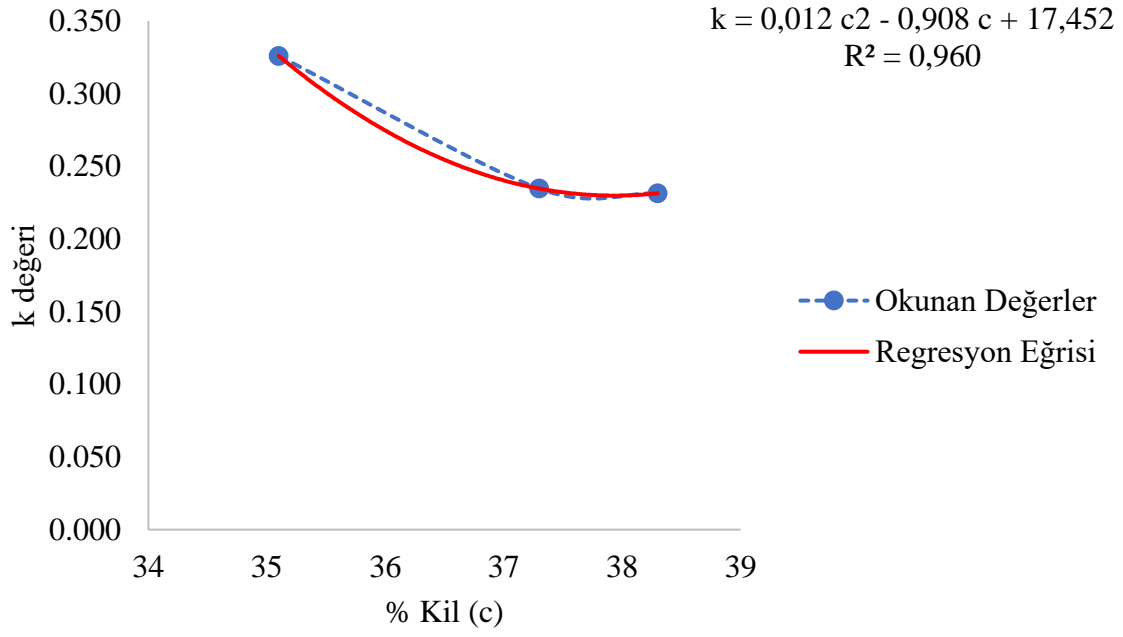


Şekil 4.18. % Kum ile k parametresi arasındaki ilişki

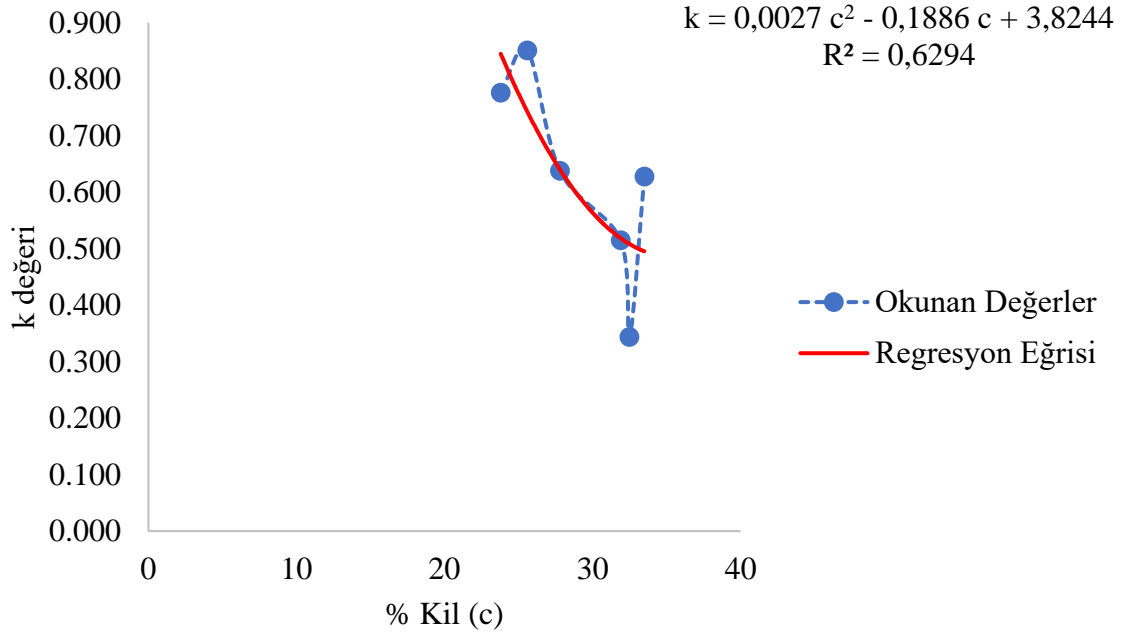
Deneme topraklarında yapılan incelemede %kum ile k arasındaki ilişki, %kum oranı arttıkça k parametresinin arttığı ayrıca topraklardaki kum oranı arttığında infiltrasyon hızının da arttığı gözlemlenmiştir.

4.3. % Kil Oranı ile k Parametresi İlişkisi

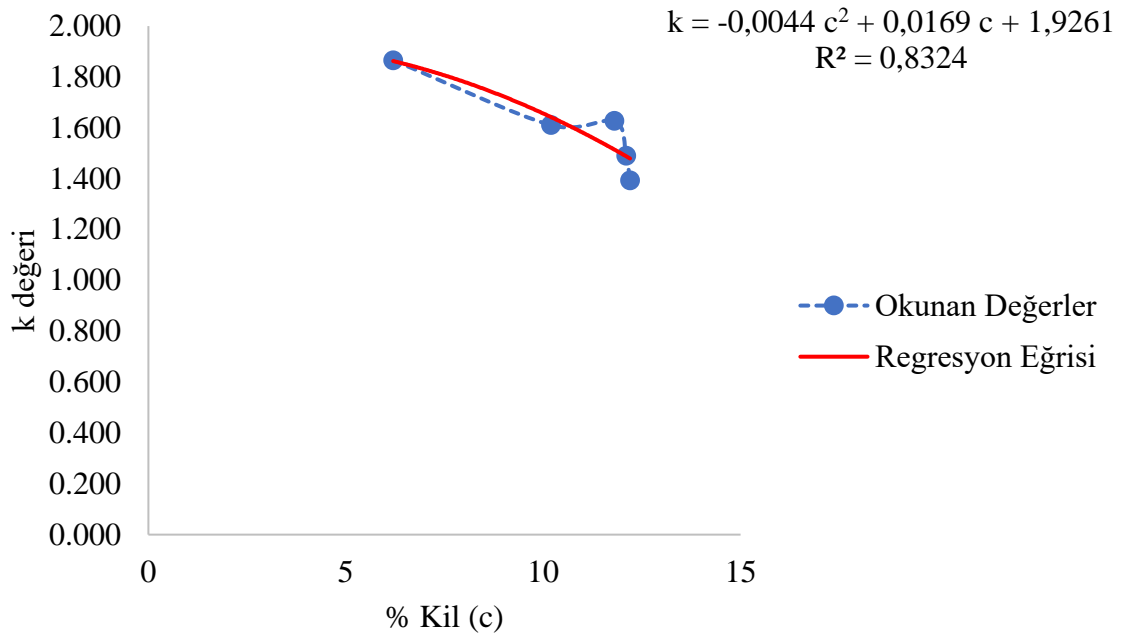
Farklı tekstür sınıfına ait killi tın, kumlu killi tın, tınlı kum ve kumlu tınlı topraklardan elde edilen k parametreleri ile %kil oranı arasında, Excel’de polinom regrasyon türü kullanılarak grafikler oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 4 farklı toprak tipi ve 14 farklı deneme toprağının ayrı ayrı k parametreleri ve %kil oranları kullanılmıştır. %kil yüzdesi ile k parametreleri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.19’da killi tınlı topraklar, 4.20’de kumlu killi topraklar, 4.21’de kumlu tın ve tınlı kumlu topraklar için verilmiş olup ayrıca 4.22’de toplu olarak %kil ile k parametresi arasındaki ilişki verilmiştir.



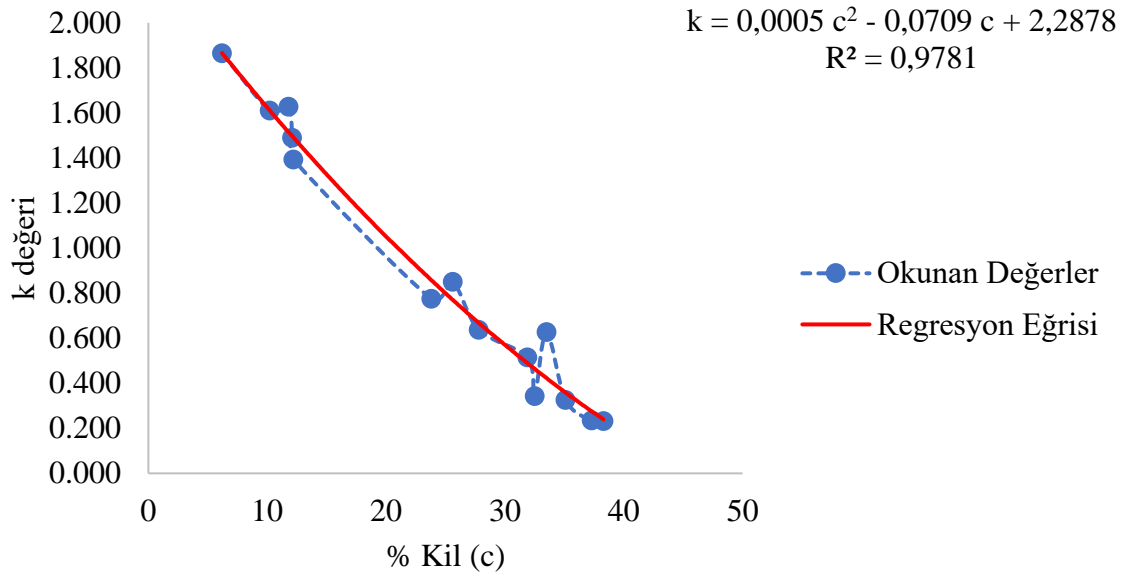
Şekil 4.19. Killi tınlı topraklarda % kil ile k parametresi grafiği



Şekil 4.20. Kumlu killi tınlı topraklarda % kil ile k parametresi grafiği



Şekil 4.21. Kumlu tınlı- tınlı kumlu topraklarda % kil ile k parametresi grafiği

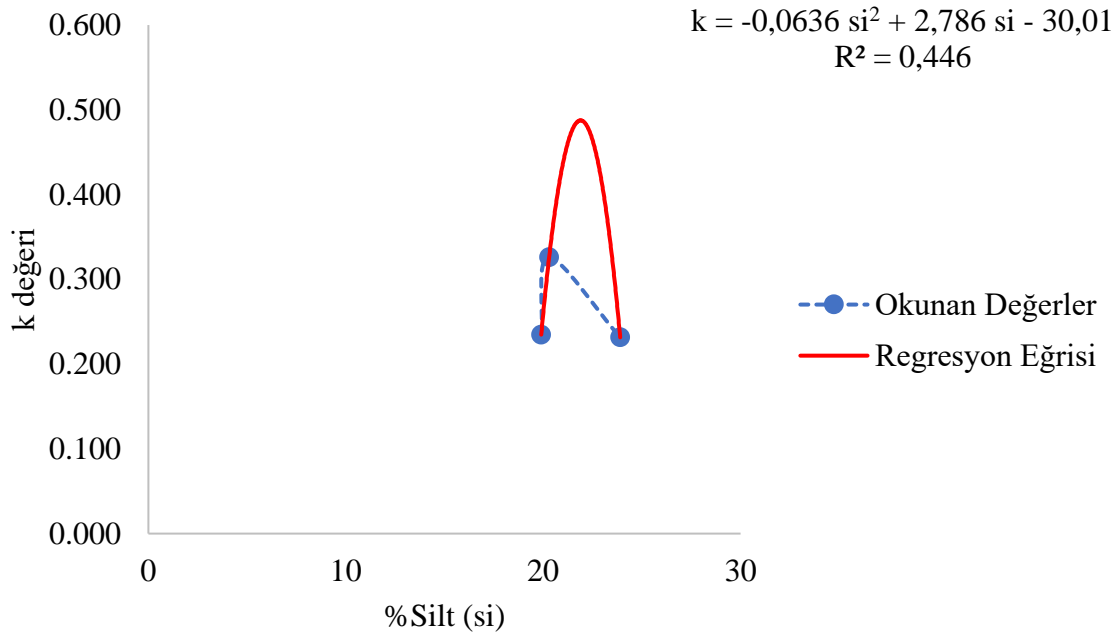


Şekil 4.22. % Kil ile k parametresi arasındaki ilişki

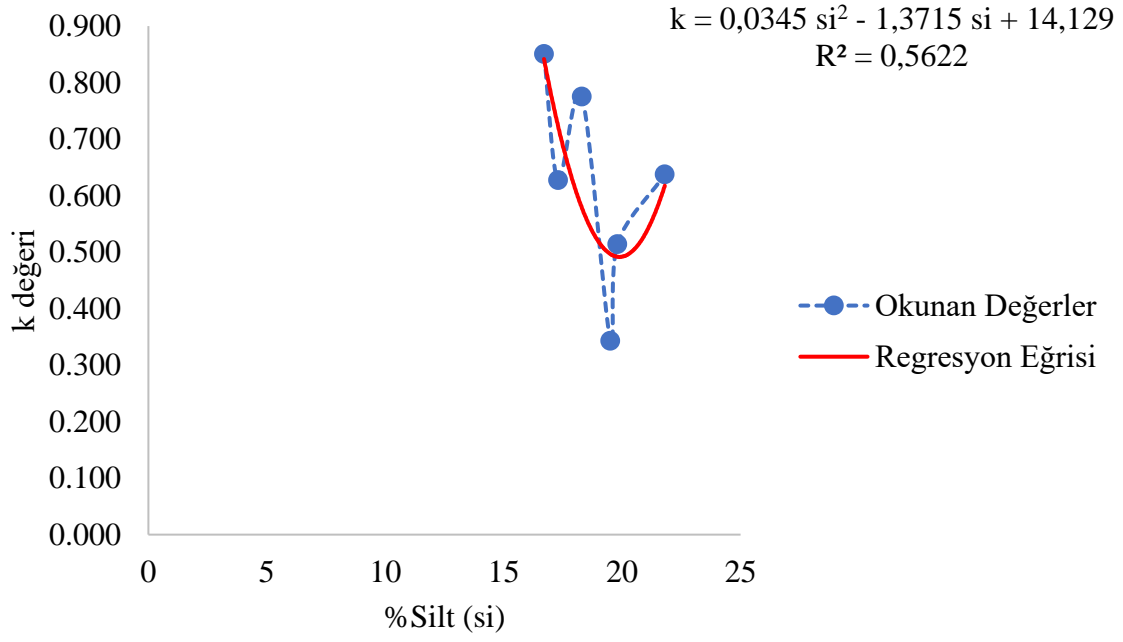
Deneme topraklarında yapılan incelemede %kil ile k arasındaki ilişki, %kil oranı arttıkça k parametresinin azaldığı ayrıca topraklardaki kil oranı arttığında infiltrasyon hızının azaldığı gözlemlenmiştir.

4.4. % Silt Oranı ile k Parametresi İlişkisi

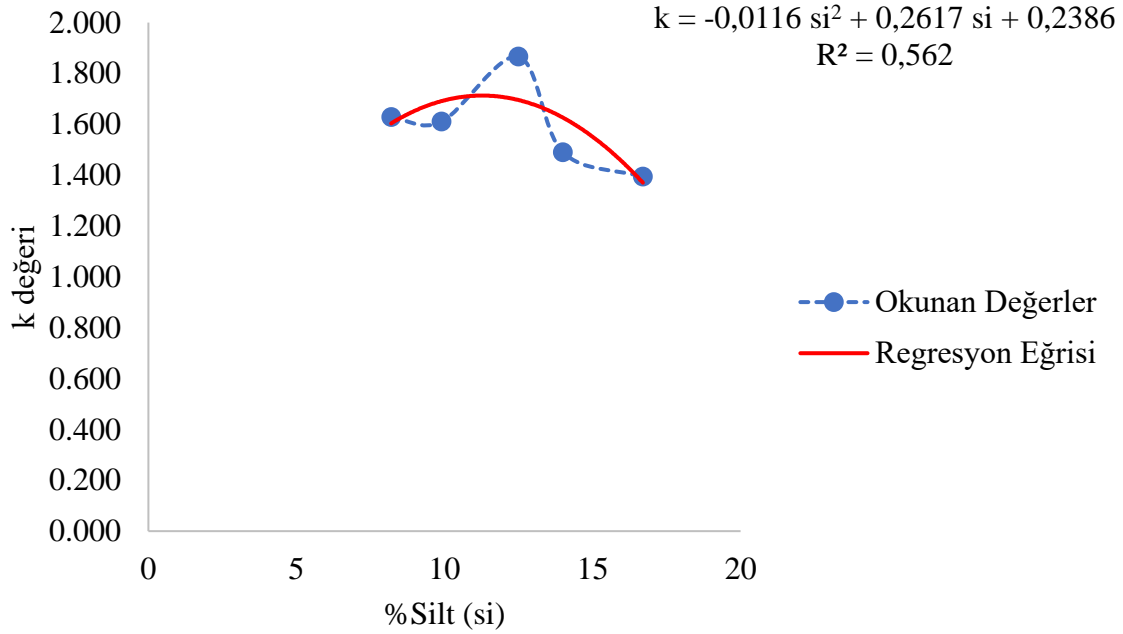
Farklı tekstür sınıfına ait killi tın, kumlu killi tın, tınlı kum ve kumlu tınlı topraklardan elde edilen k parametreleri ile %silt oranı arasında, Excel’de polinom regresyon türü kullanılarak grafikler oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 4 farklı toprak tipi ve 14 farklı deneme toprağının ayrı ayrı k parametreleri ve %silt oranları kullanılmıştır. %silt yüzdesi ile k parametreleri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.23’te killi tınlı topraklar, 4.24’te kumlu killi topraklar, 4.25’te kumlu tın ve tınlı kumlu topraklar için verilmiş olup ayrıca 4.26’da toplu olarak %silt ile k parametresi arasındaki ilişki verilmiştir.



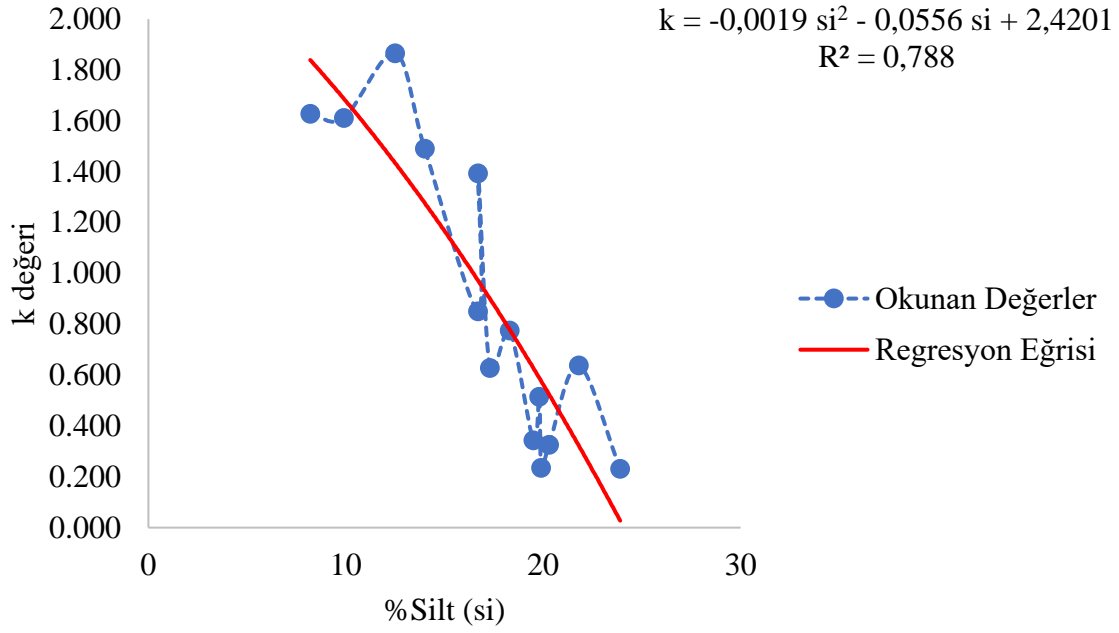
Şekil 4.23. Killi tınlı topraklarda % silt ile k parametresi grafiği



Şekil 4.24. Kumlu killi tınlı topraklarda % silt ile k parametresi grafiği



Şekil 4.25. Kumlu tınlı- tınlı kumlu topraklarda % silt ile k parametresi grafiği

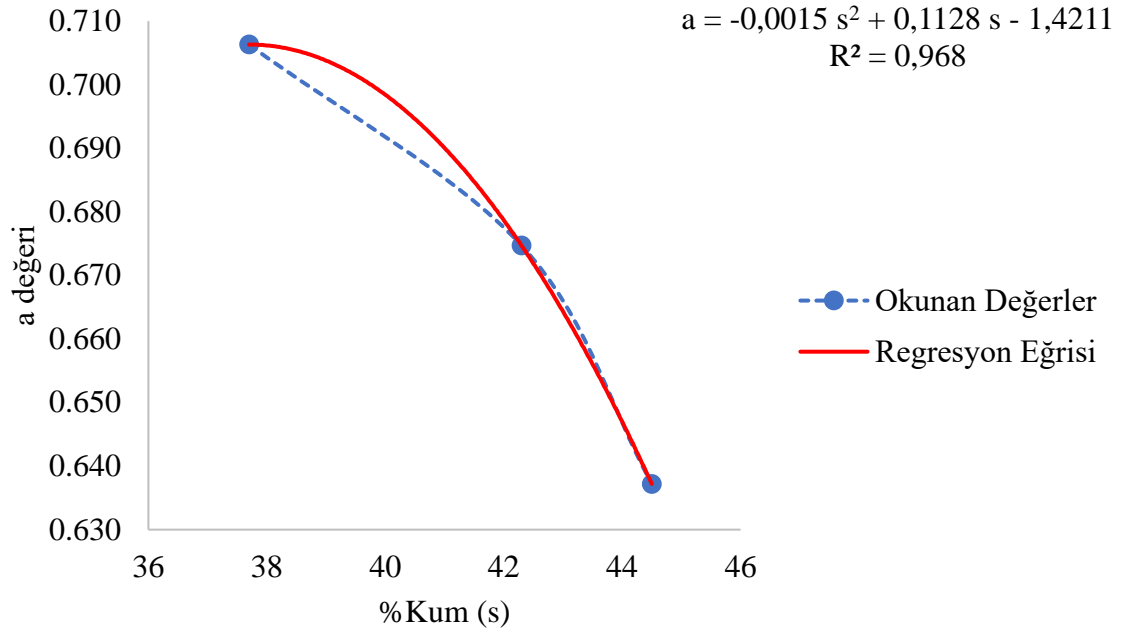


Şekil 4.26. % Silt ile k parametresi arasındaki ilişki

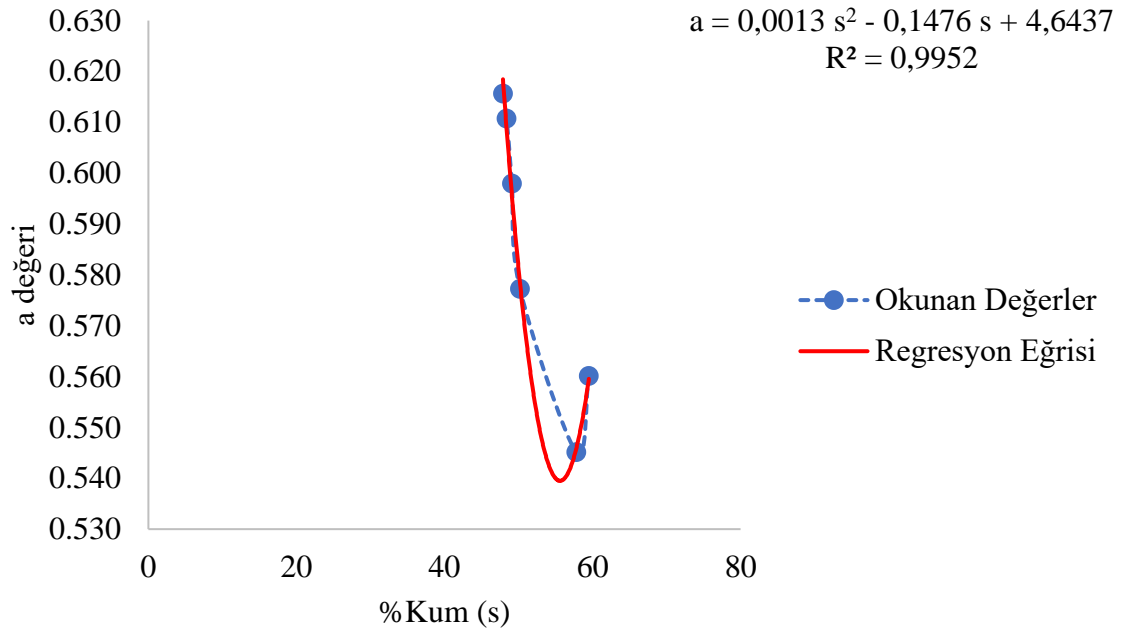
Deneme topraklarında yapılan incelemede %silt ile k arasındaki ilişki, %silt oranı arttıkça veya azaldıkça k parametresinin arttığı ve azaldığı gözlemlenmiştir. %Silt ile k parametresi arasında bir ilişki bulunamamıştır.

4.5. % Kum Oranı ile a Parametresinin İlişkisi

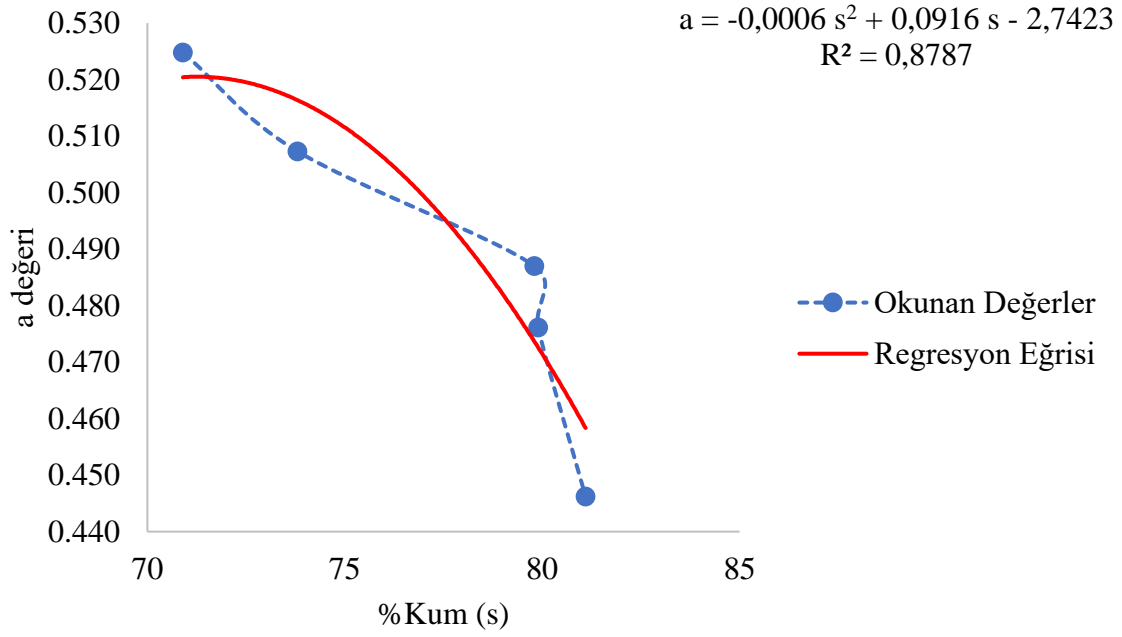
Farklı tekstür sınıfına ait killi tın, kumlu killi tın, tınlı kum ve kumlu tınlı topraklardan elde edilen a parametreleri ile %kum oranı arasında, Excel'de polinom regrasyon türü kullanılarak grafikler oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 4 farklı toprak tipi ve 14 farklı deneme toprağının ayrı ayrı a parametreleri ile %kum oranları kullanılmıştır. %kum yüzdesi ile a parametreleri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.27'de killi tınlı topraklar, 4.28'de kumlu killi topraklar, 4.29'da kumlu tın ve tınlı kumlu topraklar için verilmiş olup ayrıca 4.30'da toplu olarak %kum ile a parametresi arasındaki ilişki verilmiştir.



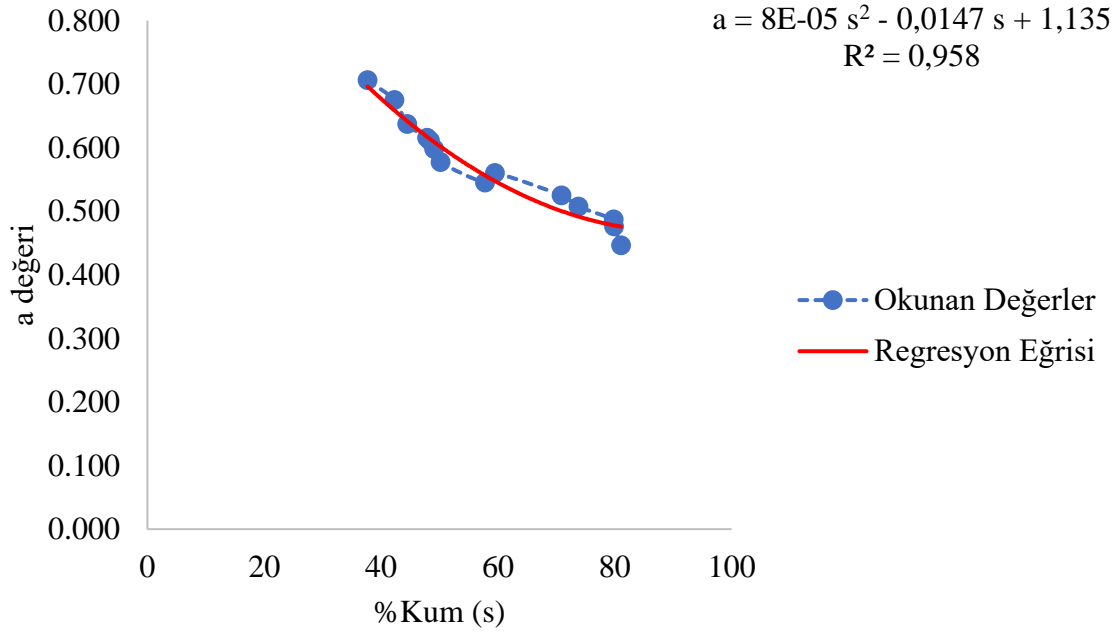
Şekil 4.27. Killi tınlı topraklarda % kum ile a parametresi grafiği



Şekil 4.28. Kumlu killi tınlı topraklarda % kum ile a parametresi grafiği



Şekil 4.29. Kumlu tınlı-Tınlı kumlu topraklarda % kum ile a parametresi grafiği

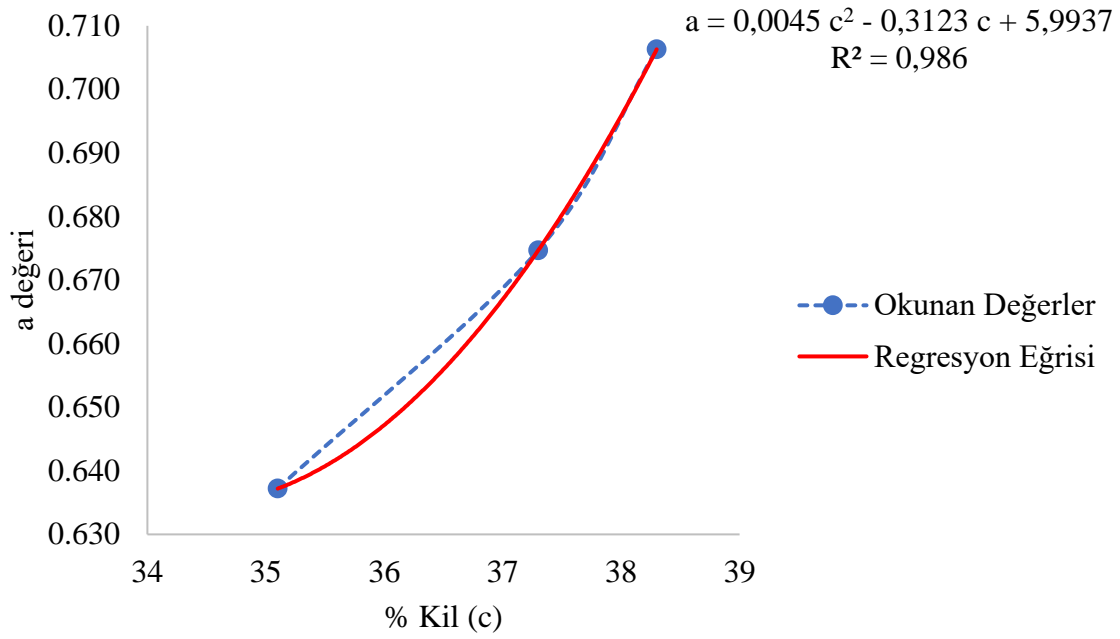


Şekil 4.30. % Kum ile a parametresi arasındaki ilişki

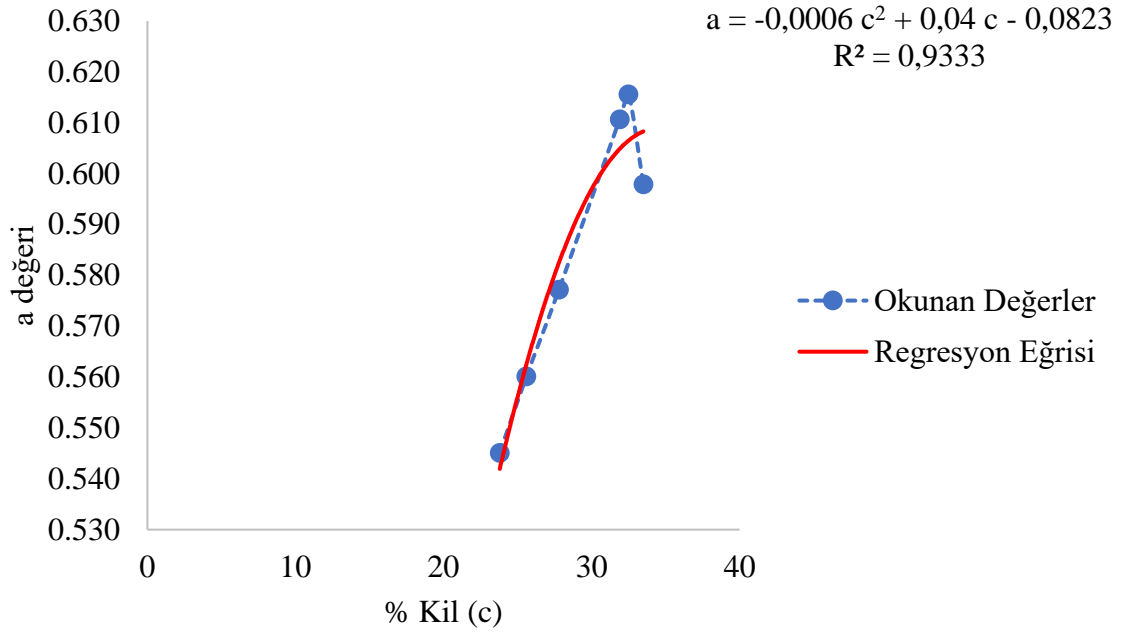
Deneme topraklarında yapılan incelemede %kum ile a arasındaki ilişki, %kum oranı arttıkça a parametresinin azaldığı gözlemlenmiştir.

4.6. % Kil Oranı ile a Parametresi İlişkisi

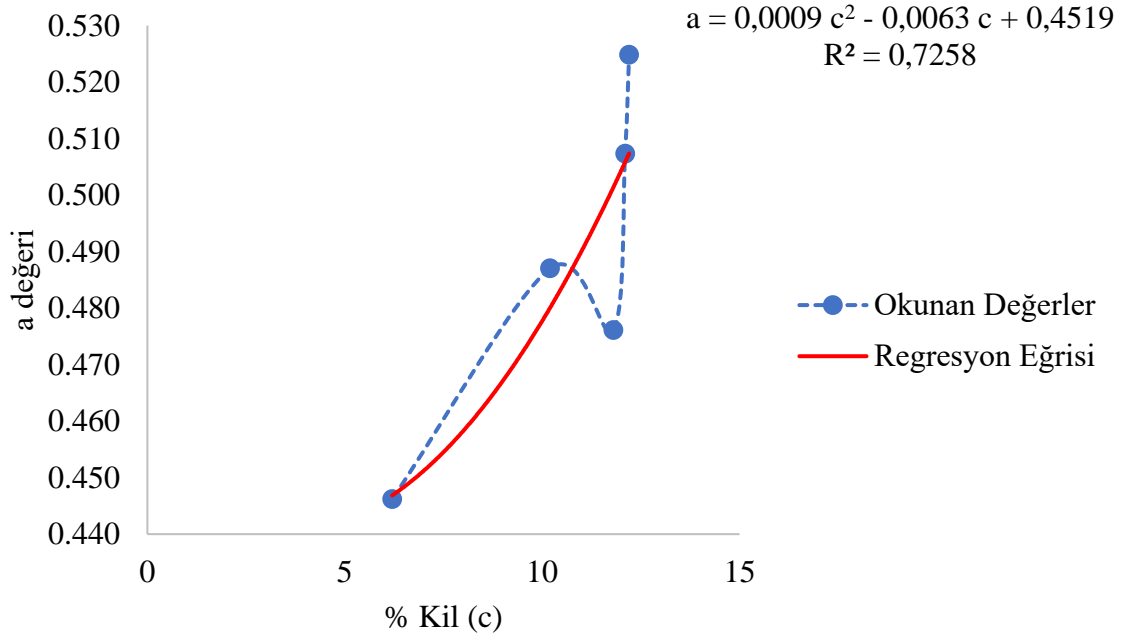
Farklı tekstür sınıfına ait killi tın, kumlu killi tın, tınlı kum ve kumlu tınlı topraklardan elde edilen a parametreleri ile %kil oranı arasında, Excel'de polinom regresyon türü kullanılarak grafikler oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 4 farklı toprak tipi ve 14 farklı deneme toprağının ayrı ayrı a parametreleri ve %kil oranları kullanılmıştır. %kil yüzdesi ile a parametreleri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.31'de killi tınlı topraklar, 4.32'de kumlu killi topraklar, 4.33'te kumlu tın ve tınlı kumlu topraklar için verilmiş olup ayrıca 4.34'de toplu olarak %kil ile a parametresi arasındaki ilişki verilmiştir.



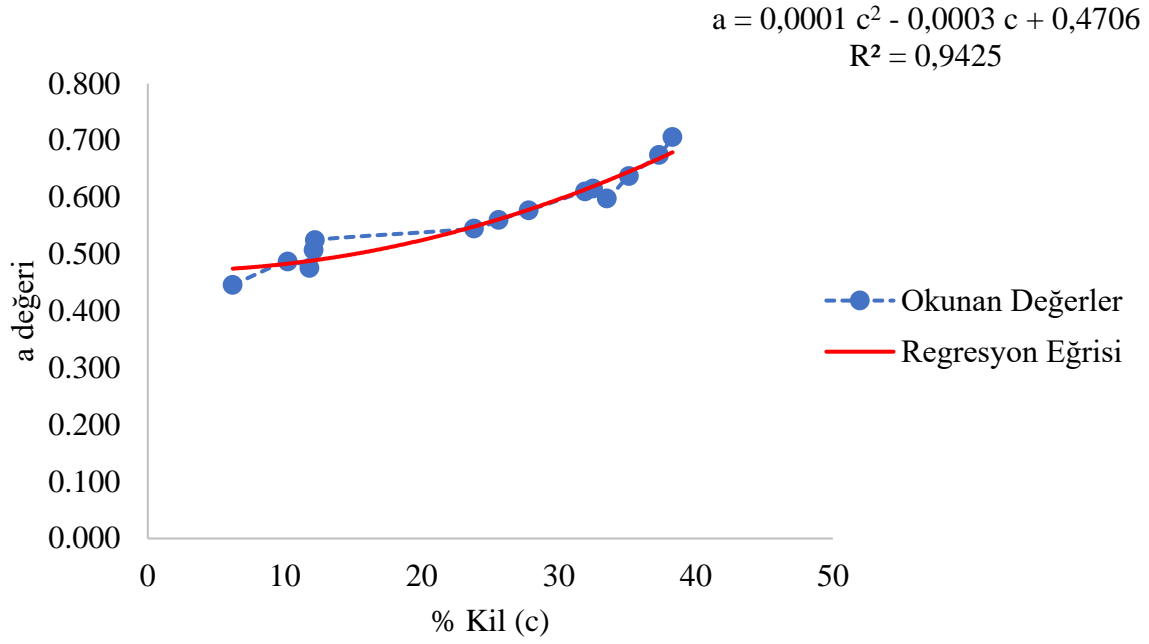
Şekil 4.31. Killi tınlı topraklarda % kil ile a parametresi grafiği



Şekil 4.32. Kumlu killi tınlı topraklarda % kil ile a parametresi grafiği



Şekil 4.33. Kumlu tın- Tınlı kumlu topraklarda % kil ile a parametresi grafiği

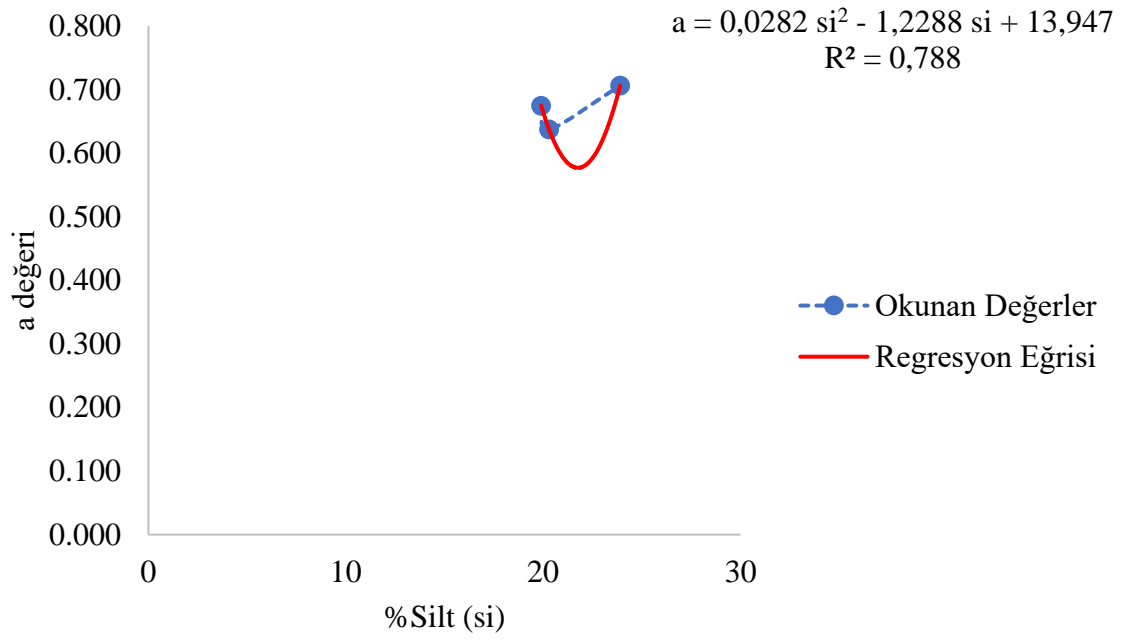


Şekil 4.34. % Kil ile a parametresi arasındaki ilişki

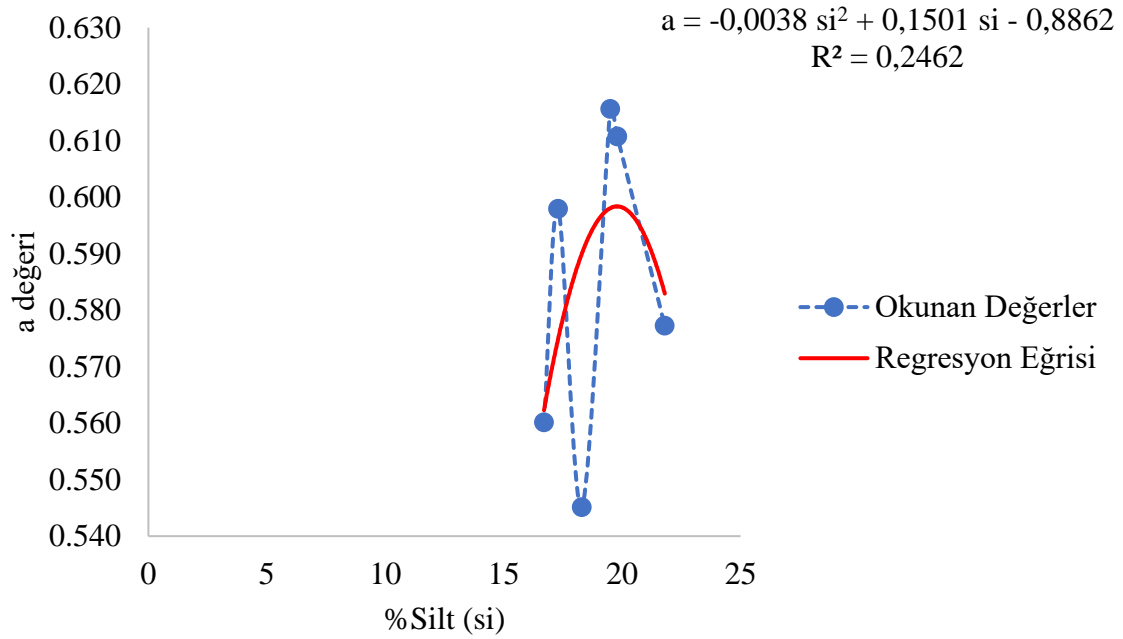
Deneme topraklarında yapılan incelemede %kil ile a arasındaki ilişki, %kil oranı arttıkça a parametresinin arttığı gözlemlenmiştir.

4.7. % Silt Oranı ile a Parametresi İlişkisi

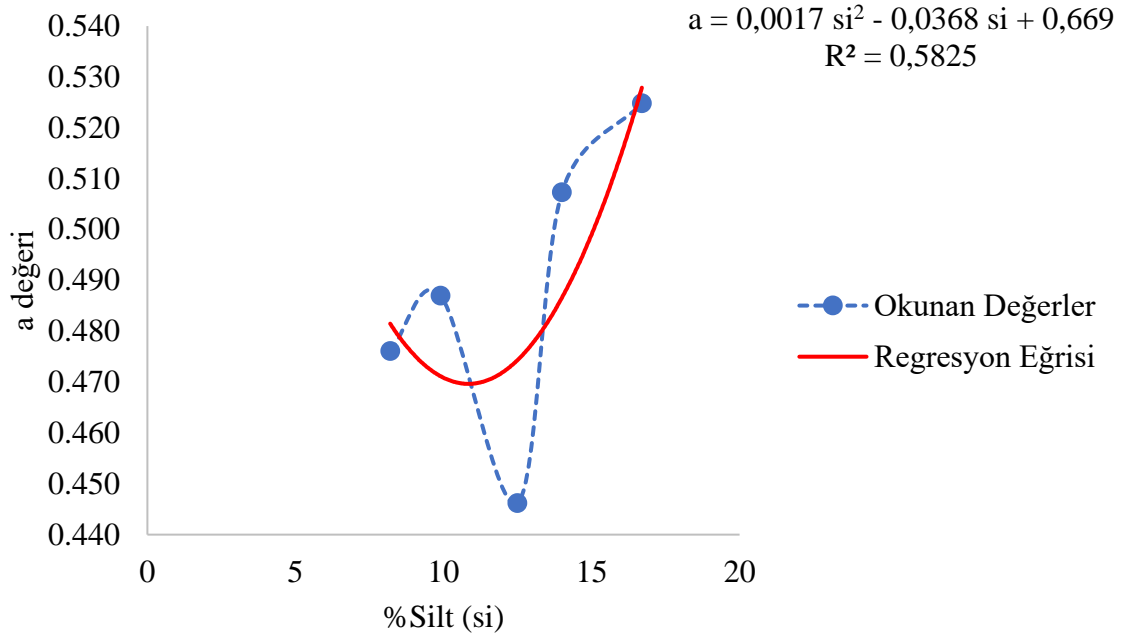
Farklı tekstür sınıfına ait killi tın, kumlu killi tın, tınlı kum ve kumlu tınlı topraklardan elde edilen a parametreleri ile %silt oranı arasında, Excel'de polinom regresyon türü kullanılarak grafikler oluşturulmuştur. Grafikler oluşturulurken 4 farklı toprak tipi ve 14 farklı deneme toprağının ayrı ayrı a parametreleri ve %silt oranları kullanılmıştır. %silt yüzdesi ile a parametreleri arasındaki grafik eğrileri Şekil 4.35'te killi tınlı topraklar, 4.36'da kumlu killi topraklar, 4.37'de kumlu tın ve tınlı kumlu topraklar için verilmiş olup ayrıca 4.38'te toplu olarak %silt ile a parametresi arasındaki ilişki verilmiştir.



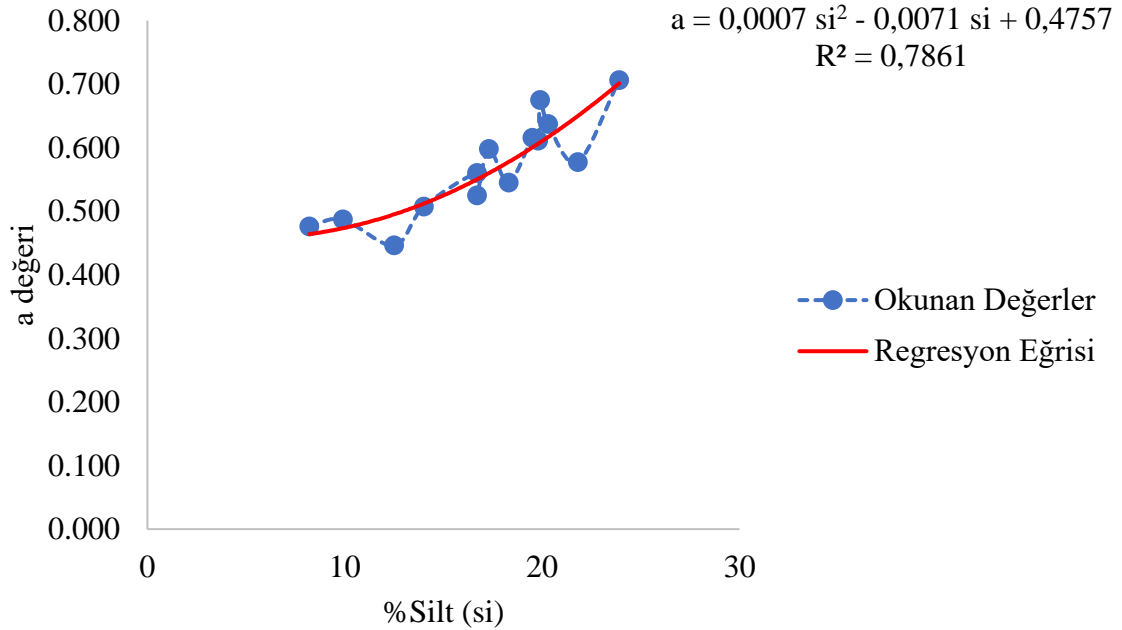
Şekil 4.35. Killi tınlı topraklarda % silt ile a parametresi grafiği



Şekil 4.36. Kumlu killi tınlı topraklarda % silt ile a parametresi grafiği



Şekil 4.37. Kumlu tın- Tınlı- kumlu topraklarda % silt ile a parametresi grafiği



Şekil 4.38. % Silt ile a parametresi arasındaki ilişki

Deneme topraklarında yapılan incelemede %silt ile a parametresi arasındaki ilişki, %silt oranı arttıkça veya azaldıkça a parametresinin arttığı ve azaldığı gözlemlenmiştir. %Silt ile a parametresi arasında bir ilişki bulunamamıştır.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında farklı tekstür sınıfına ait topraklara infiltre olan su derinliğinin değişimi ve infiltrasyon hızı değişimi araştırılmaktadır. Bu çalışma Tekirdağ ili Saray ilçesinin sınırlarında farklı tekstür sınıfına ait topraklarda yapılmıştır.

Araştırma bölgesinden yirmiden fazla toprak örneği alınmış fakat genel olarak ilçenin toprak yapısının aynı olması ve bazı bölgelerin ormanların tahribi sonucu oluşması sebebi ile değerlendirmeye muhtelif yerlerden seçilmiş 14 farklı toprak alınmıştır.

Araştırma neticesinde 14 farklı parselin 3 farklı noktasında 3 defa çift silindirli infiltrometre ile toprağın su alma hızı ve toprağın su derinliği hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar tablolara işlenmiş ve tablolardan elde edilen grafiklerden Kostiakov eşitlikleri formülünde kullanılan k ve a değerleri bulunmuştur. Toprak tekstürü değişimine göre k ve a değerlerinin değişimi ile infiltrasyon parametrelerinin değişimi araştırılmıştır.

Yapılan değerlendirmelerde, toprağın durumuna göre değişmekle birlikte başlangıçta infiltrasyon hızının yüksek olduğu, zaman geçtikçe infiltrasyon hızının düştüğü buna bağlı olarak da toprakta tutulan su miktarının başlangıçtan sona doğru arttığı gözlemlenmektedir.

Araştırma yapılan çalışmaların neticesinde, 14 farklı toprak tipine ait Kostiakov eşitlikleri ve bu değerlerden yola çıkarak R^2 değerleri hesaplanmıştır. Toprak örneklerinde kum yüzdesi fazla olan topraklardan kumlu tın ve tınlı kumlu topraklarda k değeri en fazla çıkmış olup en küçük k değerine sahip topraklar ise kil yüzdesi fazla olan killi tınlı toprak grubu olmuştur. Araştırmada en yüksek a değerine sahip olan topraklar, killi tınlı toprak yapısına sahip topraklar olup en düşük a değerine sahip topraklar ise kumlu tın ve tınlı kumlu topraklardır.

Toprak tekstür sınıfları ayrı ayrı incelendiğinde kili tın tekstür sınıfına ait toprak grubunda, toprağın kil oranı arttığında k değerinin küçüldüğü a değerinin arttığı gözlemlenmiş olup ayrıca kum oranı arttığında k değerinin arttığı ve a değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Silt ile k ve a değeri arasında bir değerlendirme yapılamamıştır.

Kumlu killi tın tekstür sınıfında, kum oranı arttığında k değerinin arttığı ve a değerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Kil oranı arttığında ise k değerinin azaldığı a değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Silt ile k ve a değerleri arasında hem artma hem azalma olduğundan değişim net olarak anlaşılamamıştır.

Kumlu tın ve tınlı kum tekstür sınıfları beraber araştırıldığında, kum değeri arttığında k değerinin arttığı ve a değerinin azaldığı, kil değeri arttığında ise k değerinin azaldığı a değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu toprak tekstür sınıflarında silt ile k ve a değerleri arasında bir bağlantı tespit edilememiştir.

Yukarıda bahsedildiği gibi k ve a değeri değişimlerine uyumlu olarak tekstür sınıfının killi tın olandan kumlu tın veya tınlı kum olana değişimi izlendiğinde; k değerinin killi tın grubunda düşük, kumlu tın grubunda yüksek olduğu, kumlu killi tın grubunda ise k değerinin ortalarda olduğu tespit edilmiştir.

Killi tın grubundan kumlu tın veya tınlı kum grubuna geçişlerde a değerinin yukarıda bahsedilen değerlendirmelere uygun olarak azaldığı gözlemlenmiş ve yukarıdaki tabloya uygun olarak kumlu killi tın grubunda a değerinin ortalarda olduğu gözlemlenmiştir. Grafiklerin sonuçları bu değerleri teyit etmiştir.

Hem tekstür sınıfları tek tek hem de toplu olarak değerlendirildiğinde genel olarak topraklardaki kum değeri arttıkça k değerinin arttığı, kil değeri arttıkça k değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Silt değerinin ise etkisinin çok çok sınırlı kaldığı ve göz ardı edilebileceği görülmüştür. a değerinde ise kum değeri arttıkça a değerinin azaldığı, kil değeri arttıkça ise a değerinin arttığı gözlemlenmiş olup k değerinde olduğu gibi a değerinin de silt ile bağlantısının sınırlı olduğu ve göz ardı edilebileceği görülmüştür.

Yapılan değerlendirmeler neticesinde oluşan paraboller ve grafikler tekstür sınıfları ile uyumlu çıkmıştır. Kum, kil, silt olarak tek tek değerlendirildiğinde de kum ve kil değerlerinin grafikler ve parabol ile uyumlu fakat silt değerinin uyumsuz olduğu gözlemlenmiştir.

Bunun sonucunda topraktaki kum ve kil değerlerinin toprağın infiltrasyon hızı ve infiltre olan su derinliğine etkisinin fazla olduğu görülmüştür. Silt değeri ile infiltrasyon hızı ve infiltre olan su derinliği arasında bir bağlantı oluşması zor görüldüğü için silt değerinin göz ardı edilebileceği anlaşılmıştır.

Araştırma bölgesi genişletilip daha fazla tekstür sınıfına sahip olan toprak seçildiğinde araştırmanın çok daha doğru ve çok daha iyi sonuçlar verebileceği öngörülmektedir.

İnfiltrasyon ölçümleri belirli düzeyde işgücü ve çaba gerektirmektedir. Örneğin bir arazi üzerinde değişik noktalarda infiltrasyon ölçümlerinin yapılması hem uzun zaman istemekte hem de çok fazla çaba gerektirmektedir.

Çiftçilerin ve araştırmacıların her toprak için infiltrasyon testi yapması veya yaptırması zaman ve emek istemektedir. Toprağın yapısının aynı parsel içinde gerek yüzeysel gerek profil olarak çok farklı olması sebebi ile aynı parselde farklı noktalarda yapılan infiltrasyon testleri aynı sonuçları verememektedir. Dolayısıyla aynı parselde yapılan infiltrasyon ölçümlerinin farklı sonuçlar vermesi neticesinde tüm parsel için bir infiltrasyon denklemi elde etmek oldukça güçtür.

Toprak tekstürü ile infiltrasyon parametreleri arasındaki ilişkinin derinlemesine araştırılması ve formüller geliştirilmesi sonucunda, çiftçilerin veya araştırmacıların infiltrometre kullanmadan sadece basit bir toprak analizi yaparak toprağın infiltrasyon hızını tahmin etmesi çok kolay olacaktır.

Sulama uygulamalarında önemli rol oynayan toprağın infiltrasyon parametrelerinin doğru olarak belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Bir sulama projesi hazırlanırken öncelikle sulama yapılacak toprağın infiltrasyon parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. İnfiltrasyon parametrelerinin tespiti için çeşitli ölçüm yöntemleri mevcuttur. Ancak bu yöntemler belirli seviyede tarla çalışmalarına ihtiyaç duymaktadır. Tarla çalışmalarını minimum düzeye indirmek için toprak tekstürlerine göre infiltrasyon parametreleri tespit edildiğinde sadece sulama yapılacak toprağın tekstür analizi yapılarak infiltrasyon parametrelerine ulaşılabilir.

İnfiltrasyon parametrelerine doğru ve hızlı bir şekilde ulaşabilmek, sulama projelerinin hem kısa sürede hem de çaba gerektirmeden daha basit ve pratik bir şekilde planlanmasına yardımcı olacaktır. Sulama sistemlerinde sulama süresi ve sulama sistemi seçiminde, bu sulama sistemlerinden; yüzey sulama sisteminde; akış uzunlukları, sulama ünitelerinin boyutlandırılması ve debi, yağmurlama sulama sisteminde; başlık debisi ve tertip aralıkları, damla sulama sisteminde; damlatıcı debisi ve damlatıcı aralığının tespit edilmesi projelendirmeye kolaylık sağlayacaktır.

Meteorolojik verileri kullanarak toprağa yağmur, kar gibi yağışlarda ne kadar su infiltr olduğunu tespit etmek, toprağın infiltrasyon hızına bağlıdır. Tekstür parametreleri ile toprağın infiltrasyon hızı bulunduğunda toprağa yararışlı su miktarı kolay ve daha doğru bir şekilde tespit edilir. Bunun yanında daha doğru ve daha hızlı infiltrasyon tespiti, sulama projelerinin tasarlanmasını çok daha kısa ve kolay hale getirir.

Tekstür parametreleri uydu sistemleri ile tespit edildiğinde tüm tarım parsellerinin toprak tekstürleri belirlenebilir ve toprak tekstürlerinden yararlanılarak infiltrasyon hızı araziye dahi çıkmadan tespit edilebilir.

Tüm tarım parsellerinin infiltrasyon hızı tekstür parametreleri ile tespit edildiğinde, yağış miktarının ne kadarının toprağa infiltre olduğu bulunur. Kısacası basit bir toprak analizi ile toprağa düşen yağmur veya kar miktarına göre toprağa infiltre olan su miktarı bulunur ve su-toprak ilişkiden de faydalanarak havzaya giren çıkan su miktarı daha kolay tahmin edilir.

Günümüzde birim alana bir ayda düşen yağışın bir günde hatta bir saatte düştüğü görüldüğünden tarım veya yerleşim yeri havzasına düşen yağış miktarı doğal afetlere sebebiyet vermektedir. Havzaya düşen yağış miktarı düşünüldüğünde ve havzada bulunan toprakların tekstür analizi ile tespiti yapıldığında yağışa göre topraktan ne kadar suyun yüzey akışına geçeceği hesaplanır ise doğal afetlerin (sel suları ile dere taşması vb.) önceden tahmin edilmesi daha kolay hale gelebilir. İnfiltrasyonun tekstür parametreleri ile erkenden tahmin edilebilmesi doğal afetleri önceden öngörülebilir hale getirecektir. Doğal afetler ile mücadele etmek için erkenden tedbir alınacak, canlıların hayatı kurtarılacaktır.

Tekstür parametrelerinden infiltrasyon tespit edilebilir ise düşen yağışlar veya sulama sistemleri ile toprağa verilen sulama sularının ne kadarının toprak altına sızdığı ve dolayısı ile toprakta tuzluluk oluşturup oluşturamayacağı tahmin edilebilir. Drenaj projeleri çizilirken topraktan geçerek taban suyuna ulaşacak olan su tahmin edilebileceğinden çok daha hızlı ve çok daha kısa sürelerde daha optimum borular kullanarak drenaj projeleri çizilebilir.

Tekstür sınıfından toprak infiltrasyon hızı bağlantılarını bulmak, günümüzde kuraklığın arttığı düşünüldüğünde ve tarımda su kullanımının azaltılması dikkate alındığında çiftçiler için suyun daha tasarruflu ve daha doğru bir şekilde, bitkilerin tam olarak yararlanacağı bitki kök bölgesine verilmesine olanak sağlayacaktır.

Çiftçilerin tekstür sınıfı ile su alma hızını bulması, gerek sulama başlığı seçiminde gerekse suyun ne kadar süre toprakta kaldığının hesaplanmasında kullanılacağı için elde edilen veriler ile sulama suyunun uygulama süresinin bilinmesi, iş gücünün kolaylaşmasına ve sulamadan kaynaklanan maliyetlerin azalmasına yardımcı olacaktır. Bu da çiftçilerin işini kolaylaştıracak ve hem sudan hem de elektrikten tasarruf sağlayarak işletmede gereksiz masrafların önüne geçecektir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre yapılan infiltrasyon ölçümleri sınırlı sayıda da olsa, toprak tekstürü ile infiltrasyon eşitliğindeki parametreler arasında yüksek bir korelasyon tespit edilmiştir. Doğal olarak bu konuda yapılacak daha fazla çalışma ile elde edilecek verilerden formüller oluşturularak tarım camiasının kullanımına sunulabilir.



KAYNAKLAR

- Alıcı, Ü., (1980). *Tava ve Karıklarda Su İlerlemesi Hesaplama Yöntemlerinin Tarla Koşullarına Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma*. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kültürteknik Anabilim Dalı, Erzurum.
- Anonim, (2020). Saray Belediyesi <https://www.saray.bel.tr/saray-ilcesinin-dogal-ortam-ozellikleri-ve-cevre-yapisi/> (Erişim tarihi, 01.01.2021).
- Arslan, S. (2006). Toprak Sıkışmasının Azaltılması İçin Alternatif Bir Yöntem, Kontrollü Tarla Trafiği, *K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(1)
- Asan, Ü., Şengönül, K., (1987). Orman Formlarının Fonksiyonel Açidan Karşılaştırılması, *İ.Ü.Orman Fak.Der.Seri:B,Cilt:37 Sayı:4*, İstanbul.
- Aydın, M. ve Kılıç, Ş., (2010). *Toprak Bilimi*. Nobel Yayın No: 1568, 130 s, Antakya
- Bayazıt, M., (2003). *Hidroloji*. Birsen Yayınevi, İstanbul, 219 s.
- 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.
- Dağdelen, E., (2012). Toprak-Bitki-Su. https://www.researchgate.net/publication/274584763_Toprak-Bitki-Su (Erişim tarihi, 24.11.2018).
- Delibaş, L. (1984). *Tava ve Karıklarda Yüzeysel Sulama Hidroliği İlkelerinin Tarla Koşullarında Araştırılması*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Erzurum.
- Delibaş, L. (1994). *Sulama*. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları No.213, Ders Kitabı No. 24, Tekirdağ.
- Delibaş, L., (1986). *Yüzeysel Sulamada Hidrolik Faktörlerin Tarla Koşullarında Değişimi Üzerine Bir Araştırma*. 2.Ulusal Kültürteknik Kongresi 29 Nisan-2 Mayıs 1986. Adana.
- Delibaş, L., Okuroğlu, M. (1987). Yüzeysel Sulamada Suyun Emilme İlerleme İlişkileri ve İlerleme Verilerinden İnfiltrasyon Parametrelerinin Belirlenmesi *A.Ü. Zir. Fak. Der. Ocak-Aralık Cilt. 18, Sayı.1-4* Erzurum.

- DSİ, (2021). DSİ 2019 Yılı Resmi Su Kaynakları İstatistikleri, <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1344> (Erişim tarihi, 04.05.2021).
- Ergene, A. (1972). *Toprak Bilimi Esasları*. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. Erzurum
- Erie, L. j. (1962), Evaluation of Infiltration Measurements. *Transactions of the ASAE*, Vol. 5, No. 1, pp. 11-13.
- Erşahin, S. (2001). Toprak Amerajmanı, *Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 21*, Tokat Ziraat Fakültesi Dergisi 24(2), 67-75, Tokat
- Güngör Y, Erözel AZ, Yıldırım O (1996). *Sulama*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara.
- Güngör, Y. Erözel, Z. ve Yıldırım, O. (2004). *Sulama*. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayın no:1525. Ankara.
- Hanks, R. j., (1965). Estimating Infiltration from Soil Moisture Properties. *Journal of Soil Water Conservation*, Vol. 20, pp. 49-51.
- 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 Irrigation*. Trans. ASAE, Vol. 15, No.
- Namlı A, (2012). Toprak Bilimi Ders Notları, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Toprak Bilimi ve Besleme. Ankara
- Oğuz H, (2008). Toprak Bilimi Ders Notları. Gümüşhane Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu. Gümüşhane
- Öztekin T., Öztekin S. (2007). *Hacim Ağırlığı ve Drenaj Sisteminin İnfiltrasyona Etkileri*. G.Ü.
- Sönmez, K. (1980). *Horton, Kostakov ve Philip İnfiltrasyon Eşitliklerinin Tarla Koşullarında Denemesi*. Atatürk Üniversitesi Yayınları No. 530
- Tekinsoy, M. A., (2013). *Doymamış Zeminlerin İndeks ve Hidrolik Özellikleri*. Süleyman Demirel Üniv. Yayın No 22, 797 s, Isparta.
- 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



