

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI GEOMETRİK ŞEKİLLERDEKİ DREN DELİKLERİNİN DREN
VERDİSİ VE SEDİMENTASYONA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Abdülkadir Ceylani ŞAHAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

OCAK 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI GEOMETRİK ŞEKİLLERDEKİ DREN DELİKLERİNİN DREN
VERDİSİ VE SEDİMENTASYONA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Abdülkadir Ceylani ŞAHAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

OCAK 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI GEOMETRİK ŞEKİLLERDEKİ DREN DELİKLERİNİN DREN
VERDİSİ VE SEDİMENTASYONA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Abdülkadir Ceylani ŞAHAN

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 14/01/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ (Danışman)

Prof. Dr. Ruhi BAŞTUĞ

Prof. Dr. Sema KALE ÇELİK

ÖZET

FARKLI GEOMETRİK ŞEKİLLERDEKİ DREN DELİKLERİNİN DREN VERDİSİ VE SEDİMENTASYONA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Abdülkadir Ceylani ŞAHAN

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Ocak 2021; 52 sayfa

Tarım arazilerinin giderek daha da verimli kullanılması gerektiğinin anlaşıldığı günümüz şartlarında, tarımsal üretimde girdilerden de en üst düzeyde yararlanmak gerekmektedir. Drenaj, kaynağı önemli olmaksızın tarım arazilerinde yapılan üretimi sekteye uğratan veya durduran fazla suyun toprak yüzeyinden veya bitki kök bölgesinden uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Toprakaltı drenaj sistemlerinde arazide bulunan fazla su ile ilk karşılaşan unsur, toplayıcı drenlerin üzerindeki drenaj delikleridir. Dren deliklerinin geometrik şekilleri, boyutları, desenleri, sayıları gibi faktörler sistemin içerisine doğru olan su akışına etki etmektedir. Bu çalışmada, delik alanları aynı olan üçgen, dikdörtgen, kare ve daire delik şekillerinin farklı delik sayılarında üç farklı su yükü altında dren verdisine ve sedimantasyona olan etkileri laboratuvar ortamında, sabit seviyeli permeametre yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda delik şekillerinin ve sayılarının topraktan drene olan su miktarını etkiledikleri belirlenmiştir. Tüm su yüklerinden drene olan ortalama debi değerlerine göre en iyi performansı gösteren delik şekilleri kare ve üçgen şekillerinde gözlemlenmiştir. Delik şekillerinden bağımsız olarak en fazla suyu deşarj eden delik sayısı ise 6 delikli plakalarda kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan delik şekillerinin sediment birikimine etki ettiği gözlemlenmiştir. En az sediment birikimi dikdörtgen ve üçgen dren deliğinde ölçülmüştür. Birim alanda altı adet üçgen şeklindeki dren deliğinin minimum sediment birikimi ve maksimum debiyi sağlamasından dolayı uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Delik Şekli, Delik sayısı, Dren deliği, Drenaj, Permeametre

JÜRİ: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Ruhi BAŞTUĞ

Prof. Dr. Sema KALE ÇELİK

ABSTRACT

DETERMINING THE EFFECTS OF DRAIN HOLES IN DIFFERENT GEOMETRIC SHAPES ON FLOW AND SEDIMENTATION

Abdülkadir Ceylani ŞAHAN

MSc Thesis in Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

January 2021; 52 pages

Agricultural lands, taking current conditions in consideration, should be used more efficiently, as well as benefitting from the inputs in agricultural production at the highest level. Drainage is defined as the removal of excess water from the soil surface or plant root zone that interrupts or stops the production of agricultural land, regardless of its source. In subsurface drainage systems, the first thing that encounters excess water in the field is the drainage holes on the collecting drains. Factors such as the geometric shapes, sizes, patterns and numbers of the drain holes affect the water flow into the systems. In this study, the effects of triangular, rectangular, square, and circular hole shapes with the same hole areas on drainage, and sedimentation under three different head with different hole numbers were determined in the laboratory using constant level permeameter method. The results obtained from this study indicated that the hole shapes and numbers affected the amount of water drained from the soil. Hole shapes showing the best performance according to the average flow rate drained from all water loads, were observed in square and triangle shapes. Independent of the hole shapes, the number of holes that discharge the highest amount of water was recorded in 6-hole plates. It has been observed that the hole shapes used in the study have an effect on sediment accumulation. The least sediment deposition was measured in the rectangular and triangular drain hole. It has been concluded that six triangular drain holes per unit area are suitable because they provide minimum sediment accumulation and maximum discharge.

KEYWORDS: Hole shape, Number of holes, Drain hole, Drainage, Permeameter

COMMITTEE:

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Ruhi BAŞTUĞ

Prof. Dr. Sema KALE ÇELİK

ÖNSÖZ

Tarımın köklü tarihi kadar eski olan drenaj, insanoğlunun ihtiyaçlarını sürdürülebilir bir şekilde karşılaması noktasında günümüzde de önemini korumaktadır. Tarım arazilerinde ilk yatırım maliyeti yüksek olan drenaj sistemlerinin gelişimi, bilimsel çalışmalar ile mümkündür. Tarımsal drenaj sistemleri uzun yıllar kullanılmak üzere planlanarak arazilere uygulanmaktadır. Drenaj sisteminin iyileştirilmesi adına yapılan her uygulama, arazideki drenaj etkinliğini artırarak sistemden beklenen faydayı en üst düzeye çıkaracaktır.

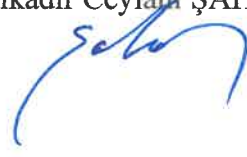
Bana bu araştırma olanağını sağlayan, önerileri ile beni yönlendiren, çalışmanın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam süresince önerileriyle beni yönlendiren, yardımlarını ve katkılarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Cihan KARACA'ya ve değerli görüşlerinden faydalandığım bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamda saha örneklemesinin sorunsuz ve düzenli bir şekilde yürütülmesinde ve tez yazım sürecimde yardımcı dokunan arkadaşlarım Mehmet CAN'a, Süleyman ŞEHİR'e, Ahmet BOZKURT'a ve Caner ŞENGÜLER'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca hayatım boyunca manevi ve maddi desteklerini bir an bile esirgemeyen annem Hatun ŞAHAN'a ve kardeşlerime teşekkürlerimi borç bilirim.

AKADEMİK BEYAN

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Farklı Geometrik Şekillerdeki Dren Deliklerinin Dren Verdisi ve Sedimentasyona Etkilerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

14/01/2021

Abdülkadir Ceylani ŞAHAN



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	5
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1. Permeametre Test Metodu.....	13
3.2. Permeametre Düzeneğinde Kullanılan Drenaj Plakaları ve Su Yükleri.....	17
3.3. Toprak Bünyesinin Belirlenmesi.....	18
3.4. Toprak ve Zarf Materyalinin Granülometri Eğrilerinin Tayin Edilmesi.....	19
3.5. Debi Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi.....	20
3.7. Sedimentasyon Ölçümü.....	21
3.8. Verilerin Değerlendirilmesi.....	22
4. BULGURLAR VE TARTIŞMA	23
4.1. Toprak ve Zarf Malzemesinin Granülometrik Eğrileri.....	23
4.2. Toprak ve Zarf Malzemesinin Uygunluğunun Saptanması.....	24
4.3. Debinin Su Yüklerine, Delik Sayılarına ve Delik Şekillerine Bağlı Zamanla Değişimi.....	24
4.3.1. SY40 konusunda debinin zamanla değişimi.....	24
4.3.2. SY65 konusunda debinin zamanla değişimi.....	27
4.3.3. SY90 konusunda debinin zamanla değişimi.....	29
4.4. Debinin Zamana Bağlı Değişiminde Drenaj Delik Şekillerinin Etkisi	31
4.4.1. SY40 için debinin dren delik şekillerine ve sayılarına bağlı değişimi	31
4.4.2. SY65 için debinin dren delik şekillerine ve sayılarına bağlı değişimi	33
4.4.3. SY90 için debinin dren delik şekillerine ve sayılarına bağlı değişimi	34
4.5. Geometrik Drenaj Delik Şekillerinin ve Sayılarının Su Yüklerine Bağlı Debi Değişimleri.....	36

4.5.1. Drenaj delik sayılarına bağlı kare drenaj deliğinin farklı su yüklerindeki debi değişimi.....	36
4.5.2. Drenaj delik sayılarına bağlı üçgen drenaj deliğinin farklı su yüklerindeki debi değişimi	38
4.5.3. Drenaj delik sayılarına bağlı dikdörtgen drenaj deliğinin farklı su yüklerindeki debi değişimi	40
4.5.4. Drenaj delik sayılarına bağlı daire drenaj deliğinin farklı su yüklerindeki debi değişimi.....	41
4.6. Farklı Delik Şekillerinin Ortalama Debiye Bağlı Optimum Delik Sayısı	43
4.7. Drenaj Deliklerinin Şekillerinin ve Delik Sayılarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi.....	45
5. SONUÇLAR.....	48
6. KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

PVC : Polivinil klorür

Dk : Dakika

ha : Hektar

dS : Desi Siemens

PLM : Ön sarımlı materyal

C_u : Eğrilik katsayısı

C_c : Uniformite katsayısı

D_{10} : Zarf malzemesinin %10'undan küçük dane çapı

D_{30} : Zarf malzemesinin %30'undan küçük dane çapı

D_{60} : Zarf malzemesinin %60'ından küçük dane çapı

HG 22 : 2.33 mm kalınlığındaki polyester zarf malzemesi

SAPP 240 : 2.83 mm kalınlığındaki polyester-pamuk karışımı zarf malzemesi

CAN 2: 1.90 mm kalınlığındaki polyester zarf malzemesi

Tezde ondalık ayıraç olarak nokta (.) kullanılmıştır.

Kısaltmalar

ASTM : Amerikan Malzeme ve Test Kurumu

USBR : Amerika Birleşik Devletleri Islah Bürosu

SY40 : 40 cm su yüksekliği

SY65 : 65 cm su yüksekliği

SY90 : 90 cm su yüksekliği

EC : Elektriksel iletkenlik

SAR : Sodyum absorpsiyon oranı

pH : Hidrojen iyonu yoğunluğu

LSD : Least Significant Difference

Ka-1 : 1 delikli kare dren deliği

Ka-2 : 2 delikli kare dren deliği

Ka-4 : 4 delikli kare dren deliği

Ka-6 : 6 delikli kare dren deliği

Üç-1 : 1 delikli üçgen dren deliği

Üç-2 : 2 delikli üçgen dren deliği

Üç-4 : 4 delikli üçgen dren deliği

Üç-6 : 6 delikli üçgen dren deliği

Di-1 : 1 delikli dikdörtgen dren deliği

Di-2 : 2 delikli dikdörtgen dren deliği

Di-4 : 4 delikli dikdörtgen dren deliği

Di-6 : 6 delikli dikdörtgen dren deliği

Da-1 : 1 delikli daire dren deliği

Da-2 : 2 delikli daire dren deliği

Da-4 : 4 delikli daire dren deliği

Da-6 : 6 delikli daire dren deliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Denemede kullanılan sistemin şematik görünümü	13
Şekil 3.2. Permeametre düzeneğinin kurulumu ve tesviyesi	14
Şekil 3.3. Permeametre düzeneğine toprak zerrelere girişinin önlenmesi.....	15
Şekil 3.4. Permeametre düzeneğinde flanşlı vidalı sistemin üstten görünümü.....	16
Şekil 3.5. Çalışmada denenen delik şekilleri, sayıları ve su yükleri.....	17
Şekil 3.6. Denemede kullanılan drenaj delik şekilleri ve sayıları.....	18
Şekil 3.7. Ölçülü kap yardımı ile debi ölçümünün yapılması.....	21
Şekil 3.8. Siltasyon ölçümlerinin yapılmasına bir örnek	22
Şekil 4.1. Toprak ve zarf malzemesinin granülometrik eğrileri	23
Şekil 4.2. SY40 konusu kare dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	25
Şekil 4.3. SY40 konusu üçgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	25
Şekil 4.4. SY40 konusu dikdörtgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	26
Şekil 4.5. SY40 konusu daire dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	26
Şekil 4.6. SY65 konusu kare dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	27
Şekil 4.7. SY65 konusu üçgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	27
Şekil 4.8. SY65 konusu dikdörtgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	28
Şekil 4.9. SY65 konusu daire dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	28
Şekil 4.10. SY90 konusu kare dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	29
Şekil 4.11. SY90 konusu üçgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	29
Şekil 4.12. SY90 konusu dikdörtgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	30
Şekil 4.13. SY90 konusu daire dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi.....	30
Şekil 4.14. SY40 konusunda 1 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	31
Şekil 4.15. SY40 konusunda 2 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	31
Şekil 4.16. SY40 konusunda 4 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	32
Şekil 4.17. SY40 konusunda 6 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	32
Şekil 4.18. SY65 konusunda 1 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	33
Şekil 4.19. SY65 konusunda 2 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	33
Şekil 4.20. SY65 konusunda 4 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	34

Şekil 4.21. SY65 konusunda 6 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	34
Şekil 4.22. SY90 konusunda 1 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	35
Şekil 4.23. SY90 konusunda 2 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	35
Şekil 4.24. SY90 konusunda 4 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	35
Şekil 4.25. SY90 konusunda 6 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri.....	36
Şekil 4.26. Farklı üç su yükü altında 1 delikli kare dren deliğinin debi ortalamaları	37
Şekil 4.27. Farklı üç su yükü altında 2 delikli kare dren deliğinin debi ortalamaları	37
Şekil 4.28. Farklı üç su yükü altında 4 delikli kare dren deliğinin debi ortalamaları	37
Şekil 4.29. Farklı üç su yükü altında 6 delikli kare dren deliğinin debi ortalamaları	38
Şekil 4.30. Farklı üç su yükü altında 1 delikli üçgen dren deliğinin debi ortalamaları ..	38
Şekil 4.31. Farklı üç su yükü altında 2 delikli üçgen dren deliğinin debi ortalamaları ..	39
Şekil 4.32. Farklı üç su yükü altında 4 delikli üçgen dren deliğinin debi ortalamaları ..	39
Şekil 4.33. Farklı üç su yükü altında 6 delikli üçgen dren deliğinin debi ortalamaları ..	39
Şekil 4.34. Farklı üç su yükü altında 1 delikli dikdörtgen dren deliğinin debi ortalamaları	40
Şekil 4.35. Farklı üç su yükü altında 2 delikli dikdörtgen dren deliğinin debi ortalamaları	40
Şekil 4.36. Farklı üç su yükü altında 4 delikli dikdörtgen dren deliğinin debi ortalamaları	41
Şekil 4.37. Farklı üç su yükü altında 6 delikli dikdörtgen dren deliğinin debi ortalamaları	41
Şekil 4.38. Farklı üç su yükü altında 1 delikli daire dren deliğinin debi ortalamaları....	42
Şekil 4.39. Farklı üç su yükü altında 2 delikli daire dren deliğinin debi ortalamaları....	42
Şekil 4.40. Farklı üç su yükü altında 4 delikli daire dren deliğinin debi ortalamaları....	42
Şekil 4.41. Farklı üç su yükü altında 6 delikli daire dren deliğinin debi ortalamaları....	43
Şekil 4.42. SY65 konusunda debiye bağlı optimum delik sayısı.....	44
Şekil 4.43. SY40 konusunda debiye bağlı optimum delik sayısı.....	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Toprak bünyesini oluşturan malzemeler.....	19
Çizelge 3.2. Toprak ve zarf malzemesinin uyumluluk sınırları.....	19
Çizelge 3.3. Toprak ve zarf malzemesinin içeriğinin uygunluğu	20
Çizelge 3.4. Toprak ve zarf malzemesinin eğrilik bakımından uygunluğu	20
Çizelge 4.1. Toprak ve zarf malzemesinin uygunluk durumları.....	24
Çizelge 4.2. SY40 konusunun istatistiksel analizi	45
Çizelge 4.3. SY60 konusunun istatistiksel analizi	46
Çizelge 4.4. SY90 konusunun istatistiksel analizi	46
Çizelge 4.5. Siltasyon verilerinin istatistiksel analizi	47

1. GİRİŞ

Toplumların sosyoekonomik bakımdan gelişmeleri, kaynakların geliştirilerek akılcı ve etkin kullanımı ile yakından ilgilidir. Su, canlılar için hayati derecede önemlidir. Toprak ise bitkisel üretim için önemli olduğu kadar yaşam alanı olarak da insanoğlu için büyük önem arz etmektedir. Tarım arazilerinin etkin kullanımı, insanoğlunun temel ihtiyaçlarını sürdürülebilir olarak karşılaması anlamında son derece önemlidir. Tarımın sürdürülebilir olması, çok sayıda biyolojik, fiziksel, ekonomik ve sosyal etkenin birlikte veya bireysel olarak, dengeli biçimde uygulanmasını gerektiren bir dizi sürecin sonucunda mümkün olabilmektedir. Tarımsal üretimin devamlılığının sağlanması uygun niteliklerde kök bölgesi koşullarının oluşturulmasına, toprak suyu, hava ve tuz düzeyi arasında uygun ve kabul edilebilir bir dengenin sağlanmasına ve bu dengenin korunmasına bağlıdır (Kanber ve Ünlü 2008; Kara ve Arslan 2004).

Sulamadan beklenen faydaların sağlanması, giderek daha da kıt bir kaynak haline gelen kullanılabilir suyun etkin kullanımı ile yakından ilgilidir. Ülkemizde sulanan alanların artmasıyla kayda değer verim artışı sağlanmasına karşın, su kaynaklarının etkin kullanıldığını söylemek oldukça güçtür. Suyun etkin kullanımı ise, doğru planlanmış ve inşa edilmiş sulama ve drenaj sistemlerinin beraberinde nitelikli su yönetimine bağlıdır. Ülkemiz su kaynaklarının %74 gibi büyük bir bölümünün sulamada kullanıldığı ve sulama sistemlerinin yaklaşık %80'inin yüzey sulama sistemlerinden oluştuğu düşünüldüğünde, sulama ve drenaj alanında su yönetiminin önemi açıkça görülmektedir. Etkin bir su yönetimi için, sulama ve drenaj sistemlerinin birlikte ve amacına uygun tasarlanması gereklidir. Bu aşamada, tasarım için gerekli verilerin elde edilmesine yönelik çalışmaların önemi açıktır (Bahçeci 2020).

Sulama ve drenaj, hangi iklim kuşağında olduğu fark etmeksizin üretimde sürekliliği sağlayan, diğer gelişim etmenlerinin değerlendirilmesine olanak sağlayan temel uygulamalar olmaktadır. Tarımsal üretimde sulama sistemlerinin kullanılmasıyla elde edilen 3-7 kat arasındaki üretim artışı, ancak drenaj sistemlerinin sulama sistemleri ile birlikte kullanılmasıyla sürdürülebilirliğini koruyabilmektedir. Drenaj sistemi planlaması yapılmadan sulamaya açılan arazilerde çoraklaşma, tuzluluk ve taban suyu artışı görülmesi muhtemeldir. Bu sorunlar tarım arazilerinde ürün verimini uzun vadede hızlanarak düşürmekle kalmayıp arazilerin tarım yapılamaz hale gelmesine de sebep olabilmektedir (Güngör vd. 2011; Kanber vd. 2005).

Tarım arazilerinde drenaj sorunu, topografya ve toprak koşullarının, yüzey ve yeraltı sularının doğal bir boşaltma ağzına ulaşmasını engellediği veya ulaşmasının istenen hızda olmadığı durumlarda ortaya çıkmaktadır. Bu koşullarda su, doğal olarak gidecek bir yön bulamadığı için, sulama veya yağış ile birlikte araziye gelen su yüzeyde birikerek göllenmeler oluşturur. Bazı durumlarda taban suyunun yükselmesine sebep olarak bitkisel üretim yapılamayacak hale gelmesine yol açmaktadır (Güngör vd. 2011).

Drenaj uygulamaları “yüzey drenajı” ve “toprakaltı drenajı” olarak iki ana alt gruba ayrılır. Drenaj problemi ortaya çıktığı durumda serbest su kütesinin toprak yüzeyine kıyasla bulunduğu pozisyon, uygulanan çözümü sınıflandırmada kullanılır. Diğer bir deyişle; sorun, toprak yüzeyinde su birikmesi ile karakterize ediliyorsa çözüm yüzey drenajı olarak adlandırılır. Su, infiltre olarak taban suyunu besleyip yükselterek bitki kök bölgesini etkiliyor ise çözüm toprakaltı drenajı olarak adlandırılır. İki durumda

da fazla suyun uzaklaştırılması için, açık derin kanallar veya kapalı boru hatlarından yararlanılmaktadır. Sonuç olarak “drenaj” toprak profilinden fazla suyun uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır (Tarus 1982).

Tuzlu taban suyunun doğrudan veya kılcal yükselişle kök bölgesine ulaşması ve orada belli bir süre kalması, bitki gelişimini olumsuz biçimde etkilediği gibi, tuzlu ve alkali toprakların oluşumuna yol açarak tarımsal üretimi tamamen kısıtlayabilmektedir. Taban suyunun etkili kök bölgesinin altında ve belli bir derinlikte kontrol altında tutulması, bitki gelişimi için son derece önemlidir. Toprak-bitki-su arasında uygun bir dengenin kurulması, başarılı bir drenaj sisteminin varlığı ile mümkündür (Kanber vd. 2004).

Toprakta bulunan fazla suların toprak profilinden dren boruları veya dren kanalları sayesinde uzaklaştırılması “Toprakaltı drenajı” olarak tanımlanmaktadır. Yüzey drenajı ile toprakaltı drenajı arasında kesin bir ayırım yapmak mümkün değildir. Tarımsal üretim yapılan arazilerde, iki sistemin birlikte kullanılmasına yaygın olarak rastlanmaktadır (Güngör vd. 2011).

Toprak altı drenajının geliştirilmesinde geçmiş dönemlerde dar derin tarla hendekleri yaygın olarak kullanılmış, fakat tarımsal üretim yapılan alanlarda açık dren hendeklerinin kültürel işlemleri engellediği, bakım ve işletmesinin ekonomik olarak uygun olmadığı gözlemlenmiştir (Sönmez ve Balaban 1968; Sönmez 2004).

Drenaj borusu döşeyen makinelerde 1950’li yıllarda başlayan teknolojik gelişmeler ve drenaj sistemleri için yapılan yatırımlardan alınacak verimlilik düşünüldüğünde tarım alanlarında kapalı drenler yoluyla drenaj sistemi uygulanması yaygınlaşmaya başlamıştır. Başlangıçta drenaj borusu olarak kil ve beton boruların kullanımı yaygın iken, ham petrol fiyatlarındaki uygunluk ve plastik materyalin işlenmesindeki gelişmeler, maliyeti düşürerek plastik boruları, kil ve beton borulara kıyasla daha cazip hale getirmiştir (Eggelsmann 1987).

Toprakaltı drenaj sistemlerinin en büyük sorunlarından biri ise sedimantasyondur. Toprakta fazla suyun deşarj edilmesi esnasında, drenler vasıtasıyla aktarılan fazla su ile birlikte taşınan sediment, dren deliklerinden girerek akış kapasitesini azaltıcı veya engelleyici etkide bulunarak dren borularının işlevlerini yerine getirmesine engel olmaktadır. Ayrıca kimyasal çökeltme ve dren borularının içine bitki köklerinin girmesi nedeniyle akış kapasitesinin zamanla azalması beklenir. Aşırı sediment birikmesi nedeniyle oluşabilecek tıkanmaları önlemek için boruların temizlenmesi gerekir. Akış azalmaları belirli bir düzeye kadar kabul edilebilir. Ancak drenlerin işlevlerini yerine getiremeyecek şekilde meydana gelen tıkanmaların önlenmesi gerekmektedir (Bahçeci 2020).

Drenaj sistemlerinin tasarımı, uygulanması, bakım ve onarımındaki yatırım maliyeti oldukça yüksek olduğu için sistemden beklenen faydalar da maliyet ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Dren borularındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik çökelmeler drenaj etkinliğini önemli ölçüde azaltabilir. Çökeltme toprak yapısına, boru etrafındaki yüzey gerilimine ve boru yüzeyindeki su giriş deliklerine büyük ölçüde bağlıdır. Bu konuda çalışma yapan araştırmacılar, çürüme özellikleri olan ve bu özellikleri nedeniyle filtre fonksiyonlarını yenileyebilen çim, saman gibi organik

materyal kullanmanın gerekliliğini vurgulamıştır. Bununla birlikte organik materyallerin dren filtre özelliklerinin ilk yıllarda daha etkin olduğu ve yıllar geçtikçe etkisinin azalacağı da göz önünde bulundurulmalıdır (Eggelsmann 1987).

Topraktaki kil içeriğinin %40'dan fazla olması durumunda dren zarfına gerek duyulmadığı bildirilmiştir. Fakat bazı topraklarda dren boruları içerisine silt girişini engellemek için önlem alınması gerekmektedir. Suyun akışı, gözenekli ortamın küçük danelerini sürükleyerek dren borularının giriş deliklerinden itibaren birikmeye başlayarak, su akışının azalmasına veya tamamen durmasına neden olmaktadır. Bu durumda dren borularının etkinliği azalmakta veya tamamen ortadan kaldırmaktadır. Sistemin durmasını engellemek veya yavaşlatmak için iyi seçilmiş zarf materyali sediment girişini sınırlar. Boru çevresindeki yüksek hidrolik geçirgenlik ve stabil bir drenaj yapısı için iyi bir zarf materyali seçimi ve uygulaması sistemdeki tıkanmaları yavaşlatabilmektedir (Stuyt ve Willardson 1999; Güngör vd. 2011).

Drenaj gerektiren toprakların çoğu yapısal durağanlığa sahip değildirler, bu da drenlerde sedimentasyona neden olarak sistemin arızalanmasına neden olabilir. Sedimentasyon ancak kurulumdan sonra belirgin hale gelebilir ve önceden kurulmuş olan birçok sistemin tasarım kapasitelerinin altında çalışması muhtemeldir. Tarım arazilerindeki toprağın çökelmeye neden olup olmayacağını tahmin edebilmek oldukça önemli olmakla beraber, zarf malzemeleriyle toprağın yapısının desteklenmesi gerekebilmektedir. Mevcut malzemeler arasında kum-çakıl karışımı en ucuz ve kolay erişilebilen zarf malzemesi olarak kabul edilmektedir. Zarf malzemelerinin kullanılmasının ana nedeni, siltasyonu azaltarak drenaj sistemlerinin tıkanmasını geciktirmektir (Dewey ve George 1988).

Sulanan tarım arazilerinde verimlilik, sulama suyunun kalitesiyle ve su tablası derinliğiyle yakından ilişkilidir. Uygulanan suyun faydası, drenaj sisteminin etkinliğine bağlı olarak değişebilmektedir. Etkili kök bölgesine yükselen taban suyu, sulu tarım alanlarında tuzluluk ve alkalilik sorunları ortaya çıkarması sebebiyle arazilerin veriminde kayıplar yaşanmasına, hatta bu alanlarda tarım yapılamaz duruma gelmesine neden olmaktadır. Tarımın devamlılığı için taban suyu rejimi belirli periyotlarla incelenmeli ve kontrol altında tutulmalıdır (Gemalmaz vd. 1993).

Drenaj sistemi planlanırken, öncelikle sistemin kurulacağı arazi ile ilgili verilerin toplanması gerekmektedir. Sistem planlaması, elde edilen bu verilerin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesiyle yapılabilir. Bu aşamalardan sonra drenaj sistemi tarım arazilerine uygulanır. Drenaj sisteminin başarısını, veri toplama ve planlama esnasında kullanılan yöntemler ile uygulama esnasında kullanılan teknikler önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sebeple drenaj sistemi araziye uygulanmadan önce arazide denemelerin yapılması sistemin uzun süreli başarısı için son derece önemlidir (Gemalmaz vd. 1993).

Sedimentasyonun azaltılması ve dren verdisinin artırılmasında zarf malzemesinin önemi açıktır. Bu çalışmada kontrollü koşullarda permeametre kullanılarak, alanları aynı olmak üzere birim alandaki farklı şekillere sahip delik tiplerinin (daire, üçgen, kare ve dikdörtgen) ve farklı sayıdaki dren deliklerinin (1, 2, 4 ve 6), sediment birikimine ve dren verdisine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Dren boruları üzerindeki farklı şekillere sahip dren delik tiplerinin ve sayısının hem

dren verdisi hem de siltasyon üzerine etkilerinin birlikte değerdendirilecek olması çalışmayı özgün kılmaktadır.

2. KAYNAK TARAMASI

Drenaj çok eski çağlardan beri bilinen, Mezopotamya, Nil havzaları ile Roma İmparatorluğu döneminde yaygın biçimde kullanılan bir mühendislik dalıdır. Sulanır alanlardaki taban suyu düzeyinin denetiminde ve buna bağlı olarak tuzluluk-alkalilik gibi sorunların ortaya çıkmasının engellenmesinde etkin biçimde kullanılan tek yöntem olarak tanımlanmaktadır. Taban suyu ise, toprakta geçirimsiz bir katman üzerinde bulunan ve bulunduğu düzeyin altındaki toprak katlarını sürekli doymun halde tuttuğu için bitkilere zararlı olan su katmanı olarak tanımlanmaktadır (Tekinel ve Kanber 1987).

Toprakaltı drenaj uygulamalarında plastik dren borularının daha eski dönemlerde kullanılan kil veya beton borulara göre üstünlüğünün olduğu gibi dezavantajlı yönleri de vardır. Üretim hızı, ulaşılabilirliği, kurulum hızı gibi birtakım avantajlar plastik dren borularının diğer drenaj borularına kıyasla daha yaygın kullanılmasına olanak tanımaktadır. Ancak plastik dren borularının arazi kurulumunda mukavemet açısından bir takım negatif sonuçları olabileceği unutulmamalıdır. (King ve Willardson 2007).

Sulama geliştirme hizmetleri drenaj, tesviye, toprak ıslahı, arazi işletme yolları gibi çeşitli bölümlerden oluşmaktadır. İyi bir sulama projesinin, toprağa verilen suyun bitki ihtiyacından fazla olması durumunda bu suyun topraktan uzaklaşmasını sağlayacak drenaj sistemini de içermesi gerekmektedir. Aksi halde doğal yollarla uzaklaşmayan fazla su topraktaki su-hava dengesini bozarak ve bitkiye zarar vererek verimi önemli ölçüde azaltmaktadır (Becer 1984).

Tarım arazilerinde drenajın bozuk olduğu alanlar ekonomik olduğu kadar ekolojik açıdan da önem arz eden sahalardır. Bu sahalarda fiziki özelliklerine bağlı olarak rehabilite edildiği takdirde flora ve fauna bakımından o bölgede çeşitlilik yaratabilmektedir. Ayrıca ekonomik olarak doğal kaynakların üzerindeki baskıyı azaltabilecek potansiyele sahiptir (Demirbilek 2019).

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 çökeltilerle tıkanması gibi bir sorun oluşturmamaktadır. Genel olarak, derine döşenmiş drenlerde bitki köklerinin bir sorun oluşturma olasılığı da azdır. Bu nedenle ülkemizde dren borularında sediment birikmesi esas sorundur (Yardımcı 1988).

Toprakaltı drenaj sistemleri işlevleri bakımından tarla içi drenler (emiciler), toplayıcılar ve ana drenlerden oluşur. Emicilerin görevi tarla içindeki taban suyunun seviyesini kontrol altında tutmaktır. Toprakaltı drenaj sistemlerinde su tablasının düzeyi ve konumu, emicilerin derinlikleri ile aralıklarına bağlı olarak değişir. Sık ve derin drenler taban suyunu daha hızlı bir şekilde tahliye ederek taban suyu seviyesini daha aşağıya düşürürler (Bahçeci 2020).

Herzon ve Helenius (2008), tarımsal drenaj kanallarının biyolojik durumu hakkında yürüttükleri çalışmalarında, kuru ve yoğun şekilde yönetilen tarım arazilerine kıyasla drenaj kanalının bulunduğu arazilerde nadir bulunan veya diğer tarım arazilerinde bulunmayan türleri barındırdığını belirtmişlerdir. Açık drenaj kanallarının,

bulunduğu bölgelerdeki ekosistemin göz ardı edilerek yönetilmesindeki sakıncalara dikkat çekmişlerdir.

Zarf malzemesi, drenaj kanalına girişinde suyun karşılaştığı direnci azaltarak sedimantasyonu engeller. Hidrolik iletkenliğin yüksek olması durumunda, toprak parçacıkları, buldukları ortamın akışın gücüne yenik düşerek, önce zarf malzemesinin içerisine, ardından da dren deliğinden drenaj borusu içerisine taşınmaktadır. Bu taşınım toprağın bünyesine bağlı olarak siltli topraklarda artmakta iken, killi topraklarda azalmaktadır. Luthin et al. (1963) zarf materyalinin kullanılması durumunda akışın, dren deliklerinin arasındaki mesafeden çok az etkilendiğini, zarf materyali kullanılmaması durumunda ise önemli ölçüde etkilendiğini bildirmiştir. Zarf malzemeleri, toprakaltı drenajda drenleri, oluşabilecek fiziksel etkilerden koruyan ekonomik olarak kolay erişilebilir olan malzemelerdir. Doğal kaynaklardan elde edilmesi kolay olduğundan en yaygın olarak kullanılan mineral malzeme kaba kum, ince çakıl ve ezilmiş taşlardır. Zarf malzemeleri dren borularının etrafına bir veya birden fazla amaca hizmet etmeleri için konumlandırılan mineral, organik veya sentetik veya bu malzemelerin türevleri olan malzemelerden oluşmaktadır.

Luthin ve Haig (1972) tarafından dren boruları üzerindeki tek sıra halindeki deliklerin (3.17 mm çapında), drenin üst veya alt yüzeyinde olması durumuna bağlı olarak, farklı su yükleri altında (30, 60.5 ve 92 cm) laboratuvar koşullarında çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar, deliklerin altta olması durumunda dren verdisinin daha fazla olduğunu, bunun da su yükü farkından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ayrıca su yükleri ve verdi arasındaki ilişkilerden deliklerin altta veya üstte olmasının dren verdisini çok fazla değiştirmedeğini de ifade etmişlerdir

Tekinel vd. (1976) drenaj sistemlerinin etkinliğinin genel olarak su tablası seviyesinde hedeflenen alçalmayı sağlaması ile mümkün olduğunu belirtmişler ve su tablasını istenilen seviyeye indirmediği durumlarda ise drenaj sistemlerinin etkili çalışmadığını bildirmişlerdir.

Nieuwenhuis ve Wesseling (1979) plastik dren borularında dren deliği ve zarf malzemesinin giriş direncine ve etkili delik çapına etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, dairesel dren deliklerini teste tabi tutmuşlardır. Giriş direncini azaltmada, drenler üzerindeki deliklerin arasındaki mesafeyi azaltmanın delik çapını artırmaktan daha etkili olduğunu öne sürmüşlerdir. Ayrıca yazarlar, zarf malzemesinin kullanılmasının borunun efektif yarıçapını bir miktar arttıracığını fakat 0.5 ila 0.75 cm'den daha büyük zarf kalınlıklarının, malzemenin iletkenliğinden bağımsız olarak giriş direncini azaltmayacağını saptamışlardır.

Yardımcı (1979), dren borularını sedimantasyona karşı korumak veya akış hızını azaltmak için, drenlerin deliklerinin küçük olması gerektiğini ve drenlerin çevresine konulan zarf malzemelerinin sedimantasyonu azaltıcı yönde etkilediğini bildirmiştir.

Smedema ve Rycroft, (1983) bitki kök koşullarına bağlı olarak, kararsız akış koşullarında taban suyu seviyesinin düşürülme süresi ve derinliği ile ilgili kriterleri belirlemişlerdir. Araştırmacılar, sığ köklü suya dayanıklı bitkilerin yetiştirildiği koşullarda su tablasının 2 günde 0.2 m'ye, derin köklü bitkilerin ekildiği alanlarda 2

günde 0.3 m'ye ve normal - derin köklü bitkilerin yetiştirildiği alanlarda 2 günde 0.35 - 0.50 m'ye düşürülmesini önermişlerdir

Becer (1984), dren etrafına yerleştirilen 5 cm kalınlığındaki zarf malzemesinin dren borularına su girişini kolaylaştırıcı etkisini incelediği çalışmada, zarf malzemesinin giriş direncini düşürdüğünü ortaya koyarak, drenaj borularının mutlaka uygun bir zarf malzemesi ile birlikte uygulanması gerektiğini bildirmişlerdir.

Becer (1984) tarafından bildirildiğine göre, Güngör (1972), plastik drenaj borularında farklı delik büyüklüğü ve çeşitli filtre malzemesinin sedimantasyon ve drenlere olan su akışına etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, 10, 15 ve 20 cm² m⁻¹ delik alanını 1.15 ve 11.5 cm su yükü altında denemiş ve 20 cm² m⁻¹ delik alanından çıkan su miktarının diğer delik alanlarına göre bütün filtre malzemelerinde fazla olduğunu, cam pamuğu filtre malzemesi ve 15 cm² m⁻¹ delik alanı kullanılması durumunda spiral borunun düz boruya göre üstün olduğunu, özellikle spiral boruda büyük deliklerin dren akışını pek fazla artırmadığını, kullanılan filtrelerden sadece kumçakıl filtre kullanıldığında ve filtresiz koşullarda sedimantasyonun tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Nieuwenhuis ve Wesseling (1979) drenaj borularının etkili çapının belirlenmesinde zarf malzemesinin ve drenaj deliklerinin etkisini inceledikleri çalışmalarında, 0.5 ila 0.75 cm'den daha büyük zarf kalınlıklarının, malzemenin iletkenliğinden bağımsız olarak giriş direncini azaltmayacağını daha kalın zarf malzemelerinin sadece radyal direnci azaltacağını ve deliklerin sayısındaki artışın, giriş direncinin azaltılmasında deliklerin boyutunu arttırmaktan çok daha etkili olacağını bildirmişlerdir.

Dierickx (1980), giriş direncinden dolayı, deliklerin yakınındaki hidrolik eğimin yüksek değerlere ulaşabileceğini ve özellikle alt kısımda büyük miktarda toprak parçacığı girişini meydana gelebileceğini belirtmiştir. Dren borusu daha geçirgen bir zarfla çevrili olduğunda ise bu eğim belirgin şekilde azalmaktadır. Daha az geçirgen bir drenaj çevresinin, giriş direncinin artmasına ve etkili yarıçapın azalmasına neden olacağını, drenaj boruları üzerindeki deliklerin sayısındaki artışın ise giriş direncini azaltacağını bildirmiştir.

Sekendar (1984), kum tankı deney düzeneği kullanarak PVC drenaj borularının giriş direnci ve efektif yarıçaplarını değerlendirmek için altı farklı ön sarımlı zarf malzemesi kullanmıştır. Araştırmacı, gerçek yarıçapı 3.0 cm olan zarfsız drenaj borusunun efektif yarıçapını 0.47 cm olarak belirlemiştir. Bu değer ise, zarf malzemesi kullanılması durumunda 1.20 ile 2.50 cm arasında arttığını ve zarfsız bir drenaj borusunun giriş direncinin zarf malzemelerinin kullanılmasıyla azaldığını bildirmiştir.

Dren içerisine sediment girişi çoğu zaman boruların çevresine zarf malzemelerinin yerleştirilmesiyle azaltılabilir veya yavaşlatılabilir. Zarf malzemelerinin işlevleri sadece dren içerisine sediment girişini engellemek olmayıp aynı zamanda dren borusu çevresinin akış koşullarını iyileştirmek ve suyun drenlere girmesine karşı olan direnci de azaltmaktır (Yardımcı 1988).

Lennoz-Gratin (1989), kum tankı ve permeametre test yöntemlerini kullanarak farklı toprak türlerindeki (kumlu ve siltli topraklar) mineral tıkanma mekanizmalarını ve zarf malzemelerinin bu topraklarda nasıl davrandığını inceledikleri çalışmalarında, iki farklı türde zarf malzemesi denemişlerdir (Hindistan cevizi lifleri ve dokunmamış jeotekstil). Araştırmacı dren borularının tıkanmasının, borunun çevresindeki hidrolik iletkenlik ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Araştırmacı ayrıca, dren borularındaki tıkanma riskleri göz önünde bulundurulduğunda, toprağın boruyu tıkayarak akışı engellemesini önlemek ve borunun girişindeki direnci azaltarak drenaj performansını artırmak için dren borularında zarf malzemelerinin gerekliliğine dikkat çekmiştir.

Yarpuzlu ve Kumova (1990) toprakaltı drenaj sistemlerinin etkinliğini kısıtlayan en büyük sorunlarından birinin siltasyon olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, siltasyon problemleri nedeniyle büyük yatırımlar yapılarak uygulanan toprakaltı drenaj sistemlerinin görev ve fonksiyonlarını yerine getirme konusunda güçlük çekmekte olduğunu ve kendisinden beklenen faydaları sağlayamadığını belirtmişlerdir. Drenlerin çevresine konulan zarf malzemelerinin, boruların tıkanma tehlikesini azaltacağını ve toprak parçacıklarının drenler içerisine girişini önleyerek drenaj sistemlerinin etkinliğini artıracığını bildirmişlerdir.

Toprakaltı drenaj sistemlerinde drenlerin hemen yakınında giriş direnci, drenaj sistemlerinin etkinliğini üzerinde önemli bir etkendir. Giriş direnci, toprağın yapısal özelliğine, borunun geometrisine ve mevcut olabilecek zarf veya filtre malzemelerinin özelliklerine doğrudan bağlıdır. Toprağın yapısal özellikleri, özellikle drenaj sistemlerinin araziye kurulumundan hemen sonra değişmektedir. Buna bağlı olarak, drenaj sistemlerinde drenlerdeki giriş direncinin de bu değişimden etkilenmesi beklenmektedir (Bentley ve Skaggs 1993).

Vlotman et al. (1993) ve Asghar ve Vlotman (1995), yüzey altı drenajda elek ve permeametre analiz yöntemlerini değerlendirdikleri laboratuvar çalışmalarında dairesel ve dikdörtgen olmak üzere farklı levhalar üzerinde oluşturulmuş iki delik şeklini ele almışlardır. Çalışmada çapı 4.75 mm olan dairesel ve 3.17x12.7 mm olan dikdörtgen kesitli olmak üzere 2, 3 ve 4 delikli plakalar kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan her bir dairesel kesitin alanı 17.7, dikdörtgen kesitin alanı ise 40.3 mm² olarak verilirken plakalardaki 2, 3 ve 4 dairesel kesitli deliklerin toplam alanı, sırasıyla, 35.4, 53 ve 71 mm², dikdörtgen kesitli deliklerin toplam alanı ise 80, 121 ve 161 mm² olarak belirtilmektedir. Çalışma sonucunda bütün delik davranışlarının istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu, üç ve dört adet dikdörtgen deliğin olduğu dren plakasındaki farkların en az olduğu ve en iyi dren verdisinin dikdörtgen kesitli dört deliğin olduğu konudan elde edildiği sonucuna varmışlardır. Ancak çalışmada hem dren delik alanı hem de şekli değiştiğinden söz konusu sonuçların delik alanından mı yoksa delik şeklinden mi kaynaklandığına ilişkin bilgi verilmemiştir.

Hanay ve Anapalı (1996), laboratuvar koşullarında model dren tanklarında, hafif agrega ile kum-çakıl malzemelerini yüzey altı drenajda zarf malzemesi olarak kullandıkları çalışmalarında, bu iki malzemenin geçirgenliklerinin birbirine çok yakın olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca hafif agreganın drenlere sediment girişini önlemede kum-çakıl malzemedan ve zarf malzemesi olmayan kontrol grubundan daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Vlotman et al. (2000), yaptığı çalışmada dünyadaki uygulamaları gözden geçirmiş ve toprak bünyesi ile zarf gerekliliği arasındaki ilişkileri incelemiştir. Araştırmacı bu çalışmada, zarf gerekliliğine karar vermede en önemli faktörün temel toprağın bünyesi olduğunu ve toprakların bünyesindeki kil oranının belli bir düzeyin üstüne çıkmasıyla, filtreleme amacıyla zarfa gereksinim duyulmadığını belirtmiştir. Anılan çalışmaya göre, temel toprağın % 40 ve daha fazla kil içermesi durumunda zarf kullanmaya gerek olmadığı, eğer toprak % 30-40 kil içeriyorsa, bu durumda toprağın diğer özelliklerine bakarak karar verilmesi gerektiğine işaret etmiştir. Buna ilaveten araştırmacılar, ince sedimentleri boru dışında tutmak için bir zarf malzemesine gereksinim olmadığı durumlarda bile, yerleştirme koşulları ve hidrolik gereksinimler gibi faktörlerin zarf malzemesinin kullanımının gerekli olabileceğini bildirmişlerdir.

Drenaj zarfları esas olarak drenaj borularının etrafına toprağın dolmasını ve giriş deliklerinin tıkanmasını önlemek için kullanılmaktadır. Zarflar ayrıca drenlerin giriş direncini azaltmaktadır. Giriş direnci zarfsız koşullarda dren boruları ile temasta olan toprak direnci ile aynı düzende olabileceğinden, drenlerin hemen yakınındaki herhangi bir değişiklik drenaj sisteminin performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, drenaj borusunu çevreleyen topraktan daha yüksek hidrolik iletkenliğe sahip olan granül, organik veya sentetik zarflar sıklıkla uygulanır (Stuyt ve Willardson 1999).

Vlotman et al. (2000), dren boru çapını artırmak, delik alanını artırmak veya boşaltma aralığını azaltmak ve giriş direncini azaltmak gibi uygulamaların drenajın etkinliğinde önemli rol oynadıklarını bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, organik madde miktarı fazla olan topraklarda, biyolojik aktivitenin fazla olmasından dolayı dren borularında meydana gelebilecek tıkanmaları azaltmada daha büyük delikli dren borularının daha etkili olacağını bildirmişlerdir.

Brachman ve Krushelnitzky (2002) toprakaltı drenaj sistemlerinde kullanılan dairesel delikli boruların etrafındaki dirençleri belirlemek için üç boyutlu elastik sonlu elemanlar analiz yöntemini kullanmışlardır. Araştırmacılar delik etrafındaki yüksek dirençlerin borunun kalınlığı ve çapı, deliğin çapı, deliğin çevresel konumu, delikler arasındaki aksel boşluk ve delikler arasındaki çevresel boşluğa bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca drenaj boruları yerleştirirken deliklerin desenlerine dikkat edilmemesi durumunda dren borularının aşırı direnç altında kalacaklarını belirtmişlerdir.

Stuyt ve Dierickx (2006) zarf malzemelerinin büyük ölçüde toprak "tutucuları" veya drenlerin yakınında toprağı fiziksel olarak destekleyen geçirgen bariyerler olarak görev yaptığını dikkat çekmişlerdir. Ayrıca yazarlar; aynı delik alanı için birkaç büyük deliktense, çok sayıda küçük drenaj deliği daha az giriş direnci yaratacağını bildirmişlerdir.

Kamble et al. (2008) toprakaltı drenaj sistemlerinde kullandıkları üç farklı zarf malzemesinin toprağın kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesine olan etkilerini araştırdıkları 4 yıl süren çalışmalarında, 8.81 ha tuzluluk sorunu olan alan üzerine kurulan 80 mm oluklu delikli PVC drenaj boruları ile üç farklı türde zarf materyali (jeotekstil, kaba kum ve jeotekstil + kaba kum) kullanmışlar; Kaba kum zarf malzemesinin tuzluluk sorunu görülen ve su ile doymuş olan toprakta EC, SAR, pH ve

ESP değerlerinin iyileştirilmesi bakımından diğer zarf malzemelerine kıyasla daha üstün olduğunu bildirmişlerdir.

Rathod et al. (2008) tuzluluk ve drenaj sorunu olan 8.81 ha alan üzerine kurulan oluklu delikli 80 mm PVC drenaj borusu ile kaba kum, jeotekstil ve kaba kum + jeotekstil malzemelerini kullanarak, zarf malzemelerinin toprakaltı drenaj sistemine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, su tablası seviyesinin azalması, fazla suyun deşarj olması, drenaj katsayısı ve hidrolik iletkenliğin artması bakımından toprakaltı drenaj sistemlerinin kurulumundan üç yıl sonraki durumlarında, diğer zarflara kıyasla kaba kum zarf materyalinin üstün olduğunu bildirmişlerdir.

Ojaghlo et al. (2010), toprakaltı drenaj sisteminde zarf gerekliliğinde toprağın kil yüzdesinin etkisini değerlendirdikleri laboratuvar çalışmalarında kullandıkları sabit seviyeli permeametre düzeneğinde dairesel ve dikdörtgen olmak üzere iki farklı dren deliğini ele almışlardır. Kullandıkları drenaj plakaları üzerindeki delik alanı büyüklüğü gelen akışı karşılamak için yeterli değilse drene olan suyun daha fazla giriş direncine maruz kalarak siltasyonda etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Ağar (2011) tıkanma ve siltasyonu önlemede kullanılan zarf malzemelerinin yüksek hidrolik eğim altında jeotekstil zarf malzemesi ve kum-çakıl zarf malzemesinin karşılaştırılması için permeametre yöntemi kullanmışlardır. Jeotekstil zarf malzemelerinin killi ve siltli-tınlı topraklar için kum-çakıl zarf malzemelerine kıyasla 6-7 kat daha etkili olduğunu ve tüm drenaj zarf malzemelerinin teorik olarak uygun olmasına rağmen, siltasyonu önleme ve gerekli geçirgenlik performansını karşılama bakımından farklılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca filtre malzemelerinin uygulanmasından önce laboratuvar koşullarında test edilmesi gerektiğine dikkat çekmişlerdir.

Pedram et al. (2011), tuzlu toprakların drenajında kullanılan sentetik zarfların tıkanma potansiyelini değerlendirdikleri laboratuvar çalışmalarında, geleneksel zarflarla aynı performansı gösteren sentetik zarfların kullanılmasını öngörmüşler; 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 ($EC=22.2 \text{ dSm}^{-1}$) ve tuzsuz (0.78 dSm^{-1}) su koşullarında bir dizi geçirgenlik testi uygulamışlar, tuzlu su uygulamasının tuzsuz su uygulamasına kıyasla, tıkanmalarda daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Valipour (2012), yer altı drenaj sistemlerinde drenaj parametrelerinin, drenaj deşarjına etkisi hakkında yaptığı çalışmada, EnDrain yazılımı ile tüm drenaj parametrelerini değiştirerek, yer altı drenaj sistemlerinde drenaj deşarjındaki değişiklikleri araştırmıştır. Araştırmacı, dren aralığı 25 metreden 45 metreye çıktığında drenaj deşarjının dik bir eğimle azaldığını ve 150 metreden sonra deşarj miktarının sabit kaldığını belirtmiştir. Buna ilaveten, su tablası seviyesi drenaj deşarjı için tüm drenaj parametreleri arasında en etkili parametre olarak kabul edilmesinin yanı sıra, düşük dren aralıklarının, deşarj üzerine etkisinin de önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Kumar et al. (2013) sulu tarımın uzun vadeli sürdürülebilirliği amacıyla toprakaltı drenaj sistemlerinin performansını ve toprağın hidrolik özelliklerinin değerlendirilmesi

için kum tankı ve permeabilite testleri kullanarak yaptıkları çalışmalarında; HG 22, SAPP 240 ve CAN 2 olmak üzere üç farklı sentetik zarf malzemesinin test edilmesinde giriş direnci ve hidrolik iletkenliği baz almışlardır. SAPP 240 sentetik zarf malzemesinin giriş direnci ve hidrolik iletkenliği açısından diğer sentetik zarf malzemelerine kıyasla SAPP 240 sentetik zarf malzemesinin hidrolik iletkenliği en yüksek ve giriş direnci ise en düşük olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ahmadi ve Aghajani (2013) yaklaşık 1 hektarlık alanda 20 m dren aralığı ve 1.5 m dren derinliğine sahip üç drenaj borusundan oluşan toprakaltı drenaj sistemi kurularak, dren borusu çevresine yerleştirilen zarf malzemesinin üzerine geçirimsiz plastik malzeme koyarak, drenaj borusuna doğru olan düşey akışın engellenmesinin su tablası seviyesi ve drenaj akışı üzerine etkisini araştırılmışlardır. Araştırmacılar, toprak parçacıklarının drenlere girişinin düşey akışı engellenen sistemde daha az olduğunu belirterek düşey akışın sedimantasyondaki önemine dikkat çekmişlerdir.

Hassanoghli ve Pedram (2015), farklı tuzlu su konularında ($EC=22.2 \text{ dS } m^{-1}$ ve $EC=0.78 \text{ dS } m^{-1}$) sentetik zarf malzemelerinin tıkanma potansiyelini değerlendirmek için laboratuvarında koşullarında permeametre kullanmışlardır. Suyun yüksek tuzluluk oranının toprak stabilitesini azalttığını ve zarfın gözeneklerine doğru olan toprak parçacık hareketlerinin artmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Oyarce et al. (2017) drenaj sistemlerinin performansını en üst düzeye çıkarmak için PVC drenleri, su toplama alanı ve su giriş direnci faktörü ile ilgili yapısal mekanik durumlarını değerlendirdikleri çalışmalarında, drenaj borularındaki delik yoğunluğunu, toprağın hidrolik karakteristikleri, zarf malzemelerinin etkilerini, su toplama verimliliğini, su giriş direnci faktörünün ve boru etkin yarıçapı üzerine etkilerini tanımlamak için deneysel bir düzenekte incelemeler yapmışlardır. Araştırmacılar bu drenaj boruları üzerindeki delik yoğunluğunun, etkin yarıçap ve giriş direnci üzerinde, zarf malzemesine kıyasla daha küçük bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, yüksek delik yoğunlukları için drenaj borularının mekanik darbelere karşı direncinin azalacağını bildirmişlerdir.

Bahçeci vd. (2018) Harran Ovasında 50 ha'lık pilot bölgede drenaj borularındaki kök büyümesi, tıkanma ve siltasyon gibi faktörleri göz önüne alarak, geleneksel zarf malzemelerinin (kum-çakıl ve PP 450) kullanıldığı drenaj borusu ile yeni konsept HYDROLUIS (deliksiz bir boru ile 2/3'ü kaplanan ve üstte 3 sıra delikli oluklu bir boru ile drenaj deliklerinin toprak ile temasını engelleyen yeni tipte drenaj borusu) drenaj borularını karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar jeotekstil zarf performanslarının, tıkanma nedeniyle araştırmanın ikinci yılında önemli ölçüde düşmesine karşın, HYDROLUIS drenaj borularında herhangi bir sedimantasyon veya bitki kökü penetrasyon izinin görülmediğini belirlemişlerdir.

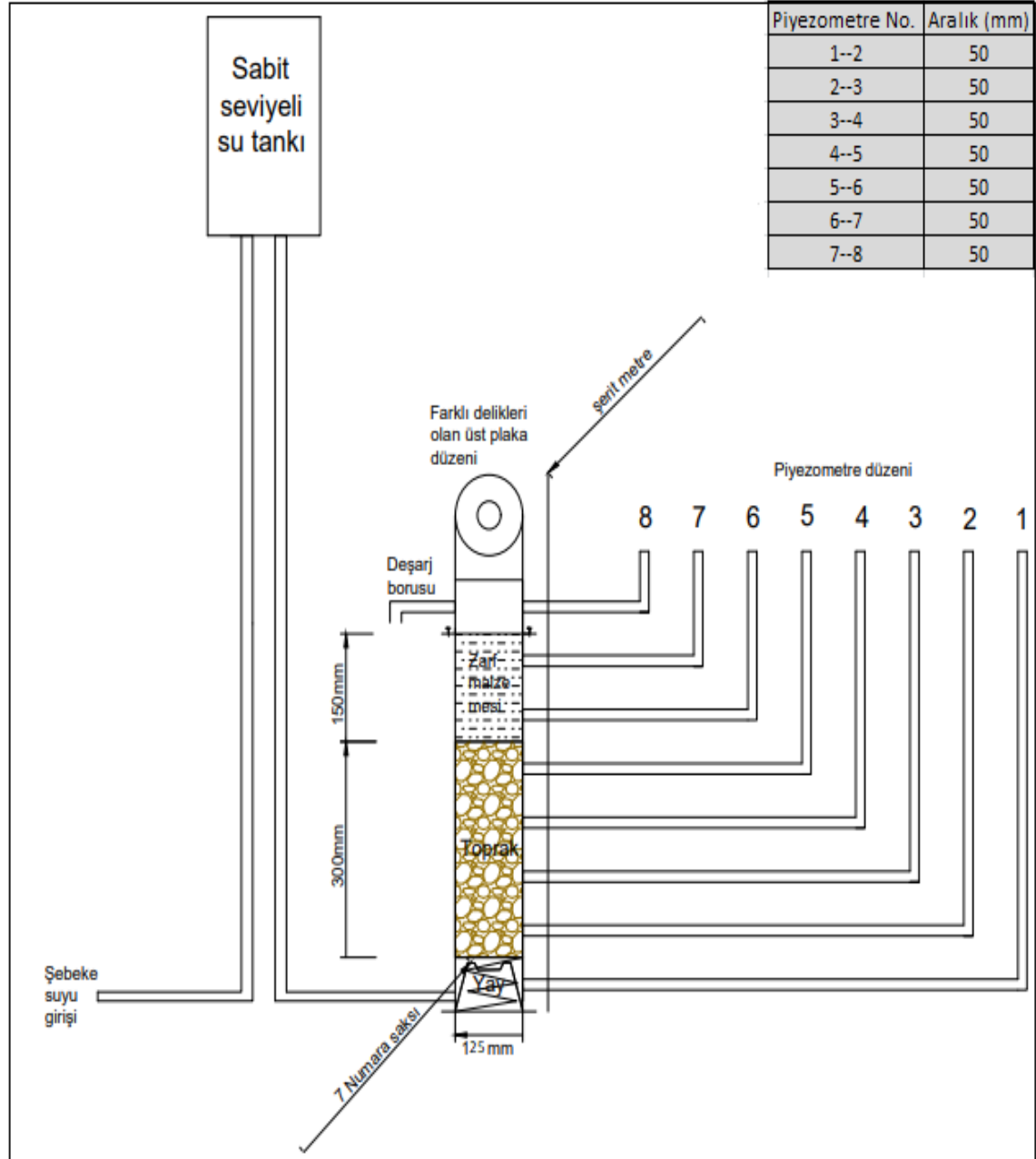
Gaj ve Madramootoo (2020) tarafından yapılan çalışmada delik şekillerinin ve boyutlarının, giriş direnci ve deşarj süresi üzerindeki etkilerini simüle etmek için, Stuyt et al. (2005) tarafından yapılan kum tankı deneylerinden elde edilen veri kümeleriyle kalibre edilmiş sayısal bir model kullanılmıştır. Oluklu borulardaki delik şeklinin giriş direncine etkisini, aynı delik alanına ve desenine sahip delikler için de araştırılmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda, giriş direncinin delikli oluklu borular için aynı delik alanına sahip olanlara göre % 51 daha yüksek olduğunu bildirmişler ve bu giriş

direncindeki farkın ise, dairesel deliklerin etrafındaki akış çizgilerinin ekstra daralmasından kaynaklandığını ve bunun da hidrolik yükte daha yüksek bir kayba neden olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan bu çalışmada aynı çaptaki dikdörtgen drenaj deliklerinin, dairesel drenaj deliklerine göre giriş direnci ve dren verdisi bakımından üstün olduğu ortaya konulmuştur.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Permeametre Test Metodu

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama alanında kontrollü koşullarda yüksekliği 450 mm, iç çapı 125 mm olan krom – nikel alaşımı malzemeden yapılmış 8 adet permeametre cihazı kullanılarak yürütülmüştür. Deneysel düzeneğin şeması Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Denemede kullanılan sistemin şematik görünümü

Permeametreler Şekil 3.2’de gösterildiği üzere dikey olarak konumlandırılarak, su girişi sistemin altından sağlanmıştır. Permeametre düzeneği; toprak ve yaygın

kullanılan zarf materyali olan kum-çakıl olmak üzere iki katmanlı olarak oluşturulmuştur. Çalışmada, Akdeniz bölgesinde yaygın bulunan toprak bünyesi kullanılmış olup, kullanılan toprak elek analizi yapıldıktan sonra doğal birim hacim ağırlıklarını sağlayacak biçimde denemenin gerçekleştirileceği permeametreler yerleştirilmiştir. Permeametre düzeneğinin en altında toprak ve zarfın, denemesi yapılacak olan plakalara temasını sürekli kılmak için 5 cm uzunluğunda çelik yaylar kullanılmış ve tabanı tamamen açılmış saksılar kullanılarak bu yayların mukavemeti artırılmıştır.



Şekil 3.2. Permeametre düzeneğinin kurulumu ve tesviyesi

Permeametre düzeneğinin alt kısmına toprak parçacıklarının geçişini engellemek için yayların üzerine krom alaşımlı malzeme kullanılarak yapılmış delikli süzgeç kullanılmıştır. Ayrıca süzgeçlerin etkinliğini artırmak için süzgeç ölçülerinde kesilmiş sargı bezi yerleştirilerek agrega geçişi tamamen önlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Permeametre düzeneğine toprak zerrelere girişinin önlenmesi

Sisteme su girişi alt kısımdan olması nedeniyle hedeflenen su yüklerinde oluşan basınç, permeametre'nin üst kısmına monte edilen flanşlı vidalı düzenek yardımıyla, sistem içerisindeki toprak ve zarf materyalinin drenaj plakasına tam temasını ve sıkışmasını sağlarken, aynı zamanda basınç değişimlerinde sistemden toprak ve zarf materyallerinin bozularak permeametre düzeneğinin dışına çıkmasını engellemiştir (Şekil 3.4).



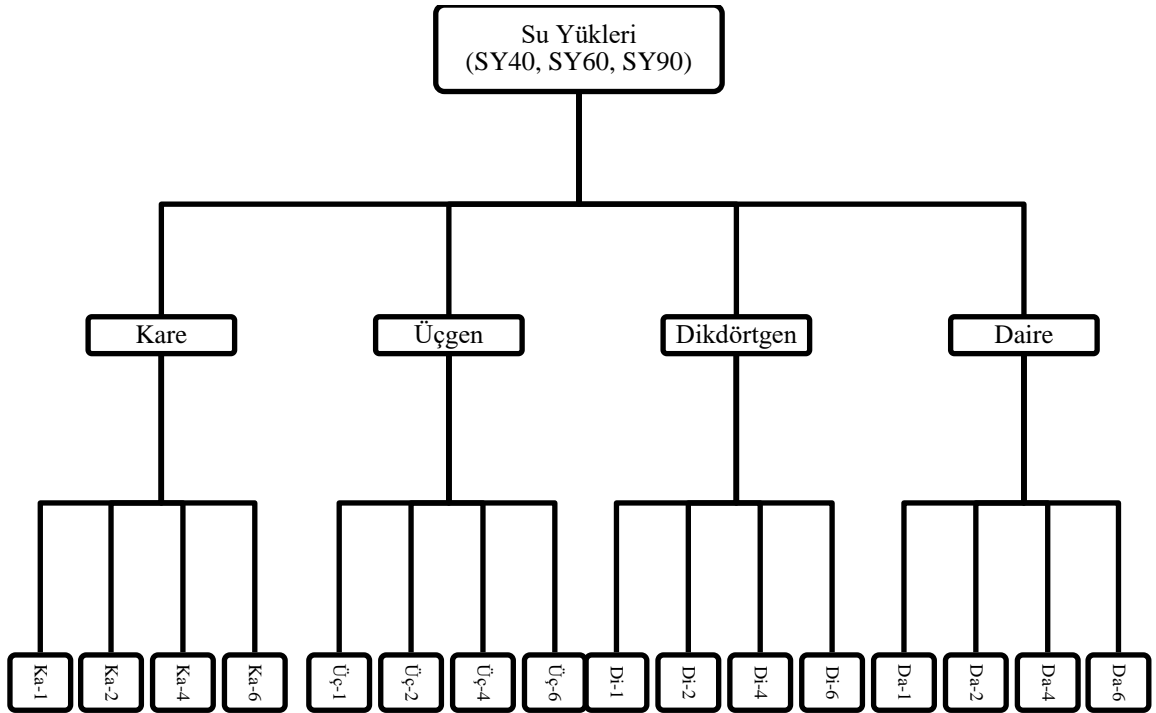
Şekil 3.4. Permeametre düzeneğinde flanşlı vidalı sistemin üstten görünümü

Dikey olarak konumlandırılan tüm permeametreler, teraziye alınarak sistemde oluşabilecek basınç farklılıklarının önüne geçilmiştir.



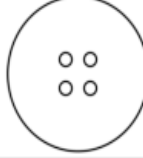
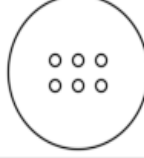
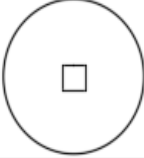
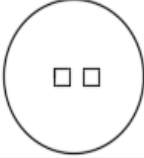
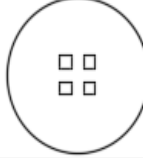
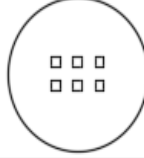
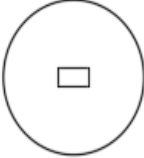
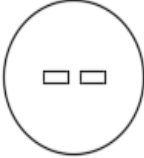
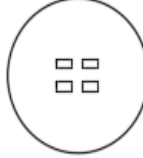
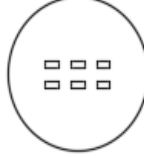



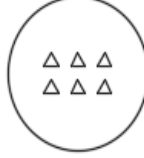
3.2. Permeametre Düzenğinde Kullanılan Drenaj Plakaları ve Su Yükleri

Su çıkışının sağlandığı plaka üzerine Şekil 3.5’de verildiği üzere dört farklı geometrik şekil seçilerek (dikdörtgen, daire, üçgen ve kare) delik alanları 113 mm² olacak şekilde hazırlanmıştır.

Drenaj plakalarının delik alanı değişmeden, delik sayıları artırılarak 1, 2, 4 ve 6 adet olmak üzere, delikler krom–nikel alaşımli malzemeden lazer kesimi ile drenaj plakaları üzerine açılmıştır. Bu çalışma 3 tekerrürlü olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre, delik şekillerinin ve sayılarının tamamı 3 farklı su yükünde de (40 cm, 65 cm ve 90 cm) denenmiştir. Çalışmada kullanılan farklı delik şekillerinin, delik sayılarının ve su yüklerinin kısaltmaları Şekil 3.5’te verilmiştir.



Şekil 3.5. Çalışmada denenen delik şekilleri, sayıları ve su yükleri

		Dren deliği sayısı			
		1	2	4	6
Delik Tipi	Dairesel dren deliği				
		Da-1	Da-2	Da-4	Da-6
	Kare dren deliği				
		Ka-1	Ka-2	Ka-4	Ka-6
	Dikdörtgen dren deliği				
		Di-1	Di-2	Di-4	Di-6
	Üçgen dren deliği				
		Üç-1	Üç-2	Üç-4	Üç-6

Şekil 3.6. Denemede kullanılan drenaj delik şekilleri ve sayıları

Şekil 3.6’da görüleceği üzere denemede kullanılan farklı şekillerdeki drenaj deliklerinin şeklinin ilk iki harfi ve delik sayısı olacak şekilde olan kısaltmalardan yararlanılarak anlatımda kolaylık amaçlanmıştır.

3.3. Toprak Bünyesinin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan toprağın bünyesi, toprak bünyesini oluşturan bileşenlerin Bouyoucus Hidrometre yöntemi ile hesaplanmasının ardından bünye üçgeninden tayin edilmiş ve Çizelge 3.1’de verilmiştir (Gee ve Boudier 1986). Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama alanından alınan toprak numuneleri, analiz için plastik torbalara konulup etiketlenmiştir. Hava kuru olan toprak örneği 4 mm’lik elekten geçirilerek deneyde kullanılacak permeametrelerle doğal birim hacim ağırlıklarını sağlayacak biçimde yerleştirilmiştir. Zarf malzemesi olarak seçilen kum-çakıl malzeme; Antalya

Konyaaltı sahil şeridinden alınmış ve tuzluluğun deneyi etkilememesi adına sulama suyu ile yıkanarak tuzdan arındırılmıştır.

Çizelge 3.1. Toprak bünyesini oluşturan malzemeler

Toprak Bünyesi	% Kum	% Silt	% Kil
Kumlu - Tın	53	32	15

3.4. Toprak ve Zarf Materyalinin Granülometri Eğrilerinin Tayin Edilmesi

Asghar ve Vlotman (1995) tarafından önerilen uygun zarf materyali seçiminde kullanılan metodoloji olan ASTM elek analizi, çalışmada kullanılan toprak ve zarf materyalinin granülometrik eğrilerinin saptanması amacıyla toprak ve zarf materyalinden alınan numunelere uygulanmış ve dane dağılımları belirlenmiştir.

Güngör vd. (2011) tarafından bildirildiğine göre, filtre malzemesi olarak kullanılması amaçlanan kum-çakıl karışımının, filtre görevini yerine getirebilmesi için toprağın dane dağılımı ile kum-çakıl karışımının dane dağılımının uyumluluk göstermesi gerekmektedir. Bu ilişkinin denetlemesi için denemede kullanılan toprağın ve filtre malzemesinin elek analizine tabi tutularak analiz sonrasında Terzaghi tarafından önerilen Çizelge 3.2'deki kriterlere uygunluğu araştırılmıştır.

Çizelge 3.2. Toprak ve zarf malzemesinin uyumluluk sınırları

Öncül	Sınır Değerleri
<i>Filtre malzemesinin %50'den küçük dane çapı</i> <i>Toprağın %50'den küçük dane çapı</i>	12 – 58
<i>Filtre malzemesinin %15'den küçük dane çapı</i> <i>Toprağın %15'den küçük dane çapı</i>	12 – 40
<i>Filtre malzemesinin %15'den küçük dane çapı</i> <i>Toprağın %85'den küçük dane çapı</i>	≤ 5

A.B.D. Bureau of Reclamation (1993) tarafından bildirildiğine göre, zarf materyali olarak kullanılması amaçlanan malzemelerin granülometri eğrilerine bağlı eğrilik katsayısı (C_c) ve uniformite katsayısının (C_u) belirli bir aralıkta olması gerekmektedir (Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4). Ayrıca zarf malzemesi olarak kullanılacak kum ve çakıl materyaller için uniformite katsayılarının (C_u); kum için 6'dan büyük, çakıl içinse 4'den büyük olması gerekmektedir. Kum-çakıl zarf malzemesi kullanılacak ise uniformite katsayısının 1-3 değerleri arasında olması gerekmektedir.

Çizelge 3.3. Toprak ve zarf malzemesinin içeriğinin uygunluğu

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$\text{Uniformite Katsayısı } (C_u) = 1 - 3$$

$$\frac{\text{Elekten geçen zarf malzemesinin \%60'ının dane çapı}}{\text{Elekten geçen zarf malzemesinin \%10'unun dane çapı}}$$

Çizelge 3.4. Toprak ve zarf malzemesinin eğrilik bakımından uygunluğu

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10}) * (D_{60})}$$

$$\text{Eğrilik Katsayısı } (C_c) = 1 - 3$$

$$\frac{(\text{Elekten geçen zarf malzemesinin \%30'unun dane çapının karesi})}{(\text{Elekten geçen z. malzemesinin \%10'unun dane çapı}) * (\text{Elekten geçen z. malzemesinin \%10'unun dane çapı})}$$

3.5. Debi Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi

Sistemden drene olan su, permeametre düzeneğinin üzerinden deşarj borusu ile toplanarak ölçülü kap yardımı ile debi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sistemin başlatılmasından itibaren ilk saatte her 15 dakikada, sonraki saatlerde ise her 1 saatte bir debi ölçümü alınarak debinin sabitleşmesi beklenmiştir. Toplamda 4 saat boyunca debi ölçümü yapılarak kaydedilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.7. Ölçülü kap yardımı ile debi ölçümünün yapılması

Drene olan suyun sıcaklığı hidrolik iletkenlik değerine etki edeceğinden debi ölçümü alınırken rezervuarın ve drene olan suyun sıcaklığı termometre kullanılarak ölçülüp kaydedilmiştir.

3.7. Sedimentasyon Ölçümü

Toprakaltı drenaj sistemleri, yağışla veya sulama ile toprakta değişen su yüklerine maruz kaldığı yaklaşımla, permeametrelerde denemeye tabi tutulan plakalar için uygulanan üç su yükünün denemesi sonunda, zarf materyalini geçip plaka üzerinde biriken toplam sediment toplanmış ve hava kuru hale geldikten sonra hassas terazi ile ağırlıkları kaydedilerek sedimentasyon miktarı belirlenmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Sedimentasyon ölçümlerinin yapılmasına bir örnek

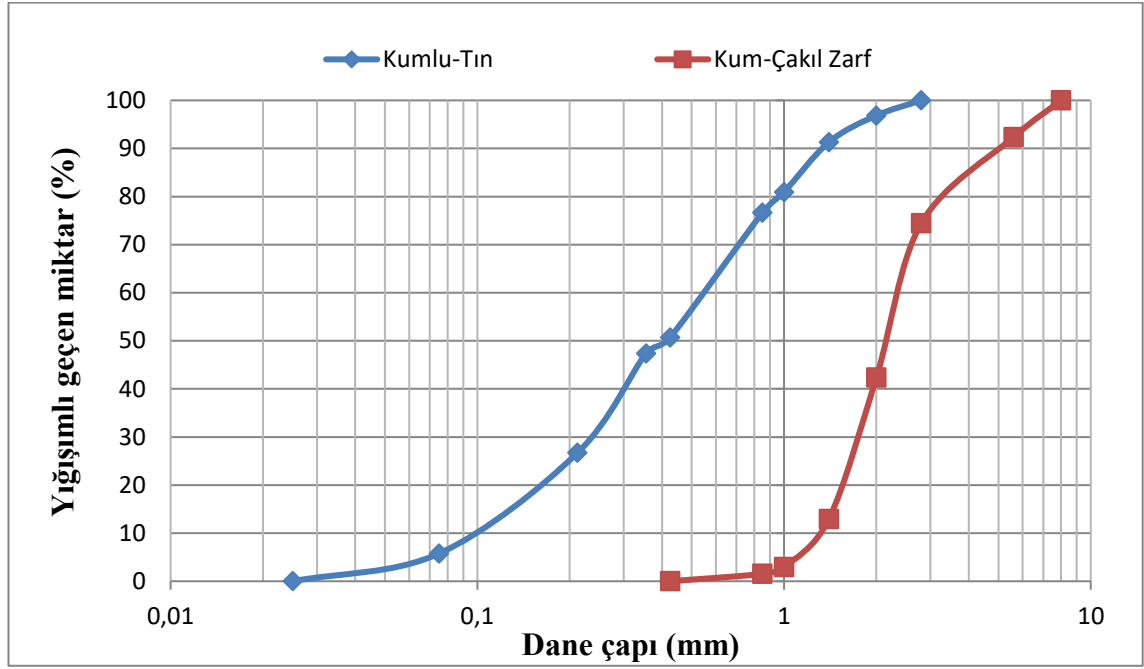
3.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışma 3 tekerrürlü olmak üzere tesadüf parselleri deneme deseninde yürütülmüştür. Çalışmada farklı su yükü delik sayısı ve delik şekillerinin debi ve sediment birikimine olan etkisinin istatistiksel anlamda belirlemesi amacıyla varyans analiz testi ($p < 0.05$) uygulanmış ve ortalamaların karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerin yapılması amaçla SPSS (Statistics Base v23) yazılımı kullanılmıştır.

4. BULGURLAR VE TARTIŞMA

4.1. Toprak ve Zarf Malzemesinin Granülometrik Eğrileri

Denemede kullanılan toprak ve kum-çakıl zarf malzemesi örneklerinin elek analizi yardımıyla belirlenen dane dağılımlarından elde edilen granülometrik eğriler Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre dane çaplarının, toprak örneğinde 0.075 mm ile 2.8 mm arasında değiştiği, kum-çakıl zarf malzemesinde ise 0.85 mm ile 8 mm arasında değiştiği kaydedilmiştir.



Şekil 4.1. Toprak ve zarf malzemesinin granülometrik eğrileri

4.2. Toprak ve Zarf Malzemesinin Uygunluğunun Saptanması

Toprak ve zarf malzemesinin dane dağılımı Güngör vd. (2011) tarafından bildirilen Terzaghi tarafından önerilen ölçütlerin, kumlu-tın toprak bünyesinde olan uygunluk durumları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprak ve zarf malzemesinin uygunluk durumları

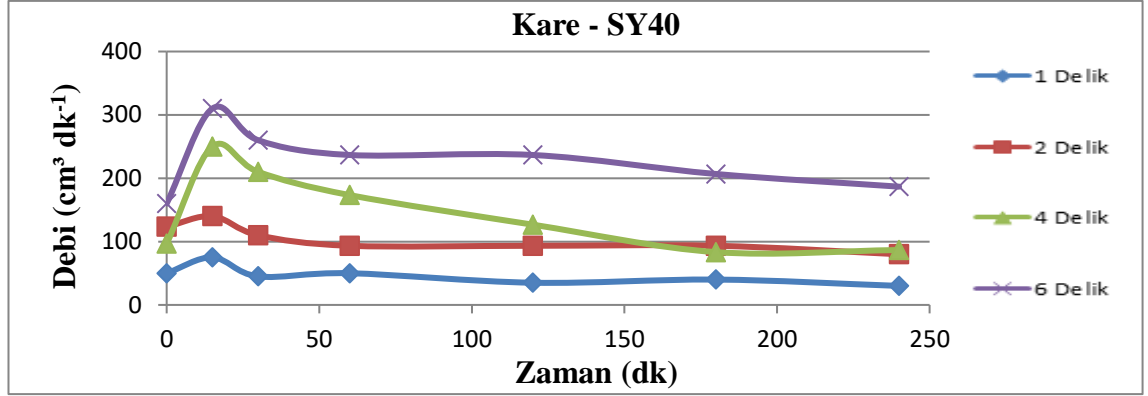
	Önerilen	Elde edilen	Uygun olma durumu
$\frac{D_{50}F}{D_{50}T}$	12-58	5.8	✗
$\frac{D_{15}F}{D_{15}T}$	12-40	12	✓
$\frac{D_{15}F}{D_{85}T}$	≤ 5	1.3	✓
C_u	1-3	1.7	✓
C_c	1-3	2.7	✓

Önerilen ölçütlerin $\frac{D_{50}F}{D_{50}T}$ oranı dışında tamamının sağlandığı belirlenmiştir. Burada elde edilen değerler ve zarf malzemesinin granülometrik eğrisinin, toprağın granülometrik eğrisine olan paralelliği zarf malzemesinin iyi derecelendirilmiş olduğunu göstermektedir (Gemalmaz vd. 1993). Nitekim Baş ve Berkman (1986) filtre malzemesinin ve toprağın dane dağılımının benzer biçimde dereceleme grafik eğrileri içerdikleri takdirde ve $\frac{D_{15}F}{D_{85}T} \leq 5$ olması durumunda filtrenin stabil olacağını belirtmektedir.

4.3. Debinin Su Yüklerine, Delik Sayılarına ve Delik Şekillerine Bağlı Zamanla Değişimi

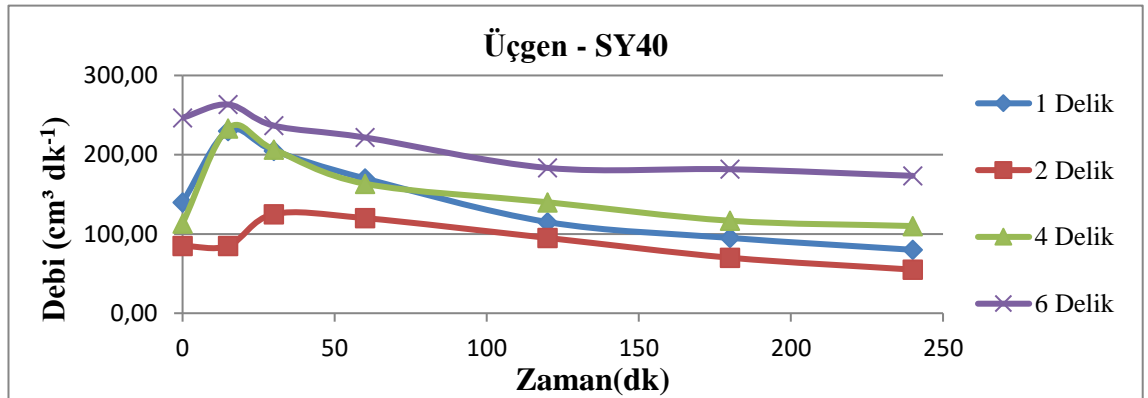
4.3.1. SY40 konusunda debinin zamanla değişimi

Permeametre deney düzeneğinde kumlu-tın toprak bünyesi ve kum-çakıl zarf materyalinde SY40 konusunda 1, 2, 4 ve 6 delikli kare, üçgen, dikdörtgen ve daire şekilli dren deliklerinin 4 saatlik zaman dilimindeki debi değişimi sırasıyla Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de verilmiştir.



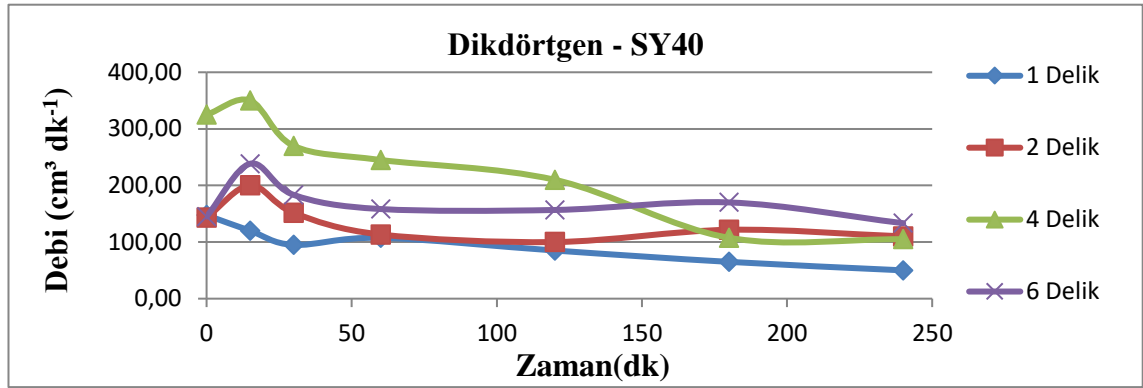
Şekil 4.2. SY40 konusu kare dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

Her biri farklı permeametrelerde, aynı anda test edilen delikli plakalarda, suyun sisteme verilmesinin ardından, sistemden drene olan suda anlık bir artış gözlemlenmiştir. Şekil 4.2’de görüldüğü üzere bu artışın su yüklerinin değiştirilmesinden hemen sonra meydana geldiği düşünülürse, sistemdeki toprak ve zarf materyalinin bu yük değişimine uyum sağlama süresi olarak değerlendirilmektedir. Kare drenaj delik şeklinde en fazla ortalama debi deşarjı, Ka-6 konusundan ($253.33 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) elde edilmiştir. Delik sayısı azaldıkça deşarj edilen su miktarında azalma eğilimi gözlemlenmiştir. En az ortalama debi deşarjı ise Ka-1 konusunda ($46.43 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gözlemlenmiştir.



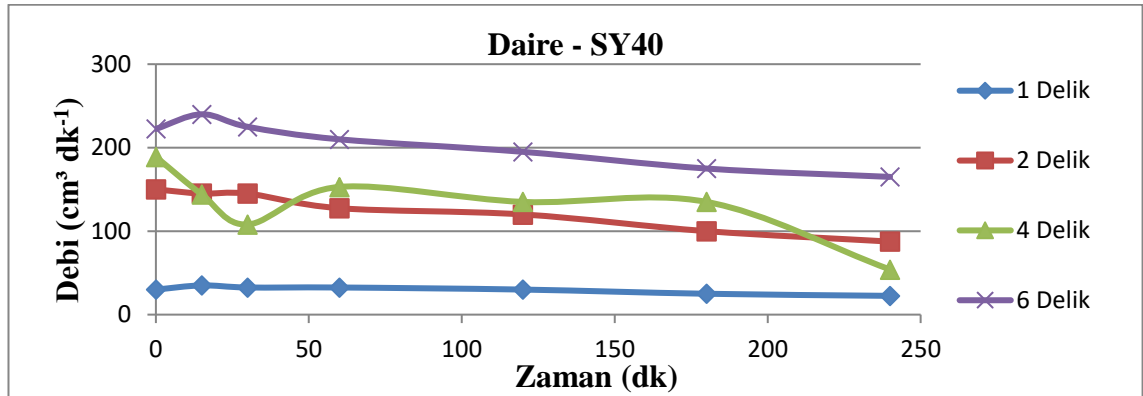
Şekil 4.3. SY40 konusu üçgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

Şekil 4.3’de görüleceği üzere üçgen dren delik şeklinde SY40 konusunda gerçekleşen en fazla su deşarjı, Üç-6 konusundan ($215.23 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) elde edilmiştir. Üç-4 konusundan elde edilen debi ise $154.76 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. En az debi deşarjı konusunun Üç-1 konusu ($147.85 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) olması beklenirken, Üç-2 konusunda ($90.71 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir. Bunun sebebinin ise sistemin su yükü değiştirildikten sonraki uyum sürecinde meydana gelebilecek sıkışmalar olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.4. SY40 konusu dikdörtgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

SY40 konusunda denenen farklı delik sayılarının bulunduğu dikdörtgen dren deliklerinden gerçekleşen debi Şekil 4.4’de verilmiştir. Bu delik şeklinde en yüksek ortalama debi deşarjı Di-4 konusunda ($230.36 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) belirlenmiştir. Ancak Di-4 konusunun ölçümün ikinci saatinden sonra debide gerçekleşen düşüş, sistemin sabit hale geldiğini gösterebileceğinden, bu dalgalanmaya sistemin sıkışmasının sebep olduğu söylenebilir. Di-6 konusunda ortalama debi $169.29 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. En az debi deşarjı Di-1 konusunda ($95.71 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) ölçülmüştür.

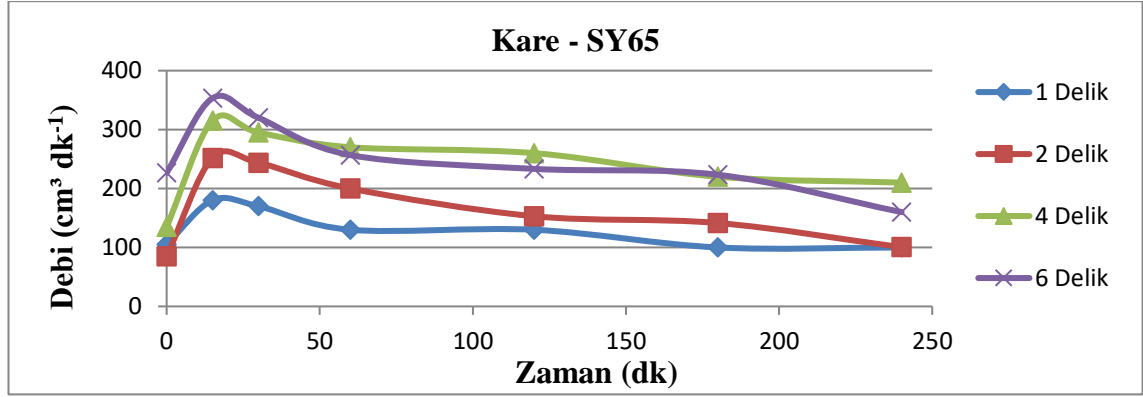


Şekil 4.5. SY40 konusu daire dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

SY40 su yükünde test edilen son delik şekli olan daire dren deliklerinin zamana bağlı debi değişimi Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Bu grafikte görüleceği üzere su yükünün değişimi testin başlangıcında debide dalgalanmalara sebep olmuştur. Da-1 konusu ise su yükü değişimine herhangi bir tepki vermemiştir. Bu su yükünde daire delik şekli özelinde en fazla debi deşarjı Da-6 konusunda ($204.64 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) ölçülmüştür. En az debiyi sistemden uzaklaştıran plaka ise Da-1 konusu olmuştur.

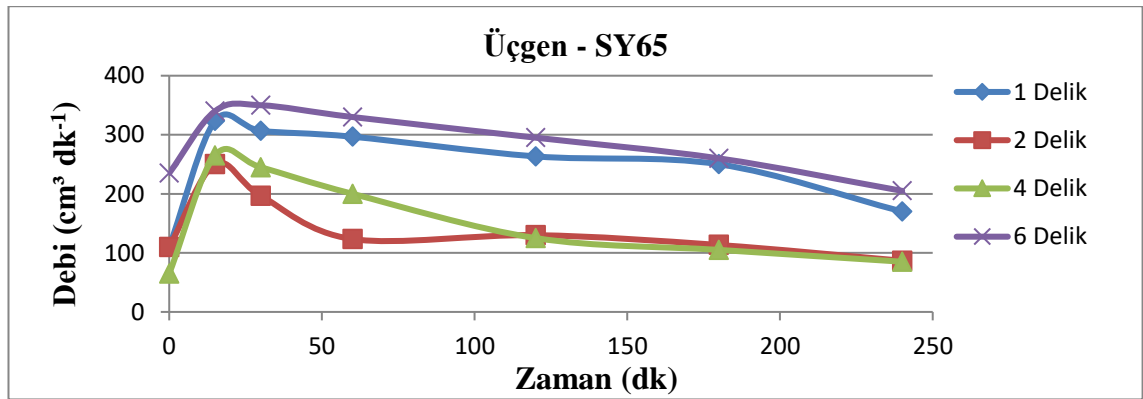
4.3.2. SY65 konusunda debinin zamanla değişimi

SY65 konusunda 1, 2, 4 ve 6 delikli kare, üçgen, dikdörtgen ve daire dren deliklerinin 4 saatlik zaman dilimindeki debi değişimi sırasıyla Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da verilmiştir.



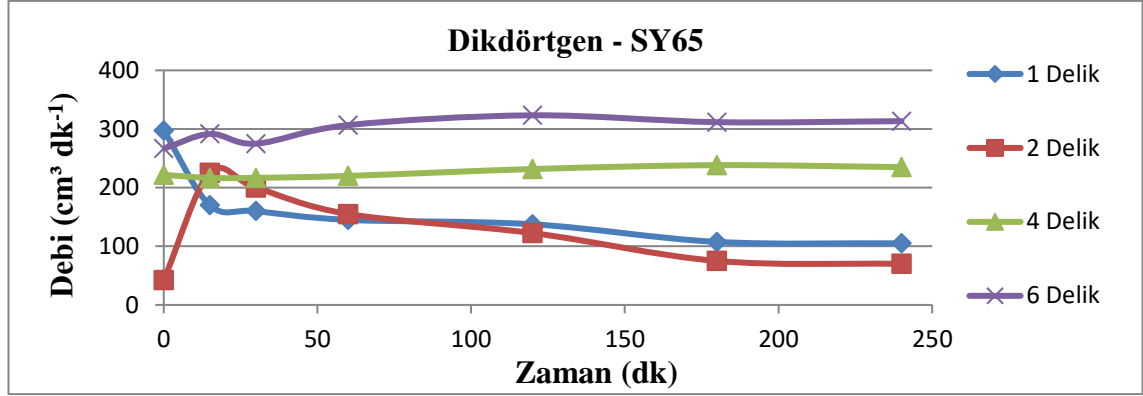
Şekil 4.6. SY65 konusu kare dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

Şekil 4.6’da görüleceği üzere rezervuarın denemede kullanılan ikinci yükseklik olan 65 cm’ye çıkarılmasıyla artan su yükü, sistemden deşarj olan debinin artmasına sebep olmuştur. Bu yük artışından kaynaklanan basınç farklılığı Ka-4 konusunda belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Bazı zaman dilimlerinde anlık olarak Ka-4 konusunda diğer dren deliklerinden daha fazla su deşarj olsa da, sistemden ortalama en fazla su Ka-6 konusunda ($253.33 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$) meydana gelmiştir. En az ortalama debi deşarjı ise Ka-1 konusunda ($130.71 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir.



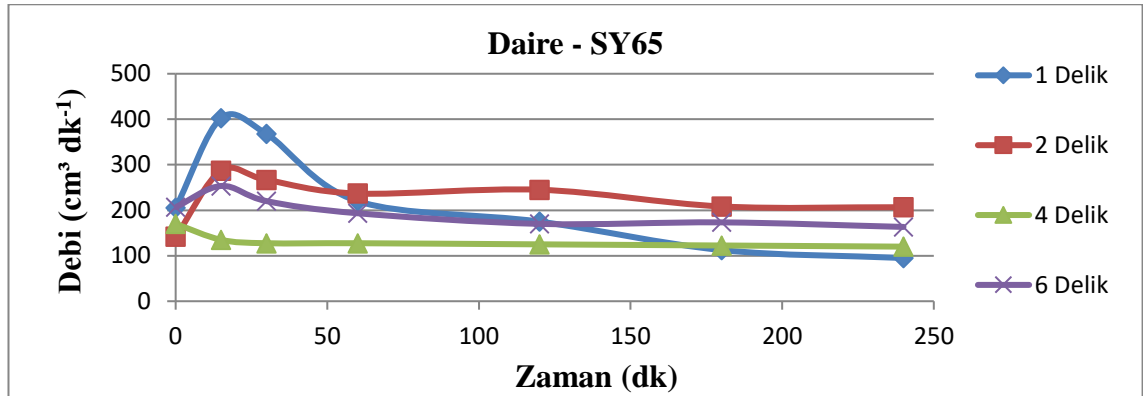
Şekil 4.7. SY65 konusu üçgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

Şekil 4.7’de görüleceği üzere SY65 konusunda üçgen delik şekli özelinde gerçekleşen en fazla ortalama debi deşarjı, Üç-6 konusunda ($287.86 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$) ölçülmüştür. En az debi deşarjı ise Üç-2 konusunda ($144.29 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$) ölçülmüştür.



Şekil 4.8. SY65 konusu dikdörtgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

Şekil 4.8’de görüleceği üzere dikdörtgen delik şekli özelinde SY65 konusunda en fazla ortalama debi Di-6 konusu ($298.33 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) olmuştur. Sistemin test edilen süresi boyunca ortalama en fazla debi Di-6 konusunda gözlemlense de Di-4 konusu ($225.71 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) yük değişiminden büyük ölçüde etkilenmeyerek stabil bir şekilde suyu sistemden drene etmiştir.



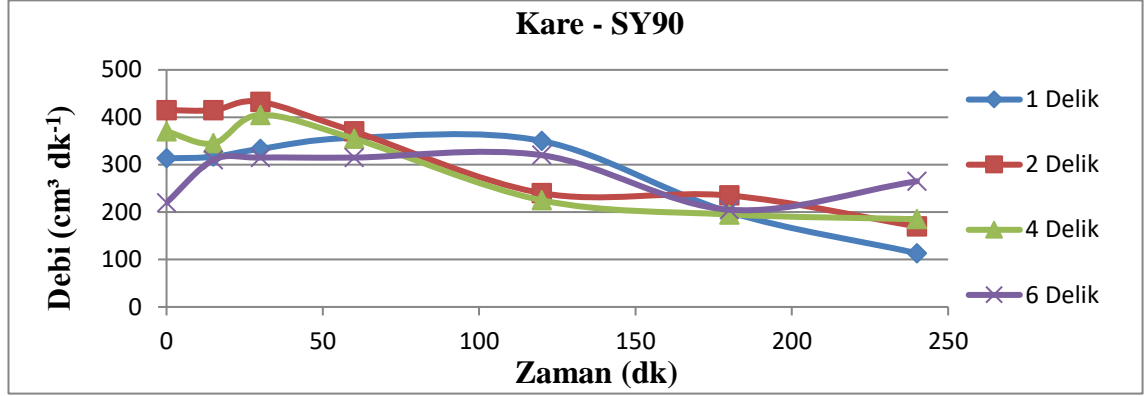
Şekil 4.9. SY65 konusu daire dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

Şekil 4.9’da daire dren deliğinin delik sayısına bağlı zamanla debinin değişimi verilmiştir. Burada en fazla ortalama debi miktarı Da-2 konusunda ($227.38 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$), en az ortalama debi ise Da-4 konusunda ($132.50 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) ölçülmüştür.

SY65 konusunda tüm delik şekilleri ve delik sayıları birlikte değerlendirildiğinde en az ortalama debi deşarjı Di-2 konusunda ($127.14 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$), en fazla ortalama debi deşarjı ise Di-6 konusunda ($298.33 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) ölçülmüştür.

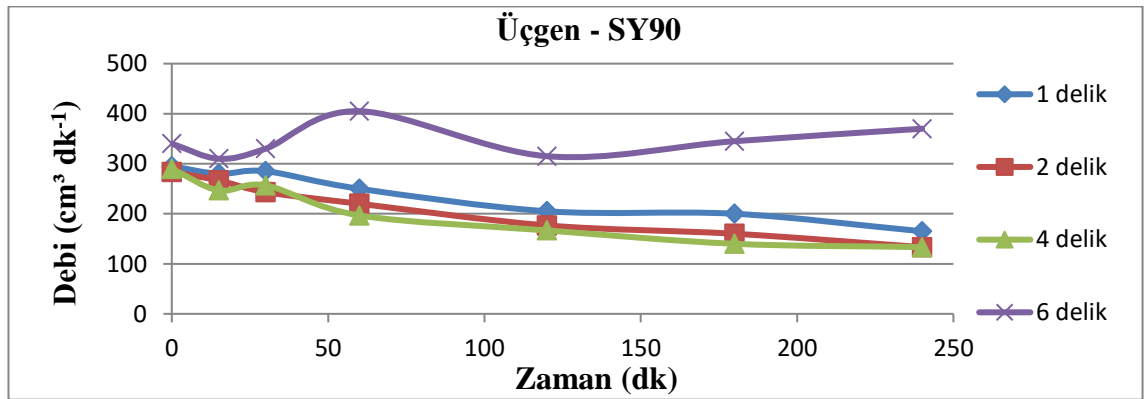
4.3.3. SY90 konusunda debinin zamanla değişimi

Denemede kullanılan son yükseklik olan SY90 konusunda 1, 2, 4 ve 6 delikli kare, üçgen, dikdörtgen ve daire dren deliklerinin 4 saatlik zaman dilimindeki debi değişimi sırasıyla Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de verilmiştir.



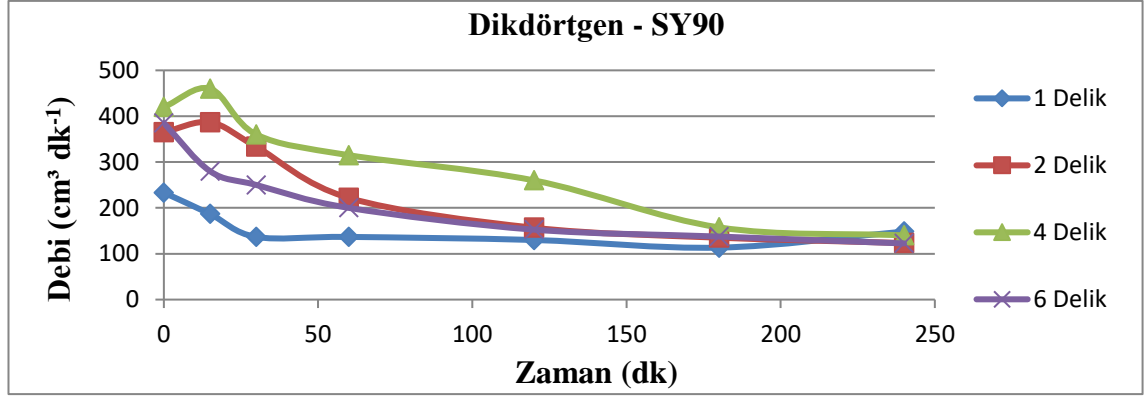
Şekil 4.10. SY90 konusu kare dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

Şekil 4.10’da görüleceği üzere su rezervuarı, denemede son konuma çıkarıldığında sistemden drene olan su miktarında artış gerçekleşmiştir. SY90 konusunda kare delik şeklinde en fazla ortalama debi deşarjı Ka-2 konusunda ($325.36 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir. Kare delik şeklindeki tüm konular su yükünün artırılmasının ardından denge durumuna gelmekte zorlanmıştır. Ka-4 konusu ($297.14 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) yük değişiminden kaynaklanan dalgalanmadan, en az etkilenen konu olmuştur. En az debi deşarjı ise Ka-6 konusunda ($278.57 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir.



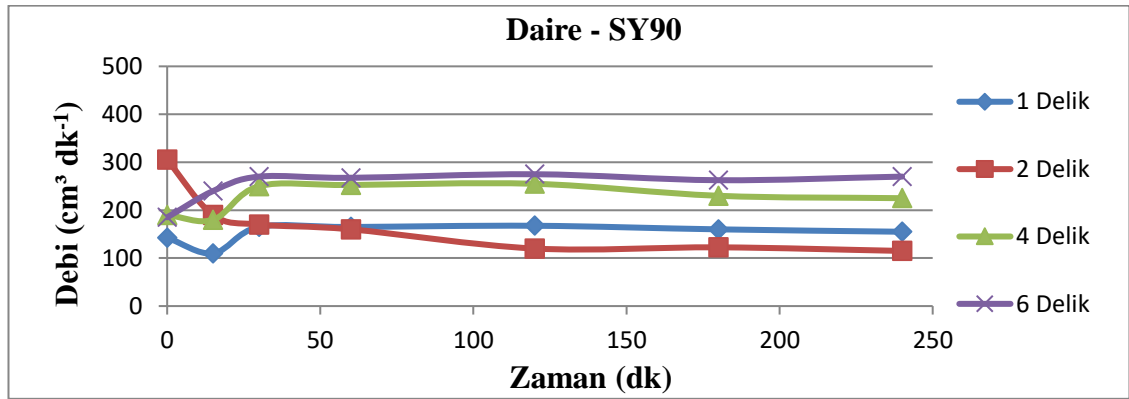
Şekil 4.11. SY90 konusu üçgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

SY90 konusunda denemesi yürütülen üçgen dren delikleri göz önüne alındığında, en fazla ortalama debi deşarjı Üç-6 konusunda ($345.0 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir (Şekil 4.11). En az ortalama debi deşarjı ise Üç-4 konusunda ($204.29 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir.



Şekil 4.12. SY90 konusu dikdörtgen dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

Şekil 4.12'de görüleceği üzere SY90 konusunda dikdörtgen delik şekillerinde, en fazla ortalama debi deşarjı Di-4 konusunda ($301.79 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir. En az debi deşarjının gözlemlendiği plaka ise ($155.00 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$) Di-1 konusu olmuştur.



Şekil 4.13. SY90 konusu daire dren deliğinin delik sayısına bağlı olarak debinin zamanla değişimi

Şekil 4.13'de verildiği üzere daire dren deliklerinde ortalama en fazla suyu drene eden konu Da-6 konusu ($252.86 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$) olmuştur. En az ortalama debiyi drene eden plaka ise Da-1 konusu ($152.14 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$) olmuştur.

SY90 konusu için tüm geometrik şekillerdeki (kare, üçgen, dikdörtgen, daire) deliklerle birlikte, 1, 2, 4 ve 6 delikli drenaj plakalarından drene olan suyun zamana göre değişimleri göz önünde bulundurulduğunda, en az ortalama debiyi deşarj eden konu, Da-1 konusu ($152.14 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$) olmuştur. En fazla ortalama debi deşarjı ise Üç-6 konusunda $345.0 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ gözlemlenmiştir.

Asghar ve Vlotman (1995) tarafından yapılan çalışmada delik alanından bağımsız olarak, 4 delikli dikdörtgen dren plakasının 2 ve 3 delikli dikdörtgen plakaya kıyasla, gelen akışa daha iyi tepki vererek sistemden daha fazla suyu drene ettiği bildirilmiştir. Bu sonuçlara paralel olarak, denenen drenaj plakasındaki delik sayısı, su

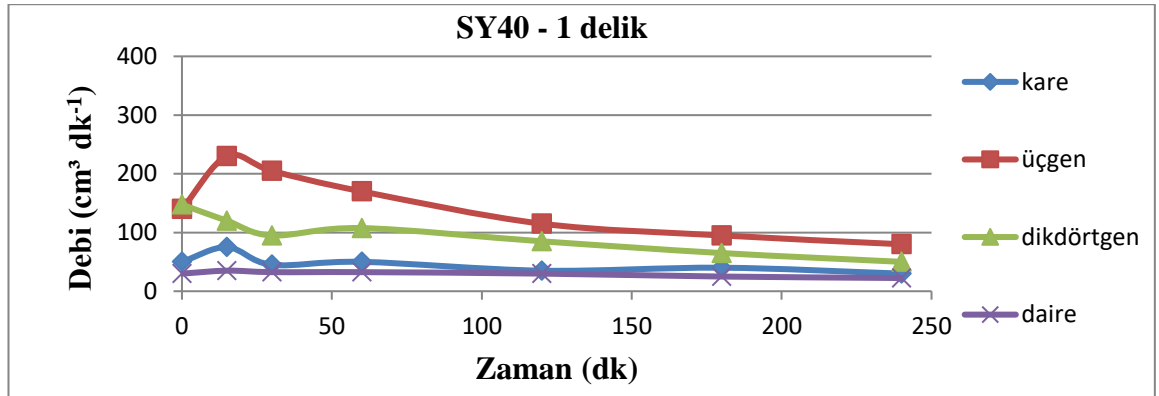
akışını karşılamak için yeterli değilse, drenaj plakasında daha büyük yük kaybı meydana getirerek akışı sınırlandırdığı gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkılarak delik sayısının, gelen akışı karşılayamadığı tüm plakalarda kaydedilen drenaj ölçümleri, akışı karşılayabilen delik sayılarına kıyasla daha düşük seyretmiştir. Özetle delik sayısı arttıkça, sistemden drene olan su miktarı da artma eğilimi göstermiştir.

Stuyt ve Dierickx (2006) tarafından belirtildiği üzere, tam dolu akan drenaj borusunun giriş direnci sabit olup yalnızca drenaj borusunun ve zarf malzemesinin fiziksel özelliklerine bağlıdır. Bu çalışmada elde edilen bulguların ışığında drenaj borularında değerlendirilmesi gereken fiziksel özellikler içerisinde delik alanı ve delik sayısı gibi parametrelerin de önemli olduğu düşünülmektedir.

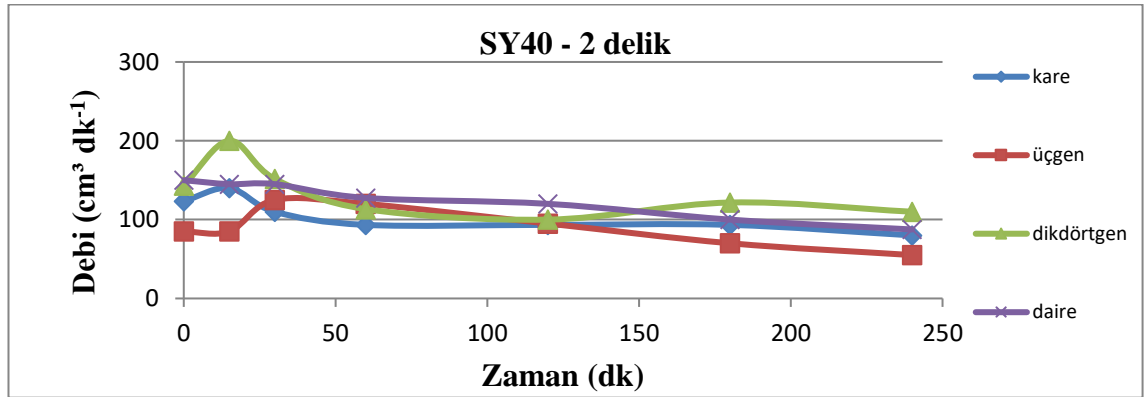
4.4. Debinin Zamana Bağlı Değişiminde Drenaj Delik Şekillerinin Etkisi

4.4.1. SY40 için debinin drenaj delik şekillerine ve sayılarına bağlı değişimi

Çalışmada SY40 konusunda test edilen kare, üçgen, dikdörtgen ve daire delik şekillerinin delik sayısı bazında karşılıklı grafikleri sırasıyla Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de verilmiştir.

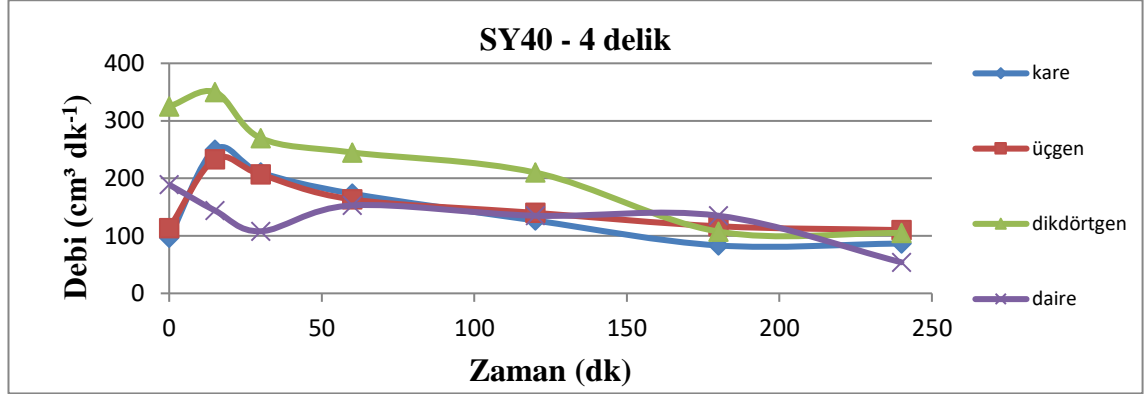


Şekil 4.14. SY40 konusunda 1 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri

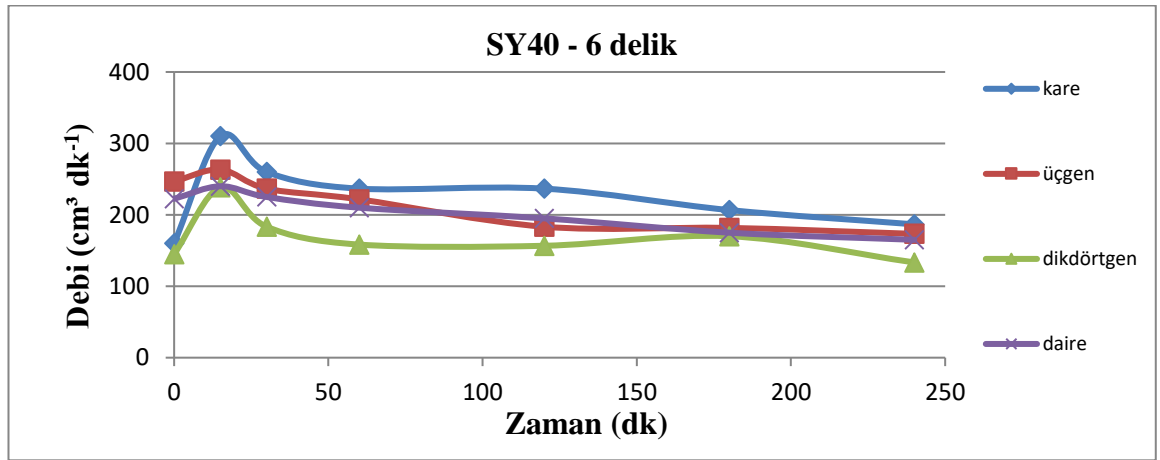


Şekil 4.15. SY40 konusunda 2 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri

Zamana bağlı ortalama debilerin, dren plakalarında kullanılan farklı geometrik delik şekillerine ve sayılarına bağlı SY40 verileri incelendiğinde; Şekil 4.14’de görüleceği üzere 1 delikli plakalar arasında ortalama en fazla ortalama debiyi deşarj eden geometrik delik şekli, üçgen delik şekli ($147.85 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) olmuştur. En düşük ortalama debi deşarjı ise daire delik şeklinde ($29.64 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir. 2 delikli plakalarda en fazla ortalama debi deşarjı dikdörtgen delik şeklinde ($134.29 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir. En az ortalama debi deşarjı ise üçgen delik şeklinde ($90.71 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.16. SY40 konusunda 4 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri



Şekil 4.17. SY40 konusunda 6 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri

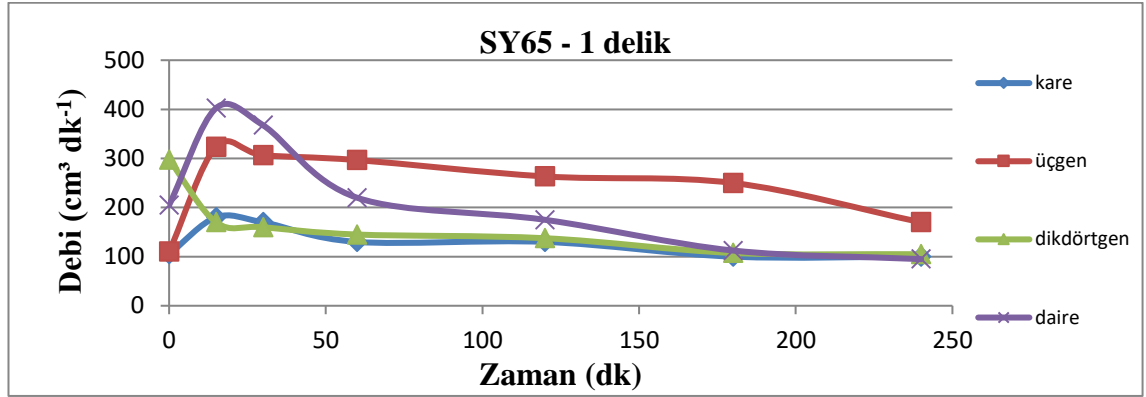
4 delikli plakalarda en fazla ortalama debiyi deşarj eden dikdörtgen delik şekli ($230.36 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) olurken, en az ortalama debiyi deşarjı daire delik şeklinde ($131.14 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir (Şekil 4.16).

Şekil 4.17’de gösterildiği üzere 6 delikli plakalarda en iyi performans kare delik şeklinde ($228.10 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) gerçekleşmiştir. Üçgen delik şeklinde ($215.24 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) deşarj edilen ortalama debi, SY40 su yükünde en iyi performansı gösteren kare delik şekline yakın değerler ölçülmüştür. En az ortalama debiyi deşarj eden delik şekli ise $169.29 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$ ile dikdörtgen delik şekli olmuştur. 4 ve 6 delikli geometrik şekillerde belirgin

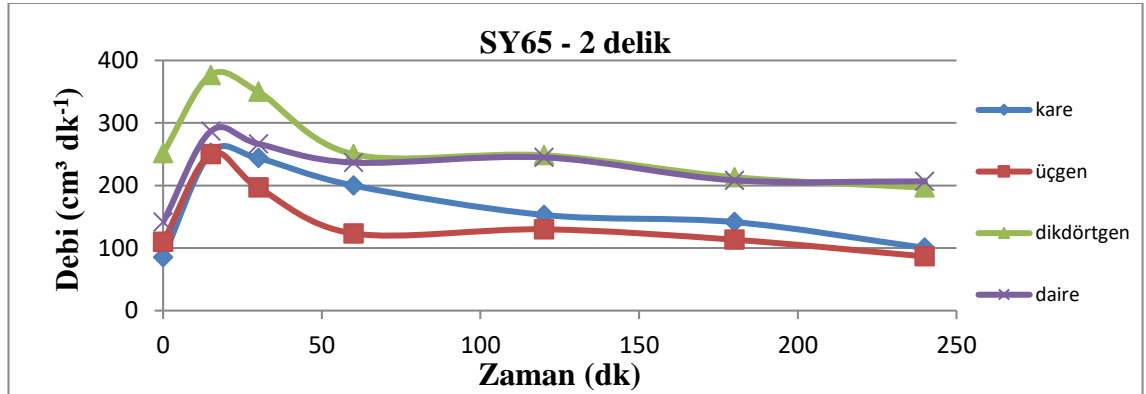
bir debi artışı görülürken, 1 ve 2 delikli plakalar nispeten daha az debiyi deşarj etmişlerdir.

4.4.2. SY65 için debinin dren delik şekillerine ve sayılarına bağılı değışimi

Çalışmada SY65 konusunda test edilen kare, üçgen, dikdörtgen ve daire delik şekillerinin delik sayısı bazında karşılıklı grafikleri sırasıyla Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’de verilmiştir.

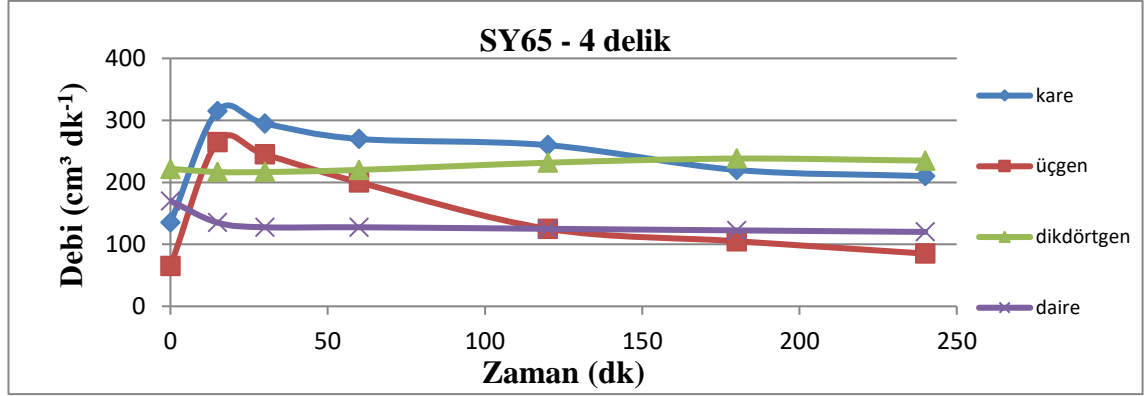


Şekil 4.18. SY65 konusunda 1 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değışimleri

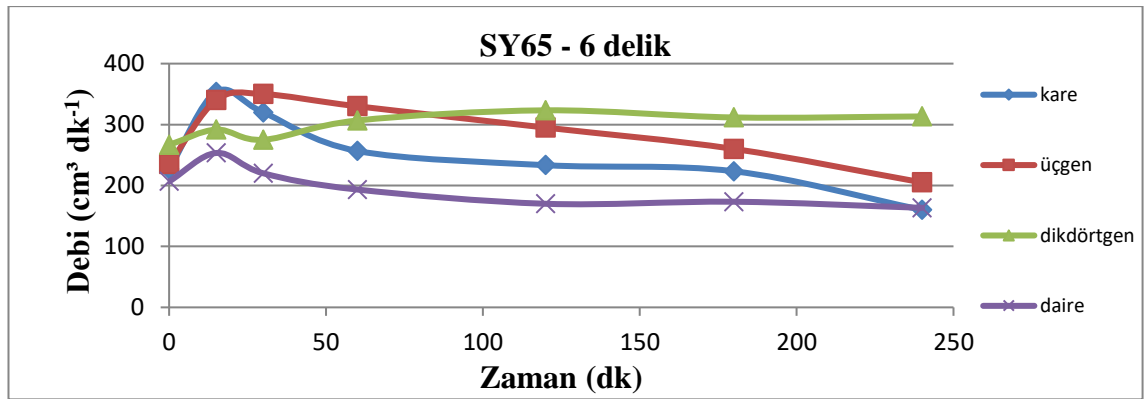


Şekil 4.19. SY65 konusunda 2 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değışimleri

Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’da görüleceğı üzere 1 delikli plakalar arasında ortalama en fazla debiyi deşarj eden geometrik delik şeklinin $245.71 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ ile üçgen delik şekli olmuştur. En düşük ortalama debi deşarjı ise $125.0 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ ile dikdörtgen delik şeklinde gerçekleşmiştir. 2 delikli plakalar da en fazla ortalama debi değıeri $269.52 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ ile dikdörtgen delik şeklinde, en az ortalama debi ise $144.29 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ ile üçgen delik şeklinde gözlemlenmiştir.



Şekil 4.20. SY65 konusunda 4 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri



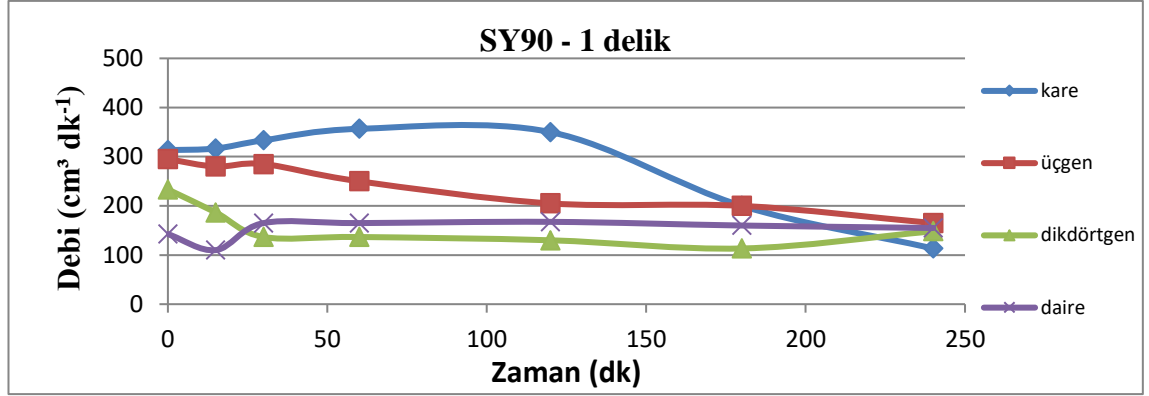
Şekil 4.21. SY65 konusunda 6 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri

Şekil 4.20'de görüleceği üzere 4 delikli delik şekillerinde en yüksek ortalama debi miktarı kare delik şeklinde $243.57 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. En az ortalama debi miktarı ise $132.50 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ olarak daire delik şeklinde ölçülmüştür.

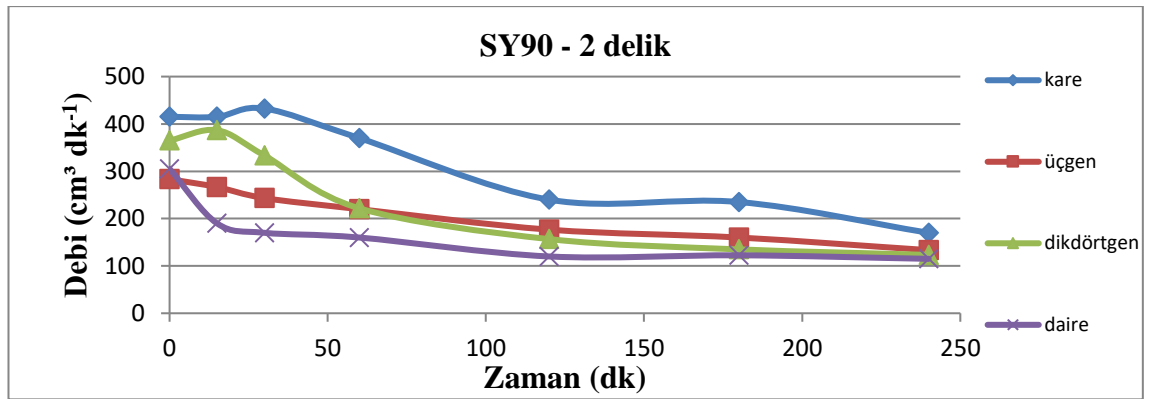
Şekil 4.21'de verildiği üzere SY65 konusunda 6 delikli plakalarda en iyi performans $298.33 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ ile dikdörtgen delik şeklinde gerçekleşirken bunu $287.86 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ ile üçgen delik şekli takip etmiştir. En az ortalama debi deşarjı ise $197.14 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ olarak daire delik şeklinde gerçekleşmiştir.

4.4.3. SY90 için debinin dren delik şekillerine ve sayılarına bağlı değişimi

Denemede delik şekil ve sayılarının test edileceği son yükseklik olan SY90 konusunda test edilen kare, üçgen, dikdörtgen ve daire delik şekillerinin delik sayısı bazında karşılıklı grafikleri sırasıyla Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'de verilmiştir.

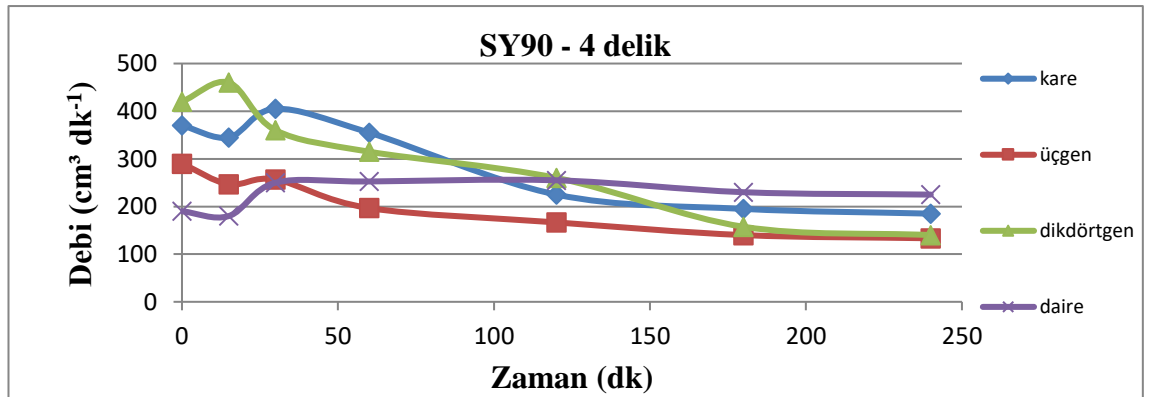


Şekil 4.22. SY90 konusunda 1 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri

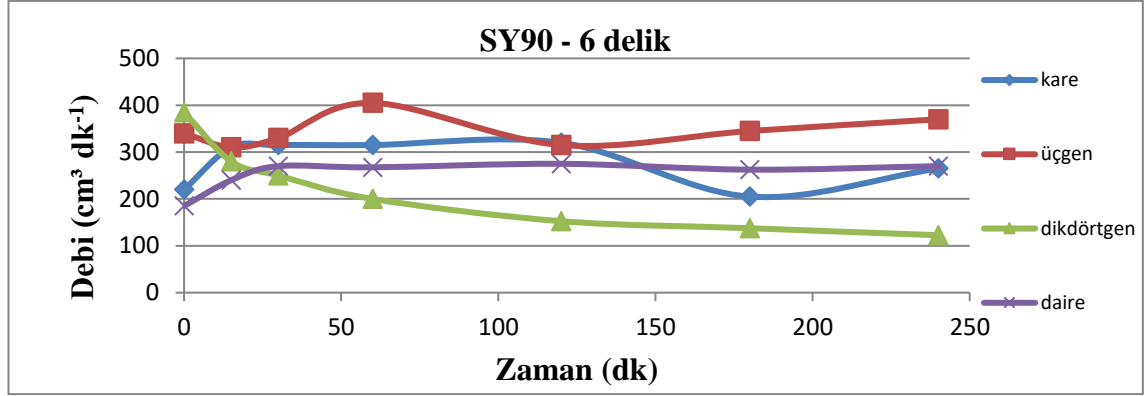


Şekil 4.23. SY90 konusunda 2 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri

Şekil 4.22’de gösterildiği üzere 1 delikli plakalar arasında ortalama en fazla debiyi deşarj eden geometrik delik şeklinin $283.33 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ ile kare delik şeklinde, en düşük ortalama debi değeri ise $152.14 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ ile daire delik şeklinde olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.23’de 2 delikli plakalar da en fazla ortalama debi değeri $325.36 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ ile kare delik şeklinde, en az ortalama debi ise $168.93 \text{ cm}^3 \text{ dk}^{-1}$ ile üçgen delik şeklinde gözlemlenmiştir.



Şekil 4.24. SY90 konusunda 4 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri



Şekil 4.25. SY90 konusunda 6 delikli tüm geometrik şekillerdeki debi değişimleri

Şekil 4.24’de görüleceği üzere 4 delikli tüm delik şekillerinde en yüksek ortalama debi miktarı, dikdörtgen delik şeklinde ($301.79 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) elde edilmiştir. En az ortalama debi miktarı ise $132.50 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$ olarak daire delik şeklinde ölçülmüştür.

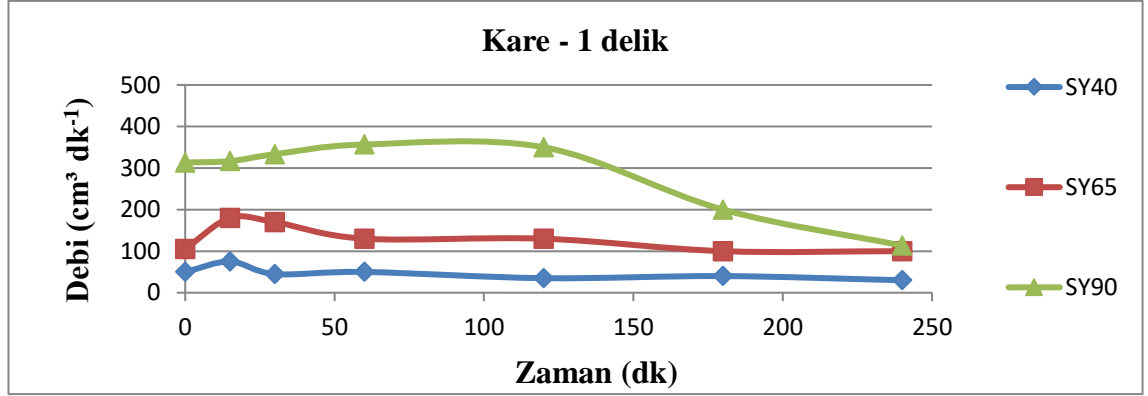
Şekil 4.25’de verildiği üzere SY90 konusunda 6 delikli plakalarda en iyi performansı üçgen delik şekli ($345.00 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) aynı zamanda çalışmanın tüm konularında (farklı su yükleri, delik şekli, delik sayısı) en fazla ortalama debiyi deşarj eden delik şekli olmuştur. En düşük debi deşarjı ise dikdörtgen delik şeklinde ($218.21 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$) ölçülmüştür.

Gaj ve Madramootoo (2020) tarafından yürütülen çalışmada kum tankı deneylerinden elde edilen sonuçlara göre, dikdörtgen yarıkların kullanımının tarımda su yönetim sistemlerinde kullanılan toprakaltı drenaj kanallarının hidrolik performansını iyileştirmek için daire drenaj deliklerinden daha iyi bir seçim olacağını bildirmişlerdir. Bu çalışmaya paralel olarak SY40 konusunda test edilen delik şekillerinde 2 ve 4 delikli plakalarda, SY65 konusunda ise 4 ve 6 delikli plakalarda dikdörtgen dren deliğinin daire dren deliğinden dren verdisi bakımından daha iyi bir seçim olabileceğini göstermektedir.

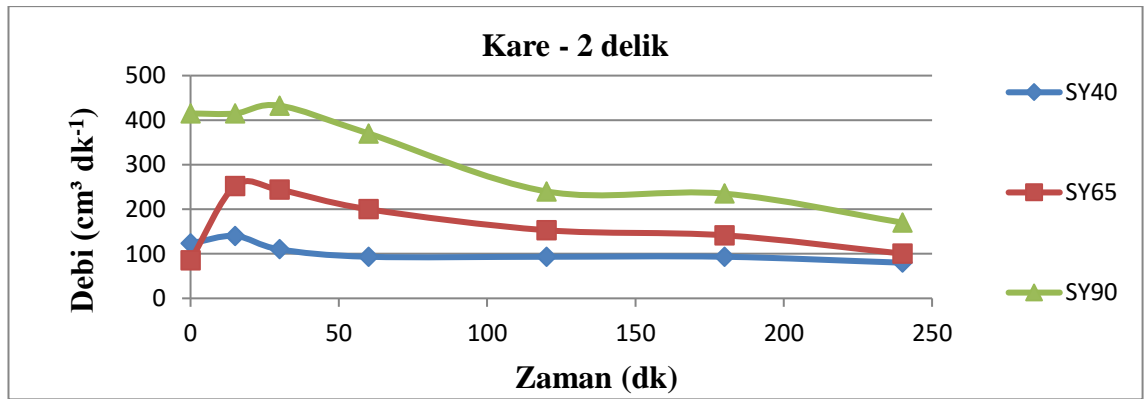
4.5. Geometrik Drenaj Delik Şekillerinin ve Sayılarının Su Yüklerine Bağlı Debi Değişimleri

4.5.1. Drenaj delik sayılarına bağlı kare drenaj deliğinin farklı su yüklerindeki debi değişimi

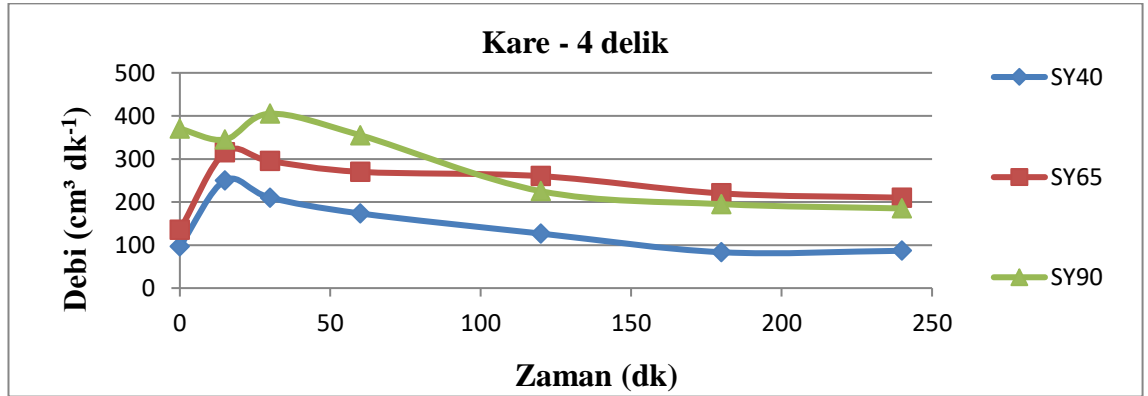
Kare dren delik şeklinin 1, 2, 4 ve 6 delikli plakalarda üç farklı su yükü altında debi deşarjına verdiği tepkiler Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da verilmiştir.



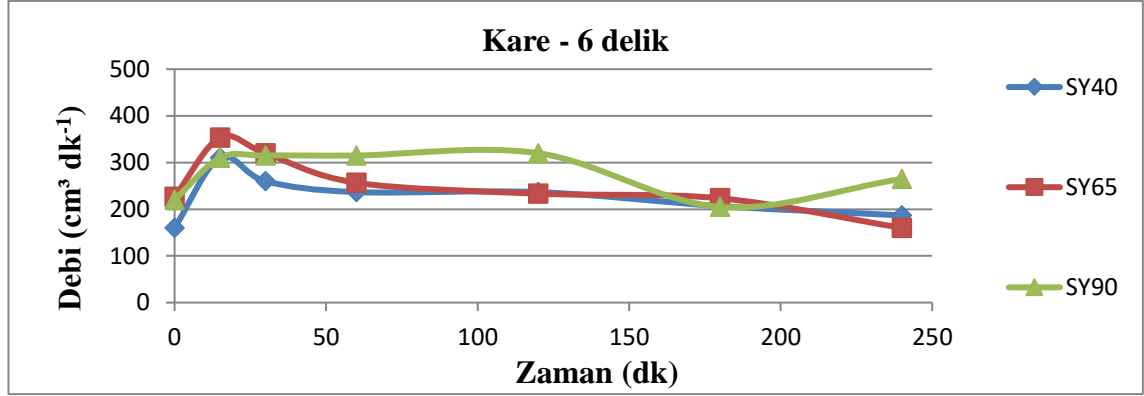
Şekil 4.26. Farklı üç su yükü altında 1 delikli kare dren deliğinin debi ortalamaları



Şekil 4.27. Farklı üç su yükü altında 2 delikli kare dren deliğinin debi ortalamaları



Şekil 4.28. Farklı üç su yükü altında 4 delikli kare dren deliğinin debi ortalamaları

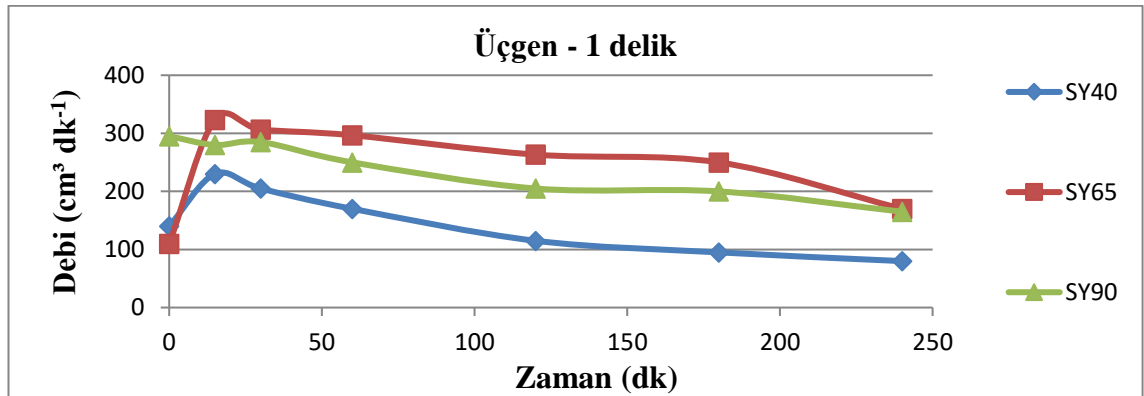


Şekil 4.29. Farklı üç su yükü altında 6 delikli kare dren deliğinin debi ortalamaları

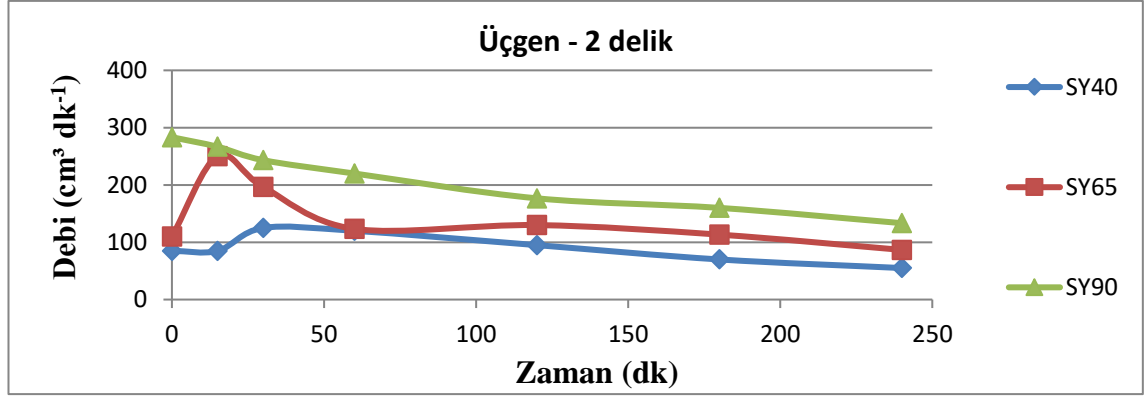
Denemede test edilen kare şekilli drenaj deliklerinin tamamı göz önünde bulundurulduğunda farklı su yüklerinde en fazla debi deşarjı, en yüksek su yükü olan SY90 konusunda ölçülmüştür.

4.5.2. Drenaj delik sayılarına bağlı üçgen drenaj deliğinin farklı su yüklerindeki debi değişimi

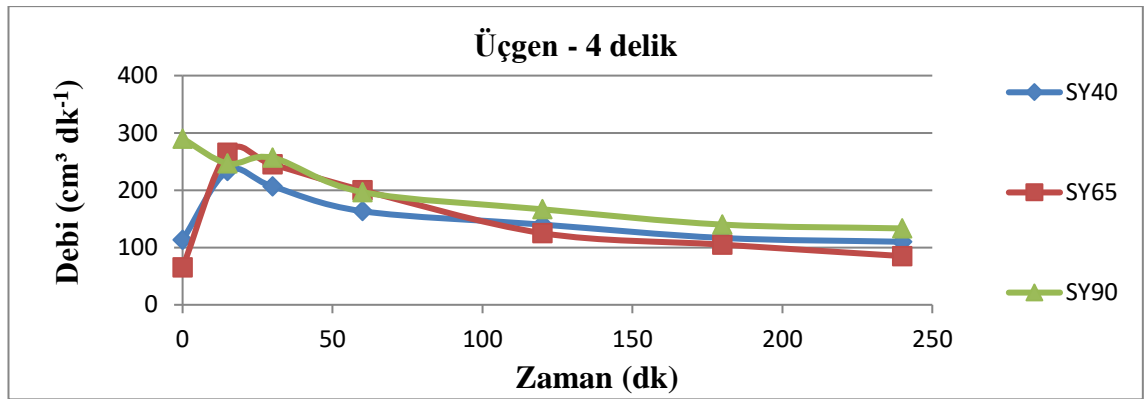
Üçgen dren delik şeklinin 1, 2, 4 ve 6 delikli plakalarda üç farklı su yükü altında debi deşarjına yaptığı etki Şekil 4.30, Şekil 4.31, Şekil 4.32 ve Şekil 4.33’de verilmiştir.



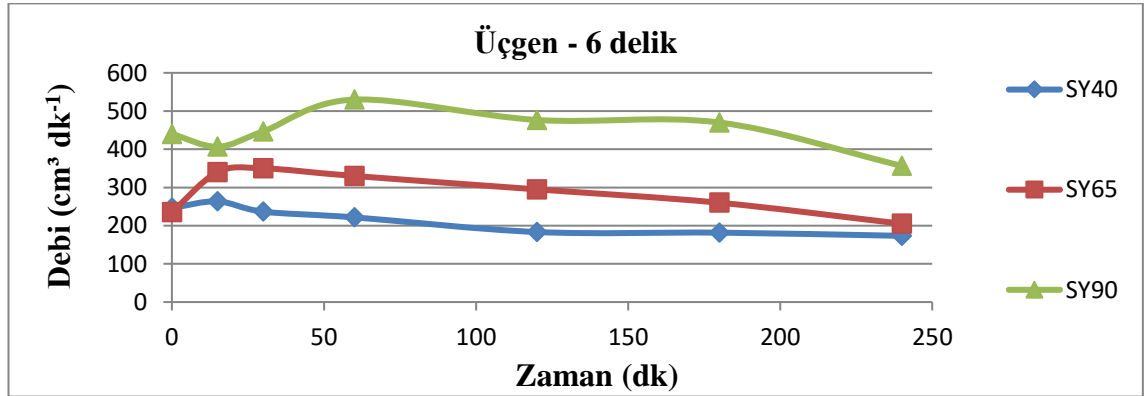
Şekil 4.30. Farklı üç su yükü altında 1 delikli üçgen dren deliğinin debi ortalamaları



Şekil 4.31. Farklı üç su yükü altında 2 delikli üçgen dren deliğinin debi ortalamaları



Şekil 4.32. Farklı üç su yükü altında 4 delikli üçgen dren deliğinin debi ortalamaları

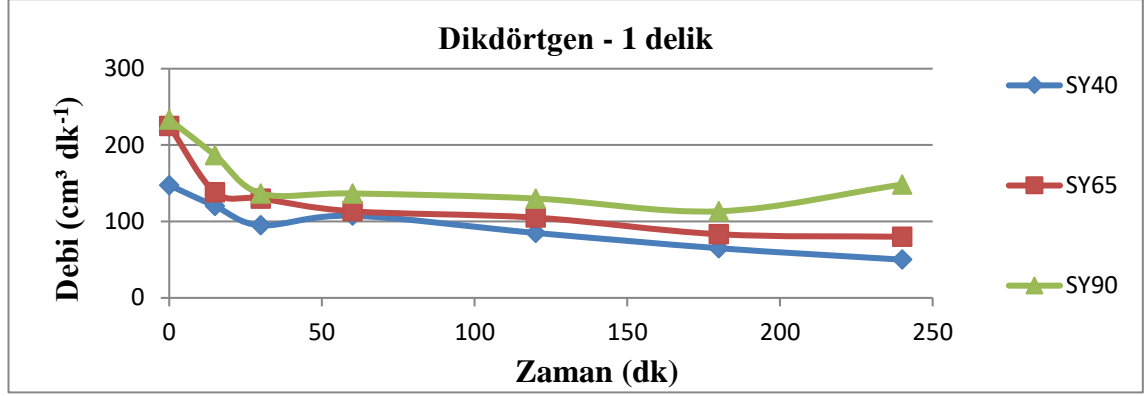


Şekil 4.33. Farklı üç su yükü altında 6 delikli üçgen dren deliğinin debi ortalamaları

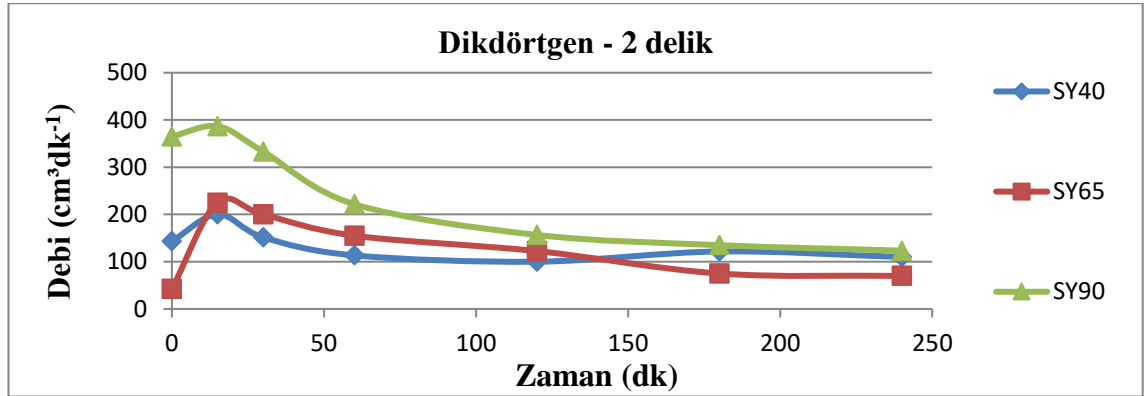
Denemede test edilen üçgen şekilli drenaj deliklerinin tamamı göz önünde bulundurulduğunda farklı su yüklerinde en fazla ortalama debi verdisi, beklendiği üzere en yüksek su yükü olan SY90 konusunda ölçülmüştür. 6 delikli üçgen dren deliği çalışmada en fazla ortalama debiyi deşarj etmiştir.

4.5.3. Drenaj delik sayılarına bağlı dikdörtgen drenaj deliğinin farklı su yüklerindeki debi değişimi

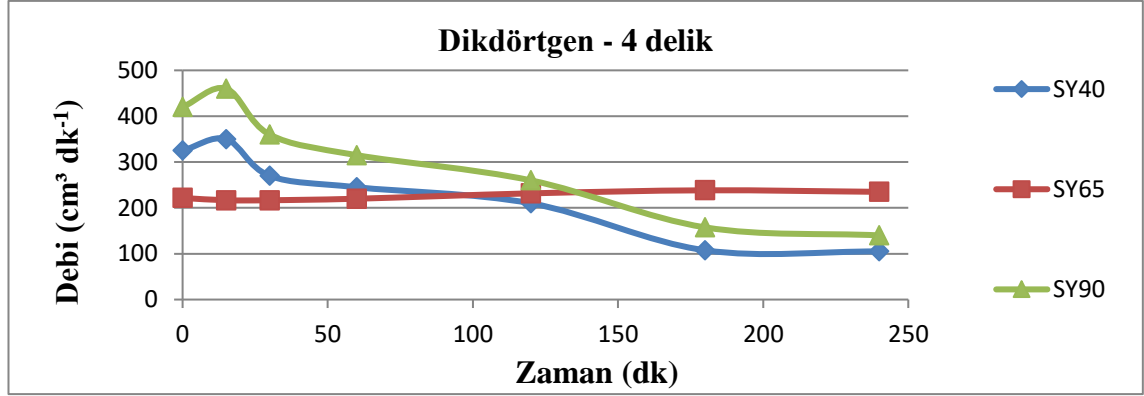
Dikdörtgen drenaj delik şeklinin 1, 2, 4 ve 6 delikli plakalarda üç farklı su yükü altında debi deşarjına yaptığı etki Şekil 4.34, Şekil 4.35, Şekil 4.36 ve Şekil 4.37’de gösterilmiştir.



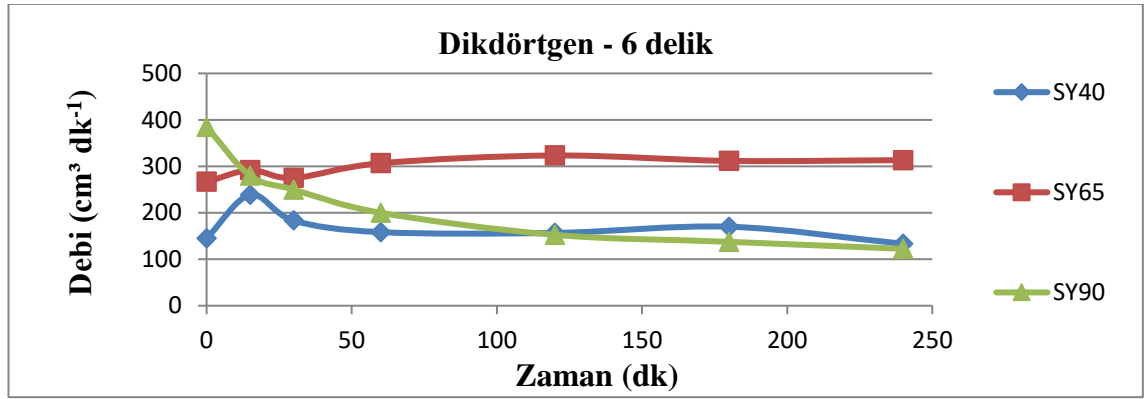
Şekil 4.34. Farklı üç su yükü altında 1 delikli dikdörtgen drenaj deliğinin debi ortalamaları



Şekil 4.35. Farklı üç su yükü altında 2 delikli dikdörtgen drenaj deliğinin debi ortalamaları



Şekil 4.36. Farklı üç su yükü altında 4 delikli dikdörtgen dren deliğinin debi ortalamaları

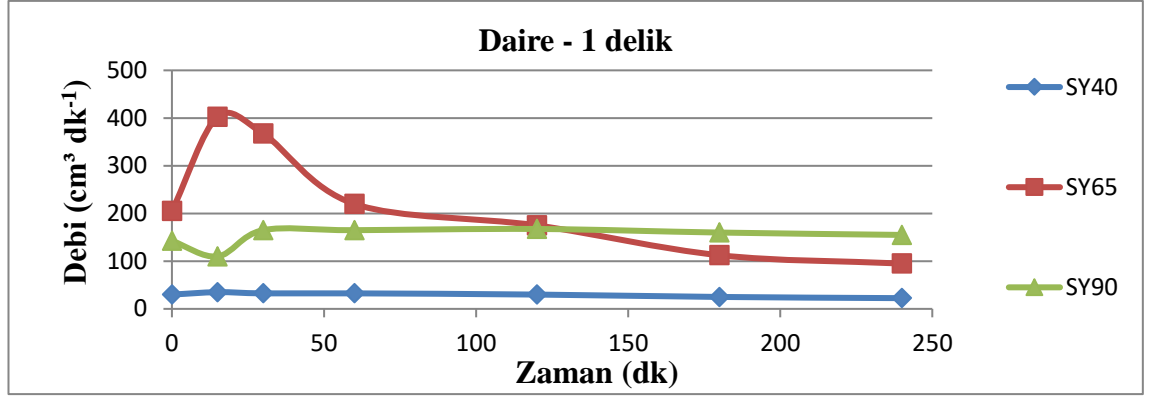


Şekil 4.37. Farklı üç su yükü altında 6 delikli dikdörtgen dren deliğinin debi ortalamaları

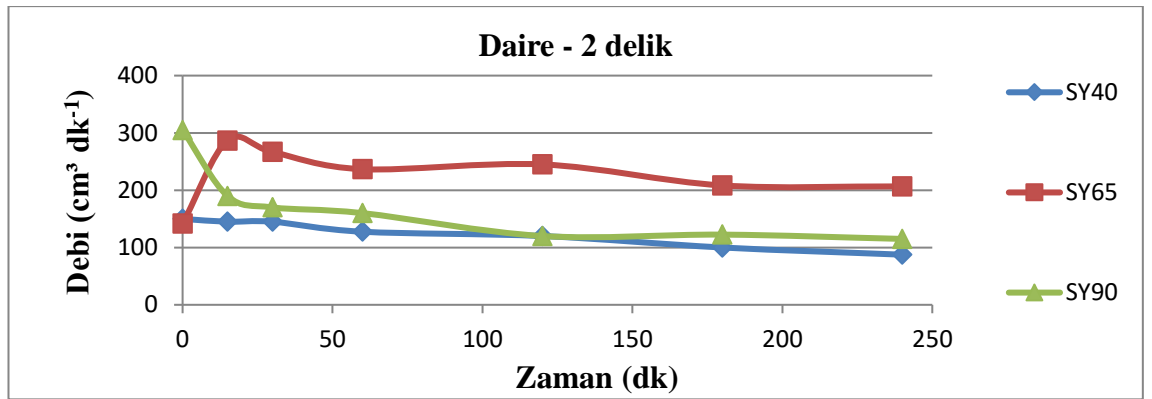
Dikdörtgen şekilli drenaj deliklerinin tamamı göz önünde bulundurulduğunda farklı su yüklerinde en fazla debi verdisi, SY90 konusunda ölçülürken diğer delik tiplerinin aksine 6 delikli dren deliğinin bulunduğu plakada değil 4 delikli plakada ölçülmüştür.

4.5.4. Drenaj delik sayılarına bağlı daire drenaj deliğinin farklı su yüklerindeki debi değişimi

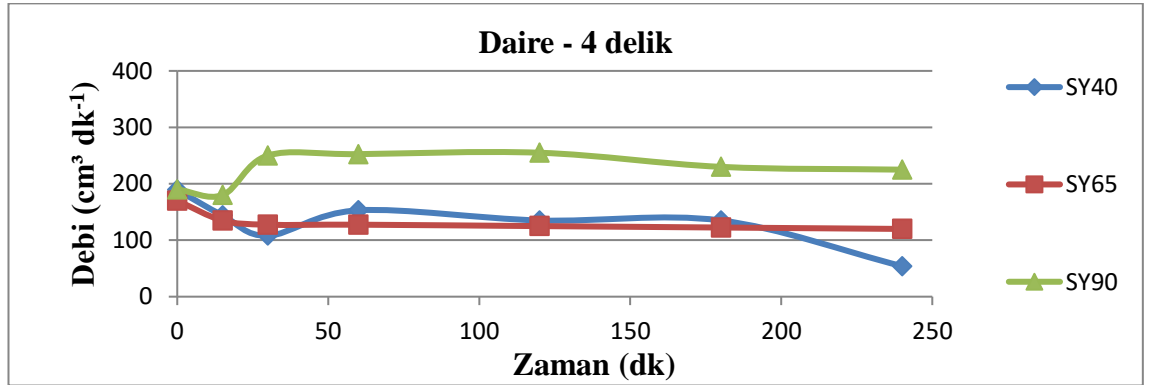
Çalışmada denenecek olan son delik şekli olan daire delik şeklinin 1, 2, 4 ve 6 delikli plakalarda üç farklı su yükü altında debi deşarjına yaptığı etki Şekil 4.38, Şekil 4.39, Şekil 4.40 ve Şekil 4.41’de gösterilmiştir.



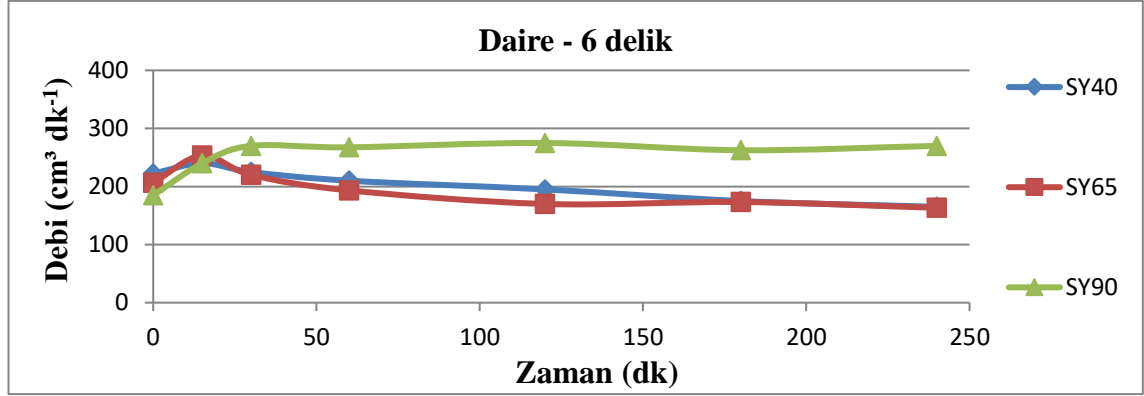
Şekil 4.38. Farklı üç su yükü altında 1 delikli daire dren deliğinin debi ortalamaları



Şekil 4.39. Farklı üç su yükü altında 2 delikli daire dren deliğinin debi ortalamaları



Şekil 4.40. Farklı üç su yükü altında 4 delikli daire dren deliğinin debi ortalamaları



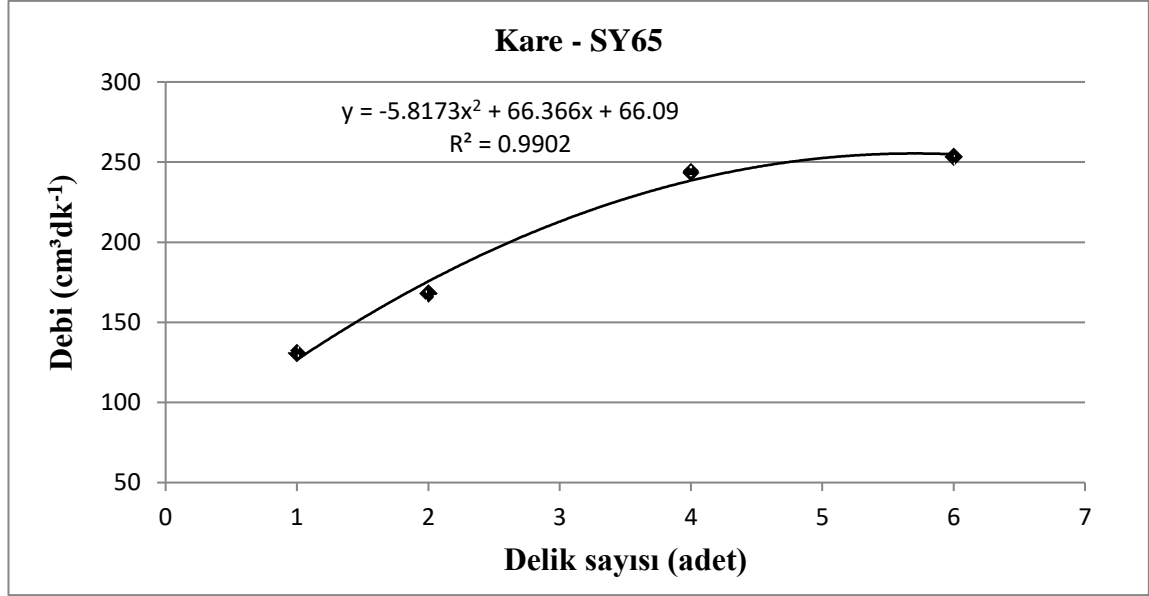
Şekil 4.41. Farklı üç su yükü altında 6 delikli daire dren deliğinin debi ortalamaları

Toprakaltı drenaj sistemlerinde yaygın kullanılan delik şekillerinden olan daire dren deliği, bütün su yükleri göz önünde bulundurulduğunda sistemden 6 delikli plakada SY90 konusunda en fazla ortalama suyu drene etmiştir. En az debi deşarjı ise 1 delikli plakada gerçekleşmiştir.

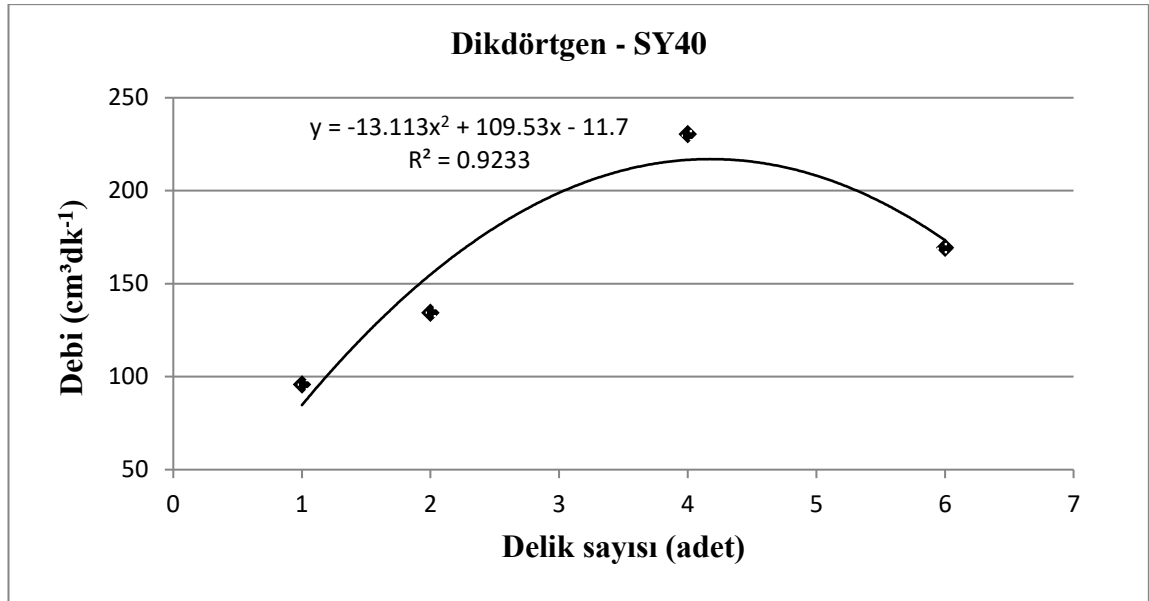
Tüm su yüklerindeki delik şekilleri ve sayıları birlikte değerlendirildiğinde, su yükü arttıkça tüm delik şekillerinden ve sayılarından drene olan su miktarında artış eğilimi gözlemlenmiştir. Asghar ve Vlotman (1995) yaptıkları çalışmalarında, drenaj deliklerindeki yük kaybının, gelen akışı karşılayacak düzeyde yeterli delik alanı olmayan durumlarda arttığını bildirmişlerdir. Çalışmada bulunan farklı su yüklerinin, delik şekilleri ve sayılarından bağımsız olarak permeametrelerden drene olan suya etkisi açıktır. Buna ek olarak delik sayıları ve şekillerinin de etki ettiği ortadadır. Sabit bir alan için büyük bir tane açıklıktansa, küçük fakat çok sayıda açıklığın ortamdan deşarj edilecek su miktarına etki ettiği görülmektedir.

4.6. Farklı Delik Şekillerinin Ortalama Debiye Bağlı Optimum Delik Sayısı

Denemede kullanılan farklı geometrik şekillerdeki deliklerin alanı, delik sayısı artırıldıkça değişmemesinden yola çıkılarak, birim alanda optimum kaç adet drenaj deliğinin bulunması gerektiği araştırılmıştır (Şekil 4.42, 4.43).



Şekil 4.42. SY65 konusunda debiye bağlı optimum delik sayısı



Şekil 4.43. SY40 konusunda debiye bağlı optimum delik sayısı

Elde edilen sonuç ise tüm su yüklerinde belirli bir trendin yakalanamamasına rağmen trend görülen konular fikir vermesi amacıyla yorumlanmıştır. Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'de görüleceği üzere ortalama debinin delik sayısına bağlı artıp azalmasına ilişkin alan sabit olmak şartıyla kaç adet delik olması gerektiği grafiklerdeki 'y' denklemlerinin türevi alınıp sifıra eşitlenmesi ile bulunmuştur. Kare, dikdörtgen şeklinde açılmış drenaj deliklerinde farklı su yüklerinde ortalama optimum delik sayısının 4 ile 6 delik arasında olduğu dikkat çekmiştir. Sabit bir alanda dren deliği sayısını artırmak, debi artışında ancak belirli bir sınıra kadar etkili olmakta çıkarımı yapılmıştır. Ancak, üçgen ve daire dren deliklerinde bu şekilde bir çıkarım yapılamamıştır.

4.7. Drenaj Deliklerinin Şekillerinin ve Delik Sayılarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, SY40, SY65 ve SY90 su yükleri için, delik sayısı ve delik şekillerinin ortalama debiye olan etkisini belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. SY40 konusunun istatistiksel analizi

Ortalama Debi (cm ³ dk ⁻¹)						
Delik Şekli	Delik Sayısı				P > F	Delik Şekli Ortalama
	1	2	4	6		
Daire	[£] 29.6 C c	125.0 b	131.1 b	204.6 a	**	122.6
Dikdörtgen	95.7 B	134.3	230.4	169.3	öd	157.4
Kare	46.4 C c	104.8 bc	146.7 b	228.1 a	**	131.5
Üçgen	147.9 A	90.7	154.8	215.2	öd	152.1
P > F	**	öd	öd	öd		
Delik Sayısı Ortalama	79.9 c	113.7 bc	165.7 ab	204.3 a		
Önemlilik						
Delik Şekli(D.Ş) : öd						
Delik Sayısı (D.S) : **						
D.Ş x D.S : öd						
[£] İtalik yazılmış bölümde her satır ve sütun kendi içinde incelenmiş ve ortalamalar LSD testine göre %5 önem seviyesinde karşılaştırılmıştır. Küçük harfler satır boyunca (yatay) ve büyük harfler sütun boyunca (dikey) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir öd: Önemli değil; * P<0.05; ** P<0.01						

Çizelge 4.2 incelendiğinde SY40 konusunda delik şekilleri ve delik sayısı interaksiyonları arasında istatistiksel anlamda önemli bir ilişki elde edilmemiştir. Buna karşın delik sayılarının ortalama debiyi önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir (p<0.01). En fazla ortalama debi 4 ve 6 delikli plakaların kullanıldığı konulardan elde edilirken en az debi ise 1 delikli konulardan elde edilmiştir. Çizelge daha detaylı incelendiğinde daire ve kare delik şekillerinde delik sayısının ortalama debileri etkilediği sonucuna varılmıştır. Her iki delik şeklinde de 6 delikli konularda istatistiksel olarak ortalama debinin fazla olduğu belirlenirken 1 delikli konularda ise daha az olduğu belirlenmiştir. 2, 4 ve 6 delik sayısı olan konularda delik şeklinin değişmesi ortalama debiyi etkilememiştir. Buna karşın 1 delik sayısı olan konuda en yüksek ortalama debi üçgen delik şeklinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. SY60 konusunun istatistiksel analizi

Ortalama Debi (cm ³ dk ⁻¹)						
Delik Şekli	Delik Sayısı				P > F	Delik Şekli Ortalama
	1	2	4	6		
Daire	[‡] 225.4	227.4	132.5	197.1	öd	195.6
Dikdörtgen	160.4	127.1	225.7	298.3	öd	202.9
Kare	130.7 b	167.9 b	243.6 a	253.3 a	**	198.9
Üçgen	245.7	144.3	155.7	287.9	öd	208.4
P > F	öd	öd	öd	öd		
Delik Sayısı Ortalama	190.5	166.7	189.4	259.2		
Önemlilik						
Delik Şekli(D.Ş) : öd						
Delik Sayısı (D.S) : öd						
D.Ş x D.S : öd						
[‡] İtalik yazılmış bölümde her satır ve sütun kendi içinde incelenmiş ve ortalamalar LSD testine göre %5 önem seviyesinde karşılaştırılmıştır. Küçük harfler satır boyunca (yatay) ve büyük harfler sütun boyunca (dikey) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir öd: Önemli değil; * P<0.05; ** P<0.01						

Çizelge 4.3 incelendiğinde, çalışmada kullanılan ikinci su yükü olan SY65 verileri içerisinde, sadece kare drenaj deliğinde %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kare delik şeklinde delik sayısının ortalama debileri etkilediği sonucuna varılmıştır. Kare delik şeklinde, istatistiksel olarak 4 ve 6 delikli konularda ortalama debinin fazla olduğu belirlenirken, 1 ve 2 delikli konularda ise daha az olduğu belirlenmiştir. Diğer delik sayı ve şekillerinde istatistiksel olarak bir fark elde edilmemiştir.

Çizelge 4.4. SY90 konusunun istatistiksel analizi

Ortalama Debi (cm ³ dk ⁻¹)						
Delik Şekli	Delik Sayısı				P > F	Delik Şekli Ortalama
	1	2	4	6		
Daire	[‡] 152.1	168.9	226.1 BC	252.9	öd	200.0
Dikdörtgen	155.0	246.0	301.8 A	218.2	öd	230.2
Kare	283.3	325.4	297.1 AB	278.6	öd	296.1
Üçgen	240.0	211.9	204.3 C	345.0	öd	250.3
P > F	öd	öd	*	öd		
Delik Sayısı Ortalama	207.6	238.0	257.3	273.7		
Önemlilik						
Delik Şekli(D.Ş) : öd						
Delik Sayısı (D.S) : öd						
D.Ş x D.S : öd						
[‡] İtalik yazılmış bölümde her satır ve sütun kendi içinde incelenmiş ve ortalamalar LSD testine göre %5 önem seviyesinde karşılaştırılmıştır. Küçük harfler satır boyunca (yatay) ve büyük harfler sütun boyunca (dikey) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir öd: Önemli değil; * P<0.05; ** P<0.01						

Çalışmanın üçüncü ve son yüksekliği olan SY90 konusunda elde edilen ortalama veriler, istatistiksel olarak değerlendirildiğinde (Çizelge 4.4), farklı geometrik şekillerdeki dren delikleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir ilişki elde edilmemiştir. Buna karşın 4 delikli farklı şekillerdeki dren delikleri %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. 4 delikli dren plakalarında en iyi performans gösteren delik şekli ise dikdörtgen ve kare delik şekli olarak bulunmuştur.

Delik sayısı ve delik şekillerinin toplam sediment birikimine olan etkisini belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Siltasyon verilerinin istatistiksel analizi

Sedimentasyon (gr)						
Delik Şekli	Delik Sayısı				P > F	Delik Şekli Ortalama
	1	2	4	6		
Daire	50.4	54.2	73.3	61.0	öd	59.7 A
Dikdörtgen	14.6	4.2	24.5	7.5	öd	12.7 B
Kare	49.2	54.4	36.6	62.8	öd	50.8 A
Üçgen	15.2	2.1	37.4	50.4	öd	26.3 AB
P > F	öd	öd	öd	öd		
Delik Sayısı Ortalama	32.4	28.7	43.0	45.4		
Önemlilik						
Delik Şekli(D.Ş) : *						
Delik Sayısı (D.S) : öd						
D.Ş x D.S : öd						
İtalic yazılmış bölümde her satır ve sütun kendi içinde incelenmiş ve ortalamalar LSD testine göre %5 önem seviyesinde karşılaştırılmıştır. Küçük harfler satır boyunca (yatay) ve büyük harfler sütun boyunca (dikey) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
öd: Önemli değil; * P<0.05; ** P<0.01						

Çizelge 4.5 incelendiğinde istatistiksel olarak delik sayıları arasında farklılığa rastlanmazken, delik şekillerinin sedimentasyona etki ettiği görülmektedir. İstatistiksel olarak en az sediment birikimi dikdörtgen ve üçgen delik şekillerinde gözlemlenirken, en fazla sediment birikimi daire ve kare delik şekillerinde gerçekleşmiştir.

Toplam sediment birikimi ve ortalama debi verileri birlikte değerlendirildiğinde, üçgen delik şeklinin toprakaltı drenaj sistemlerinde kullanılabilecek olan delik şekilleri arasında etkili bir delik şekli olabileceği sonucuna varılmaktadır.

Asghar ve Vlotman (1995) tarafından yapılan çalışmada 4 delikli dikdörtgen şekilli drenaj deliğinin, 4 delikli daire drenaj deliğine kıyasla daha iyi performans gösterdiğini bildirmişlerdir. Ancak drenaj plakaları üzerinde açılan deliklerin alanları birbiriyle aynı olmadığından bu üstünlüğün plaka üzerine açılan dren deliğinin şeklinden veya alanından kaynaklandığı tam olarak belirlenemese de bir fikir vermesi açısından önemlidir. Her ne kadar SY90 konusu için bu konu ile paralellik gözlemlenemese de SY40 ve SY60 konularında Asghar ve Vlotman (1995) tarafından belirlenen sonuçlara paralel verilere rastlanmış ve debi verisi bakımından 4 delikli dikdörtgen drenaj deliğinin, 4 delikli daire drenaj deliğinden daha üstün olduğu ortaya konulmuştur.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada üçgen, dikdörtgen, kare ve daire dren deliklerinin siltasyon miktarı ve debi verdisi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla sabit seviyeli permeametre düzeneği kullanılarak laboratuvar koşullarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Üç tekerrürlü olarak yürütülen denemede tüm permeametrelerde 15 cm zarf malzemesi kullanılarak, üç farklı su yükü (SY40, SY65 ve SY90) altında alanları aynı olan farklı geometrik delik şekilleri ve sayılarının toprakaltı drenaj sistemlerinde drene olan su ve sediment miktarına etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar dren verdisi ve siltasyon yönünden karşılaştırılmıştır.

Drenaj plakalarında alan değişmeden delik sayıları artırıldığında çalışmada test edilen tüm geometrik delik şekillerindeki debinin arttığı kaydedilmiştir. Su yüklerinin tamamı göz önüne alındığında, delik sayıları drene olan su miktarını etkileyerek debi miktarında farklılıklara neden olmuştur. En fazla ortalama debiyi deşarj eden 6 delikli drenaj plakalarında ortalama $245.73 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$ olarak, en yüksek ikinci ortalama debi değeri ise 4 delikli drenaj plakalarında $204.11 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. En az debi deşarjı 1 delikli plakalarda ortalama $159.34 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$ olarak meydana gelmiştir. Drenaj delik şekillerinden bağımsız olarak birim alandaki delik sayısı, topraktan uzaklaştırılacak olan suyun akısını etkilemektedir.

Drenaj deliklerinin tamamında debinin su yüküne bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ortalama debi miktarı, denemenin en yüksek su seviyesi olan SY90'da 6 delikli üçgen dren deliğinde elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan farklı geometrik şekillerdeki dren deliklerinin tüm su yüklerindeki ortalamaları göz önüne alındığında, debi verdisi bakımından en iyi performans kare drenaj deliğinde $208.83 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$ olarak gözlemlenirken, bunu $203.60 \text{ cm}^3\text{dk}^{-1}$ ile üçgen drenaj deliği takip etmiştir. Delik şekillerinin sediment birikimine etki ettiği gözlemlenmiştir. En az sediment birikimi dikdörtgen ve üçgen dren deliğinde ölçülmüştür. Toprakaltı drenaj sistemlerinde kullanılan delik şekillerine alternatif olarak kumlu tın toprak bünyesinde üçgen delik şeklinin de kullanılabileceği ortaya koyulmuştur.

Bu çalışma toprakaltı drenaj sistemlerinde delik geometrilerinin ve delik sayılarının, topraktan drene olacak su üzerine etkisini ortaya koyarak bu konuda yapılacak çalışmalara kaynaklık edecek olup, dren delik şekillerinin dren verdisi üzerine etkilerinin araştırılması gerekliliğini ortaya koymuştur.

6. KAYNAKLAR

- Anapalı, Ö., Hanay, A. 1996. Drenajda kaplama malzemesi olarak hafif agreganın kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27 (3), 423-438.
- Asghar, M.N. and Vlotman, W.F. 1995. Evaluation of sieve and permeameter analyses methods for subsurface drain envelope laboratory research in Pakistan. *Agricultural Water Management*, 27, 167-180.
- Ahmadi, Z. and Aghajani, G. 2013. Hydraulic condition of subsurface drainage system (case study, Sari, Iran). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(6), 620-626.
- Baş, S. ve Berkman, İ. 1986. Drenajda Sınama. Menemen Köy Hiz. Araş. Ens. Müd.,Yayını No: 136, İzmir 180 s.
- Becer, A.T. 1984. Tarımsal drenaj sistemlerinde kullanılan boru ve filtre malzemelerinin etkinliği ile ilgili model çalışmaları. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Merkez TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No: 103, Rapor No: 43, Ankara, 41s.
- Bentley, W.J. and Skaggs, R. W. 1993. Changes in entrance resistance of subsurface drains. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 119(3), 584-599.
- Bahçeci, İ. 2020 Tarımsal Drenaj Sistemleri. Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi file online.
http://web.harran.edu.tr/assets/uploads/other/files/Ziraat_Fak%C3%BCltesi/SULAMA/TARIMSAL_DRENAJ_M%C3%9CH.pdf (Son erişim tarihi: 04.07.2020).
- Bahçeci, İ., Nacar, A.S., Topalhasan, L., Tari, A. F. and Ritzema, H. P. 2018. A new drainpipe-envelope concept for subsurface drainage systems in irrigated agriculture. *Irrigation and Drainage*, 67, 40-50.
- Brachman, R.W.I. and Krushelnitzky, R.P. 2002. Stress concentrations around circular holes in perforated drainage pipes. *Geosynthetics International*, 9(2), 189-213.
- Demirbilek, S. 2019. Arsuz (Hatay) kıyı ovasında bulunan bozuk drenaj sahalarının tespiti ve çözüm önerileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16 (44), 120-140.
- Dewey, F.J. and J.A. George, 1988. The use of a sand envelope for subsurface drainage within the South African sugar industry. Proc. of the sixty second annual congress, SASTA: 208 - 213.
- Dierickx, W. 1980. Electrolytic analogue study of the effect of openings and surrounds of various permeabilities on the performance of field drainage pipes. Wageningen University. Agricultural Sciences Doctoral Thesis. Netherland, 238s.
- Eggelsmann, R. 1987. Tarım, Çevre ve Altyapı Mühendisliğinde Kapalı Drenaj (Çeviren): S. Demirbaş, Ankara, 318s.
- Gaj, N. and Madramootoo, C.A. 2020. Effects of perforation geometry on pipe drainage in agricultural lands. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 146(7). 04020015-8.

- Güngör, Y., Erözel, A. Z., Öztürk, A. 2011. Drenaj Sistemlerinin Tasarımı, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1590, Ders Kitabı: 542, Ankara, 251s.
- Gemalmaz, E., Baş, S., Mavi, A., Bahçeci, İ., Yarpuzlu, A., Özden, M. ve Demir, A.O. 1993. Drenaj yapıları için projelendirme kriterlerinin saptanması. Tarım ve Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi, Proje No:552, 182s.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis, Methods of soil analysis. Part 1, 2ndEd, Agronomy 9, Am, Soc, Agron, 825-844.
- Kanber, R. ve Ünlü, M. 2008 Türkiye’de Sulama ve Drenaj Sorunları: Genel Bakış, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Sulama-Drenaj Konferansı, Adana, 1-45.
- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepi, S., Yılmaz, N. 2004. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı, s. 213–252.
- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepi, S., Yılmaz, N. 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7.
- Kara, T., Arslan, H. 2004. Bafra ovası sulama alanında tabansuyu ve tuzluluk araştırması. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s. 89-96.
- King, L.G. and Willardson, L.S. 2007. Drainage systems. in design and operation of farm irrigation systems, 2nd Edition. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 289-319.
- Kumar, R., Bhakar, S.R. and Singh, P.K. 2013. Evaluation of hydraulics characteristics and management strategies of subsurface drainage system in Indira Gandhi Canal Command. Agricultural Engineering International: *CIGR Journal*, 15(2): 1-9.
- Lennoz-Gratin, C. 1989. Effect of envelopes on flow pattern near drain pipe. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 115(4): 626-641.
- Luthin J.N. and Watts, D., 1963. Test of thick fiberglass for subsurface drains, *Hilgardia*, 35. (3): 63-67.
- Luthin, J. and Haig, A. 1972. Some factors affecting flow into drainpipes. *Hilgardia*, 41(10): 235-245.
- Nieuwenhuis, G.J.A. and Wesseling, J. 1979. Effect of perforation and filter material on entrance resistance and effective diameter of plastic drain pipes. *Agricultural Water Management*, 2(1), 1-9.
- Oyarce, P., Gurovich, L. and Duarte, V. 2017. Experimental evaluation of agricultural drains. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 143(4). 04016082-9.
- Ojaghlo, H., Sohrabi, T., Rahimi, H., Hassan Oghli, A., Ababaei, B., Ghobadina, 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, Tehran, Iran. 15-23.
- Rathod, S.D., Kamble, B. M., and Phalke, D. H. 2008. Effect of sub-surface 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.
- Sekendar, M.A. 1984. Entrance resistance of enveloped drainage pipes. *Agricultural water management*, 8(4), 351-360.
- Sönmez, N ve Balaban, A. 1968. Kültürteknik Cilt II, A. Ü. Z. F. Yayınları 317, Ders Kitabı 112, Ankara.
- Sönmez, B. 2004. Türkiye’de çorak ıslahı araştırmaları ve tuzlu toprakların yönetimi. Sulanan alanlarda tuzluluk yönetimi sempozyumu bildiriler kitabı, 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, 157-162.
- Smedema, L.K. and Rycroft, D.W. 1983. Land drainage. Planning and Design Agricultural Drainage Systems. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York 376 p.
- Stuyt, L.C.P.M., and L.S. Willardson. 1999. Drain envelopes. 111 R.W Skaggs and J. van Schilfhaarde (Eds.) *Agricultural drainage*. Agron. Monogr. 38. ASA. CSSA, and SSSA, MadiSI) p. 927-962.
- Stuyt, L.C.P.M., W. Dierickx, and J.M. Beltran., 2005. Materials for subsurface land drainage systems. FAO Irrigation and Drainage Paper 60. Rome: Food and Agriculture Organization. 42-65.
- Stuyt, L.C.P.M. and Dierickx, W. 2006. Design and performance of materials for subsurface drainage systems in agriculture. *Agricultural Water Management*, 86(1-2), 50-59.
- Hassanoghli, A. and Pedram, S., 2015. Assessment of water salinity effect on physical clogging of synthetic drainage envelopes by permeability tests. *Irrigation and Drainage*, 64(1), 105-114.
- Tarus, C. 1982. Drenaj sistemlerinin sınıflandırılması -terminoloji- kriterler, Köy İşleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tekinel, O., Dinç, G. ve Kumova, Y. 1976. Aşağı Seyhan sulama proje alanında tarla içi drenajına neden olan taban suyu sorunu üzerinde bir inceleme. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Adana, 12-16.
- Tekinel, O. Kanber, R. 1987. Sulamada tuzluluk ve drenaj. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Seri Konf. Osmaniye, 9s.
- USBR. 1993 Drainage manual (revised reprint). United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation. Denver Colorado, USA, 212-214.
- Valipour, M. 2012. Effect of drainage parameters change on amount of drain discharge in subsurface drainage systems. *J. Agric. Vet. Sci.*, 1(4), 10-18.
- Vlotman, W.S., Rehman, S. and Haider, I. 1993. Granular envelope research in Pakistan. *Irrigation and Drainage Systems*. 6: 325-343.
- Vlotman, W.F., Willardson, L.S. and Dierickx, W. 2000. Envelope design for

subsurface drains. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, 358 s.

Yardımcı, N. 1979. Toprakların bazı fiziksel özelliklerinin plastik sarmal (spiral) drenaj borularında sedimantasyona etkileri üzerine bir araştırma. Doçentlik Tezi, Atatürk Üniversitesi. Ankara.

Yardımcı, N. 1988. Çeşitli dren filtrelerinin dren akışlarına ve sedimantasyona etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19: 75-85.

Yarpuzlu, A. ve Kumova, Y. 1990. Aşağı Seyhan ovası kapalı drenaj sistemlerinde siltasyonun giderilmesi için uygun metotlar, Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No.: 163, Rapor Seri No.: 98, Tarsus, 45s.

ÖZGEÇMİŞ

Abdülkadir C. ŞAHAN
abdil.sahann@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2017-2021	Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2012-2017	Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya