

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOPRAKALTI DRENaj SİSTEMLERİNDE ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ
LASTİKLERİN ZARF MALZEMESİ OLARAK KULLANIM
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Gökçe BÜYÜKÇEKİÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

2017

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOPRAKALTI DRENaj SİSTEMLERİNDE ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ
LASTİKLERİN ZARF MALZEMESİ OLARAK KULLANIM
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Gökçe BÜYÜKÇEKİÇ

**YÜKSEK LİSANSTEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**(Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2016-1839 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

2017

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOPRAKALTI DRENaj SİSTEMLERİNDE ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ
LASTİKLERİN ZARF MALZEMESİ OLARAK KULLANIM
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Gökçe BÜYÜKÇEKİÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

Bu tez 06/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ :
Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ :
Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ :

ÖZET

TOPRAKALTI DRENAJ SİSTEMLERİNDE ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİKLERİN ZARF MALZEMESİ OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Gökçe BÜYÜKÇEKİÇ

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Haziran 2017, 41 sayfa

Drenaj, havadar bir bitki kök bölgesi oluşturmak amacıyla fazla suyun çeşitli mühendislik yöntemleriyle toprak yüzeyinden veya kök bölgesinden uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Toprakaltı drenajda hem borulara olan su akışını kolaylaştırmak hem de boru içerisindeki siltasyonu önlemek amacıyla organik ve organik olmayan zarf malzemeleri kullanılmaktadır. Ömrünü tamamlamış taşıt lastikleri, mutlaka değerlendirilmesi gereken önemli bir kauçuk malzeme kaynağıdır. Çeşitli yöntemlerle farklı boyutlara küçültülen atık lastikler değişik disiplinlerde kullanılmaktadır. Ancak bu malzemenin drenajda zarf malzemesi olarak kullanımına ilişkin herhangi bir bulguya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, 10 ve 20 cm kalınlığında ömrünü tamamlamış atık lastiklerden elde edilen farklı boyutlardaki granül malzemenin laboratuvar koşullarında, farklı su yükleri altında, sabit seviyeli permeametre kullanılarak toprak altı drenajda zarf malzemesi olarak kullanılıp kullanılamayacağı 10 cm kalınlığındaki kum-çakıl zarf malzemesi ile karşılaştırılarak test edilmiştir. Çalışma sonucunda, ömrünü tamamlamış lastiklerden elde edilen 20 cm kalınlığındaki granül malzemenin debi ve sediment birikimi yönünden 10 cm kalınlığındaki kum-çakıl zarf malzemesi yerine kullanılabileceği belirlenmiştir. Böylece, hem Ülkemizde her yıl hurdaya çıkan yaklaşık 30 milyon lastik zarf malzemesi olarak değerlendirilerek depolandığı veya yığıldığı yerlerdeki çevre zararlarının önüne geçilmiş olacak hem de drenlerde siltasyon birikimini önleyecek şekilde çevre sorunu yaratmadan yok edilmiş olacaktır.

ANAHTAR KELİMELE: Permeametre, Zarf malzemesi, Sediment, Geri dönüşüm.

JÜRİ: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ (Danışman)

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ

ABSTRACT

EXAMINING THE USE OF SCRAP TIRES AS AN ENVELOPE MATERIAL IN SUBSURFACE DRAINAGE SYSTEMS

Gökçe BÜYÜKÇEKİÇ

MSc Thesis in Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

June 2017, 41 pages

Drainage is defined as the removal of excess water from soil surface or root zone by various engineering methods in order to create a well aerated plant root zone. In subsurface drainage, organic and non-organic envelope materials are used to make the flow of water to the drains easy and to prevent siltation in the drains. Vehicle tires that have fulfilled their life are an important source of rubber material that must be evaluated. Scrap tires which are reduced to different sizes by various methods are used in different disciplines. However, no finding has been found about the use of this material as an envelope material in drainage. In this study, 10 and 20 cm thick granule materials of different sizes obtained from scrap tires were tested in laboratory conditions, under different water heads, using a constant head permeameter and the results are compared with a 10 cm thick sand-gravel envelope material whether they could be used as an envelope material in subsurface drainage. As a result of the study, it has been determined that the 20 cm thick granule material obtained from the scrap tires can be used instead of the sand-gravel envelope material with a thickness of 10 cm in terms of flow rate and sediment accumulation. Thus, approximately 30 million scrap tires that are released every year in our country will be used as envelope materials to prevent silt accumulation in the drains, avoiding environmental damages in the places where they are stored or piled up, and will be destroyed without causing environmental problems.

KEYWORDS: Permeameter, Envelope Material, Sediment, Recycle

COMMITTEE: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ (Supervisor)

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ

ÖNSÖZ

Drenaj, bitki kök bölgesinde bulunan fazla suyun çeşitli mühendislik yöntemleri ile araziden uzaklaştırılmasıdır. Türkiye’de yaklaşık 3 milyon hektara yakın alanda drenaj sorunu bulunmaktadır. Drenaj sorunu, beraberinde, tuzluluk-sodyumluluk gibi çevresel sorunları da getirmektedir.

Tarımsal alanlarda uygulanan drenaj sistemleri kurulumunun, maliyetli ve zor olmasından dolayı etkinliğini uzun yıllar devam ettirmesi için boru etrafına zarf malzemesi yerleştirilmelidir. Yapılan bazı çalışmalarda %40 oranında kil içeriği bulunan topraklarda zarfa malzemesine ihtiyaç yoktur denmesine rağmen, zarfın çeşitli işlevlerinden (filtre, hidrolik, mekanik, yataklama) dolayı zarf malzemeleri kullanılmalıdır.

Drenajla ilgili bilimsel çalışmalar, son yıllarda, yok denecek ölçüde azalmıştır. Geçmiş yıllardan bu yana kullanılan zarf malzemelerinin geliştirilmesi açısından yapılan çalışmalar hala yeterli düzeyde değildir. İki binli yılların başında sulamaya açılan GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) projesinde drenaj sistemlerinin ve bu sistemlerde kullanılan zarf malzemelerinin ne denli önemli olduğu bugün daha iyi anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada, son zamanlarda çeşitli kullanım alanlarının olması ve geri dönüşüme katkısı olacağı düşünülerek granül haline getirilmiş ömrünü tamamlamış lastiklerin (ÖTL),kum-çakıl zarf malzemesi ile karşılaştırılarak drenaj zarf malzemesi olarak kullanım olanaklarının araştırılması hedeflenmiştir.

Bana bu konuda araştırma imkânı vererek, yüksek lisans çalışmam süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ’a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Değerli görüşlerinden yararlandığım bölüm hocalarıma, çalışmamın her aşamasında yardımlarını gördüğüm Arş. Gör. Cihan KARACA’ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tüm hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir desteğini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	5
2.1. Zarfların İşlevleri ve Tasarım Kriterleri	5
2.2. Ömrünü Tamamlamış Lastik (ÖTL) Materyalin Kullanım Alanları	9
2.3. Zarf Malzemelerine İlişkin Yapılan Çalışmaların Gözden Geçirilmesi	11
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Permeametre cihazı	15
3.1.2. Toprak örnekleri	17
3.1.3. Zarf materyalleri.....	17
3.1.4. Kullanılan suyun sağlanması	17
3.2. Metot	18
3.2.1. Toprak bünye analizi.....	18
3.2.2. Toprak ve zarf malzemelerin granülometri eğrilerinin belirlenmesi	18
3.2.3. Sedimentasyon miktarının belirlenmesi.....	18
3.2.4. Zarf malzemesi deneylerinin gerçekleştirilmesi.....	20
3.2.5. Verilerin değerlendirilmesi.....	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. Toprak ve Zarf Malzemelerin Granülometre Eğrileri	23
4.2. Debinin Zamanla Değişimi	24
4.3. Toprak-zarf Arakesitinde Oluşan Hidrolik Gradientin Değerlendirilmesi	33
4.4. Zarf Malzemesinde Gerçekleşen Hidrolik İletkenliğin Değerlendirilmesi.....	33

4.5. Debi ve Sediment Miktarı Yönünden Zarf Malzemelerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi	34
5. SONUÇ.....	37
6. KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ.....	42



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

D_{50F}	Zarf malzemesinin % 50'sinden küçük dane çapı
D_{50T}	Toprağın % 50'sinden küçük dane çapı
D_{15F}	Zarf malzemesinin % 15'inden küçük dane çapı
D_{15T}	Toprağın % 15'inden küçük dane çapı
D_{85T}	Toprağın % 85'inden küçük dane çapı
C_u	Uniformite katsayısı
C_c	Eğrilik katsayısı
D_{10}	Granülometri eğrisinde elekten geçen zarf malzemesinin %10'nun dane çapı
D_{30}	Granülometri eğrisinde elekten geçen zarf malzemesinin %30'unun dane çapı
D_{60}	Ganülometri eğrisinde elekten geçen zarf malzemesinin %60'nın dane çapı
EC	Elektriksel iletkenlik
SAR	Sodyum adsorpsiyon oranı
ESP	Değişebilir sodyum yüzdesi
PLM	Ön sarımlı gevşek zarf materyali
K_T	Test sıcaklığında hidrolik iletkenlik
Q	Debi
A	Permeametre kesit alanı
i	Hidrolik eğim
K_{20}	20°C'deki hidrolik iletkenlik
μ_T	Test sıcaklığındaki suyun dinamik viskozitesi
μ_{20}	20°C'deki suyun dinamik viskozitesi
i	Permeametre üzerinde istenilen herhangi bir noktadaki hidrolik gradient
Δh	İlgili piyezometrelerdeki su yükseklikleri arasındaki fark
l	İlgili piyezometreler arasındaki düşey mesafe
i_{t-z}	Topraktan zarfa geçişte oluşan hidrolik gradient
K_{z-z}	Zarftan zarfa geçişte oluşan hidrolik iletkenlik
ö.d.	İstatistiksel açıdan önemli değil
*	İstatistiksel açıdan %1 önem düzeyi

Kısaltmalar

ASTM	Amerikan Test ve Malzeme Kurumu
BATEM	Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü
KÇ	Kum-çakıl
KT	Kumlu tın toprak bünyesi
KT-KÇ	Kumlu tın kum-çakıl
KT-ÖTL10	Kumlu tın ömrünü tamamlamış lastik 10 cm kalınlık
KT-ÖTL20	Kumlu tın ömrünü tamamlamış lastik 20 cm kalınlık
ÖTL	Ömrünü tamamlamış lastik
ST	Siltli tın toprak bünyesi
ST-KÇ	Siltli tın kum-çakıl
ST-ÖTL10	Siltli tın ömrünü tamamlamış lastik 10 cm kalınlık
ST-ÖTL20	Siltli tın ömrünü tamamlamış lastik 20 cm kalınlık
USBR	Amerika Birleşik Devletleri Islah Bürosu
USEPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
USSCS	Amerika Birleşik Devletleri Toprak Koruma Servisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Zarf gereksinimini belirlemede ve tasarımılamada kullanılan aşamalar.	7
Şekil 2.2. Ömrünü Tamamlamış Granül Lastik.	10
Şekil 3.1. Permeametre düzeneğinin konumlandırılması.	15
Şekil 3.2. Denemede kullanılan permeametre düzeneğinin en kesiti.	16
Şekil 3.3. Farklı konulardan elde edilen sediment miktarı	19
Şekil 3.4. Farklı konularda üst plaka üzerinde biriken sediment miktarı.	19
Şekil 3.5. Debi ölçümü	20
Şekil 4.1. Toprak ve zarf malzemelerin granülometri eğrileri.	23
Şekil 4.2. Kumlu tınlı toprakta kum çakıl zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi.	25
Şekil 4.3. Kumlu tınlı toprakta 20 cm ömrünü tamamlamış lastik zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi.	26
Şekil 4.4. Kumlu tınlı toprakta 10 cm ömrünü tamamlamış lastik zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi	27
Şekil 4.5. Siltli tınlı toprakta kum çakıl zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi.	29
Şekil 4.6. Siltli tınlı toprakta 20 cm ömrünü tamamlamış zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi.	30
Şekil 4.7. Siltli tınlı toprakta 10 cm ömrünü tamamlamış lastik zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi.	31
Şekil 4.8. Kumlu tınlı toprakta farklı zarf malzemeleri ve su yüküne bağlı olarak ortalama debinin değişimi	32
Şekil 4.9. Siltli tınlı toprakta farklı zarf malzemeleri ve su yüküne bağlı olarak ortalama debinin değişimi	32
Şekil 4.10. Toprak-zarf arakesitinde oluşan hidrolik gradient.	33
Şekil 4.11. Zarf malzemelerinin hidrolik iletkenliklerinin su yüküne bağlı olarak değişimi.	34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprak bünyeleri ve zarf malzemeleri	17
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan toprakların bünyeleri	18
Çizelge 3.3. Piyezometrelerin permeametre üzerindeki konumları	21
Çizelge 4.1. Zarf malzemesi ile debi ve sedimentasyon ilişkisi	35



1. GİRİŞ

Toprak ve su kaynaklarından etkin bir şekilde yararlanabilmek ve en yüksek verimi alabilmek için toprak-bitki-su arasında optimum bir dengenin kurulması gerekir. Bu dengenin iyi kurulamaması ve toprakta gereğinden fazla su bulunması durumunda verimde azalma, drenaj yetersizliği ve toprakta tuzluluk ile sodyumluluk gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Birim alandan en yüksek verimin alınması tarım tekniklerinin düzeyi, üretimde kullanılan girdilerin miktarı ve kalitesinin yanında, belki de en önemlisi, drenaj gibi tarımsal mühendislik hizmetlerinin yerine getirilmesi ile yakından ilgilidir.

Drenaj herhangi bir yerdeki suyun doğal veya yapay yollarla uzaklaştırılmasına yönelik yapılan çalışmalardır. Tarım arazilerinde drenajın amacı, havadar bir kök bölgesi ve tarımsal faaliyetler için yeter derecede kuru bir üst toprak sağlamak için kaynağı ne olursa olsun, fazla suyun çeşitli mühendislik yöntemleri ile araziden uzaklaştırılmasıdır. Bu suretle, fazla sudan zarar gören arazide bitkisel üretimi optimum ve devamlı kılmak için toprak, bitki ve su arasında elverişli bir denge sağlanmış olur (Sönmez ve Balaban 1968).

Ülkemizde tarıma elverişli olarak bilinen arazi miktarı 28 milyon ha civarında olup toplam yüz ölçümümüzün (77.8 milyon ha) % 36'sını oluşturmaktadır. Gleyleşme ve redüksiyon olaylarına neden olan çeşitli düzeylerde drenaj sorununa sahip toplam alan 2.78 milyon ha, özyapısında çeşitli düzeylerde tuzluluk ve alkalilik (çoraklaşma) sorunları bulunan toplam alan ise 1.52 milyon ha olarak verilmektedir (Haktanır vd 2005). İyileştirmeye gereksinimi olan söz konusu sorunlu alanlar en verimli ovalarımızın büyük bir kısmını kapsamaktadır. Doğal drenajın yeterli olmadığı kurak ve yarı kurak bölgelerdeki taban arazilerde bilinçsizce yapılan sulama uygulamaları topraklarımızın çoraklaşmasına yol açmaktadır. Sulu tarıma geçilirken drenaja yeterince önem verilmemesi söz konusu sorunların doğmasına yol açmaktadır. Sulama suyu ne kadar kaliteli olursa olsun, kurak ve yarı kurak bölgelerde evapotranspirasyonun yüksek olmasından dolayı, bir sulama sezonunda bile toprakta yüksek miktarda tuz birikebilmektedir. Bu tuzların kök bölgesinden yıkanabilmesi için yıkama suyuna, anılan suyun da araziden uzaklaştırılabilmesi için toprak altı drenaj sistemlerine gereksinim vardır.

Bilinen ilk bilimsel çalışmaların başladığı Mezopotamya ve Mısır'da medeniyetin doğuşu sulu tarımın geliştirilmesini takip etmiştir. Sulanan alanlarda medeniyetin çökmeleri ise, bir bakıma sulu tarımla beraber düşünülmesi gereken drenajın ihmal edilmesi sonucu olmuştur. Dicle ve Fırat nehirlerinin suladığı Mezopotamya vadisinde ve Mısır'da Nil nehri boyunca görülen ilk medeniyetler sulu tarımla doğanlar arasında bulunmaktadır. Daha sonra bu medeniyetlerin çöküşü uygun drenajın eksikliği nedeni ile olmuştur. Bu vadinin bir zamanlar "Bir bahçe kadar verimli" olan arazisi üst toprak katlarında fazla miktarda tuzların birikmesi nedeni ile geniş oranda çöl haline gelmiştir. Günümüzde bu yerlerde görülen terk edilmiş sulama sistemleri ve tuzlu sahalar, drenaj eksikliğinin delili olarak durmaktadırlar (Becer 1984).

Sulama ve drenaj birbirlerini tamamlayan iki önemli mühendislik dalıdır. Sulama ile kuru koşullara göre, 3-7 kat verim artışının sağlandığı açıklanmakla birlikte,

drenajın sulama ile ilişkisinin yeteri kadar önemsenmemesi, sulu tarım alanlarında tuzluluk ve alkalilik ile taban suyu gibi geri dönüşümü çok güç olan sorunların ortaya çıkmasına neden olur (Kanber ve Ünlü 2008). Tarım arazilerinde drenaj sorunu, topografya ve toprak koşullarının, yüzey ve yer altı sularının doğal bir boşaltma ağzına ulaşmasını engellediği veya bu ulaşmanın arzu edilen çabuklukta olmadığı durumlarda ortaya çıkar. Böyle durumlarda suyun yüzeyde birikmesiyle, göllenmeler toprağın yüzeyine kadar su ile doyması ile de bataklıklar ve ıslak araziler meydana gelir. Bazı durumlarda da taban suyu arzu edilmeyen sınırların üstüne yükselerek bitkisel üretimi sınırlar ve olanaksız kılar. Drenaj sorunu, toprak yüzeyinde veya bitki kök bölgesinde gereğinden fazla su bulunmasından dolayı ortaya çıkmaktadır. Eğer su arazi yüzeyinde gölleniyorsa sorun “Yüzey Drenaj”, toprak altında birikiyorsa “Yüzeyaltı Drenaj” olarak adlandırılmaktadır (Güngör vd 2011).

Toprakaltı drenaj sistemlerinin en büyük sorunlarından biri ise siltasyondur. Siltasyon nedeniyle büyük yatırımlar yapılarak gerçekleştirilen kapalı drenaj sistemleri, projelerinden öngörülen görev ve fonksiyonlarını yerine getirememekte, kendisinden beklenen faydaları sağlayamamaktadır. Drenlerin çevresine konulan granüle zarf malzemesinin boruların tıkanma tehlikesini azaltacağını, siltasyon yönünden sorunlu topraklarda dren içerisine çeşitli toprak parçacıklarının girişinin, dren çevresine konulan malzeme ile önlenmesinin oldukça önemli olduğu Yarpuzlu ve Kumova (1990) tarafından bildirilmektedir.

Toprakaltı drenajda dren borusu çevresine, sadece siltasyonu önlemek amacıyla değil, drenlere olan su akış koşullarını iyileştirmek amacıyla da dren hendeği kazılmasından çıkan topraktan başka bir malzemenin yerleştirilmesi birçok durumda zorunlu bir uygulama olarak ortaya çıkmaktadır. Dren etrafına konan söz konusu malzemeyi adlandırmada da literatürde bir kavram karmaşıklığı bulunmaktadır. Dieleman ve Trafford (1986) bu karmaşıklığı çözmek için dren çevresine yerleştirilen malzemeyi yerleştirme amacına göre zarf (envelope), filtre (filter) ve sargı (surround) malzemesi olarak adlandırmaktadır. Genel olarak zarf malzemesi, toprak altına döşenen dren borularının içine drenaj sularının kolayca akmasını sağlamak ve ince toprak parçacıklarının borulara girişini önleyerek siltasyon ve çamurlaşmayı engellemek amacıyla dren borularının etrafına serilen geçirgen malzeme olarak tanımlanmaktadır.

Zarf malzemeleri drenlerin çevresine ya da üzerine yerleştirilen topraktan başka bir malzemenin genel adıdır. Filtre malzemesi terimi ise toprağı oluşturan parçacıkların dren borusu içerisine girmesini önlemek amacıyla drenlerin çevresine konulan zarf malzemesi anlamında kullanılmaktadır. Drenlerin çevresine konulan sargı malzemesinin drenlere suyun girişini iyileştirici yönde işlevi olmaktadır. Sargı malzemesi filtre malzemesine oranla boşluk oranı daha fazla granüle bir malzemedir. Genellikle iyi bir zarf malzemesi filtre ve sargı görevini birlikte ve istenilen düzeyde yerine getirebilmektedir (Dielaman ve Trafford 1986; Stuyt ve Willardson 1999). Organik malzemeler, organik olmayan ve yapay malzemeler olmak üzere zarf malzemeleri üç gruba ayrılarak incelenebilir. Bu malzemelerin drenlere olan su ve sediment girişi üzerine etkileri ve kullanım ömürleri gibi özellikleri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Anılan bu malzemelerin taşınması, kullanılması, teminindeki devamlılık ve kolaylık ile malzemenin homojenliği, inşaat sektöründe de bazı talepleri gündeme getirmiştir. Bu nedenle, şimdiye kadar bu tip malzemelerin kullanılmadan önce, ince taneciklerin dren borularına girmesini engellemedeki başarısı, gerek tarla ve gerekse laboratuvarlarda denenmiştir. Elde edilen sonuçlar oldukça başarılı olmasına karşın, kesin ve ayrıntılı sonuçlar elde edebilmek için arazi denemelerinin uzun yıllar sürdürülmesi gerekmektedir. Ayrıca, laboratuvarlarda da oldukça ekstrem koşullar altında kısa süreli denemeler de ele alınmalıdır (Dieleman ve Trafford 1986).

Yapılmış olan çalışmalarda temel toprağın kil içeriğinin % 40'dan fazla olması durumunda dren zarfına gerek duyulmadığı bildirilmektedir (Stuyt ve Willardson 1999). Ancak, bazı topraklarda dren borusu içine silt girmesini engellemek için önlem alınması gerekir. Suyun taşıyıcı gücü toprakları dren deliklerinden boru içine taşıdığından siltasyon olayı tamamen önlenemez fakat yavaşlatılabilir. İyi bir dren zarfı sediment girişini sınırlar, boru çevresinde iyi bir hidrolik geçirgenlik ve strüktürel stabilite sağlayarak zamanla tıkanmayı azaltabilir (Güngör vd 2011).

Bir drenaj sisteminin başarısı tesisin işlevinin sürekliliği ile ölçülür. Dren boruları işlevlerini dren borusu içine doğru bitki köklerinin büyümesi, metal oksitlerin çökmesi, giriş deliklerinin tıkanması ve sediment birikmesi gibi nedenlerle kısa zamanda kaybetmektedir. Ülkemizde iklim ve toprak koşulları genellikle drenlerin kimyasal çökeleklerle tıkanması gibi bir sorun oluşturmamaktadır. Derine döşenmiş drenlerde bitki köklerinin genel bir sorun oluşturma olasılığı da azdır. Bu nedenle ülkemizde dren borularında sediment birikmesi esas sorundur (Yardımcı 1988). Dren boruları içerisinde zamanla biriken sediment boruların projelendirme sırasında öngörülen debileri önemli ölçüde azalttığı gibi eğer bileşik borulu bir sistem söz konusu ise toplayıcılarda meydana gelecek bir tıkanmanın sistemin önemli bir bölümünün çalışmasını aksatması da olasılık dahilindedir (Gemalmaz 1993).

Ülkemizde bugüne kadar toprak altı drenaj sistemlerinin çoğunda zarf malzemesi olarak kum-çakıl kullanılmıştır. Malzeme ocaklarının proje alanına uzaklığına bağlı olarak kum-çakıl materyalin temin edilmesi, taşınması, döşenmesi, proje maliyetinin % 20-40'ını kapsamaktadır (Bal 2007). Bu nedenle, oldukça pahalı bir materyal haline gelen kum-çakıl yerine, proje maliyetini azaltacak yönde etkileyecek başka zarf malzemelerinin kullanılması konusunda araştırmaların yürütülmesi gerekli görülmektedir.

Tuzlu ve sodik topraklar mevcut durumları ile tarımsal üretimde kullanılamayacak olsalar bile bu tür toprakların üretkenlikleri oldukça yüksektir. Ülkemizdeki 1.5 milyon hektardan fazla tuzlu ve sodik toprakların ıslahında drenaj mutlaka gerekli görülmektedir. Her ne kadar toprağın dren derinliğindeki kil içeriği % 40'tan fazla olunca zarf malzemesinin kullanılmayabileceği iddia edilse de, sorunlu topraklardaki yüksek sodyum iyonu konsantrasyonu sonucu dispersiyondan dolayı siltasyon miktarı çok daha fazla olacağından dren borularının tıkanmaması için zarf malzemesi gerekliliği daha da artmaktadır.

Zarf malzemesi olarak en çok kullanılan malzeme kum-çakıl olmakla birlikte, her zaman her yerde yeter miktarda bulunmaması veya iyi kalitede olmaması, inşaat

sektöründeki artışa bağlı olarak kum-çakıl malzemenin kullanımının da artması, nakledilmesinde karşılaşılan güçlükler ve maliyetinin yüksek olması nedeniyle bunun yerini tutacak diğer zarf malzemelerinin araştırılması gerekmektedir. Farklı organik ve inorganik malzemelerin toprakaltı drenajda zarf veya filtre malzemesi olarak kullanımına ilişkin çok sayıda araştırma başarıyla yürütülmüştür. Ancak, ömrünü tamamlamış atık lastiklerin toprakaltı drenajda zarf malzemesi olarak kullanımına ilişkin bir çalışmaya literatürde rastlanılmamıştır. Öte yandan, Ülkemizde her yıl oluşan lastik atık miktarı 200 bin tonu bulmaktadır. Oluşan atık lastik miktarı açısından Antalya ise İstanbul, Ankara ve İzmir'den sonra dördüncü sırada bulunmaktadır (Altın vd 2013).

Bu nedenle, bu çalışmada, ömrünü tamamlamış atık lastiklerden elde edilen farklı boyutlardaki granüle malzemenin laboratuvar koşullarında toprak altı drenajda zarf malzemesi olarak kullanılıp kullanılamayacağının test edilmesi amaçlanmıştır.



2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Zarfların İşlevleri ve Tasarım Kriterleri

Toprakaltı drenlerini korumak için kullanılan zarf malzemeleri, ekonomik olarak bulunabilen geçirgen gözenekli malzemelerin hemen hepsini içermektedir. Kullanılan maddelerin bileşimine bağlı olarak, bunlar, üç genel kategoridir: Mineral, organik ve sentetik zarflar.

Mineral zarflar, kurulum sırasında drenaj borusunun altında ve çevresinde bulunan kaba kum, ince çakıl, ezilmiş cüruf ve ezilmiş taştan oluşur. Organik zarflar, lifler, talaşlar veya granüller haldeki gevşek bitki materyalleri içerir; bunlar doğrudan uygulanabilir veya birçoğu drenaj borusunun çevresine önceden sarılabilir. Sentetik zarflar genellikle ön sarımlı elyaf, granüller veya toprak stabilizasyonu ve drenajında kullanılmak üzere özellikle plastik malzemelerden imal edilen ön sarımlı jeotekstil kumaşlardan oluşmaktadır. Cam elyaf jeotekstile benzer sentetik bir mineral maddedir. Bu benzerlik yalnızca elyafların düzenlenme şekli için doğrudur, çünkü elyafların üretildiği temel malzeme farklıdır. Nemli bölgelerde üst toprak drenaj kanallarının üzerine yerleştirilir ve bir dereceye kadar drenaj zarfı olarak işlev görür (Stuyt ve Willardson 1999).

Dren zarfları dren borularının etrafına aşağıdaki işlevlerden bir veya birkaçını yerine getirmek amacıyla yerleştirilmektedir. Bunlar, a) Filtre işlevi; toprak ile dren arasında mekanik destek sağlamak ve toprak parçacıklarının dren borusuna girişini engellemek, b) Hidrolik işlev; dren boruları etrafında nispeten yüksek geçirgenliğe sahip bir poroz ortam oluşturarak dren üzerindeki açıklıklardan dren içerisine su girişini kolaylaştırmak, c) Mekanik işlev; toprak yükünden dolayı dren borularının zarar görmesini ve fazla esnemesini önlemek, d) Yataklama işlevi; (sadece kum-çakıl zarf malzemesi için), drenlerin yerleştirilmesi ve sonrasında, drenlerinin düşey yer değiştirmelerini önleyecek şekilde destek sağlamak (Vlotman vd 2000).

Toprakaltı drenaj sistemlerinde zarf malzemesi gerekliliğine ve hangi zarf malzemesinin kullanılabileceğine ilişkin genellikle iki yaklaşım yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi, Amerika Birleşik Devletleri Toprak Koruma Servisi (United States Soil Conservation Service) tarafından da yaygın olarak kullanılan ve Terzaghi tarafından 1940'lı yıllarda geliştirilen dane çapına ilişkin kriterler (Saatçılar ve Becer 1980, Güngör vd 2011) olup diğeri ise Vlotman vd (2000) tarafından geliştirilen kriterlerdir.

Terzaghi tarafından önerilen zarf malzemesi kriterleri aşağıdaki verilmektedir.

$$\frac{D_{50}^F}{D_{50}^T} = 12 - 58 \quad (2.1)$$

$$\frac{D_{15}^F}{D_{15}^T} = 12 - 40 \quad (2.2)$$

$$\frac{D_{15}^F}{D_{85}^T} \leq 5 \quad (2.3)$$

Eşitliklerde;

D_{50F} : Zarf malzemesinin % 50'sinden küçük dane çapı,

D_{50T} : Toprağın % 50'sinden küçük dane çapı,

D_{15F} : Zarf malzemesinin % 15'inden küçük dane çapı,

D_{15T} : Toprağın % 15'inden küçük dane çapı,

D_{85T} : Toprağın % 85'inden küçük dane çapını göstermektedir.

Amerika Birleşik Devletleri Islah Bürosu (United States Bureau of Reclamation) tarafından zarf malzemelerinin iyi derecelenmiş olması gerektiği vurgulanmakta ve zarf malzemelerinin granülometreleri eğrilerine ilişkin olarak uniformite (C_u) ve eğrilik katsayıları (C_c) aşağıdaki şekilde verilmektedir. İyi derecelenmiş çakıl için C_u değerinin 4'den büyük, kum için ise söz konusu değerin 6'dan büyük olması gerektiği, ayrıca, C_c katsayısının ise hem kum hem de çakıl için 1-3 arasında olması gerektiği bildirilmektedir (USBR 1993).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2.4)$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{10}) \cdot (D_{60})} \quad (2.5)$$

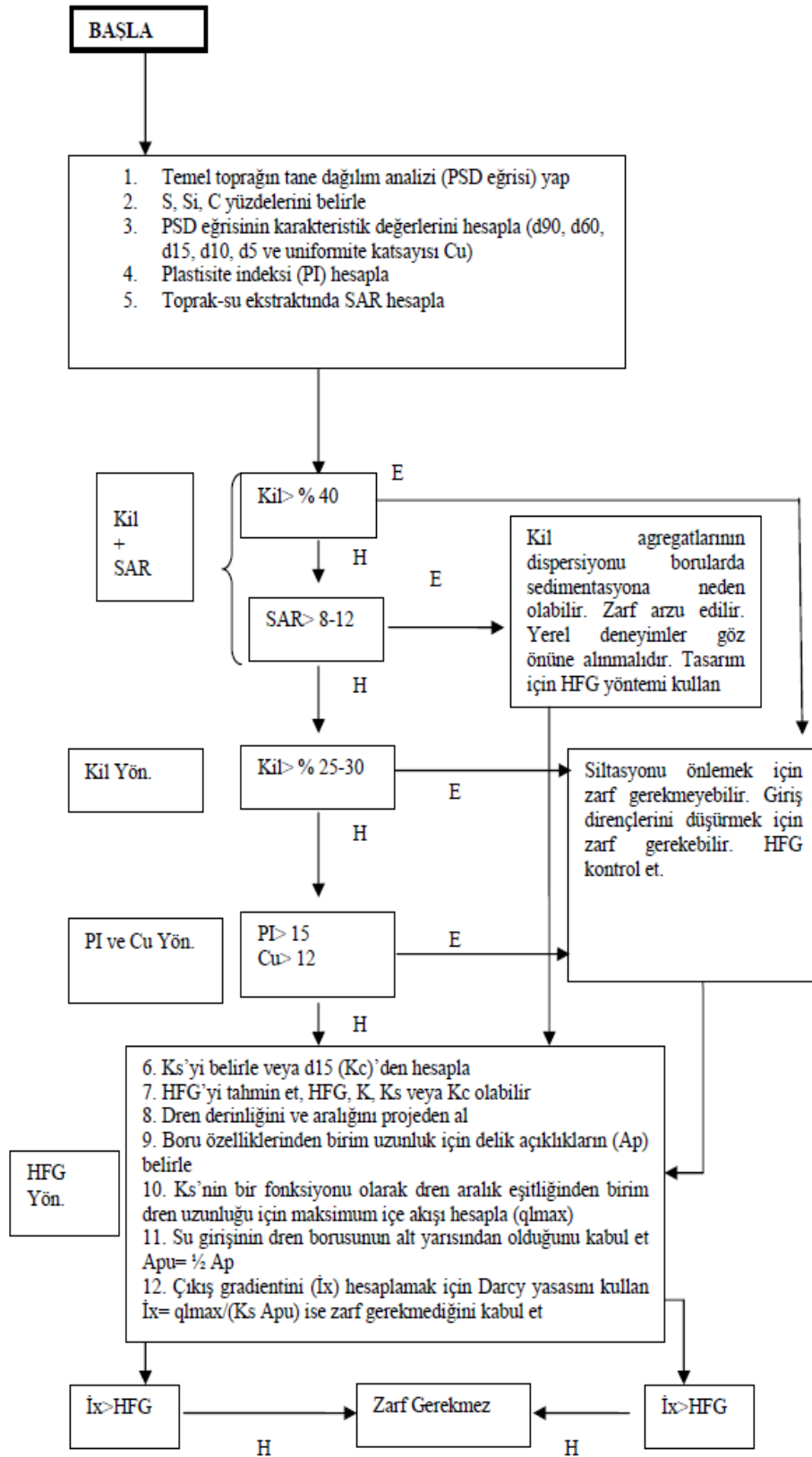
Eşitliklerde;

C_u : Üniormite katsayısı,

C_c : Eğrilik katsayısı,

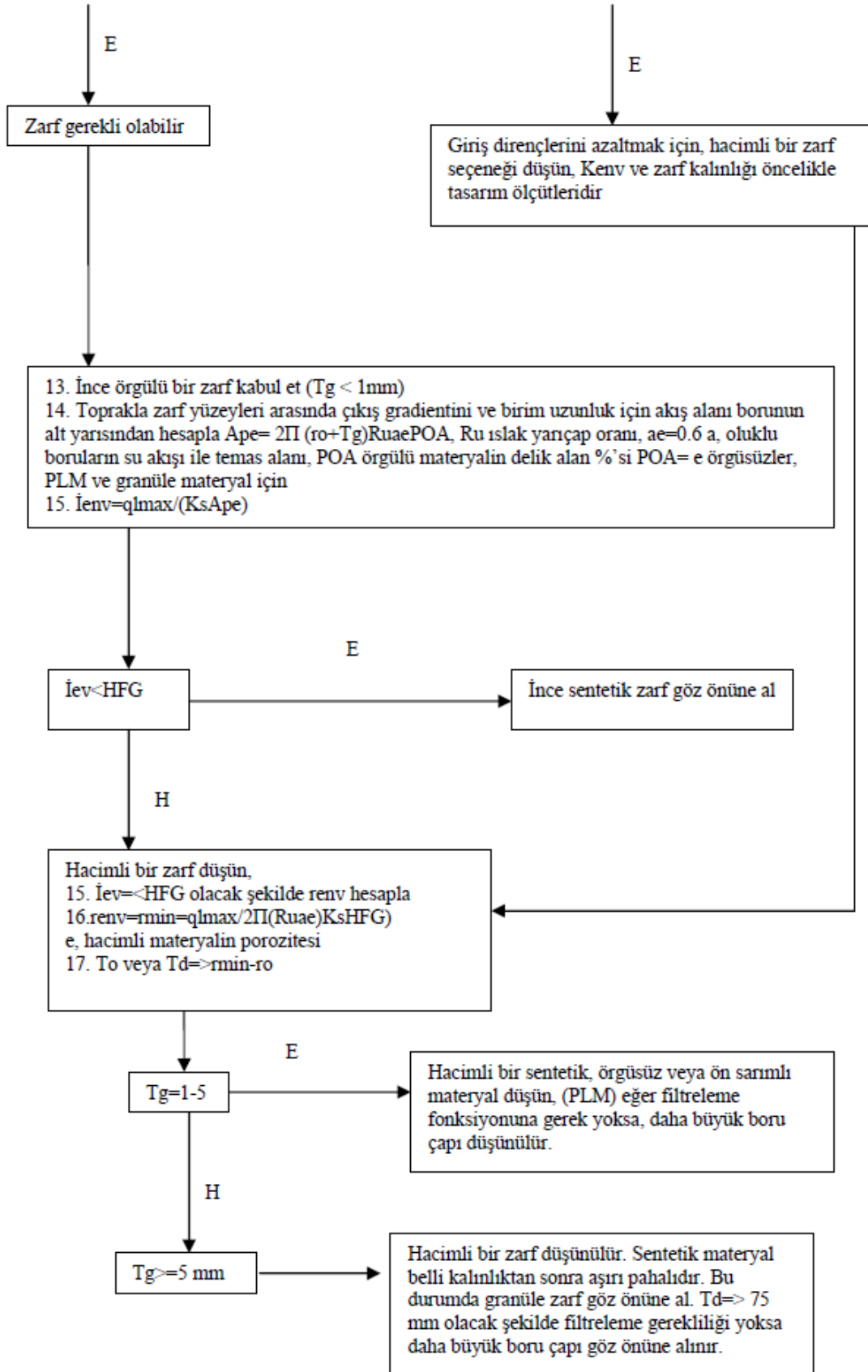
D_{10} , D_{30} ve D_{60} : Granülometri eğrisinde elekten geçen zarf malzemesinin %10, 30 ve 60'nın dane çapı (mm).

Vlotman vd (2000) tarafından geliştirilen kriterler daha kapsamlı olup Şekil 2.1'de detaylı olarak verilmektedir. Söz konusu kriterlere göre önce zarf malzemesinin gerekli olup olmadığı daha sonra da ne tür bir zarf malzemesi kullanılması açıklığa kavuşturulmaktadır. Oysa Terzaghi tarafından verilen kriterlerde zarf malzemesinin kullanılması bir önkoşul olarak kabul edilmiş, zarf malzemesinin niteliği ise granülometri eğrilerindeki söz konusu kriterlere göre belirlenmesi önerilmiştir.



Şekil 2.1. Zarf gereksinimini belirlemede ve tasarımlamada kullanılan aşamalar.

Şekil 2.1'in Devamı



2.2. Ömrünü Tamamlamış Lastik (ÖTL) Materyalin Kullanım Alanları

Faydalı ömrünü tamamladığı belirlenerek araçtan sökülen, orijinal veya kaplanmış, bir daha araç üzerinde lastik olarak kullanılamayacak durumda olan veya üretim esnasında ortaya çıkan ıskarta lastiklere “atık lastik” denir. Atık lastiklere “ömrünü tamamlamış lastik”, kısaca “ÖTL” de denir.

Büyük bir kısmını karayollarında kullanılan araçların oluşturduğu atık lastiklerle ilgili problemler önemli bir çevre sorunu yaratmaktadır. Günümüzde ömrünü tamamlamış taşıt lastikleri değersiz bir atık konumundadır. Ayrıca, çevre kirliliğine neden olmakta ve insan sağlığı ile doğal dengeyi olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmanın en etkin yollarından biri atık lastiklerin yeniden işlenerek farklı biçimlerde değerlendirilmesidir. Farklı boyut ve şekillere dönüştürülerek kullanımı birçok gelişmiş ülkede atık lastiklerin yönetimi ile ilgili sorunları büyük ölçüde azaltmıştır (MEB 2011).

Otomobil lastikleri belli bir süre kullanıldıktan sonra özellikle zemin ile arasındaki sürtünmelerden dolayı aşınmaya uğramaktadırlar. Normal şartlarda bir otomobil 40000 ile 50000 km yaptığında lastikler kullanılmaz hale gelmeye başlamaktadır. 2009 yılı Eylül ayı verilerine göre Türkiye’de toplam 7.027.524 adet otomobil trafiğe kayıtlıdır. Türkiye’de hali hazırda 28.110.096 adet lastik aktif olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de lastik ömürleri boyunca otomobillerden kaynaklanan lastik atık miktarının toplam 41.586 ton olduğu tespit edilmiştir. Türkiye’de mevcut otomobil sayısına bakıldığı zaman en fazla otomobile sahip olan İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya ve Bursa illeri göze çarpmaktadır. Bu 5 büyük ilin otomobil lastiklerinden kaynaklanan lastik atık miktarı toplam 21.691 ton olarak bulunmuştur. Bu rakam Türkiye genelindeki otomobillerin oluşturmuş olduğu lastik atık miktarının 41.586 ton olduğu düşünüldüğünde neredeyse yarısını oluşturmaktadır. Akdeniz Bölgesi’nde illere göre lastik atık miktarı ise 1064 ton ile ilk sırada bulunan Antalya’yı, 823 ton ile Adana takip etmektedir (Altın vd 2013).

Atık lastiklerin %70-78’i kauçuk, %15-27’si çelik ve %3-15’i ise elyaf ve diğer maddelerden oluşmaktadır (Sugözü ve Mutlu 2009). Atık lastiklerin kauçuk kısmı parçalandığında toz (0-1 mm), granül (1-10 mm), talaş (0-40 mm) yonga (10-50 mm) ve dilim (40-300 mm) olarak adlandırılan malzemeler elde edilmektedir (Karabörk ve Akdemir 2013).

Kırıntı ve toz haline getirilen atık lastikler otomotiv endüstrisinde, spor alanlarının yüzeylerinin kaplanmasında ve inşaat malzemeleri üretiminde kullanılmaktadır. Newman vd (1997) %25 granül atık lastik içeren yetiştirme ortamında sardunya (*Pelargonium hortorum* Bailey) bitkisinin geleneksel yetiştirme ortamı ile karşılaştırıldığında bitki kalitesinde herhangi bir azalmaya neden olmadığını bildirmişlerdir. Koçak ve Alpaslan (2011) atık lastiklerin çimento ve beton sektöründe birim ağırlıklarının düşük olmasından dolayı hafif agrega olarak değerlendirildiğine ve zemin dolgusu olarak kullanımına işaret etmektedir. Tapas ve Baleshwar (2013) atık lastiklerin jeoteknik mühendisliğinde kullanımına ilişkin hazırlamış oldukları derleme makalelerinde kullanılan atık lastiklerin yer altı suları kirliliği açısından zararlı atık malzeme olmadığını çok sayıda yapılmış çalışmaya dayanarak belirtmişlerdir. Öte

yandan, USEPA (2010) de benzer şekilde, spor sahalarında ve çocuk oyun alanlarında kullanılan atık lastiklerde bulunan metal ve diğer organik kimyasal maddelerin insan sağlığı açısından risk oluşturacak şekilde zararlı olmadığını bildirmişlerdir.

O kadar çok otomobil lastiği üretilmektedir ki eskimiş lastiklerin ne olacağı konusu tam bir sorun haline gelmiştir. Eski lastikler enerji elde etmek için yakılabilir yâda kauçuklarını geri kazanmak için kimyasal işlemlerden geçirilebilir; fakat lastiğin içinde yer alan çelik ve öteki malzemeler bu tür yöntemleri zorlaştırmakta ve pahalılaştırmaktadır. Türkiye’de her yılda ortalama 30 milyona yakın lastik ömrünü tüketmektedir. Hurda lastiklerin yığıldığı ve atıldığı yerlerde önemli iki çevre zararı söz konusu olmaktadır. Bunlar; bu yığınlarda meydana gelen şiddetli yangınlar ve diğeri ise bu yığınlar da rahatça çoğalma fırsatı bulan böcekler nedeniyle toplum için oldukça tehdit edici hastalıkların yayılma ihtimalidir. Yığınlarda üreyen böceklerden kaynaklanan hastalıklar özellikle yağmurlardan sonra görülmektedir. Ohio’da çocuklarda meydana gelen rahatsızlıkların % 80 nedeninin yakında bulunan hurda lastik yığınları olduğu görülmüştür (Sugözü ve Mutlu 2009). Söz konusu olumsuzlukları gidermek için bu çalışmada ömrünü tamamlamış atık lastiklerden elde edilen farklı boyutlardaki granüle malzemenin (Şekil 2.2.) laboratuvar koşullarında toprak altı drenajda zarf malzemesi olarak kullanım olanakları değerlendirilmiştir.



Şekil 2.2. Ömrünü Tamamlamış Granül Lastik.

2.3. Zarf Malzemelerine İlişkin Yapılan Çalışmaların Gözden Geçirilmesi

Farklı zarf malzemelerin toprakaltı drenajda kullanımına ilişkin gerek ülkemizde gerek diğer ülkelerde yapılmış çalışmaların bir özeti aşağıda sunulmuştur.

Becer (1984) tarafından yapılan bir çalışmada tarla içi drenajında kullanılan bükülebilir plastik borular ve çakıl malzemesinin etkinlikleri laboratuvar koşullarında model üzerinde araştırılmış, kullanılan çakıl zarf malzemesinin suyun borulara girişinde karşılaştığı direnci azaltarak kolaylaştırdığı belirlenmiştir. Yazar ayrıca, denenen malzemelerin arazide farklı geçirgenlikteki topraklarda kullanılması durumunda akış koşullarına göre oluşabilecek yük kayıplarını da vermiştir.

Becer (1984) tarafından bildirildiğine göre, Oğuzer (1966) tarafından torf ve sentetik malzemelerden imal edilmiş dren filtre malzemeleri ile farklı dren borusunun giriş direnci ve drenlerden çıkan su miktarı üzerine etkileri ile ilgili olarak arazi ve laboratuvar koşullarında bir yöntem karşılaştırması gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, cam yaygısının su geçirgenliği yönünden kumlu topraklarda kil künkler, siltli topraklarda ise PVC borular ile kullanılmasının uygun olacağını, cam pamuğunun ise kalınlığı 3 cm'den az olmamak koşulu ile her çeşit toprakta ve her çeşit boru ile filtre malzemesi olarak kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Becer (1984) tarafından bildirildiğine göre Güngör (1972) plastik drenaj borularında farklı delik büyüklüğü ve endüstriyel filtreler, torf ve kum-çakıl filtre malzemesinin drenlere olan su akışına etkilerini araştırdıkları çalışmalarında filtre malzemesi olarak kullanılan torfun cam pamuğuna oranla etkinliğini kaybetmeden uzun süre filtrasyon işlevini gerçekleştirdiğini, 20 cm²/m delik alanından çıkan su miktarının diğer delik alanlarına göre bütün filtre malzemelerinde fazla olduğunu, cam pamuğu filtre malzemesi ve 15 cm²/m delik alanı kullanılması durumunda spiral borunun düz boruya göre üstün olduğunu, kullanılan filtrelerden sadece kum-çakıl filtre kullanıldığında ve filtresiz koşullarda sedimantasyonun tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Kumova ve Yarpuzlu (1987) Aşağı Seyhan Ovasında tarla içi kapalı drenaj sistemlerinde karşılaşılan malzeme sorunlarının çözülmesi ve kil boru+kum-çakıl zarf malzemesi yerine kullanılabilecek yeni boru ve zarf malzemesi sisteminin etkinliğinin arazi koşullarında test edilmesi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında kil dren borusu yerine bükülebilir PVC dren borularının kullanılabileceğini, 15-30 mm'lik çakıl zarf malzemesinin sağlanmasının ekonomik olmamasının yanında filtre özelliğinin zayıf olduğunu, çeltik sapı gibi organik kökenli zarf malzemelerinin çok kısa sürede bozulması nedeniyle kullanılmaması gerektiğini, mevcut koşullarda kum-çakıl zarf malzemenin yerine geçebilecek bir malzemenin belirlenemediğini, sonuç olarak, drenaj çalışmalarında kum-çakıl zarf malzemesinin toprak koşulları ve kum-çakıl malzemesi göz önüne alınarak kullanılması gerektiği vurgulamışlardır.

Yardımcı (1988) cam pamuğu, poliüretan, buğday ve çavdar saplarının kaplama malzemesi olarak etkinlik ve işlevlerinin sürekliliği konusunda yaptığı araştırmada buğday ve çavdar sapının dren akışını önemli derecede artırdığını, cam pamuğu ve poliüretan malzemelerin ise dren akışındaki sağlamış oldukları artışların önemsiz düzeyde olduğunu belirtmektedir. Ayrıca kullanılan malzemelerin sedimantasyonu

% 99'a varan oranlarda azalttığını ancak malzemeler arasında bu konuda fark bulamadığını belirtirken buğday ve çavdar sapının dördüncü yılın sonunda çürüyerek sedimantasyonu önleyemez duruma geldiğini cam pamuğu, poliüretan malzemelerin ise işlevlerini sürdürdüklerini ifade etmektedir.

Vlotman vd (1993) Pakistan'da granül zarf malzemeleri üzerine yürüttükleri laboratuvar çalışmalarında; akarsu kenarlarındaki kum, çakıl ve mıcır gibi farklı materyalleri zarf malzemesi olarak kullanılıp kullanılamayacağını irdelemişlerdir. Tek başına kum ve mıcır ile akarsu kenarlarındaki kum çakıl karışımının da iyi sonuç vermediğini belirtmişlerdir.

Vlotman vd (1993) farklı delik büyüklüğü, delik sayısı ve deliklerin düzenlenmesi ile farklı kırılmış taş (mıcır) ve doğal kum-çakıl gibi granule zarf malzemelerinin etkinliği üzerine yürüttükleri laboratuvar çalışmasında en kararlı akışın dört adet dikdörtgen şekilli ($161 \text{ mm}^2/78.93 \text{ cm}^2$) deliğin olduğu koşulda elde edildiğini, tek başına kumun iyi bir performans sergilemediğini, mıcır ve doğal kum karışımının ise zarf malzemesinin performansını istenilen derecede iyileştirmedeğini belirtmişlerdir.

Shafiq-ur-Rehman (1995) toprakaltı drenaj borularında sedimantasyon problemlerini önlemek için sentetik kumaş, çakıl ve kum-sentetik kumaş gibi farklı zarf kombinasyonlarının etkinliklerini denedikleri laboratuvar çalışmasında 2-3 mm kalınlığındaki sentetik kumaşın toprak parçacıklarını tutmada başarılı olduğunu, herhangi bir tıkanmanın gözlenmediğini ve yüksek dren akış debileri elde edildiğini belirtmekle beraber sentetik kumaşın nehir kumu ile birlikte kullanıldığı zarf kombinasyonunun arazi koşullarında kullanılması için potansiyel olarak başarılı olabileceğini önermiştir.

Asghar ve Vlotman (1995) toprak altı drenajda kullanılan farklı zarf malzemeleri (doğal nehir kumu ve mıcır) ile ilgili araştırmalarında, elek ve permeametre analiz yöntemlerini kullanarak laboratuvar koşullarında farklı ülkelerde (Belçika, Kanada ve Pakistan) drenaj borularında kullanılan delik şekli, büyüklüğü, düzenlenmesi ve sayısını araştırmışlardır. Yazarlar ASTM'nin standart 21 elek analizi ve 7 elek analiz yöntemlerinden 21 eleğin kullanıldığı analiz yönteminin daha uygun olduğunu, en iyi performansın dört adet dikdörtgen ($12.17 \times 3.17 \text{ mm}$) deliğin olduğu dren borusundan elde edildiğini ve en iyi zarf malzemesinin doğal nehir kumu olduğunu ortaya koymuşlardır.

Anapalı ve Hanay (1996) laboratuvar koşullarında model dren tanklarında, hafif agrega ile kum-çakıl malzemelerini toprak altı drenajda kaplama malzemesi olarak kullandıkları çalışmalarında, hafif agreganın dren akışı yönünden kum çakıl malzemeden daha az etkili fakat sedimentin drenlere girişini önlemede ise kum-çakıl malzemeden daha etkili olduğunu öne sürmüşlerdir.

Rathod vd (2006) toprakaltı drenaj sisteminde (SSD) farklı filtre (zarf) materyallerinin performansını incelemek amacıyla yaptıkları tarla denemesinde kaba kum, kaba kum+ naylon kılıf ve yalnızca naylon kılıf karşılaştırıldığında su tablasında düşüş, dren akışı, drenaj katsayısı ve hidrolik iletkenlik kaba kum filtresinde

maksimum, drenaj suyundaki EC ve SAR değerleri açısından ise minimum olduğunu belirtmişlerdir.

Bal (2007) Harran Ovasında kurulacak toprakaltı drenaj sistemlerinde zarf malzemesinin gerekli olup olmadığını belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, Harran Ovasının ağır bünyeli topraklara sahip olmasından dolayı araştırma alanının % 70'inde zarf malzemesine gereksinim olmadığını, ancak bu alanlarda siltasyonu önlemeden ziyade drenlerdeki hidrolik koşulları iyileştirmek amacıyla zarf malzemesinin kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Adeniran (2008) killi tınlı bir toprakta, naylon, pirinç kavuzu ve börtölce kırıntıları gibi zarf malzemelerini zarfsız koşullarla karşılaştırdığı arazi çalışmasında üç yağışlı sezonda zarfsız drenaj borularının drenaj debisi açısından en iyi performansı gösterdiğini, pirinç kavuzu ve börtölce kırıntısı gibi biyolojik malzemelerin ise ilk yıl yüksek drenaj debisi sağlamasına rağmen zamanla çabuk bozulmasından dolayı tıkanmalara yol açtığını, naylon filtrenin ise drenajdan çıkan suyun kokusunu ve sediment miktarını olumlu yönde etkilediğini, sonuç olarak, nemli tropik bölge topraklarında zarf malzemesinin kullanılmadan toprakaltı drenaj borularının dönebileceğini belirtmiştir.

Kamble vd (2008) tuzdan etkilenmiş ve suya doymuş toprağın farklı filtreler ile kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesinin toprakaltı drenaj sistemine etkisini inceledikleri dört yıllık çalışmalarında, 8.81 hektar üzerine kurulan 80 mm oluklu delikli PVC boruları ile üç tür filtre; (kaba kum, jeotekstil zarf ve jeotekstil zarf+ kaba kum) kullanmışlar; kaba kum filtresinin tuzdan etkilenen ve suya doymuş toprağın PH, EC, SAR ve ESP değerlerini düşürmesi yönünde jeotekstil zarf ve jeotekstil zarf+kaba kum filtresinden daha üstün olduğunu ortaya koymuşlardır.

Rathod vd (2008) su ile doymuş toprağın ve tuzdan etkilenen 8.81 ha'lık alanın hidrolik özelliklerine farklı filtreler (zarflar) kullanarak toprakaltı drenaj sistemine etkisini inceledikleri çalışmalarında 80 mm oluklu delikli PVC borularda jeo-tekstil zarf, kaba kum ve jeo-tekstil+kaba kum olmak üzere üç tip filtre kullanarak toprağın başlangıçtaki ve deney sonucundaki hidrolik iletkenliğini ölçmüşler ve su tablası derinliklerindeki dalgalanmaları kaydederek sonuçta jeo-tekstil zarf maddesi ve jeo-tekstil+kaba kum zarf malzemeleri ile karşılaştırıldığında su tablası seviyesinde düşüş, dren akışı, drenaj katsayısı ve hidrolik iletkenlikte yükselişin kaba kum zarf malzemesinde olduğunu belirtmişlerdir.

Ojaghlou vd (2010) toprakaltı drenaj sisteminde zarf gerekliliğinde toprağın kil yüzdesinin etkisini değerlendirdikleri laboratuvar çalışmalarında killi ve killi-tınlı iki toprak bünyesinde, granül ve elyaf zarfları ile zarfın kullanılmadığı koşulları karşılaştırmışlar; zarf kullanılmadığı durumda borulara doğru olan toprak parçacığı hareketinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Ağar (2011) killi ve siltli tınlı topraklarda siltasyonu önlemek amacıyla dren zarf malzemesi olarak farklı jeo-sentetik materyalleri (dokunmuş ve dokunmamış) kum-çakıl ile karşılaştırdığı ve anılan zarf malzemelerinin yüksek hidrolik eğim koşullarında kullanım olanaklarını araştırdığı laboratuvar çalışmasında tüm jeotekstil malzemelerin

siltasyonu önlemede kum-çakıldan daha iyi olduğunu ve söz konusu sentetik malzemelerdeki tıkanma düzeylerinin ise hidrolik iletkenlik açısından bir risk yaratmadığı sonucuna varmıştır.

Ebrahimian vd (2011) İran'ın kuzey kesiminde sahil bölgesinde toprakaltı drenaj sisteminde pirinç kavuzunun zarf malzemesi olarak arazideki performansını değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında pirinç kavuzunun granülometri eğrisi, hacim ağırlığı, doğal dayanıklılığı ve drenaj çevresinde yer altı su tablasının hidrolik yük kaybını ölçmüşler, bu parametrelere dayanarak pirinç kavuzunun tıkanmasından dolayı su tablasının kontrol edilmediği ve sonuç olarak drenaj sisteminin yetersiz kaldığını bildirmişlerdir.

Pedram vd (2011) tuzlu toprakların drenajında kullanılan sentetik zarfların tıkanma potansiyelini değerlendirdikleri laboratuvar çalışmalarında hafif, ucuz, kolay yerleşim imkânı sağlayan ve granül zarflarla aynı performansı gösteren sentetik zarfların kullanılmasını öngörmüşler; en iyi zarfın seçilmesi için bazı kriterlerin ve çeşitli testlerin olduğunu belirtmekle beraber, gradient oran testini tıkanma potansiyelini değerlendirmek için kullanmışlardır. Yazarlar fiziksel permeametre modeli (ASTM- D-5101) kullanarak bir boyutlu akış koşulları altında farklı jeosentetik malzemeler (PLM (ön sarımlı gevşek materyal), PP450, PP700 ve PP900) ile tuzlu ($EC=22.2$ dS/m) ve tuzsuz (0.78 dS/m) su koşullarında bir dizi geçirgenlik testi gerçekleştirilmişler, tuzlu su uygulaması ile tıkanma ihtimalinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Kaboosi vd (2012) toprak altı drenaj sistemlerinde pirinç kavuzunun zarf malzemesi olarak kullanılabilirliğini inceledikleri çalışmalarında pirinç kavuzunun ve standart kum-çakıl zarf malzemesini iki farklı toprak bünyesinde (tın ve tınlı kum) karşılaştırmışlar ve pirinç kavuzunun uygun bir zarf malzemesi olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Kumar vd (2013) Indira Gandhi Sulama Birliği alanında toprakaltı drenaj sisteminin yönetim stratejileri ve hidrolik özelliklerinin değerlendirilmesi için hem kum tankı hem de permeabilite testleri kullanarak yaptıkları laboratuvar çalışmalarında, farklı sentetik zarf materyallerinin (HG22, SAPP 40 ve CAN2) test edilmesinde hidrolik iletkenlik ve giriş direnci gibi parametreleri dikkate almışlar ve sistemlerin performansını değerlendirmişlerdir. Yazarlar kullanılan zarf malzemelerinden SAPP 240 filtre malzemesinin hidrolik iletkenliğinin yüksek, giriş direncinin düşük olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

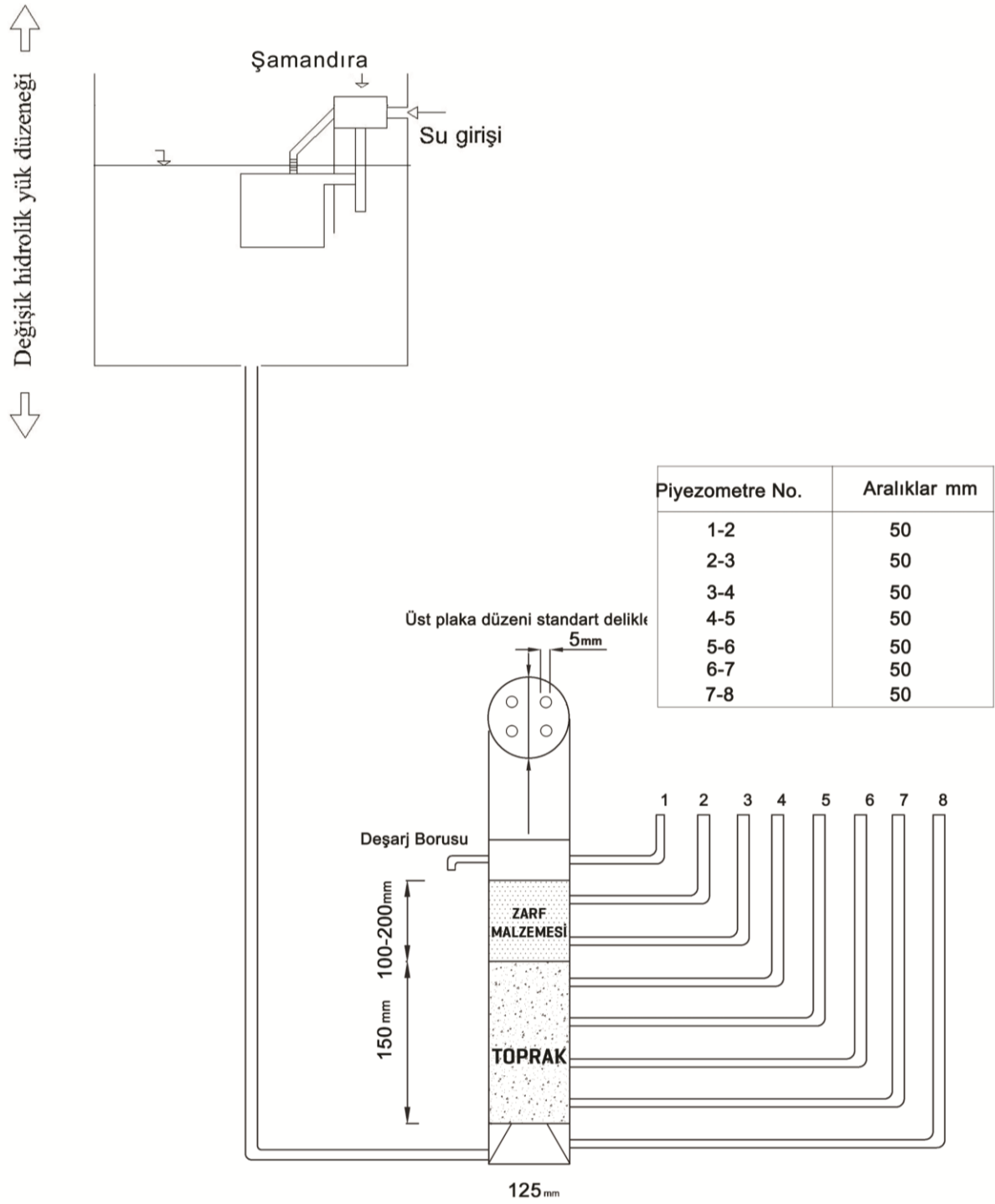
3.1.1. Permeametre cihazı

Zarf malzemelerinin test edilmesinde iç çapı 12.5 cm yüksekliği 45 cm olan krom-nikel karışımı malzemeden yapılmış sekiz adet permeametre cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2.). Permeametre dik olarak konumlandırılmış ve su girişi alttan verilmiştir. Permeametre cihazına dren üzerine, elek altına, zarf malzemesi içerisine ve toprak sütunu içerisine denk gelecek şekilde 0.5 cm delikler açılmıştır. Söz konusu deliklere permeametre boyunca farklı noktalarda yük farklarını ölçmek amacıyla 0.5 cm çapında şeffaf bükülebilir hortumlar bağlanıp duvara sabitlenerek piyezometreler oluşturulmuştur. Piyezometrelerin yerleştirileceği deliklerden ilki (8 nolu) permeametre tabanından 7.5 cm yukarıda olacak şekilde açılmış, diğer piyezometreler ise beşer cm aralıklarla yerleştirilmiştir. Sabit su seviyesi farklı yükseklik ayarı yapılabilen rezervuar ve şamandıra sistemi ile sağlanmıştır (Şekil 3.1 ve 3.2).



Şekil 3.1. Permeametre düzeneğinin konumlandırılması.

İki katmanlı olan permeametre düzeneğinde üst katmanda zarf malzemesi, alt katmanda toprak bulunacak şekilde tasarlanmıştır. Toprak parçacıklarının permeametre dibine düşmesini engellemek için permeametrenin altına destekleyici bir elek ve bunun üzerine de elek çapında kesilmiş bir sargı bezi yerleştirilmiştir. Yerleştirilen elek; toprağı, kum-çakıl veya zarf malzemesini ve en üstte de dren olarak kullanılan delikli plakayı taşımaktadır. Destekleyici elek altına, tabanı tamamen açılmış 7 numaralı bir küçük saksı ters konularak bir platform oluşturulmuştur. Su çıkışını sağlayan plaka üzerinde çapı 5 mm olan dört adet delik açılmıştır. Permeametre düzeneğinde su çıkışı bir deşarj borusu ile sağlanmış ve bunun altına yerleştirilen toplama kabı ile debi ölçülmüştür (Vlotman vd 1993).



Şekil 3.2. Denemede kullanılan permeametre düzeneğinin en kesiti.

3.1.2. Toprak örnekleri

Çalışmada kullanılan siltli tın bünyeye sahip toprak Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitü (BATEM) arazisinden, kumlu tınlı bünyeye sahip toprak ise Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama alanında kurulu bulunan lizimetrelerden 0-20 cm den derinlikte alınmış ve kompoze edilerek plastik torbalara konulup etiketlendikten sonra laboratuvarında oda sıcaklığında kuruması sağlanmıştır. Toprak örnekleri 4 mm'lik elekten geçirilerek fiziksel ve kimyasal analizler için hazır duruma getirilmiştir. Dört milimetrelilik eleklerden geçirilen topraklar doğal birim hacim ağırlıklarını sağlayacak şekilde permeametrelerle yerleştirilmiştir.

3.1.3. Zarf materyalleri

Denemede kullanılan kum-çakıl zarf materyali Antalya Konyaaltı sahilinden homojen bir şekilde alınmış ve laboratuvarında oda sıcaklığında kuruması sağlanmıştır.

Denemede zarf materyali olarak kullanılan ömrünü tamamlamış lastik granül (ÖTL) ise, Kayseri Nuh Naci Yazgan Üniversitesi spor salonundan temin edilerek kullanıma hazırlanmıştır.

Granüle zarf malzemelerinde minimum zarf kalınlığı olarak 8 cm maksimum ise 20 cm önerilmektedir (Stuyt ve Willardson 1999). Bu nedenle zarf malzemeleri 10 ve 20 cm kalınlığında ömrünü tamamlamış lastik (ÖTL) parçacıklarından ve 10 cm kalınlığında kum-çakıl (KÇ) olacak şekilde belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Çalışmada ayrıca her iki toprak bünyesi için bir de zarfsız konu oluşturulmuştur. Çalışmada, iki toprak bünyesi (siltli-tın ve kumlu-tın), üç zarf malzemesi (10 ve 20 cm ömrünü tamamlamış lastik parçaları ve 10 cm kum-çakıl) ve zarfsız konu (siltli-tın ve kumlu-tın toprak için birer adet) olmak üzere 8 konu dört tekerrürlü olarak dört su yükü (SY65, SY90, SY115 ve SY140) altında denenmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprak bünyeleri ve zarf malzemeleri

Toprak Bünyesi	Zarf Malzemesi			
	Zarfsız	10 cm ÖTL	20 cm ÖTL	10 cm KÇ
Siltli-Tın	X	X	X	X
Kumlu-Tın	X	X	X	X

3.1.4. Kullanılan suyun sağlanması

Denemede kullanılan su şehir su şebekesinden sağlanmıştır. Her bir test yapılırken, kullanılan suyun sıcaklığı permeametre girişinde ve çıkışında ölçülmüştür.

3.2. Metot

3.2.1. Toprak bünye analizi

Denemede kullanılan toprakların bünye sınıfı, bünye bileşenlerinin (% kum, % silt, % kil) Bouyoucus hidrometre yöntemi ile hesaplanmasından sonra bünye üçgeninden belirlenmiş (Gee ve Boudier 1986) ve sonuçlar Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan toprakların bünyeleri

Toprak Bünyesi	Kum %	Silt %	Kil %
Siltli-Tın	24	50	26
Kumlu-Tın	53	32	15

3.2.2. Toprak ve zarf malzemelerin granülometri eğrilerinin belirlenmesi

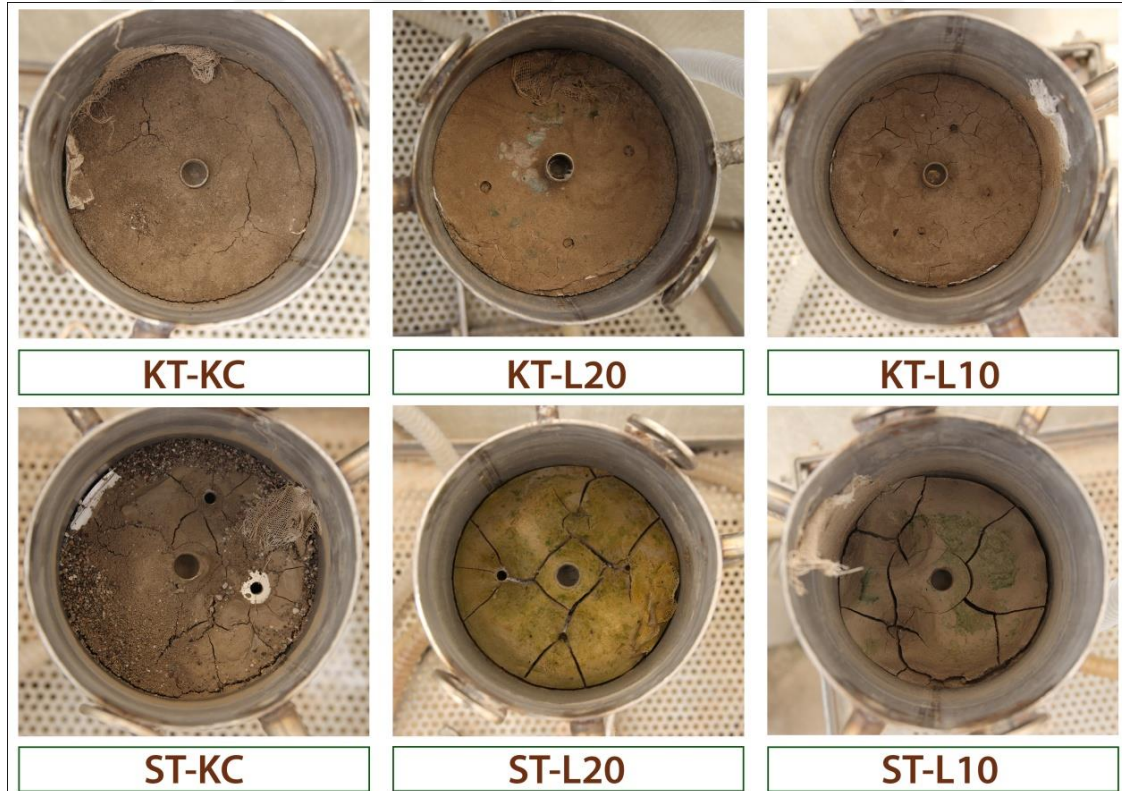
Toprak ve zarf malzemeleri permeametreye yerleştirilmeden önce, zarf malzemelerinin ve toprağın granülometre eğrileri belirlenerek zarf ile toprağın granülometre eğrilerinin uyumlu olmasına dikkat edilmiştir. Standart ASTM elek analizi yöntemi ile toprak ve zarfların granülometre eğrileri oluşturulmuştur (Asghar ve Vlotman 1995).

3.2.3. Sedimentasyon miktarının belirlenmesi

Deneme sonunda, permeametre içerisindeki zarf katmanı üzerinde bulunan plakada biriken sediment toplanarak 105 derecelik etüvde 24 saat kurutularak fırın kuru ağırlıkları alınmış ve sedimentasyon birikimi belirlenmiştir (Şekil 3.3 ve 3.4).



Şekil 3.3. Farklı konulardan elde edilen sediment miktarı



Şekil 3.4. Farklı konularda üst plaka üzerinde biriken sediment miktarı.

3.2.4. Zarf malzemesi deneylerinin gerçekleştirilmesi

Deneyisel çalışmalar Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür. Deneme sırasında permeametreye giren ve çıkan su sıcaklıkları bir termometre ile ölçülmüştür. Denemeler 4 su yükü altında yürütülmüştür. Su yükü yüksekliği permeametreden su çıkış ağzı ile rezervuardaki su seviyesi arasındaki düşey mesafe olarak ölçülmüştür. Her bir test, 65 (SY65), 90 (SY90), 115 (SY115) ve 140 (SY140) cm düzeyinde su yükü sağlanarak yürütülmüştür. Denemeler her bir su yükünde 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. SY1’de test tamamlandıktan sonra su seviyesi bir sonraki su yükü seviyesine yükseltilerek deney yürütülmüştür. SY140 seviyesinden sonra tekrar su yükü SY65 seviyesine indirilerek sonraki tekerrür denenmiştir. Denemelerde permeametre içerisindeki toprak yüksekliği permeametre çapının iki katından az olacak şekilde 15 cm olarak belirlenmiştir.

Siltli tınlı toprakta zarfsız olarak yürütülen deneme birinci su yükünün birinci tekerrüründe üç kez tekrar permeametre toprakla doldurulup denenmesine rağmen başarısızlığa uğradığından deneme devam ettirilememiştir. Kumlu tınlı topraktaki zarfsız konu ise üçüncü su yükünün birinci tekerrüründe başarısızlığa uğradığından deneme sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılmamıştır. Siltli tınlı topraktaki 10 cm kum-çakıl zarf malzemesinin denendiği konu dördüncü su yükünde başarısızlığa uğramıştır.

Deneme sırasında debi ölçümleri, belirli zaman aralıklarında, hacmi belli bir kabı doldurmak için geçen zaman olarak ölçülmüştür (Şekil 3.5). Debi ölçümleri yaklaşık olarak sabitlendiğinde denemelere son verilmiştir. Debi ölçümü ile eş zamanlı olarak piyezometrelerdeki yük farkları da bir cetvel kullanılarak ölçülmüştür. Piyezometrelerin yerleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Debi ölçümü

Çizelge 3.3. Piyezometrelerin permeametre üzerindeki konumları

Piyezometre Numaraları	Piyezometrelerin Permeametre içerisindeki konumu (10 cm zarf kalınlığı için)	Piyezometrelerin Permeametre içerisindeki konumu (20 cm zarf kalınlığı için)	Hidrolik eğim belirleme noktaları (i cm/cm) (10 cm zarf kalınlığı için)	Hidrolik eğim belirleme noktaları (i cm/cm) (20 cm zarf kalınlığı için)
8	Su (S)	Su (S)	S(8)	S(8)
7	Toprak (T)	Toprak (T)	S-T(8-7)	S-T(8-7)
6	Toprak (T)	Toprak (T)	T-T(7-6)	T-T(7-6)
5	Toprak (T)	Toprak (T)	T-T(6-5)	T-T(6-5)
4	Zarf (Z)	Zarf (Z)	T-Z(5-4)	T-Z(5-4)
3	Zarf (Z)	Zarf (Z)	Z-Z(4-3)	Z-Z(4-3)
2	Çıkış (Ç)	Zarf (Z)	Z-Ç(3-2)	Z-Z(3-2)
1	Çıkış (Ç)	Çıkış (Ç)	Ç(2-1)	Z-Ç(2-1)

3.2.5. Verilerin değerlendirilmesi

Deneme süresince alınan debi, piyezometre yük farkları ve su sıcaklığı değerleri kullanılarak poroz ortamda makroskobik ölçekte geçerli olan Darcy eşitliği ile sistemin toplam hidrolik iletkenliği, toprakların ve zarf materyallerinin hidrolik iletkenlikleri, permeametrede toprak ve zarf içerisinde ve toprak-zarf birleşim yerinde oluşan hidrolik eğimler ile iletkenlikler aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır (Vlotman vd 2000).

$$K_T = \frac{Q}{i \times A} \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

K_T : Test sıcaklığında hidrolik iletkenlik (cm/sn)

Q: Debi (cm³/sn)

A: Permeametre kesit alanı (cm²)

i: Hidrolik eğim (cm/cm)

Hidrolik iletkenliğin sıcaklığa bağlı olarak düzeltilmesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır;

$$K_{20} = \frac{K_T \times \mu_T}{\mu_{20}} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

K_{20} : 20°C'deki hidrolik iletkenlik (cm/sn)

μ_T : Test sıcaklığındaki suyun dinamik viskozitesi (kg/(m sn))

μ_{20} : 20°C'deki suyun dinamik viskozitesi (kg/(m sn)).

Farklı sıcaklıklardaki (T , °C) suyun viskozitesi Vlotman vd (1993) tarafından verilen aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir.

$$\mu_T = 1.676 - 0.042 T + 0.000435 T^2 \quad (3.3)$$

Permeametre üzerinde farklı noktalardaki hidrolik gradient aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$i = \frac{\Delta h}{l} \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

i : Permeametre üzerinde istenilen herhangi bir noktadaki hidrolik gradient (cm/cm)

Δh : İlgili piyezometrelerdeki su yükseklikleri arasındaki fark (cm)

l : İlgili piyezometreler arasındaki düşey mesafe (cm).

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmeleri SAS paket programı kullanılarak yapılmış, ortalama değerler arasındaki karşılaştırmalarda Duncan testi kullanılmıştır (Gomez ve Gomez 1984).

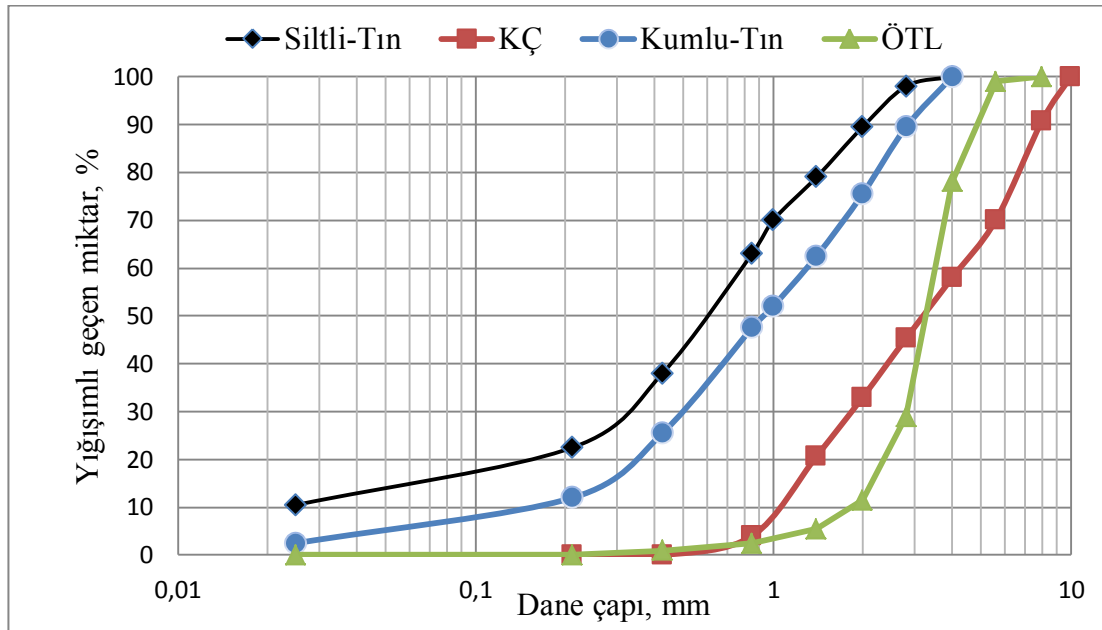
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Toprak ve Zarf Malzemelerin Granülometre Eğrileri

Deneyssel çalışmalarda kullanılan toprak örneklerinin ve zarf malzemelerinin granülometre eğrileri Şekil 4.1’de verilmektedir. Toprakların dane çaplarının 0.025 ile 4 mm arasında değiştiği görülmektedir. Granül lastik zarf malzemesinin dane çapı 0.025 ile 8 mm arasında kum-çakıl malzemenin ise 0.2 ile 10 mm arasında değiştiği belirlenmiştir.

Zarf malzemelerinin iyi derecelenmiş olması ve zamanla hidrolik iletkenliklerinin değişmemesi istenmektedir (USBR 1993). Zarf granülometri eğrileri Amerikan Islah Bürosu kriterlerine göre değerlendirildiğinde, kum-çakıl için C_u katsayısının 4 ve C_c katsayısının ise 1, granül lastik için ise söz konusu katsayıların sırasıyla 1.75 ve 1.3 olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerden de zarf malzemelerinin iyi derecelenmiş olduğu söylenebilir.

Zarf malzemeleri Amerikan Toprak Koruma Servisi tarafından geliştirilen kriterlere göre değerlendirildiğinde; siltli tınlı toprakta, $\frac{D_{50}F}{D_{50}T}$ oranının her iki zarf malzemesi için 6, $\frac{D_{15}F}{D_{15}T}$ oranının kum-çakıl için 19 ve granül lastik için 31, $\frac{D_{15}F}{D_{85}T}$ oranının ise kum-çakıl için 0.8 ve granül lastik için ise 1.4 olarak belirlenmiştir. Aynı kriterlere göre kumlu tınlı toprak değerlendirildiğinde ise, $\frac{D_{50}F}{D_{50}T}$ oranının her iki zarf malzemesi için 3.5, $\frac{D_{15}F}{D_{15}T}$ oranının kum-çakıl için 7.5 ve granül lastik için 12.5, $\frac{D_{15}F}{D_{85}T}$ oranının ise kum-çakıl için 0.6 ve granül lastik için ise 1 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, $\frac{D_{50}F}{D_{50}T}$ kriteri hariç diğer kriterlerin sağlandığı görülmektedir.



Şekil 4.1. Toprak ve zarf malzemelerin granülometri eğrileri.

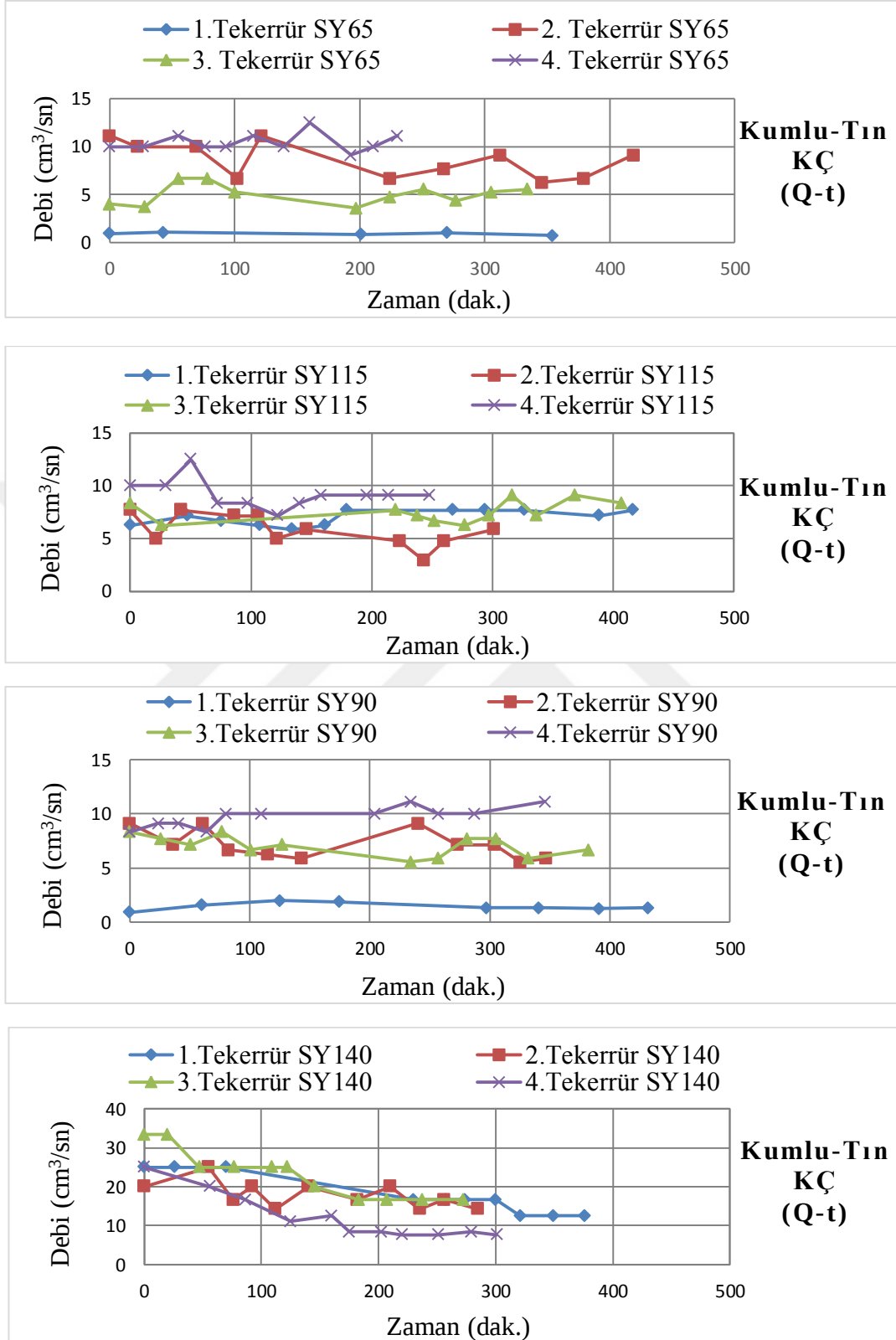
4.2. Debinin Zamanla Değişimi

Kumlu tınlı toprakta zarf malzemesi olarak kum-çakıl kullanılması durumunda dört farklı su yükünde (SY65, SY90, SY115 ve SY140) debinin zamanla değişimi Şekil 4.2’de verilmiştir. Debi değişimi $1 \text{ cm}^3/\text{sn}$ ile $12.5 \text{ cm}^3/\text{sn}$ arasında değişmiştir. Su yükünün artması ile debinin de arttığı görülmektedir.

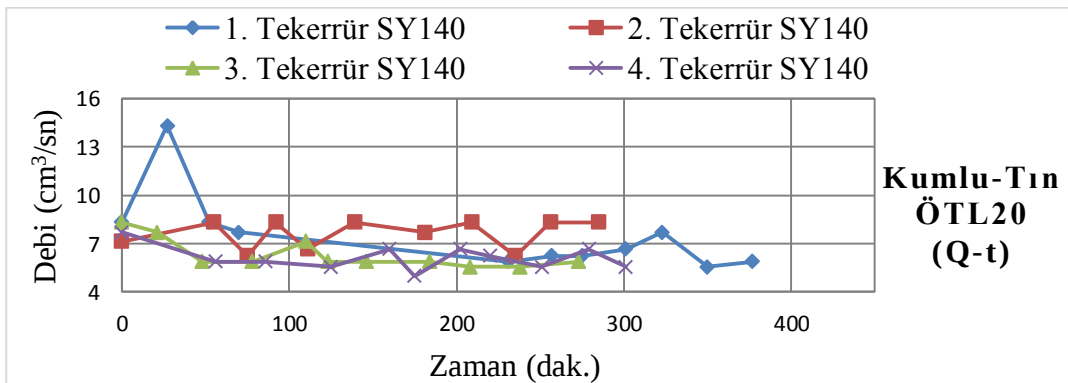
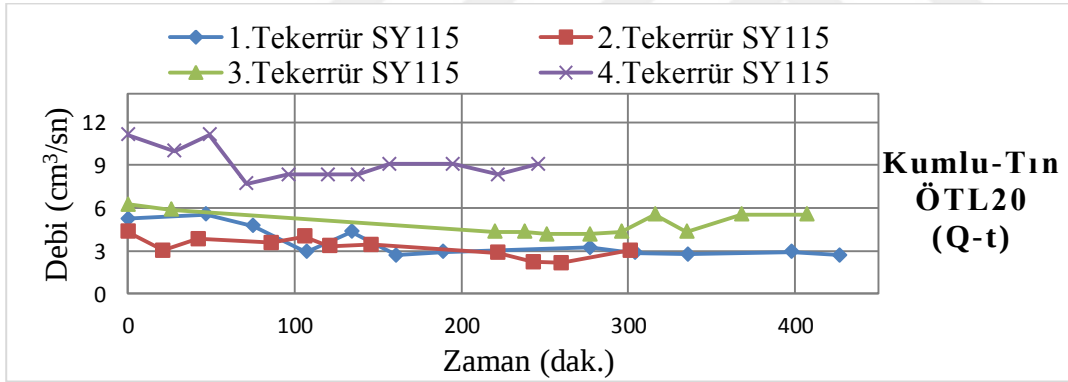
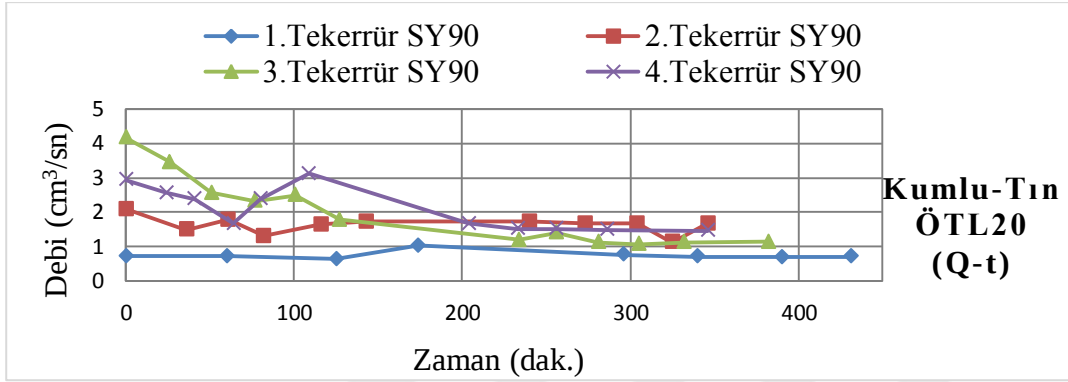
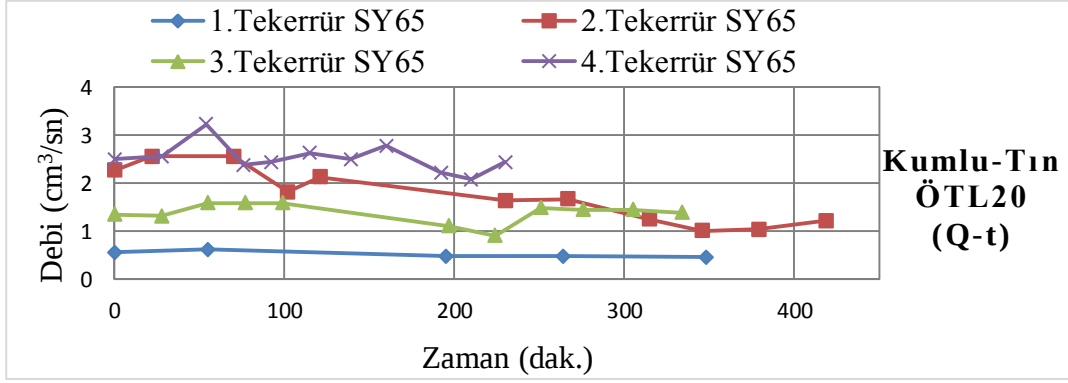
Kumlu tınlı toprakta zarf malzemesi olarak 20 cm kalınlığında granül lastik kullanılması durumunda dört farklı su yükünde (SY65, SY90, SY115 ve SY140) debinin zamanla değişimi Şekil 4.3’de verilmiştir. Debinin 1 ile $14 \text{ cm}^3/\text{sn}$ arasında değiştiği görülmektedir. Su yükü arttıkça debi de artmaktadır. Kum-çakıl zarf malzemesi ile karşılaştırıldığında (Şekil 4.2) tekerrürler arasında farkların daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun da granül malzemenin daha kararlı bir akış ortamı oluşturduğundan kaynaklandığı söylenebilir.

Kumlu tınlı toprakta zarf malzemesi olarak 10 cm kalınlığında granül lastik kullanılması durumunda dört farklı su yükünde (SY65, SY90, SY115 ve SY140) debinin zamanla değişimi Şekil 4.4’de verilmiştir. Debinin 0.3 ile $5.5 \text{ cm}^3/\text{sn}$ arasında değiştiği görülmektedir. Artan su yüküne bağlı olarak debi de artmaktadır. Ancak, 10 cm kalınlığında kum-çakıl ve 20 cm kalınlığında zarf malzemesi ile karşılaştırıldığında debinin azaldığı görülmektedir. Bunun da, zarf malzemesinin dren boruları etrafında nispeten yüksek geçirgenliğe sahip bir poroz ortam oluşturarak dren üzerindeki açıklıklardan dren içerisine su girişini kolaylaştırmasından kaynaklandığı söylenebilir (Vlotman vd. 2000; Becer 1984)

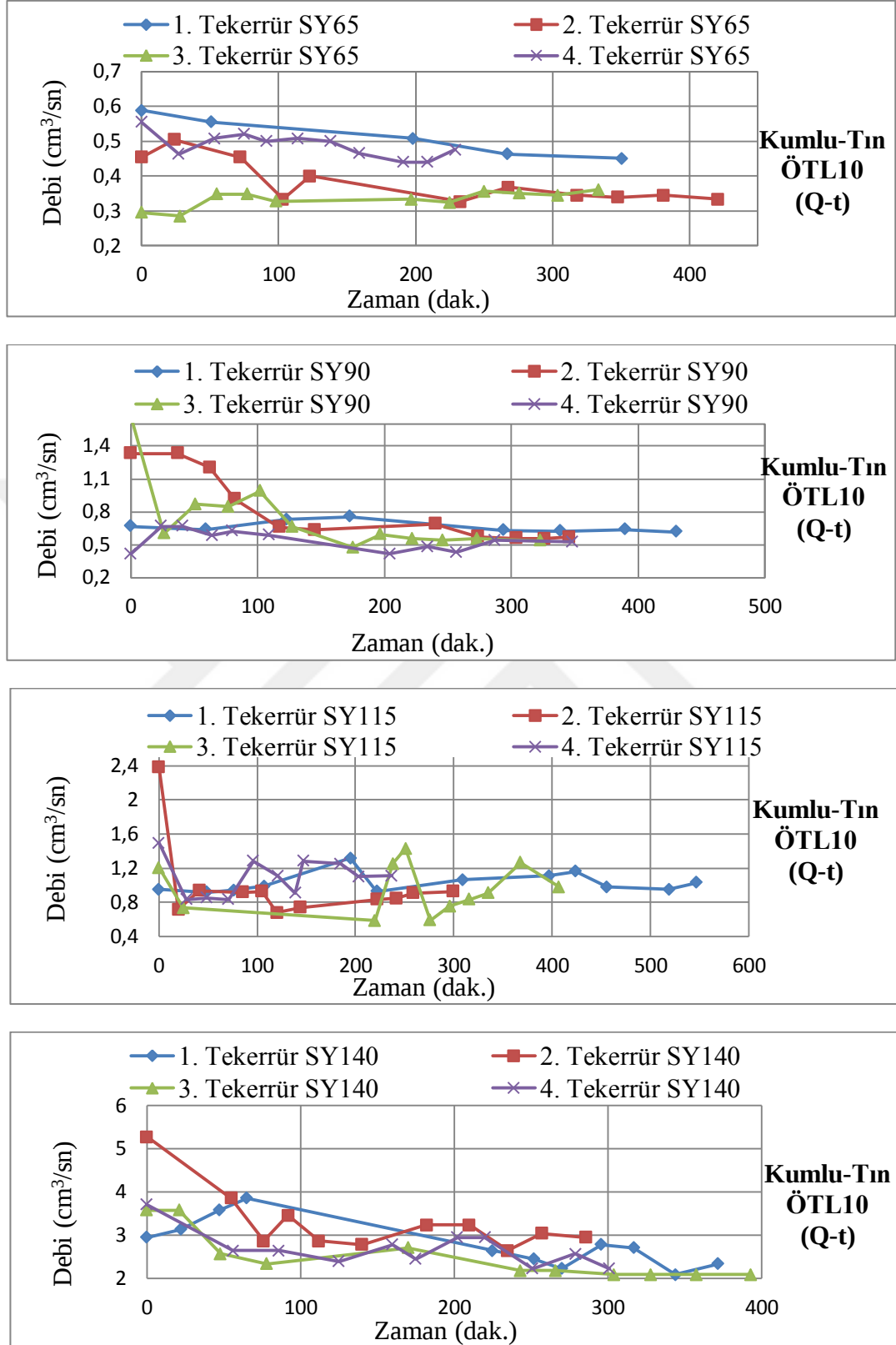
Her üç zarf malzemesinde de elde edilen debi değerlerinde (Şekil 4.2, 4.3, 4.4) tekerrürler arası değişimlerin azalması sistemin üçüncü ve dördüncü su yüklerinde birinci su yüküne göre daha kararlı hale geldiğini göstermektedir. Bunun nedeni ise Stuyt ve Dierickx (2006)’in de belirttiği gibi küçük parçacıkların mikro ölçekte erozyonu sonucu makro gözeneklerin artması ile açıklanabilir. Ancak, permeametreler şeffaf olmadığından bu oluşuma görsel olarak tanıklık edilememiştir.



Şekil 4.2. Kumlu tınlı toprakta kum çakıl zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi.



Şekil 4.3. Kumlu tınlı toprakta 20 cm ömrünü tamamlamış lastik zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi.



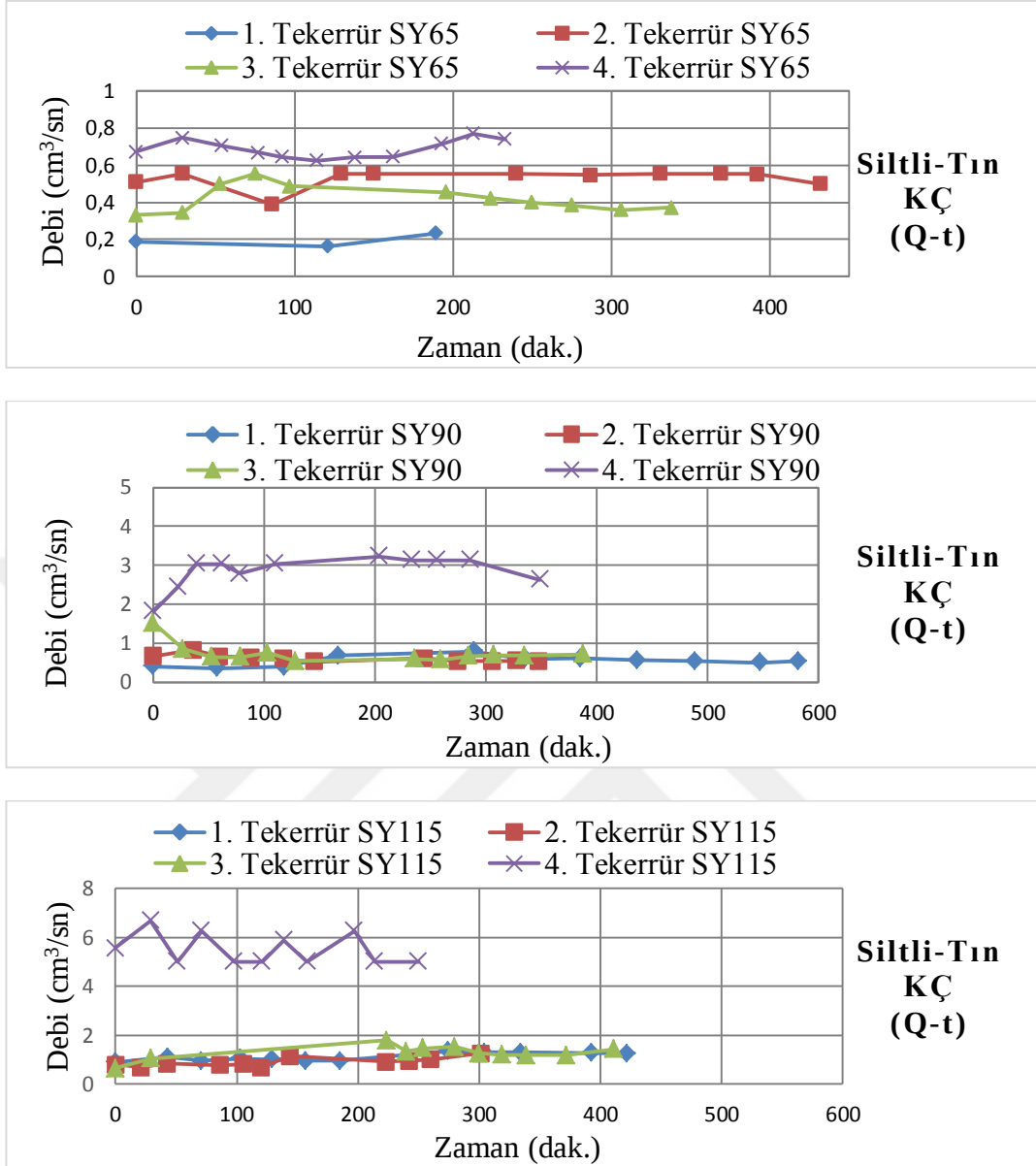
Şekil 4.4. Kumlu tınlı toprakta 10 cm ömrünü tamamlamış lastik zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi

Siltli tınlı toprakta zarf malzemesi olarak 10 cm kalınlığında kum-çakıl kullanılması durumunda dört farklı su yükünde (SY65, SY90, SY115 ve SY140) debinin zamanla değişimi Şekil 4.5’de verilmiştir. Debinin 0.5 ile 7 cm³/sn arasında değiştiği görülmektedir. Su yükü arttıkça debi de artmaktadır. İkinci ve üçüncü su yükünün dördüncü tekerrürleri hariç tutulursa tekerrürlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Denemenin bu konusunun dördüncü su yükünde permeametre içerisinde toprak içerisinde borulanma meydana gelmiş ve dördüncü su yükü uygulaması gerçekleştirilememiştir.

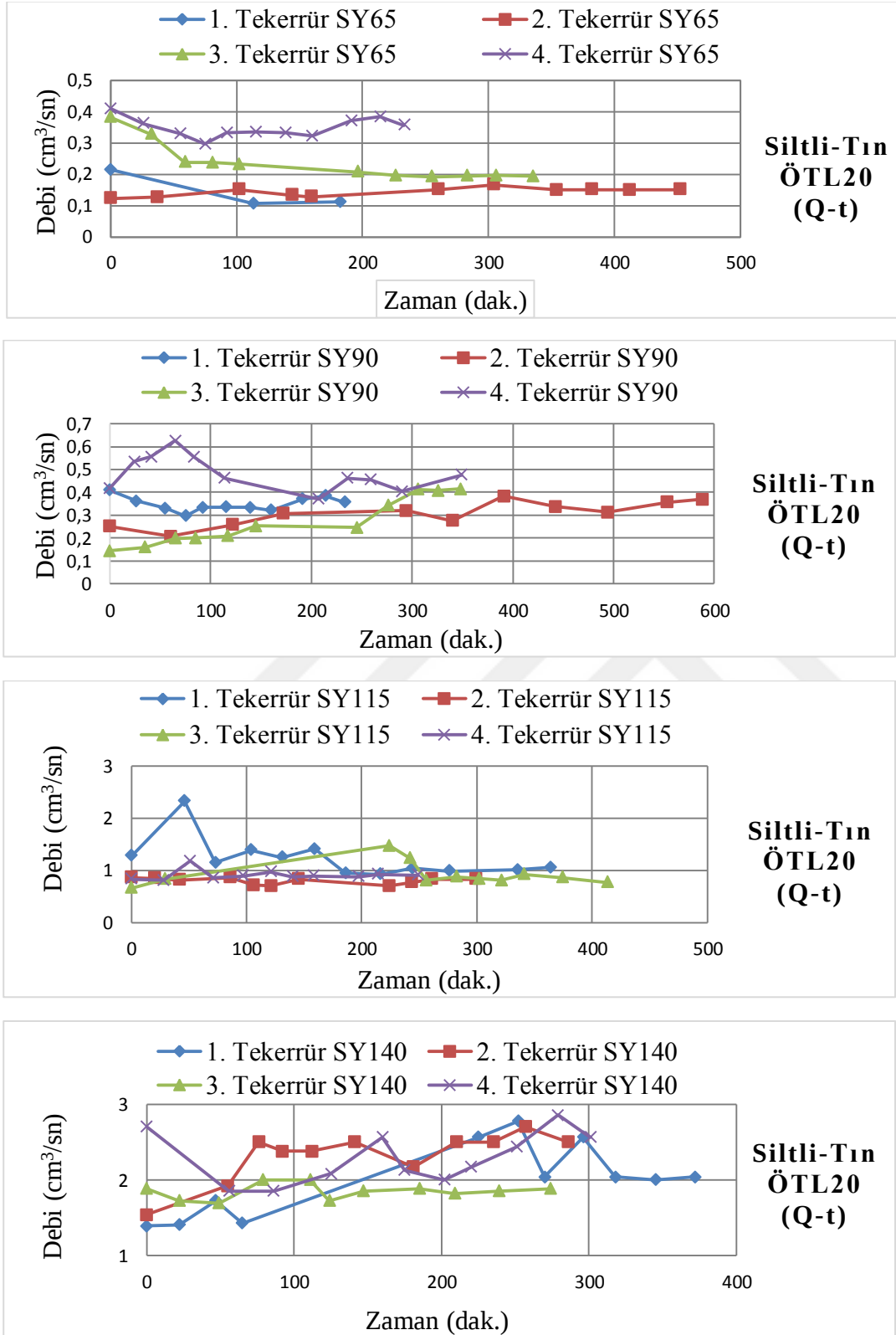
Siltli tınlı toprakta zarf malzemesi olarak 20 cm kalınlığında granül lastik kullanılması durumunda dört farklı su yükünde (SY65, SY90, SY115 ve SY140) debinin zamanla değişimi Şekil 4.6’de verilmiştir. Debinin 0.1 ile 2.9 cm³/sn arasında değiştiği görülmektedir. Su yükü arttıkça debi de artmaktadır.

Siltli tınlı toprakta zarf malzemesi olarak 10 cm kalınlığında granül lastik kullanılması durumunda dört farklı su yükünde (SY65, SY90, SY115 ve SY140) debinin zamanla değişimi Şekil 4.7’de verilmiştir. Debinin 0.1 ile 4.5 cm³/sn arasında değiştiği görülmektedir. Artan su yüküne balı olarak debi de artmaktadır.

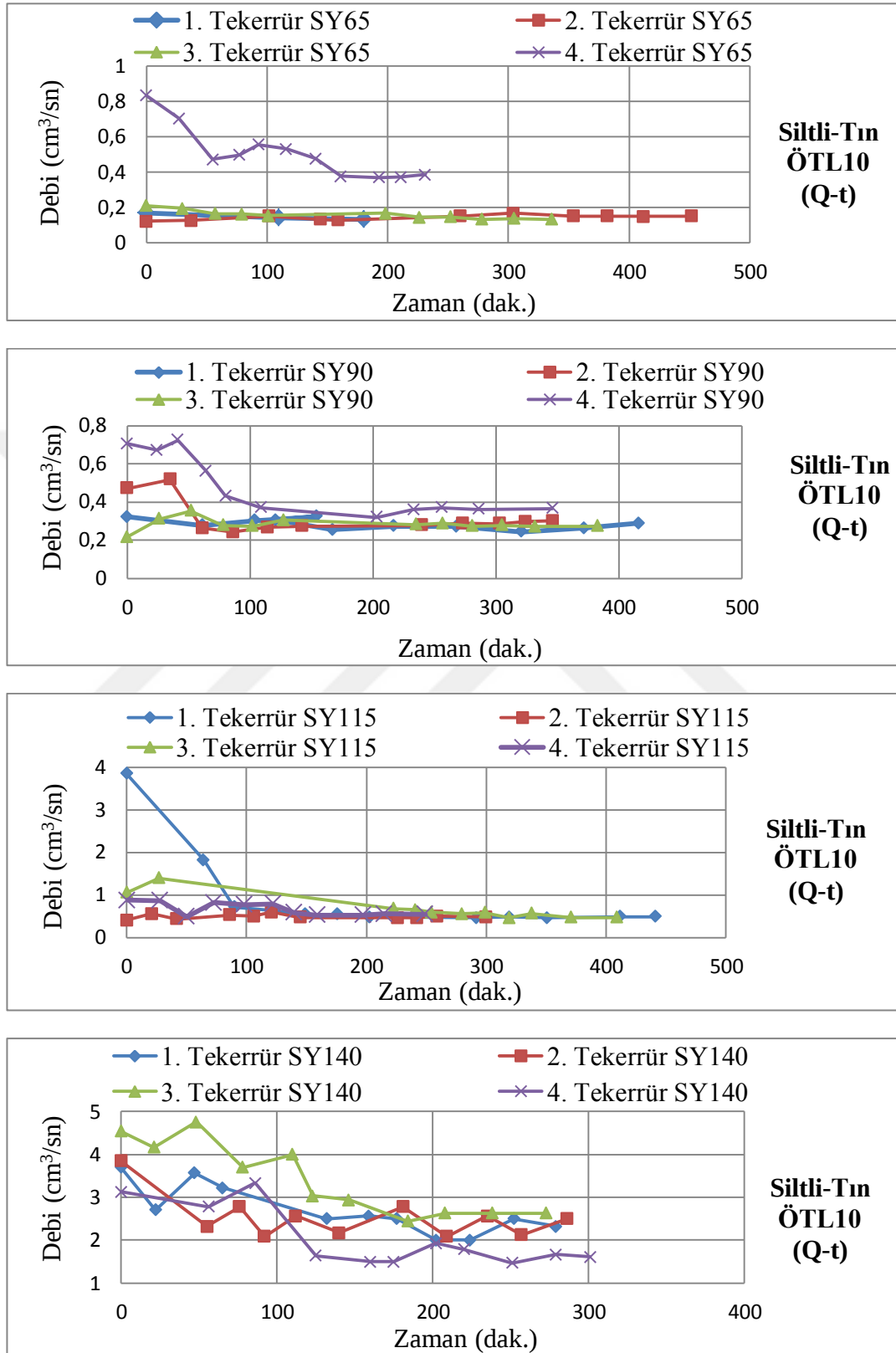
Granül lastik malzeme kullanıldığında elde edilen debilerin tekerrürler arası değişimlerinin, kum çakıl zarf malzemesi ile karşılaştırıldığında (Şekil 4.5), daha az olduğu görülmüştür. Kumlu tınlı toprakta elde edilen debinin siltli tınlı topraktan daha fazla olması söz konusu toprağın yüksek hidrolik iletkenliğinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.5. Siltli tınlı toprakta kum çakıl zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi.

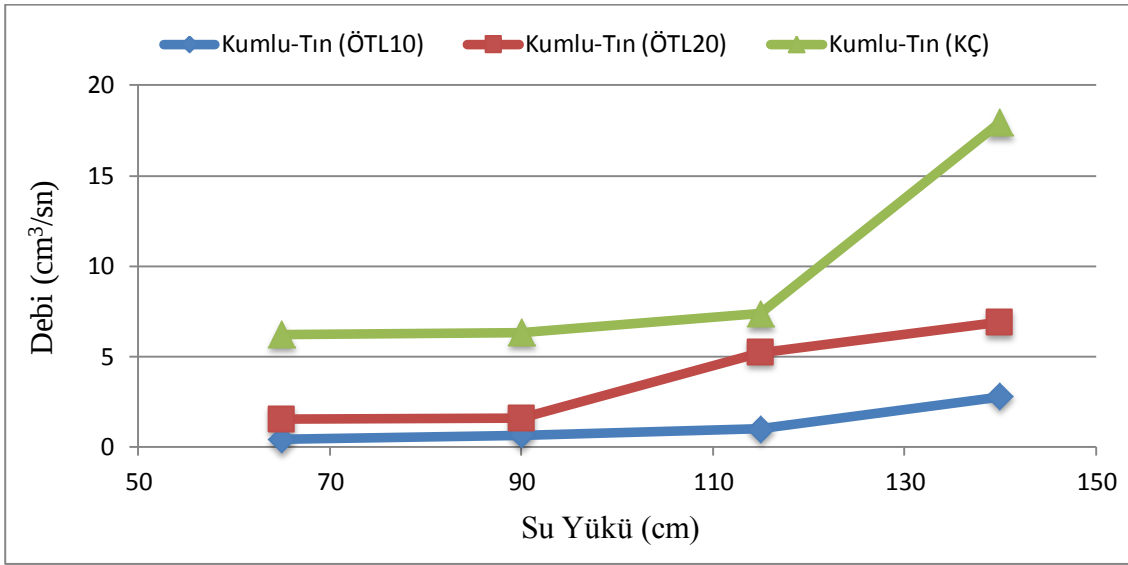


Şekil 4.6. Siltli tınlı toprakta 20 cm ömrünü tamamlamış zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi.

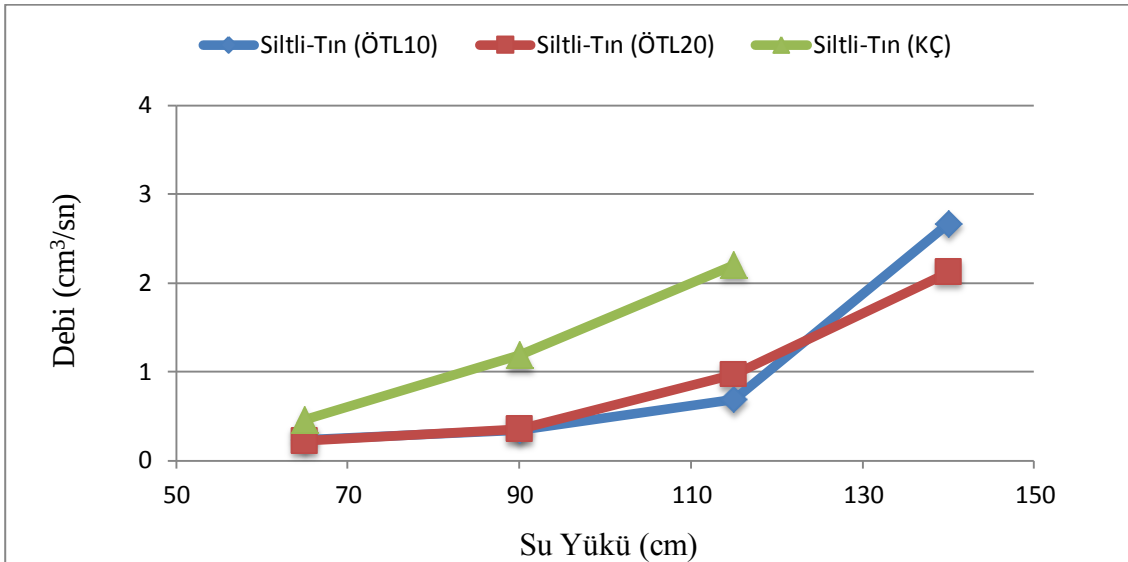


Şekil 4.7. Siltli tınlı toprakta 10 cm ömrünü tamamlamış lastik zarf malzemesi için debinin su yüküne bağlı olarak zamanla değişimi.

Ortalama debinin farklı su yüklerine bağlı olarak değişimi kumlu tınlı toprak için Şekil 4.8’de siltli tınlı toprak için ise Şekil 4.9’da verilmektedir. Üçüncü su yüküne (SY115) kadar debi ile su yükü arasında her iki toprak bünyesinde de doğrusal bir ilişki gözlenirken dördüncü su yükünde ise söz konusu ilişkinin bozulduğu belirlenmiştir. Debi ile su yükü arasındaki ilişkinin doğrusallıktan sapması kum-çakıl zarf malzemesinde daha fazla kendini göstermiştir. Poroz ortamda genellikle su hızı yavaş olduğundan laminar akış koşulları geçerlidir (Vlotman vd.2000). Burada elde edilen doğrusallıktan sapmanın nedeni su yüküne bağlı olarak permeametre içerisinde su hızının artması ve buna bağlı olarak laminar akış koşullarının bozulması ile açıklanabilir.



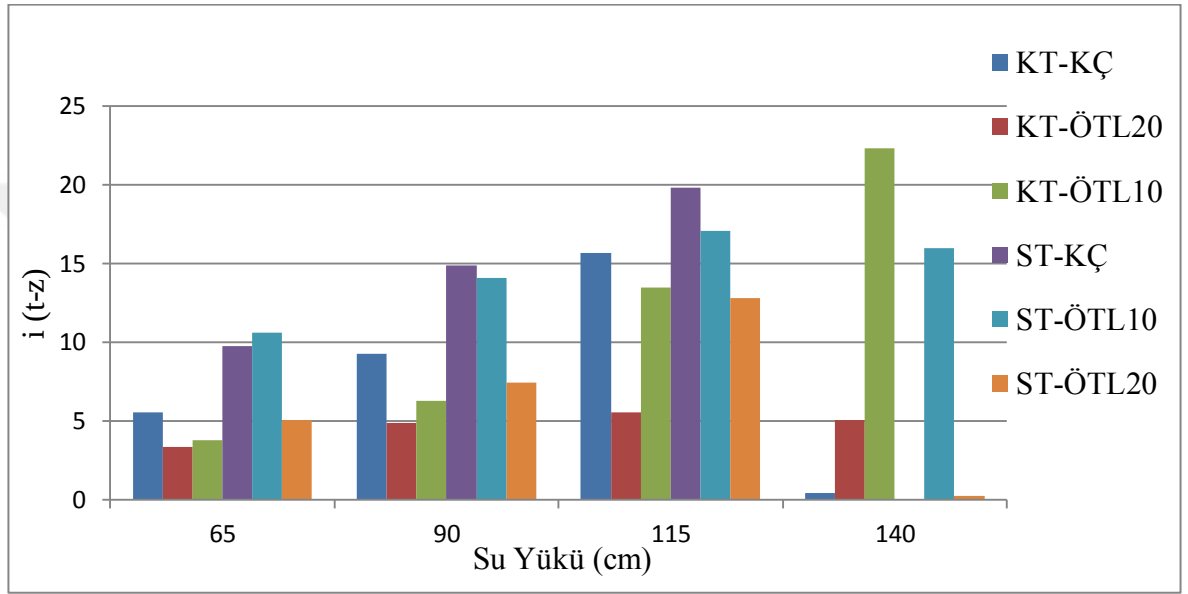
Şekil 4.8. Kumlu tınlı toprakta farklı zarf malzemeleri ve su yüküne bağlı olarak ortalama debinin değişimi



Şekil 4.9. Siltli tınlı toprakta farklı zarf malzemeleri ve su yüküne bağlı olarak ortalama debinin değişimi

4.3. Toprak-zarf Arakesitinde Oluşan Hidrolik Gradientin Değerlendirilmesi

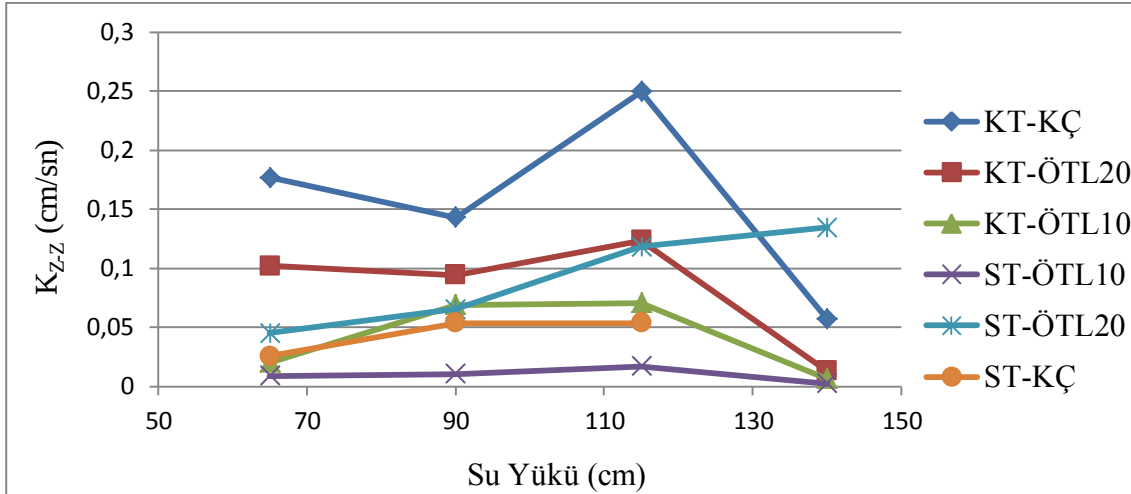
Uygulanan su yüküne bağlı olarak topraktan zarfa geçişte oluşan hidrolik gradient (i_{t-z}) değişimi Şekil 4.10'da verilmiştir. Bu gradient topraktaki ve zarf malzemesindeki piyezometrelerdeki su yükü farkının iki piyezometre arasındaki farka (5 cm) bölünmesi ile elde edilmiştir. Artan su yüküne bağlı olarak söz konusu gradient de artmaktadır. En yüksek artış siltli tınlı toprakta kum-çakıl ve 10 cm kalınlığında granül lastik zarf malzemesinde gözlenmiştir. Toprak bünyeleri karşılaştırıldığında siltli toprakta söz konusu gradientin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.10. Toprak-zarf arakesitinde oluşan hidrolik gradient.

4.4. Zarf Malzemesinde Gerçekleşen Hidrolik İletkenliğin Değerlendirilmesi

Zarf malzemelerinin su yüküne bağlı olarak hidrolik iletkenliklerinin (K_{z-z}) değişimi Şekil 4.11'de verilmiştir. En yüksek hidrolik iletkenlik kumlu tınlı toprakta kum-çakıl zarf malzemesinden elde edilirken en düşük hidrolik iletkenlik siltli tınlı toprakta 10 cm kalınlığında granül lastik zarf malzemesinden elde edilmiştir. Üçüncü su yüküne (SY115) kadar zarf malzemeleri nispeten kararlı bir tutum izlemiş ve hidrolik iletkenliklerinde çok fazla bir değişim gözlenmemiştir. Kumlu tınlı toprakta kum-çakıl zarf malzemesinde en yüksek hidrolik iletkenlik elde edilirken siltli tınlı toprakta ise 20 cm kalınlığındaki granül lastik malzemedan elde edilmiştir.



Şekil 4.11. Zarf malzemelerinin hidrolik iletkenliklerinin su yüküne bağlı olarak değişimi.

4.5. Debi ve Sediment Miktarı Yönünden Zarf Malzemelerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Zarf malzemesinin en önemli işlevlerinden biri sedimentasyonu önlemek diğerine drenaj olan su akışını kolaylaştırmaktır. Bu özellikler de dren içerisinde biriken sediment miktarı ve dren debisi ile ölçülmektedir. Çizelge 4.1’de toprak bünyeleri ve zarf malzemelerinin tüm su yüklerinden elde edilen debi ve sediment miktarlarının ortalama değerlerinin istatistiksel değerlendirilmesi verilmiştir.

En yüksek debi kumlu tınlı toprakta kum-çakıl zarf malzemesi kullanıldığı durumda elde edilmiş bunu yine aynı toprakta 20 cm kalınlığında granül lastik malzeme izlemiştir. Çizelgeden görüleceği üzere, kumlu tınlı toprakta debi ile zarf malzemeleri arasındaki farklar %1 düzeyinde önemli bulunurken siltli tınlı toprakta debi ile zarf malzemeleri arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmamaktadır. Bir başka deyişle, debi açısından, siltli tınlı toprakta 10 cm kalınlığında kum-çakıl zarf malzemesi yerine ömrünü tamamlamış lastiklerden elde edilen 10 veya 20 cm kalınlığında granül malzeme birbirinin yerine kullanılabilir.

Debi açısından siltli tınlı ve kumlu tınlı toprak karşılaştırıldığında, 10 cm kalınlığında kum-çakıl ve 20 cm kalınlığında granül lastik zarf malzemeleri istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli çıkarken 10 cm kalınlığında granül lastik istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bir başka deyişle, ömrünü tamamlamış lastiklerden elde edilen 10 cm kalınlığında granül malzeme her iki toprakta da kullanılabilir.

Çizelge 4.1. Zarf malzemesi ile debi ve sedimentasyon ilişkisi

Farklı zarf malzemeleri ile farklı toplardaki Debi (cm ³ /sn) miktarı ile ilgili istatistik analiz					
Toprak	Zarf Malzemesi				
	<i>Kum Çakıl</i>	<i>ÖTL10</i>	<i>ÖTL20</i>	<i>P > F</i>	<i>Toprak ort.</i>
Siltli Tın	[£] 1.28 B	0.98	0.911 B	ö.d.	[†] 1.06 B
Kumlu Tın	9.47 Aa	1.23 c	3.82 Ab	*	4.84 A
P > F	*	ö.d.	*		
Zarf ort.	5.38 a	1.10 c	2.37 b		
Önemlilik					
Debi	: *				
Zarf Malzemesi	: *				
Debi x Zarf Malzemesi	: *				
Farklı zarf malzemeleri ile farklı toplardaki Sediment (g) miktarı ile ilgili istatistik analiz					
Toprak	Zarf Malzemesi				
	<i>Kum Çakıl</i>	<i>ÖTL10</i>	<i>ÖTL20</i>	<i>P > F</i>	<i>Toprak ort.</i>
Siltli Tın	[£] 137.10 Ab	222.02 Aa	133.03 Ab	*	[†] 164.05 A
Kumlu Tın	90.02 Ba	29.51 Bb	10.29 Bc	*	43.28 B
P > F	*	*	*		
Zarf ort.	113.56 b	125.76 a	71.66 c		
Önemlilik					
Sediment	: *				
Zarf Malzemesi	: *				
Sediment x Zarf Malzemesi	: *				
[£] : İtalik yazılmış bölümde küçük harfler yatay (satır boyunca), büyük harfler dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların Duncan testine göre %5 önem seviyesinde karşılaştırmasını göstermektedir.					
[†] : Kalın yazılmış küçük harfler yatay (satır boyunca), büyük harfler dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların Duncan testine göre %5 önem seviyesinde karşılaştırmasını göstermektedir.					
*: %1 olasılık seviyesinde önemlidir.					
öd: istatistiksel olarak önemsiz.					

Çizelgede sunulan veriler sediment miktarı açısından incelendiğinde en yüksek sediment miktarının siltli tınlı toprakta ömrünü tamamlamış lastiklerden elde edilen 10 cm kalınlığında granül malzeme kullanıldığı durumdan elde edildiği bunu gene aynı toprakta kum-çakıl zarf malzemesinin izlediği görülmektedir. Her iki toprak bünyesinde de en düşük sediment miktarı 20 cm kalınlığında ömrünü tamamlamış lastiklerden elde edilen granül malzeme kullanıldığı durumdan elde edilmiştir.

Sediment miktarı açısından çizelgede verilen sonuçlar istatistiksel olarak incelendiğinde sonuçların her iki toprak bünyesinde de % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Siltli tınlı toprakta 10 cm kum-çakıl ile 20 cm kalınlığında granül zarf malzemesi istatistiksel olarak aynı gruba düşerken kumlu tınlı toprakta her üç zarf malzemesi de farklı gruplarda yer almıştır.

Sediment miktarı açısından siltli tınlı ve kumlu tınlı toprak karşılaştırıldığında, sonuçların her üç zarf malzemesi için de % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Sonuçlar istatistiksel olarak farklı çıkmamakla beraber en az sediment birikiminin ömrünü tamamlamış lastiklerden elde edilen 20 cm kalınlığındaki granül malzemeden

oluşması sorunlu topraklarda yapılacak drenaj sistemleri için bir avantaj olabilir. Çünkü bu topraklarda yüksek sodyum iyonu konsantrasyonu sonucu dispersiyondan dolayı siltasyon miktarı çok daha fazla olacağından dren borularının tıkanması önlenabilir.



5. SONUÇ

Bu çalışmada ömrünü tamamlamış lastiklerden elde edilen granül malzemenin toprakaltı drenajda zarf malzemesi olarak kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır. Bu amaçla sabit seviyeli permeametre kullanılarak laboratuvar koşullarında deneme yürütülmüştür. Denemede 10 cm kalınlığında kum-çakıl karışımı zarf malzemesinin yanında 10 ve 20 cm kalınlığında ömrünü tamamlamış lastiklerden edilen granül malzemenin siltli tınlı ve kumlu tınlı topraklarda dört farklı su yükü (SY65, SY90, SY115 ve SY140) altında performansları araştırılmıştır. Deneme dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlar debi, topraktan zarfa geçişte meydana gelen hidrolik gradient, zarf malzemesinin hidrolik iletkenliği ve sediment birikimi yönünden karşılaştırılmıştır.

Her iki toprak bünyesinde de debinin su yüküne bağlı olarak doğrusal olarak değiştiği belirlenmiştir. En yüksek debi her iki bünyede de 10 cm kalınlığında kum-çakıl malzemenin kullanıldığı konudan elde edilmiş bunu 20 cm kalınlığında granül lastik malzeme izlemiştir. Siltli tınlı toprakta ortalama debi miktarındaki farklar istatistiksel olarak önemsizken kumlu tınlı toprakta % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Debi açısından siltli tınlı ve kumlu tınlı toprak karşılaştırıldığında, ömrünü tamamlamış lastiklerden elde edilen 10 cm kalınlığında granül malzemenin her iki toprakta da kullanılabileceği belirlenmiştir.

Sediment birikimi açısından sonuçlar incelendiğinde, siltli tınlı toprakta 10 cm kalınlığında kum-çakıl zarf malzemesi kullanılması durumunda elde edilen sediment miktarı ile 20 cm kalınlığında granül lastik zarf malzemesi kullanılması durumunda elde edilen sediment miktarı arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmazken kumlu tınlı toprakta farklı bulunmuştur. En düşük sediment birikimi ömrünü tamamlamış lastiklerden elde edilen 20 cm kalınlığındaki granül malzemeden elde edildiğinden, bu malzeme drenlerde zarf olarak kullanılarak sorunlu topraklardaki dispersiyon sonucu artan siltasyon azaltabilir.

Sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, 10 cm kalınlığında kum-çakıl zarf malzemesi ile 20 cm kalınlığında granül lastik malzemenin dren zarflarından beklenen su akışını kolaylaştırma ve sedimentasyonu önleme amaçlarını birlikte yerine getirebildikleri ve toprakaltı drenajda zarf malzemesi olarak ömrünü tamamlanmış lastiklerden elde edilen granül malzemenin kum-çakıl malzeme yerine zarf malzemesi olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Böylece hem zarf malzemesi olarak sürekli kendini yenileyen bir kaynak sağlanmış olacak hem de atık lastikler bertaraf edilerek çevre kirliliği yaratması önlenecektir.

6. KAYNAKLAR

- ADENİRAN, K.A. 2008. Performance of No-Filter Drainage Material on Clayey Loam alfisol. *Agricultural Engineering International, The Journal of the CIGR*, 10: 1-10.
- AĞAR, A.İ. 2011. Selection of Geo-Synthetic Filter Materials as Drain Envelopes in Clay and Silt Loam Soils to Prevent Siltation: A Case Study from Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 6(16): 3930-3935.
- ALTIN, M., KOCA, A., SOLMAZ, H., YILMAZ, E. 2013. Türkiye’de Otomobillerden Kaynaklanan Lastik Atık Miktarının İncelenmesi, *Politik Dergi* 16(2): 51-56.
- ANAPALI, Ö., HANAY, A. 1996. Drenajda Kaplama Malzemesi Olarak Hafif Agreganın Kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Dergisi*. 27(3): 423-438.
- ASGHAR, M.N., VLOTMAN, W.F., 1995. Evaluation of Sieve Permeameter Analyses Methods for Subsurface Drain Envelope Laboratory Research in Pakistan. *Agricultural Water Management*, 27: 167-180.
- BAL, M.N. 2007. Harran Ovasında Yüzey Altı Drenaj Sistemlerinde Toprağın Bazı Özelliklerinden Yararlanılarak Zarf Malzemesi Gereksiniminin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 78s.
- BECER, A.T.1984. Tarımsal Drenaj Sistemlerinde Kullanılan Boru ve Filtre Malzemelerinin Etkinliği ile İlgili Model Çalışmaları, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Merkez TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No: 103, Rapor No: 43, Ankara, 41s.
- DIELEMAN, P.J., TRAFFORD, B.D. 1986. Drenajda Sınama (Çevirenler: Baş, S., Berkman, İ.), Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No.: 136, Teknik Yayın No.: 24, Menemen, 180s.
- EBRAHİMİAN, H., PARSİNEJAD, M., LIAGHAT, A., AKRAM, M.2011. Field Research on the Performance of a Rice Husk Envelope in a Subsurface Drainage System (Case Study Behshahr, Iran). *Irrigation and Drainage*. 60: 216-228.
- GEMALMAZ, E. 1993. Drenaj Mühendisliği 1.Cilt, Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 746, Ziraat Fak. No: 317, Ders Kitapları Serisi No: 68, 250s.
- GEE, G.W. and BAUDER, J.W. 1986. Particle Size Analysis, Methods of Soil Analysis, Part 1, 2ndEd, Argonomy 9, Am, Soc, Agron, 825-844, Madison.
- GOMEZ, K.A., GOMEZ, A.A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. An Int. Rice Res. Inst. Book. John Wiley and Sons, Inc. New York, 680p.

- GÜNGÖR, Y. 1972. Plastik Drenaj Borularında Farklı Delik Büyüklüğü ve Çeşitli Filtre Materyalinin Sedimentasyona ve Su Akımına Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Doçentlik Tezi. Ankara.
- GÜNGÖR, Y., ERÖZEL, A. Z., ÖZTÜRK, A. 2011. Drenaj Sistemlerinin Tasarımı, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1590, Ders Kitabı: 542, Ankara, 251s.
- HAKTANIR, K., CANGİR, C., BOYRAZ, D. 2005. Toprak Kaynakları Kullanımı. TMMOB ZMO VII. Teknik Kongresi, Ankara, x: 113-134
- KABOOSİ, K., LIAGHAT, A., HOSSEİNİ, S.H. 2012. The Feasibility of Rice Husk Application as Envelope Material in Subsurface Drainage Systems. *Irrigation and Drainage*, 61(2): 490-496.
- KAMBLE, B.M., RATHOD, S.D., PHALKE, D.H. 2008. Effect of Sub-surface Drainage (SSD) System With Different Filters (envelopes) on Improvement of Chemical Properties of Salt Affected and Water Logged Soil. *International Journal of Agricultural Engineering*, 1(2): 123-125.
- KANBER, R., ÜNLÜ, M. 2008. Türkiye’de Sulama ve Drenaj Sorunları: Genel Bakış. Sulama-Drenaj Konferansı, Çevre ve Orman Bakanlığı, 10-11 Nisan 2008, Adana, x:1-45.
- KARABÖRK, F., AKDEMİR, A. 2013. Atık Taşı Lastiklerinin Parçalanması ve Lastik Tozunun Karakterizasyonu, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29(1): 29-40.
- KOÇAK, Y., ALPASLAN. 2011. Atık Lastiklerin Çimento ve Beton Sektöründe Kullanım Potansiyelleri, 6. International Advanced Technologie Symposium (IATS11), 16-18 May 2011, Elazığ, 118-122.
- KUMAR, R., BHAKER, S.R., SINGH, P.K. 2013. Evaluation of Hydraulic Characteristic Sand Management Strategies of Subsurface Drainage System in *Indira Gandhi Canal Comment. Agricultural. Engineering. Int; CIGR Journal*, 15(2): 1-9.
- KUMOVA, Y., YARPUZLU, A. 1987. Drenaj Boru ve Zarf Malzemelerinin Arazi Koşullarında Karşılaştırılması, Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 140, Rapor Seri No: 81, Tarsus, 48s.
- MEB. 2011. Atık Lastikler. Aile ve Tüketici Hizmetleri. Milli Eğitim Bakanlığı Öğrenme Materyali, Ankara, 36s.
- NEWMAN, S.E., PANTER, K.L., ROLL, M.T. 1997. Growth and Nutrition of Geraniums Grown in Media Developed from Waste Tire Components. *Hort Science*, 32(4): 674-676.
- OĞUZER, V. 1984. Türkiye Sulu Ziraatında Drenaj Sorunu. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları: 104, Derlemeler:12.

- OJAGHLOU, H., SOHRABI, T., RAHIMI, H., HASSAN OGHLI, A., ABABAEI, B., GHOBADINIA, M. 2010. Laboratory Study of the Soil Clay Percent Influence on the Need for Subsurface Drainage System Envelopes. Hosted by the Canadian Society for Bioengineering (CSBE/SCGAB) Québec City, Canada, June 13-17.
- PEDRAM, S., HASSONOGHLI, A., LIAGHAT, A. 2011. Assessment of Clogging potential of Synthetic Envelopes Used in Drainage of Saline Soil. ICID 21st International Congress on Irrigation and Drainage, 15-23 October 2011, Tehran, Iran.
- RATHOD, S.D., KAMBLE, B.M., CHOUGULE, B.A., RATHOD, P.K. 2006. Performance of Different Filter (envelope) Materials in Subsurface Drainage System. *Asian J. Of Biological Society*, 1(2): 104-105.
- RATHOD, S.D., KAMBLE, B.M., PHALKE, D.H. 2008. Effect of Subsurface Drainage (SSD) System With Different Filters (envelopes) on Hydraulic Properties of Salt Affected and Water Logged Soil. *International Journal of Agricultural Engineering*, 1(2): 97-99.
- SAATÇILAR, M., BECER, A.T., 1980. Drenaj Boru ve Filtre Malzemeleri ile İlgili Araştırmalar. Topraksu Araştırma Ana Projesi, Proje No: 553. Ankara, 25s.
- SHAFIQ-UR, R., 1995. Laboratory Testing of Envelope Materials for Pipe Drains. Department of Agricultural and Biosystems Engineering Macdonald Campus, McGill University Sten-Anne-de-Bellevue, Qc, Canada H9X 3V9.
- SÖNMEZ, N., BALABAN, A. 1968. Kültürteknik Cilt II, A.Ü. Z.F. Yayınları 317, Ders Kitabı 112, Ankara.
- STUYT, L.C.P.M., DIERICKX W. 2006. Design and Performance of Materials for Subsurface Drainage System in Agriculture. *Agriculture Water Management* (86):63-74.
- STUYT, L.C.P.M., WILLARDSON, L.S. 1999. Drain Envelopes. In: Skaggs, R.W. and Van Schilfgaarde, J. (Eds.) *Agricultural Drainage*. No 38 Agronomy Series. American Society of Agronomy (ASA), Crop Science Society of America (CSSA), Soil Science Society of America (SSSA), Madison, Wisconsin, USA. 927 - 962.
- SUGÖZÜ, İ., MUTLU, İ. 2009. Atık Taşıt Lastikleri ve Değerlendirme Yöntemleri. *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(1): 35-46.
- TAPAS, D., BALESHWAR, S. 2013. Benefits and Impacts of Scrap Tyre Use in Geotechnical Engineering. *Journal of Environmental Research and Development*, 7: 1262-1271.
- USBR. 1993. Drainage Manual. (Revised Reprint). United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation. Denver Colorado, USA, 212 - 218.

- USEPA, 2010. Scrap Tires: Handbook on Recycling Applications and Management for the U.S. and Mexico. Washington, D.C., 1345p.
- VLOTMAN, W.S., WILLARDSON, L.S., DIERICKX, W. 2000. Envelope Design for Subsurface Drains. ILRI, Wageningen, The Netherlands, 358p.
- VLOTMAN, W.S., REHMAN, S., HAİDER, I. 1993. Granular Envelope Research in Pakistan. Irrigation and Drainage Systems. 6: 325-343.
- YARDIMCI, N. 1988. Çeşitli Dren Filtrelerinin Dren Akışlarına ve Sedimentasyona Etkisi, *Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Dergisi*, 19: 75-85.
- YARPUZLU, A., KUMOVA, Y.1990. Aşağı Seyhan Ovası Kapalı Drenaj Sistemlerinde Siltasyonun Giderilmesi İçin Uygun Metotlar, Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 163, Rapor Seri No: 98, Tarsus, 45s.

ÖZGEÇMİŞ



Gökçe BÜYÜKÇEKİÇ 1990 yılında Kayseri’de doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Kayseri’de tamamladı. 2009 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nden 2013 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.