

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SULAMA ŞEBEKELERİNİN OPTİMUM GÜZERGAHLARININ
BELİRLENMESİNDE ŞEBEKE ANALİZ YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI

Burcu KIZILKAYA

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ANKARA

2007

Prof. Dr. F. Kemal SÖNMEZ danışmanlığında Burcu KIZILKAYA tarafından hazırlanan “Sulama Şebekelerinin Optimum Güzergahlarının Belirlenmesinde Şebeke Analiz Yöntemlerinin Kullanımı” adlı tez çalışması 21.02.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Anabilim Dalında **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Fatih SELENAY

Üye : Prof. Dr. Füsun TATLIDİL

Üye : Prof. Dr. F. Kemal SÖNMEZ (danışman)

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ülkü MEHMETOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SULAMA SİSTEMLERİNİN OPTİMUM GÜZERGAHLARININ BELİRLENMESİNDE ŞEBEKE ANALİZ YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI

Burcu KIZILKAYA

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. F.Kemal SÖNMEZ

Türkiye’de kurulmuş ya da kurulmakta olan sulama şebekelerinin büyük bölümü açık kanallı sistemlerden oluşmaktadır. Açık kanal şebekelerinde güzergah belirlemede en önemli kısıtlar topoğrafik yapı ve arazi mülkiyet durumudur. Bu nedenle su, kaynaktan sulama alanına getirildikten sonra etkin bir oranda dağıtılamamaktadır. Bu çalışmada, mevcut kısıtlar altında en uygun şebeke güzergahlarının belirlenebilmesi için, “minimum yayılma”, “en kısa yol” ve “transshipment” gibi optimizasyon yöntemlerinin kullanım olanakları Burdur ilinde bir proje üzerinde araştırılmıştır. Ele alınan yöntemlerin her biri en uygun çözümü vermekte kolaylıklar sağlamıştır. Ancak bu yöntemler arasında “transshipment yöntemi” en uygun maliyeti vermiştir. Bu çalışmadan esinlenerek daha yeni modellerin geliştirilebileceği söylenebilir. Örneğin son günlerin en çok araştırılan modellerinden birisi “Genetik Algoritma” yaklaşımıdır. Bu yaklaşım mutlaka güzergah optimizasyonunda denenmeli ve bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmalıdır.

2006, 88 sayfa

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon, sulama, şebeke analizi, kanalet, güzergah, en kısa yol, en küçük yayılma, transshipment.

ABSTRACT

Masters Thesis

APPLICATION OF NETWORK ANALYSIS METHODS FOR OPTIMUM IRRIGATION NETWORK ROUTE DETERMINATION

Burcu KIZILKAYA

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Farm Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. F. Kemal SÖNMEZ

The majority of the existing irrigation networks and those still being constructed are open channel network systems in Turkey. The most critical limitations in determining the route of the open channel systems are the topographic formation and the land ownership. Due to these limitations, water can not be distributed in an efficient way after it is brought to the irrigation area from its source. In this study, in order to identify the most convenient and efficient way of routing under the existing limitations, a research will be conducted on the utilization of the optimization methods such as “minimum spanning tree”, “shortest path” and “transshipment technique” in a completed project in Burdur province. Each of the methods consider here facilitated the process of providing the optimum method. However, among these methods, transshipment technique delivers the most convenient solution as far as the cost is concerned. It can be said that newer models can be developed. For instance, one of the most recent research subject is “genetic algoritm” approach. This approach must be experimented on network optimization and the results must be compared with the results of this study.

2006, 88 pages

Key Words: Optimization, irrigation, network analysis, canalet, route, shortest path, minimal spanning tree, transshipment technique.

TEŐEKKÚR

Sulama sistemlerinin optimum gúzergahlarının belirlenmesinde Şebeke analiz yöntemlerinin kullanımına yönelik olarak geręekleŐtirilen bu ęalıŐma, “Túbitak Hızlı Destek Projesi” tarafından 106 O 194 nolu proje kapsamında desteklenmiŐtir.

Bana araştırma olanağı sağlayan ve ęalıŐmamın her safhasında desteği ve ęok değerli önerileri ile beni yönlendiren, Sayın Hocam Prof. Dr. F. Kemal SÖNMEZ (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakóltesi)’e ve yaŐamımın her aŐamasındaki en büyük destekçim babam Sayın A. İhsan KIZILKAYA’ ya teŐekkürlerimi sunarım.

Burcu KIZILKAYA

Ankara, Mart 2007

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1 Materyal.....	15
3.1.1 Konum.....	15
3.1.2 Yer şekilleri.....	15
3.1.3 Jeoloji.....	16
3.1.4 İklim.....	16
3.1.5 Toprak kaynakları.....	17
3.1.6 Tarımsal durum.....	18
3.2 Yöntem.....	24
3.2.1 Kanal kapasitelerinin hesaplanması.....	24
3.2.2 Optimum kanal güzergahının belirlenmesi.....	30
3.2.2.1 Sadece yolu minimize eden modeller.....	30
3.2.2.1.1 En kısa yol modeli.....	30
3.2.2.1.2 Minimum yayılma modeli.....	33
3.2.2.2 Minimum yolu bulurken sistem maliyetini de optimize eden modeller.....	36
3.2.2.2.1 Transit taşıma modeli.....	36
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	44
4.1 Model Çözüm Sonuçları.....	59
4.1.1 En kısa yol modeline (Shortest Path) göre muhtemel kanalet tipleri.....	59
4.1.2 En küçük yayılma modeline (Minimal Spanning Tree) göre muhtemel kanalet tipleri.....	63

4.1.3 Transit taşıma modeline göre muhtemel kanalet tipleri.....	67
4.2. Sulama Şebekesini Meydana Getiren Yapıların Maliyetleri.....	71
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	88

SİMGELER DİZİNİ

A	Sulama alanı (ha)
a_j	i noktasından gönderilecek debi miktarı (m^3/sn)
b_j	j noktasında talep edilen debi miktarı (m^3/sn)
d	Bir prizinin debisi (l/s),
d	Birim debi ve birim uzunluk için i kaynak noktasından j boşaltım noktasına su taşıyan kanalın maliyeti, ($\$/m.m^3/sn$)
dn	Bitki su tüketiminin sulama suyu ile karşılanacak miktarı (mm/ay veya mm/gün)
dnp	Proje alanı net sulama suyu ihtiyacı (mm/gün)
dt	Proje alanı toplam sulama suyu ihtiyacı (mm/gün)
δ	Buhar basıncı eğrisinin eğimi, $kPa/^\circ C$
Ea	Su uygulama randımanı
ea	Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, kPa
Ec	Su iletim randımanı
ed	Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı, kPa
ETb	Bitki su tüketimi (mm/ay veya mm/gün)
ETo	Referans bitki su tüketimi, mm/gün
F	Esneklik katsayısı
f(T)	Sıcaklık fonksiyonu
f(ed)	Buhar basıncı fonksiyonu
f(n/N)	Güneşlenme oranı fonksiyonu
γ	Psikrometrik sabite, $kPa/^\circ C$
γ^*	Modifiye psikrometrik sabite, $kPa/^\circ C$
G	Topraktaki ısı akımı, $MJ/m^2/gün$
L_{i_j}	i kaynak noktası ile j boşaltım noktası arasındaki kanal uzunluğu(m)
λ	Buharlaşma gizli ısı, MJ/kg
m	Şebekedeki kaynak noktası sayısı
n	Şebekedeki talep noktası sayısı
n	Güneşlenme süresi, h
N	Olası maksimum güneşlenme süresi, h

P	Atmosfer basıncı, kPa
Pe	Etkili yağış (mm/ay veya mm/gün)
Q	Kanal kapasitesi (l/s)
q	Sulama modülü (l/s/ha)
Ra	Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon, MJ/m/gün
RH	Ortalama bağıl nem, %
Rn	Bitki yüzeyindeki net radyasyon, MJ/m ²
Rnl	Uzun dalgalı net radyasyon, MJ/m ² /gün
Rns	Kısa dalgalı net radyasyon, MJ/m ² /gün
Rs	Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon, MJ/m ² /gün
T	Sıcaklık, °C
t _o	Transit taşıma miktarıdır (m ³ /sn)
u ₂	Rüzgar hızının 2 m yükseklikteki eşdeğeri, m/s
uz	z m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, m/s
X	Aynı anda çalışan muhtemel priz sayısı
X _{i J}	i noktasından j noktasına sevk edilen akış miktarı (m ³ /sn)
z	Rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik, m

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Su yapıları için gerekli alt yapı maliyetlerinin dağılımı.....	2
Şekil 3.1 Araştırma alanının Türkiye’deki yeri.....	20
Şekil 3.2 Araştırma alanına ulaşım yolları.....	21
Şekil 3.3 Araştırma alanı sınırları ve yeni parselasyon durumu	22
Şekil 3.4 Araştırma alanı topoğrafik yapısı.....	23
Şekil 3.5 En kısa yol probleminin çözümüne örnek bir şema.....	32
Şekil 3.6 Minimum yayılma probleminin çözümüne örnek bir şema	35
Şekil 3.7 Transportasyon Modeli.....	39
Şekil 3.8 Transshipment modeli.....	39
Şekil 4.1 Projeli durumda bitkilerin yetiştirme dönemi uzunluğu.....	46
Şekil 4.2 Domates bitkisi için k_C eğrisi grafiği.....	48
Şekil 4.3 Elma bitkisi için k_C eğrisi grafiği.....	48
Şekil 4.4 Haşhaş bitkisi için k_C eğrisi grafiği.....	49
Şekil 4.5 Kavak bitkisi için k_C eğrisi grafiği.....	49
Şekil 4.6 Mısır bitkisi için k_C eğrisi grafiği.....	50
Şekil 4.7 Şekerpancarı için k_C eğrisi grafiği.....	50
Şekil 4.8 Soğan bitkisi için k_C eğrisi grafiği.....	51
Şekil 4.9 Yonca bitkisi için k_C eğrisi grafiği.....	51
Şekil 4.10 Buğday bitkisi için k_C eğrisi grafiği.....	52
Şekil 4.11 Karpuz bitkisi için k_C eğrisi grafiği.....	52
Şekil 4.12 Anason bitkisi için k_C eğrisi grafiği.....	53
Şekil 4.13 En kısa yol modeli ile optimum kanal şebekesi.....	78
Şekil 4.14 Minimum yayılma metodu ile optimum kanal şebekesi.....	79
Şekil 4.15 Transshipment yöntemi ile optimum kanal şebekesi	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

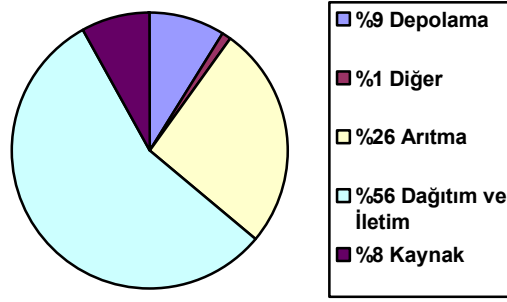
Çizelge 3.1	Araştırma alanının iklim karakteristikleri.....	17
Çizelge 3.2	Araştırma alanı bitki deseni, ekiliş alanları ve ekiliş oranları.....	19
Çizelge 3.3	Ulaştırma modelinde başlangıç çözüm tablosu.....	40
Çizelge 3.4	Transshipment modelinde başlangıç çözüm tablosu.....	40
Çizelge 4.1	Referans evapotranspirasyonu, güvenilir yağış ve etkili yağış değerleri ..	45
Çizelge 4.2	Proje sahasındaki bitkilerin değişik dönemleri için hesaplanan bitki katsayıları.....	47
Çizelge 4.3	Proje alanı sulama suyu ihtiyacı ve sulama modülleri	54
Çizelge 4.4	Araştırma alanındaki parsellerin büyüklükleri.....	58
Çizelge 4.5	En kısa yol modeline göre sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri.....	59
Çizelge 4.6	Minimum yayılma modeline göre sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri	63
Çizelge 4.7	Transshipment modeline göre sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri	67
Çizelge 4.8	En kısa yol modeli ile elde edilen kanal maliyetleri.....	72
Çizelge 4.9	Minimum yayılma modeli ile elde edilen kanal maliyetleri.....	73
Çizelge 4.10	Transshipment modeli ile elde edilen kanal maliyetleri.....	74

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimden elde edilen gelirin artırılmasında diğer faktörlerin yanı sıra girdilerin optimum düzeyde kullanımına dikkat edilmelidir. Tarımsal üretimde, su en önemli girdilerden biri olup, toprakta bitki için gerekli olan nemi temin ederek verimi artırmasının yanı sıra, üretimi iklim şartlarından bağımsız kılmakta, ilave istihdam yaratmakta, kırsal alanda birim alandan elde edilen gelirin artmasına neden olmakta, gübre kullanımına imkan sağlamakta, üretimin çeşitlenmesine ve bitki yetiştirme periyodunun uzunluğuna bağlı olarak birim alandan birden fazla ürün alınmasına imkan vermektedir. Tarımda verimi artırmak adına etkin su kullanımı en önemli parametreyi oluşturur. Ancak bunun gerçekleştirilebilmesi için etkili bir optimizasyona gereksinim vardır. Dünyada nüfusun hızla artmasına karşılık temiz su kaynaklarının giderek azalması da göz önünde bulundurulursa, su dağıtım şebekelerinin kısıtlı su kullanımı nedeniyle optimizasyonunun önemi daha da artmaktadır.

Optimizasyon, bir faaliyetin istenen boyutlarıyla gerçekleştirilmesinde kullanılan kaynakların, belirli kısıtlar altında ve birbirleriyle olan ilişkileri çerçevesinde en ekonomik yolla kullanımını gerçekleştiren bir sistem yaklaşımı yöntemidir. Sulama açısından değerlendirildiğinde optimum duruma getirilecek yada en uygun bileşimi sağlanacak olan kaynaklar; sulama alanı, sulama yapıları, su kaynağı ve bitki su ihtiyaçları ile buna bağlı alt faaliyetler bütünüdür (Öneş ve Sönmez, 1997). Klasik sulama şebekelerinde problem, mevcut topoğrafik ve mülkiyet dağılımı kısıtları altında suyun kaynaktan parsellere en uygun güzergahtan taşınmasıdır.

Sulama iletim ve dağıtım yapılarının toplam sistem (kaynak, derleme, depolama, arıtma, iletim ve dağıtım) içerisindeki maliyet oranı yaklaşık %56'dır. ABD'de 2000 yılında yapılan bir araştırma, önümüzdeki 20 yılda su yapıları için yılda yaklaşık 24 milyar dolarlık bir bütçenin gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Optimizasyonla, toplam su yapıları maliyeti içerisinde %56'lık paya (Şekil 1.1) sahip olan su iletim ve dağıtım şebekelerinde %20 hatta daha fazla tasarruf yapmak mümkündür (Kahraman 2003).



Şekil 1.1 Su yapıları için gerekli alt yapı maliyetlerinin dağılımı (Kahraman 2003)

Türkiye’de kurulmuş ya da kurulmakta olan sulama şebekelerinin büyük bölümünü açık kanal sistemleri oluşturmaktadır. Açık kanalların kapalıya göre önemli dezavantajlarından biri; su alım noktalarının parselde uzak kalması durumunda proje alanının ortalama %20 sinin sudan yararlanamamasına neden olmasıdır (Öneş ve Sönmez, 1997). Özellikle şebekeden alınan sulama suyunun komşu tarladan geçirilme zorunluluğu da önemli bir sorun niteliğindedir. Bu ve benzeri nedenlerle Türkiye’de net sulama oranı %60 dolayında bulunmaktadır. Ayrıca, yetersiz kalan suyun drenaj kanalından tekrar kullanılmaya çalışılması arazilerin tuzlanmasına neden olabilmektedir.

Ülkemizin su kaynaklarının kısıtlı olması; su konusunda çiftçi taleplerinin artması ve mevcut suyla daha fazla alanın sulanarak daha fazla kullanıcıya hizmet götürülerek gelir artışının sağlanabilmesi için sulama ile ilgili hizmet götüren birimlerde uygun bitki paterninin seçimi, bitkinin hassas dönemlerinin tespitiyle buna uygun sulama programlarının ve sulama sistemlerinin geliştirilmesi, gerek tarımsal gelir artışı, gerek ekoloji, gerekse yerüstü ve yeraltı su rezervlerimizin korunması açısından büyük önem taşımaktadır.

Araştırmacılar su dağıtım şebekelerinin optimizasyonu için önce şebeke hidroliğini çözmek için bilgisayar programları oluşturmuşlar, daha sonra su dağıtım şebekelerinin optimizasyonu konusunda çeşitli optimizasyon yöntemleri ve bunları kullanan programlar hazırlamışlardır. Ancak bunların birçoğu gerçek şebeke sistemlerine uygulanması çok zor olan teknikler olması sebebiyle piyasalarda yaygın kullanım alanı bulamamıştır. Son yıllarda ise yeni bir yaklaşım sayabileceğimiz Genetik Algoritmaların (GAs) şebeke optimizasyonunda kullanımı giderek artmaktadır. Genetik

algoritmalar, çok sayıda çözüm yöntemleri bulunan her türlü karmaşık problemde iyi sonuçlar vermektedir. Günümüzde genetik algoritmalar su dağıtım sistemlerinin optimum dizaynı, genişletilmesi, rehabilitasyonu, su sızıntılarını minimize etmek için kontrol vanalarının yerleşimi, karmaşık sistemler için pompa çalışma zamanlarının düzenlenmesi, hazne işletilmesi, numune alma ve klorlama istasyonlarının yerleşimi, farklı kaynaklardan alınan suların kalitesinin optimize edilmesi gibi çok geniş bir alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Genetik Algoritmalar, insan ve ekosistemdeki doğal gelişme, sosyal sistemleri taklit etme ve psikolojideki sonuçları değerlendirmeyi içine alan dinamik gelişimlerin modellenmesinden oluşmaktadır. Modellenen örneklerin bir zaman dilimi içerisinde kötüden iyiye doğru gitmesi, bir optimizasyon probleminin başlangıç çözümünden optimum çözüme doğru yaklaşımını andırır.

Avustralya, Kanada ve Amerika' nın çeşitli eyaletlerinde su dağıtım şebekelerinin genetik algoritma ile dizaynı, rehabilitasyonu, genişletilmesi, işletilmesi gibi çalışmalarda %15 ile %50 arasında tasarruf sağlanmıştır. Halen araştırılmakta olan genetik algoritmaların optimizasyon problemlerinin çözümü için kullanılması oldukça yenidir.

Bu çalışmanın amacı, kanal güzergahlarının seçiminde ağ yöntemlerini kullanarak, uygulamalarda yararlanılabilecek optimum bir model yaklaşımı sunmaktır. Modelin uygulanması ile beklenen yararlar şöyle sıralanabilir;

- Sulama şebekesinin izleyeceği güzergahın belirli bir modele dayandırılarak seçenekler arasından en uygun olanın belirlenmesi ve böylece sulamadan beklenen amaca ulaşabilmek için en uygun şebeke ağının gerçekleştirilmesi,
- Kısıtlı olan suyun sulanacak alana ulaşım yüzdesini en üst düzeyde tutarak, sudan faydalanma oranının yükseltilmesi,
- Sulama sistemini oluşturan kanal veya kanaetlere verilecek en uygun kapasitesinin belirlenmesine olanak sağlaması.

Kanal güzergahlarının belirlenmesinde optimizasyon tekniklerinin kullanımı, kısıtlı olan sudan maksimum oranda yararlanabilme olanaklarını arttıracaktır.

Sulama sistemini oluşturan kanal veya kanaetlere verilecek en uygun kapasitenin belirlenmesiyle; güzergahın belirlemenin belirli bir modele dayandırılarak, seçenekler arasından en uygun olanının belirlenmesi ve böylece sulamadan beklenen amaca ulaşabilmek için en uygun şebeke ağının kararlaştırılması sağlanacaktır.

Araştırmada açık kanalların optimizasyonunda kullanılan modeller iki grupta toplanmıştır:

Sadece yolu (kanal uzunluğunu) minimize eden, *en kısa yol modeli* ve *minimum yayılma modeli* ile minimum yolu bulurken sistem maliyetini de optimize eden (debi maliyet ilişkisini sabit kabul eden) *transshipment modelidir*.

Giriş ile birlikte dört bölümden oluşan bu çalışmada, ikinci bölümde konu ile ilgili literatür gözden geçirilmiş, üçüncü bölümde araştırmada kullanılan materyal ve metot açıklanmıştır. Dördüncü ve son bölümde ise araştırma bulguları değerlendirilmiş ve sonuçları tartışılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

Goldberg (1989), “Gaz Borularının Genetik Algoritma (GA) İle Optimizasyonu” adlı doktora tezi ile birlikte genetik algoritmaların teorik olmaktan öteye piyasalarda uygulanabilirliğini ispatlamıştır. GA, 1970’li yıllarda Michigan Üniversitesinde öğretim üyeliği yapan John Holland ve onun çalışma arkadaşları ile öğrencileri tarafından geliştirilerek bilgisayar ortamına taşınmıştır.

Meier and Beightler (1967), tarafından karmaşık su planlaması problemleri analizi için birçok optimizasyon yöntemi önerilmiştir. Meier and Beightler yaptıkları bu çalışma ile dinamik programlamanın seri bağlı ve seri bağlı olmayan depolama birimlerinden oluşan sistemlere uygulanmasına ilişkin durum çalışmalarını ortaya koymuşlardır.

Revelle *et al.* (1969), tek birimli ve çok amaçlı bir sistemin doğrusal programlama ile optimum tasarımını incelemiştir. Amaç olarak sistemin kısıtlamalarını sağlayacak minimum depolama birimi kapasitesinin doğrusal karar kuralı için saptanması seçilmiştir. Sistemin kısıtlamaları ise hizmete aktarılacak su için aylık minimum sınır, kanal aşınmasına karşı maksimum sınır, taşkın kontrolü için ayrılacak aylık hacim ve rekreasyon amacıyla depolama biriminde bulundurulması gereken minimum su olarak belirlenmiştir.

Salcedo and Meier (1970), Eğli (1971), Wu and Liang (1972) sulama yapılan bölgelerde tarımsal üretimden sağlanacak gelirin maksimum yapılabilmesi için çeşitli bitkilere göre optimum sulama suyu miktarı ve optimum sulama zamanının saptanması konusunda yararlı olabilecek matematiksel modeller geliştirmişlerdir. Araştırmacılar bu modellerde mevcut sulama suyu miktarı ve sulanacak alan gibi iki karar parametresi kullanmışlardır. Sulanacak alan içerisinde yetiştirilecek bitkinin seçiminde ise; sulama suyu gereksinimleri, sulama sayısı ve birim alandan sağlanan üretim değerleri değişkenler olarak kullanılmıştır.

Peter and Douglas (1970), sulama projelerinin planlanmasına yardımcı olmak amacıyla bir doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, yüzey suları ile

yeraltı su sistemlerini ekonomik bir yapı içerisinde birleştirerek optimum su kullanımını amaçlayan model üzerinde durmuşlardır. Kısıtlayıcı faktörler olarak kanal kapasiteleri, sondaj maliyeti ve bitki su gereksinimi alınmıştır. Doğu Pakistan'dan alınan bir örnek üzerinde yukarıdaki faktörlerle birlikte fiziksel ve sosyo-ekonomik koşullar da göz önüne alınarak geliştirilen model çözülmüş ve çözüme ilişkin çıktılar çalışmada verilmiştir.

Nayak and Arora (1971), rezervuar sistemlerinde optimum kapasitenin doğrusal programlama ile saptanmasına ilişkin modeller geliştirmişlerdir. Araştırmacılar modelde, amaç fonksiyonu olarak rezervuarın toplam maliyetinin minimizasyonunu dikkate almışlardır.

Windsor and Chow (1971), tarla sulama sistemlerinin projelenmesi ile ilgili olarak optimum su kullanmayı sağlayacak bir programlama modeli geliştirmişlerdir. Uygulamada sermaye, işçilik ve sulama suyu miktarı kısıtlayıcı faktör olarak kullanılmış olup çözümler iki değişik toprak tipi için yapılmıştır.

Benli (1974), sulama şebekeleri içerisinde optimum su kullanımına ilişkin seçeneklerin saptanmasını amaç edinerek, örnek olarak seçilen Aksaray-Uluirnak sulama alanında optimum su kullanımını gerçekleştirecek bitki desenlerinin ve optimum sulama alanlarının bulunmasına ilişkin doğrusal programlama modelleri geliştirmiştir. Araştırmacı sonuçta araştırma modellerinin hemen hepsinde Haziran ve Temmuz aylarında eldeki sulama suyunu 1 m³ arttırmakla dekara sağlanacak brüt kar aralığını belirlemiştir.

Öneş (1976), Aşağı Seyhan Ovası Sulama projesi alanında kanal ve kanalet sistemlerini karşılaştırdığı araştırmasında, yurdumuzda kurulmuş yada kurulmakta olan sulama şebekelerinin tamamına yakın bir bölümünün açık kanallı olduğuna değinmiştir. Bölgede gerçekleştirilen çalışmalar sırasında bazı sıkıntılarla karşılaşmıştır. Bölgedeki tarımsal işlemlerin en yoğun olduğu yaz aylarındaki çalışma zorunluluğu ve derin kazılarla ekili alanlara zarar verme olasılığı nedeniyle geciktiğini belirtmiştir. Bu nedenle, tersiyer kanalların ekonomik ve kullanıma uygun olarak daha kısa bir zamanda

yapımlarını sağlamak amacıyla Cezayir, Tunus, İtalya, Fransa ve İspanya' da yıllardır kullanılan kanaetli sulama sistemin 1965' ten itibaren Türkiye' ye girdiğini açıklamıştır.

Sönmez ve Benli (1976), doğrusal programlama yöntemi ile Eskişehir-Alpu ovasında sulama şebekeleri içerisinde optimum sulama alanları, bitki desenleri ve sulama suyunun marjinal değerlerini saptamışlardır. Araştırmacılar sonuçta en yüksek gayri safi üretim değerinin elde edildiği (423.7 TL/da) bitki desenini %29 hububat, %25 şekerpancarı, %20 patates, %10 yonca, %10 bostan ve %6 ayçiçeği olarak bulmuşlar, Haziran ve Temmuz aylarında sulama suyunun 1 l/s arttırılması ile işletmelerin toplam gelirinde meydana gelecek artış aralığını belirlemişlerdir.

Erözel (1978), tarafından yapılan çalışmada alanın sulanması için yapılmış tesislerden optimum biçimde yararlanılmasına olanak verecek seçeneklerin araştırılması amaç edinilmiştir. Ayrıca, optimum su kullanımını sağlamak için, sulama alanı, sulama suyundan optimum olarak yararlanmayı sağlayacak bitki deseni ve sulama suyunun marjinal analizlerini verecek olan değerlerin saptanmasına çalışılmıştır. Bu unsurların belirlenmesinde bir matematiksel model tekniği olan doğrusal programlama yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan doğrusal programlama modelinde amaç maksimum geliri sağlayacak bitki deseninin bulunmasıdır. Kısıtlayıcı faktör olarak ise; araştırma alanında kullanılacak maksimum yeraltı suyu miktarı ile yüzey suları toplamı, araştırma bölgesinde sulanabilir alan yüzölçümü ve münavebe sınırlılıkları kullanılmıştır. Araştırmada uygulanan doğrusal programlama modelleri simplex metodu ile çözülmüştür. Bilgisayarda, suni değişken ve karar değişkenleri matrise eklenerek verilmektedir. Araştırma alanında DSİ'ce önerilen bitki deseni ile araştırma modellerinde farklı sulama alanlarına göre saptanan bitki desenleri arasındaki net gelir artışını belirlemek ve optimum çözüm verecek sulama alanını saptamak amacıyla SYSSIM bilgisayar programı ve yaklaşımlarından yararlanılmıştır.

Karadeniz (1978), sulama amaçlı depolama birimlerinden ve sulama alanlarından oluşan sistemlerin analizini gerçekleştiren bir yöntem geliştirmiştir. Araştırmacı, Orta Anadolu

koşullarında geleneksel planlamaya karşı sistem yaklaşımı kullanıldığında, sistemin sulama faydasında artış sağlanabileceğini saptamıştır.

Kızılkaya (1988), bir proje sahasında şebeke türünü ekonomik kılan faktörlerin topoğrafya, drenaj ve parselasyon olduğunu belirtmiştir. Şebeke planı tüm tarım arazisindeki her parsel su ulaşabilecek şekilde tasarlanır. Arazi özelliklerine göre klasik şebekelerde tersiyer aralıkları 350 m ve en çok 500 m, uzunlukları en çok 2.5 km ve yedek aralıkları ise en çok 5 km olarak tertiplenir. Talep ve şartlı talep sistemine göre tasarlanan kanaletli sulama şebekesi, klasik sistemdeki tersiyer sulama kanalları gibi tesviye eğrilerini takip etmezler. Burada şebeke dallı yedek ağı biçiminde olup, üzerlerinde sabit çiftçi arkı prizleri yoktur. Bunların yerine su, portatif çek ve sifonlar ile sulama ağının herhangi bir yerinden çekilir ve doğrudan çiftçi arklarına geçer. Kanaletli sulama şebekelerinde ise sistemi oluşturan unsurların ayaklar üzerinde kurulması nedeniyle güzergahlar problemsiz geçirilebilir. İstimlak masraflarından ekonomi sağlamak ve tarlayı ikiye bölmek için kanaletler mümkün olduğu ölçüde mülkiyet sınırlarını takip ederler. Kanaletli sulama şebekelerinde en uygun ve en ekonomik organizasyon biçiminin talep sistemi olduğu belirtilerek, 6000 hektara bir kanalet fabrikasının ekonomik olarak kurulabileceği ifade edilmiştir.

Paudyal and Goto (1991), açık kanallı sulama şebekelerinin optimizasyonu üzerine yaptıkları çalışmalarında, en uygun şebeke güzergahının tespitinin, sulama sisteminin başarısını etkileyen önemli faktörlerden birisi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca borulu sulama şebekelerine çokça uygulanan matematik programlama tekniklerinin açık kanallı sistemlere yeterince uygulanmadığına değinmişlerdir. Mühendisin geçmiş tecrübelerinden faydalanarak, kendi kararları doğrultusunda bir sulama sisteminin tasarlanması sonucunda çok az alternatif arasından seçilerek elde edilen sonucun her zaman optimum sonucu vermeyeceği görüşüne varmışlar ve optimal açık kanallı sulama sistemini belirlemek üzere farklı programlama tekniklerini denemişlerdir. Özellikle üzerinde durulan model ise *minimum yayılma modelidir*. Modelin uygulanması esnasında karşılaşılan zorlukların başında, sistemi oluşturan nodların sadece alıcı veya kaynak noktalardan oluşmaması gelmektedir. Öyle ki bazı noktalar hem alıcı ve hem de dağıtıcı gibi rol almaktadırlar. Bu nedenle ara bağlantı noktalarının da modele girmesi

gerekmektedir. İkincisi, birçok durumda aynı bölgede bulunan sulama ünitelerinde birden fazla dallanma meydana gelmektedir. Bu durum aynı hat üzerinde birden fazla kanal döşenmesi anlamına gelmektedir ki bu pratikte uygulanması mümkün olmayan bir durumdur. Bundan kaçınmak için, model kurulurken aynı hat üzerine düşmesi muhtemel dallanmaların önüne geçilmelidir.

Erözel vd. (1992), farklı bitki su tüketimi hesaplama yöntemlerinin sulama kanalı tesis maliyetine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, kanal uzunluğu, sulama modülü ve kanal eğimi olmak üzere üç farklı parametreyi kullanmışlardır. Araştırma sonucuna göre, endüyük tesis maliyetinin Jensen-Heise yönteminin göz önüne alındığı kanal projelerinde; en yüksek tesis maliyetinin ise Penman yöntemiyle hazırlanan projelerde olduğu görülmüştür. Ayrıca sulama kanalı tesis maliyetine etkili en önemli değişkenin kanal uzunluğu olduğu belirlenmiştir. Kanal uzunluğunun, tesis maliyetini %86.58 oranında etkilediği görülmüştür. Sulama modülü ve kanal taban eğimi ise tesis maliyetini etkileyen diğer parametreler olarak saptanmıştır.

Balaban ve Beyribey (1992), yaptıkları çalışmada basınçlı sulama sistemlerinin optimum dizaynında izlenen aşamalar teorik olarak verilmiş ve FAO tarafından geliştirilen ve basınçlı sulama sistemlerinde optimum boru çapı seçiminde kullanılan "Optimizing Pipes Diameter" paket programı kullanılarak iki ayrı örnek çözüm verilmiştir. Sulama sistemlerinin ilk yatırım masrafları göz önüne alınırsa bu sistemler için küçük tasarruflar bile önemli olmaktadır. Bu nedenle, hem bilgisayar kullanımının yaygınlaşması hem de sunulan programın uygulanma kolaylığı, basınçlı sulama sistemlerinin bir sistem yaklaşımı içerisinde ele alınmasını zorunlu kıldığını belirtmişlerdir.

Kodal vd. (1997), kısıtlı su koşullarında işleme optimizasyonu ve optimum su dağıtımı için bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada kısıtlı sulama yapma durumunda olan işletmeler için uygulanabilecek işlemler dizisi verilmiştir. Söz konusu gerekli bilgiler; bitki verisi, bitkilerin ekim tarihleri, referans su tüketimi hesabı için gerekli iklim verisi, yağış verisi ve toprak verisi olarak gruplandırılmıştır. Mevsimlik veya mevsim içi kısıtın uygulandığı sulamalarda IRSIS gibi uygun bilgisayar

yazılımları ile farklı bitki gelişme dönemleri için su-verim ilişkisi simüle edilmiştir. Bir sulu tarım işletmesinde, optimum bitki deseni bulunması çalışmalarında, sistem analiz tekniklerinden biri olan doğrusal programlama yönteminden yararlanılmıştır. Bu çalışmada bitkilerin yeterli su koşulundaki brüt kar değerlerinden oluşan amaç fonksiyonu yanında, işletme arazisi genişliği, ikinci ürün ekim alanı, bitkilerin maksimum ve minimum ekiliş oranları, işletmenin sulama suyu kapasitesi ve aile işgücü kapasitesi gibi sınırlı kaynaklara ilişkin kısıt fonksiyonları kullanılmıştır. Bu fonksiyonlar, doğrusal programlama yöntemi ile bulunabilmektedir. Doğrusal programlama gibi ekonometrik planlama yöntemleri, doğrusal olarak seyreden eşitliklerle çalışmaktadır. Aynı su kaynağından farklı işletmelerin yararlanması ve kaynağın yetersiz olması durumunda, hangi işletmeye hangi oranda sulama suyu verildiğinde işletmelerin toplam gelirinin daha yüksek olacağını belirlenmesine ilişkin çalışmalarda, ilişkinin doğrusal olmaması nedeniyle dinamik programlama tekniğinden yararlanılmaktadır.

Mohammadi (1998), tarafından sulama sistemleri için birleştirilmiş optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada yüzey rezervuar kapasitesi, yeraltı suları ve kaynak suları, dağıtma sistemleri kapasiteleri (kanallar, pompa istasyonları ve tüneller) optimizasyon modelinin çözümünde veri olarak kullanılmıştır. Sulama için geliştirilmek üzere hektarlarca arazi ve ürün örnekleri, sistemin en önemli parçalarını oluşturmaktadır. Drenaja bağlı maliyetler olan arazilerin tesviyesi ve sulama sisteminin inşası da aynı zamanda düşünülmüştür. Bu model, diğer karar değişkenlerini tamamlama yeteneğindedir. Sistem, risk-yapı optimizasyon modeli ile optimize edilmiştir. Modelin uygulanmasıyla geliştirilen modeller duyarlılık analizleri sonuçlarıyla beraber, uygulandığı bölgenin yapısıyla ilgili detaylı bir görüş açısı sağlamaktadır. Bu kriter seçenekleri göz önüne alındığında ortalama bir planın seçimini sağlamaktadır. Model diğer karar değişkenleri ile ilişkilidir.

Mitchell (1996), genel yapısı çok basit olan genetik algoritmaların kullanım alanını şu şekilde özetlemiştir:

- Mühendislik problemlerinde optimizasyon amaçlı olarak,
- Bilgisayar programlarında yapay zeka çalışmaları ve otomatik programlamada,

- Makine öğretisi, robotların hareket tarzında,
- Ekonomik modellerin geliştirilmesinde,
- Sosyal sistemlerin analizinde,
- Bağışıklık sistemlerinde,
- Ekolojide,
- Topluluk genetiğinde,
- Bilgisayar işlemci devrelerinin tasarımında.

Emiroğlu vd. (2000), yaptıkları çalışmada, su kaynakları sistemlerindeki dinamik programlama, lineer programlama, lineer olmayan programlama ve çok amaçlı programlama problemlerinin Genetik Algoritma ile hesaplanmasının mümkün olduğunu ve elde edilen sonuçlara göre Genetik Algoritma metodunun hızlı ve hassas sonuçlar verdiğini gözlemişlerdir. Genetik Algoritma tekniği, evrim sürecinden etkilenerak, canlılarda yaşanan genetik sürecin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesi işlemidir şeklinde açıklanmıştır. İşlemler bilgisayar hafızasına depo edilmiş kromozomlar üzerinde icra edilmekte ve çaprazlama operatörü vasıtasıyla, kromozomlar arasındaki genetik bilginin sürekli olarak değişmekte olduğu gözlenmiş böylece de topluluğun başarısı izlenmiştir.

Ayrıca klasik matematiksel yöntemlerle zm mümkün olmayan birçok problemin Genetik Algoritmalar yardımıyla zlebileceği, böylece algoritmanın güncelliği ve birçok alanda, özellikle optimizasyon alanında kullanılabileceğini ifade eden en önemli gösterge olduğu anlaşılmıştır.

Özellikle optimizasyon problemlerinin üzümünde geniş bir kullanım alanı bulunan Genetik Algoritmaların, klasik optimizasyon algoritmalarının yetersiz veya yavaş kaldığı birçok problemde sonuca ulaşabilmek için kullanılabilecek en iyi araçlardan birisi olduğunu ve klasik optimizasyon yöntemlerine göre bazı önemli avantajları olduğunu belirterek bunları aşağıdaki gibi sıralamışlardır.

1. Genetik Algoritma açısından problemin lineerlik, non-lineerlik ve süreklilik gibi özelliklerinin hiç bir anlamı yoktur.

2. Optimize edilecek amaç fonksiyonunun süreksiz olması halinde, süreksizlik noktalarında fonksiyonunun türevi de olamayacağından, türev almaya dayalı optimizasyon yöntemleri uygulanamamaktadır. Oysa Genetik Algoritma optimizasyonunda, işlemlere fonksiyonların türevi girmediğinden, böyle bir sakınca söz konusu değildir.
3. Genetik Algoritma ile optimizasyon işlemlerinde, karmaşık matematiksel ifadeler yer almamaktadır.
4. Değişkenlerinin alabilecekleri değerler, sonlu bir tamsayı listesi veya yeterli hassasiyette sonlu ve ayrık bir değer uzayından alınabilir.
5. Genetik Algoritmalar ile optimizasyon algoritmasının en önemli avantajlarından biri; problem ile optimizasyon algoritması arasında iyi bir geçişin sağlanmasıdır. Bu özellik, algoritmanın esnekliğini önemli ölçüde artırmaktadır.
6. Genetik Algoritma ile optimizasyon için, her probleme özel bir optimizasyon tekniği kullanılması söz konusu değildir. Optimizasyonu gerçekleştirmek için boyutlandırma değişkenlerini, değişkenlerin değer uzayını ve problemin uygunluk fonksiyonunu belirlemek yeterlidir.
7. Alışılmış optimizasyon tekniklerine göre yapılan çözümlerde boyutlandırma değişkenlerinin ilk değerlerine bağlı olarak, algoritma her zaman sonuç vermeyebilir. Genetik Algoritma ile optimizasyonda ise, böyle bir sorunla karşılaşılsa dahi, bir sonraki adımda çözüm için uygun olmayan değerler grubu çözümden çıkartılmaktadır.

Kahraman (2003), son yıllarda su dağıtım şebekelerinde optimizasyon tekniklerinin kullanımının giderek artış göstermesine değinerek en iyi optimizasyon seçeneklerinden biri olan Genetik Algoritma (GA) nın ön plana çıktığını belirtmiştir. GA yöntemi ile optimizasyon sayesinde büyük şebekelerin inşaat ve işletme maliyetlerinde %15 ila %50 arası kazançlar sağlanmakta olduğunu ve hidrolik açıdan da daha iyi şebekeler elde edilebilmekte olduğuna değinen Kahraman, bu amaçla hidrolik hesaplamalar için EPANET benzeşim modelini ve David Goldberg'in temel genetik algoritmasının modifiye edilmiş bir halini kullanarak su dağıtım şebekelerinin tasarımında optimizasyon yapan SUGANET adlı bir program geliştirildiğini de belirtmiştir.

Kahraman ve Özdağlar (2004), su dağıtım şebekelerinde genetik algoritmaların kullanım alanlarını şu şekilde özetlemişlerdir;

- Yeni su dağıtım şebekesi boyutlandırılmasında,
- Karmaşık yada çok büyük su dağıtım sistemleri için pompa çalışma zamanlarının ayarlanmasında,
- Su haznelerinin, basınç vanalarının ve pompaların işletme noktalarının ayarlanmasında,
- Farklı kaynaklardan alınan suların minimum maliyetle istenilen su kalitesi standartlarını sağlamasında,
- Haznelerin sistemin dengelenmesi, yangın suyu ihtiyacı ve acil durumlar göz önünde bulundurularak boyutlandırılması ve optimum hazne yerinin belirlenmesinde,
- Sistemdeki sızıntı sularının minimize edilmesi için gereken kontrol vanalarının yerlerinin belirlenmesinde,
- Mevcut su dağıtım şebekelerinin genişletilmesi, rehabilitasyonu ve kalibrasyonu çalışmalarında,
- Ölçüm ve klorlama istasyonlarının optimum yerleşiminde.

Akbulut vd. (2005), genetik algoritma kullanılarak bilgisayar ağ yapılarında optimizasyon yapılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, bir bilgisayar ağı kurulacağı zaman, bilgisayar ağları arasında paketlerin yönlendirilmesini sağlayan yönlendiricilerin optimum şekilde ağda yerleştirilmesi amacıyla farklı bir yöntem olarak genetik algoritma önerilmiştir. Algoritmaya bir bilgisayar ağında bulunan düğümler ve bu düğümlere ait maliyet değerleri bir matris şeklinde girdi olarak verilmiştir. Her bir düğümün birbirlerine uzaklıkları rasgele girilip, GA yöntemi ile bir düğümden başlanıp tüm düğümlerden geçip, bir düğüme sonuçlandığı tüm olası durumlar hesaplanmış olup, en kısa mesafe yani en optimum maliyet değeri bulunmuştur. Genetik Algoritma Matlab ortamında yazılmış olup, düğüm sayısı büyük değerler için diğer metotlara kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Genetik Algoritma Tekniğinde, ilk olarak popülasyon diye tabir edilen bir çözüm (kromozomlarla ifade edilir) seti ile başlanılmış ve bir popülasyondan alınan sonuçlar bir öncekinden daha iyi olacağı beklenen yeni bir popülasyon oluşturmak için

kullanılmıştır. Uyumlu olanların daha iyi sonuçlar üretmesi olasılığında ötürü yeni popülasyon oluşturulması için seçilen çözümler uyumluluklarına göre seçilmiştir. İstenen çözüm sağlanıncaya kadar devam ettirilen genetik algoritmanın aşamaları şu şekilde belirtilmiştir:

1. Başlangıç: n adet kromozom içeren popülasyonun oluşturulması (problemin uygun bir çözümü)
2. Uyumluluk: Her x kromozomu için uyumluluğun $f(x)$ değerlendirilmesi,
3. Yeni popülasyon: Yeni popülasyon oluşuncaya kadar aşağıdaki adımların tekrar edilmesi,
 - Seçim: İki ebeveyn kromozomun uyumluluğuna göre seçimi (daha iyi uyum seçilme şansını artırır),
 - Çaprazlama: Yeni bir fert oluşturmak için ebeveynlerin bir çaprazlama olasılığına göre çaprazlanması. Eğer çaprazlama yapılmazsa yeni fert anne veya babanın kopyası olacaktır.
 - Mutasyon: Yeni ferdin mutasyon olasılığına göre kromozom içindeki konumu değiştirilir.
 - Ekleme: Yeni bireyin yeni popülasyona eklenmesi,
4. Değiştirme: Algoritmanın yeniden çalıştırılmasında oluşan yeni popülasyonun kullanılması,
5. Test: Eğer sonuç tatmin ediyorsa algoritmanın sona erdirilmesi ve son popülasyonun çözüm olarak sunulması.
6. Döngü: 2. adıma geri dönülmesi.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde araştırma alanı hakkında genel bilgiler verilmiş ve uygun yöntemler açıklanmıştır.

3.1 Materyal

3.1.1 Konum

Tez çalışmasının yapıldığı alan DSİ’ce Burdur’da yürütülen proje sahası içinde yer almaktadır. Proje sahasının bulunduğu ilimiz olan ve Batı Anadolu ile Akdeniz bölgesini birbirine bağlayan Burdur, 36°53’ ve 37°50’kuzey enlemleri ile 29°24’ ve 30°53’ doğu boylamları arasında yer alır. Isparta, Afyonkarahisar, Antalya, Muğla ve Denizli illeri ile çevrilidir. Burdur Göller Havzası dahilindedir. İrili – ufaklı 14 göl arasında yer alır.

Proje sahası dahilindeki başlıca akarsular Değirmenler deresi ve kollarıdır. Tez çalışma sahası olan Karamanlı bölgesi ise ‘Tefenni Ovası’ diye adlandırılan ovanın, gerek ovayı ekip dikmeye, gerekse ovayı hakim olmaya en uygun yeri olan Asartepe, Ardıçlı Tepe ve Menekşe Sivrisi adlı tepelerin eteğinde bulunmaktadır. Burdur’a 60 km. uzaklıkta olan Fethiye’yi İç Anadolu’ya bağlayan yol üzerindedir. Karamanlı ilçesi, ilçe merkezi ve 8 köyden oluşmaktadır. Karamanlı’ya bağlı olan köyler; Manca, Kayalı, Kılçan, Kağılcık, Dereköy, Bademli, Kılavuzlar ve Mürseller köyleridir.

3.1.2 Yer şekilleri

Genel olarak Torosların iç kısmında yer alan Burdur, dalgalı plato görünümündedir. Yüzey şekilleri açısından; İl topraklarını çevreleyen dağlar ve aralarına sıkışmış düzlükler, güney ve güneydoğudaki yüksek yaylalar ve güneybatıdaki taban kesimi ovalık engebeli plato olmak üzere üç ana bölüme ayrılabilir. İl arazisinin %60.6’sı dağlık alan, % 2.7’si yayla, %19’u ova ve %17.6’sı ise platodur.

İl toprakları tektonik ve karstik çöküntü alanlarını kapsamaktadır. Bu nedenle sularla dolu çöküntü çanaklarının, vadilerin, mağaraların, inlerin ve dehlizlerin bulunduğu bölge göller bölgesi adını almıştır.

Dağlar: Proje sahasındaki başlıca dağlar doğuda Kağılcık Dağı, batıda Eşler Dağı ve güneyde Bozdağ'dır.

Ovalar: Proje sahasındaki en büyük ova güneydeki Tefenni ovasıdır. Ortalama kotu 1075 – 1150 m, eni 18 – 27 km, boyu 4 – 27 km kadardır. Genişliği 400.8 km² dir.

Akarsular: Proje sahasının en önemli yerüstü suyu genel olarak kuzey güney yönünde akan Değirmenler deresi ve kollarıdır. Drenaj alanı 164 km² dir. Burdur Gölüne dökülen Bozçay'ın bir koludur.

3.1.3 Jeoloji

Çevrenin en yaşlı formasyonu üst kretase kalkerleridir. Çalışma alanı kapsamındaki en yaygın kayaç ise ultra bazik kayaçlardır. Fazla tektonik hareketler etkisinde kaldıklarından serpentine dönüşmüşlerdir. Yeşil, gri, mor ve eflatun renklerde olanları vardır. Hakim renk yeşildir. Yaşı üst kretase-Eosen dir. Konglomera, kalker ve kilden oluşan eosen flişinin (karışık seri) bölgede ufak mostraları vardır. Tefenni ovasında yapılan yeraltı suyu araştırma kuyularında da yer yer alüvyonun altında bu formasyon geçilmiştir. Tefenni ve Karamanlı ovaları tamamen alüvyondur.

3.1.4 İklim

Ege, Akdeniz ve Orta Anadolu arasında bir geçit alanı olması nedeniyle Burdur iklimi değişik bir karakter gösterir. Güneybatı ve batıda yükselen dağlar, denizlerden gelen ılık ve nemli havanın iç kısımlara girmesine engel olur. İç kısımlarda yer yer yükselen dağlar ve tepeler de iklimi biraz sertleştirir. Burdur'da iklim yazları sıcak, kışları soğuk kara iklimi gösterse de yağış bakımından Akdeniz iklimini andırır.

Genel iklimsel özellikleri uzun yıllar ortalaması olarak şöyle sıralanabilir: Yıllık yağış 427.7 mm'dir. Bölgeye en az yağış 10 mm'nin altında olmak üzere Ağustos ayında

düşmekte olup en fazla yağış ise, 59.7 mm ile Aralık ayında düşmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 13.0 °C, nisbi nem ortalaması %58'dir. Yıllık ortalama kar yağışlı günler sayısı 15 dir. Bölgedeki yıllık ortalama rüzgar hızı 2.0 m/s dir. En hızlı esen rüzgarlar ise güneydoğu yönünden (SE) esen keşişlemedir. Çizelge 3.1'de araştırma alanına ait son 30 yıla ilişkin iklim verileri özetlenmiştir.

Çizelge 3.1 Araştırma alanının iklim karakteristikleri (Anonim, 1975-2005)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Nem (%)	Ortalama Güneşlenme Süresi (h)	Ortalama Rüzgar hızı (m/s)	Ortalama Yağış (mm)
Ocak	2.6	74	3.6	2.1	52.7
Şubat	3.4	68	5.0	2.3	39.0
Mart	6.8	63	5.9	2.4	47.4
Nisan	11.4	60	6.7	2.4	50.9
Mayıs	16.4	56	8.8	2.0	41.2
Haziran	21.2	49	11.1	1.9	26.4
Temmuz	24.6	43	11.6	1.9	15.7
Ağustos	24.1	44	10.9	1.8	7.7
Eylül	19.7	48	9.2	1.7	16.1
Ekim	14.2	58	7.1	1.7	31.0
Kasım	8.1	67	5.1	2.0	39.9
Aralık	3.9	76	2.9	2.0	59.7

3.1.5 Toprak kaynakları

Araştırma sahasının büyük bir kısmı allüvial özellik göstermektedir. Yamaç ve taban arazilerde yer yer 30-20 cm' ler arasında taban kayasına rastlanılmıştır. Topraklarda hakim renk kahverengi ve kırmızımsı kahve olup bünye ekseriyetle ağır ve ortadır. Ova topraklarında kireç genellikle %10 ve daha fazladır. Araştırma sahasında gerek tuzluluk, gerekse alkalilik bakımından hiçbir problem yoktur. Ova toprakları geçirgenlik bakımından çok iyidir.

3.1.6 Tarımsal durum

Karamanlı ilçesinin ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayanır. Toplam tarım arazisi yaklaşık 174 bin dekar olup, 76.3 bin dekarı sulu, 97.3 bin dekarı kuru tarım arazisidir. Kooperatiflerin çalışmaları sonucu sulu tarım arazilerinin miktarında düzenli artışlar olmaktadır. Sulamalarda Karataş Gölünden yararlanılmaktadır. İlçede toplam 6.585 adet büyükbaş ve 8.840 adet de küçükbaş hayvan bulunmaktadır. İlçede arıcılık da gelişme göstermektedir. Toplam 1.925 adet fenni kovan bulunmakta ve yıllık 6 bin kg. bal üretilmektedir. Süt üretimi 18.550 kg.'dır. 1 adet AOÇ adına süt toplama merkezi, 1 adet süt mandırası bulunmaktadır. Mandırada salamura peynir üretilmektedir. En fazla buğday, arpa, nohut, anason, yulaf, soğan ve şeker pancarı ekilmektedir (Anonim 1996).

İlçede tarımsal ürünlerin değerlendirilmesi için 1992 yılında Kar-Un Fabrikası hizmete geçirilmiş olup, günlük un üretme kapasitesi 90 tondur. Halen tek vardiya ile 30 ton un üretilmektedir (Anonim 1996).

Şeker pancarı ekimi, ekonomik değeri olmasına karşın, barajda yeterli su birikmemesi ve yeraltı suyu çıkaracak tesislerin az olması nedeniyle, azalmıştır. İlçede açtırılan 15 adet derin sulama sondajından Kağıtcık ve Mürseller Köylerindeki 7 adedinde motopomp montajı henüz yapılmamıştır(Anonim 1996).

İlçe merkezinde bir adet sabit suni tohumlama tankı olup, suni tohumlama çalışmaları düzenli bir şekilde yapılmaktadır. Çiftçilerin ekim ve dikimlerinde uygun gübre kullanımının sağlanması için İlçe Tarım Müdürlüğü'nde Toprak Tahlil Laboratuvarı açılmıştır (Anonim 1996).

Çizelge 3.2'de, Karamanlı yöresi için DSİ'ce önerilen bitki deseni, bitkilerin ekiliş alanları ve yetiştirilme oranları verilmiştir (Anonim 2005).

Çizelge 3.2 Araştırma alanı bitki deseni, ekiliş alanları ve ekiliş oranları
(Anonim 2005)

Ürünün cinsi	Ekiliş alanı (da)	Ekiliş oranı (%)
Buğday	12590	58.57
Karpuz	110	0.52
Şekerpancarı	3700	17.21
Anason	2460	11.44
Haşhaş	150	0.69
Mısır	1400	6.51
Elma	260	1.21
Domates	140	0.65
Soğan	210	1.00
Yonca	360	1.67
Kavak	115	0.53

Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 de ise sırasıyla araştırma alanının Türkiye’deki yeri ve araştırma alanına ulaşım yolları verilmiştir.

Araştırma alanı sınırları ve parselasyon durumuna ilişkin veriler Şekil 3.3’de verilmiştir. Şekil 3.4’de ise araştırma alanı topoğrafik yapısı görülmektedir.

PROJENİN TÜRKİYEDEKİ YERİ



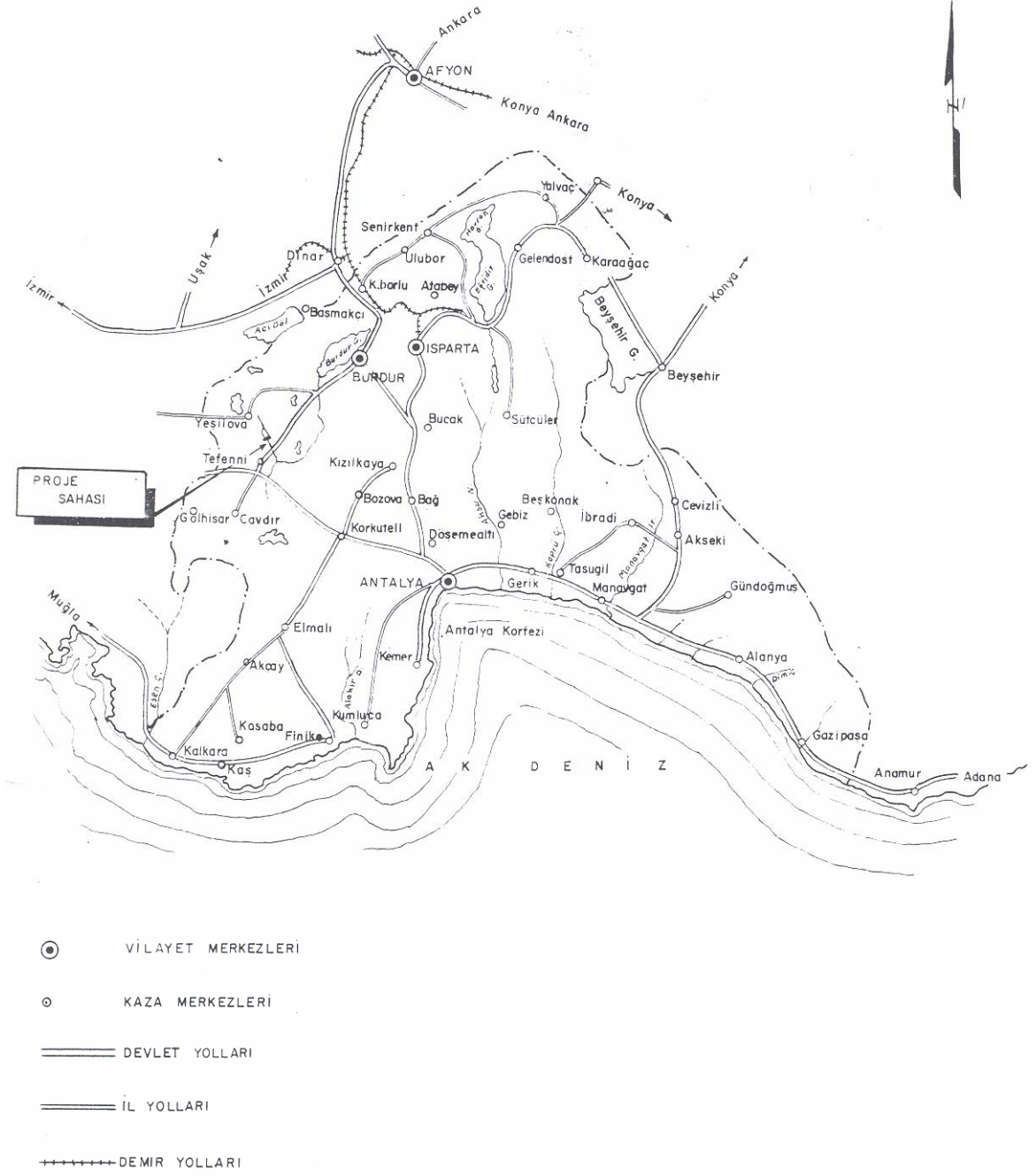
KARA YOLLARI

ANTALYA	—	BURDUR	122 km.
ANTALYA	—	ISPARTA	175 km.
ANTALYA	—	AFYON	295 km.
ANTALYA	—	KONYA	365 km.
ANTALYA	—	ANKARA	613 km.
ANTALYA	—	IZMIR	543 km.
BURDUR	—	KARAMANLI	60 km.
KARAMANLI	—	GARAJ YERİ	3 km.

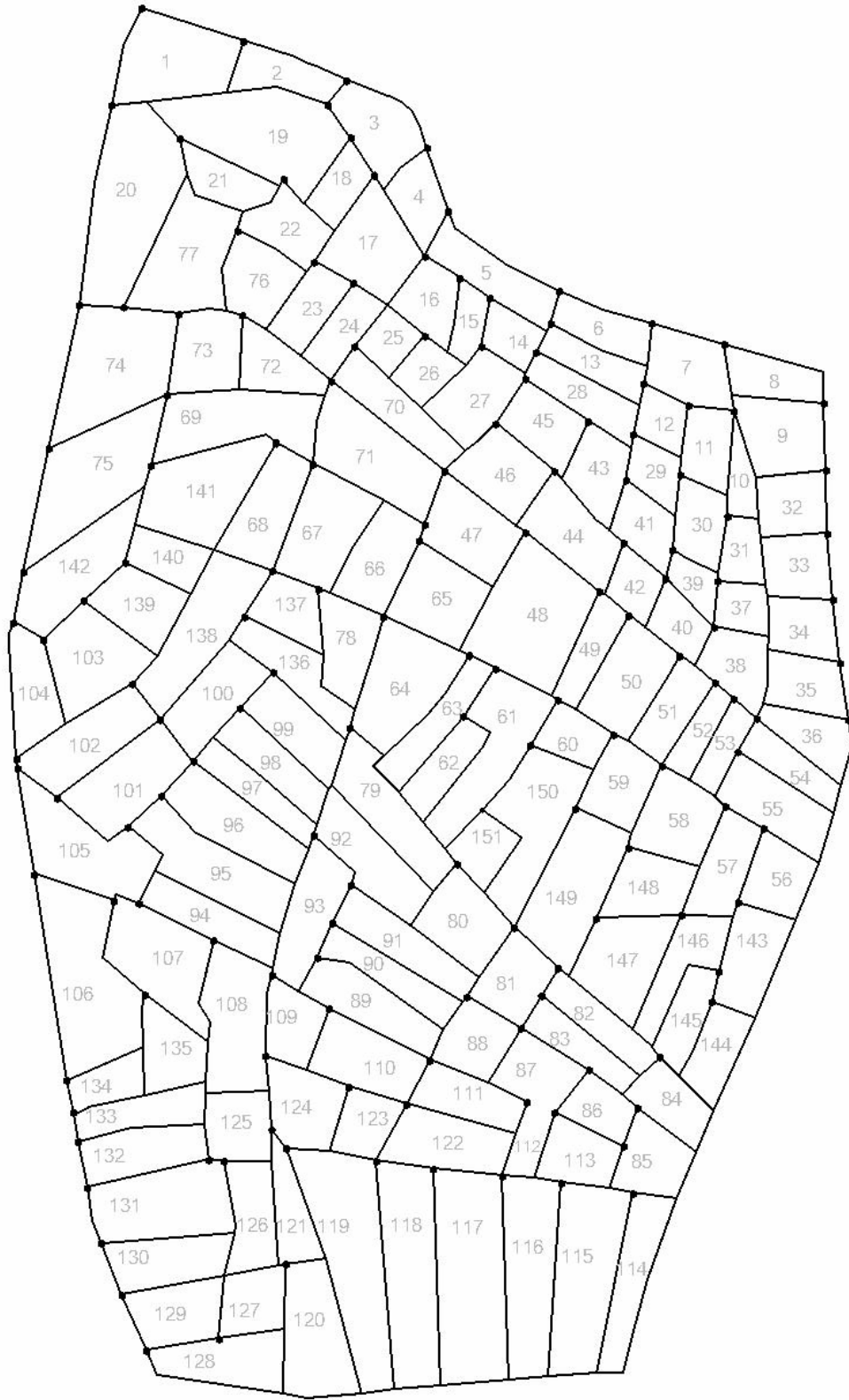
DEMİR YOLLARI

BURDUR	—	AFYON	172 km.
BURDUR	—	KARABUK	961 km.

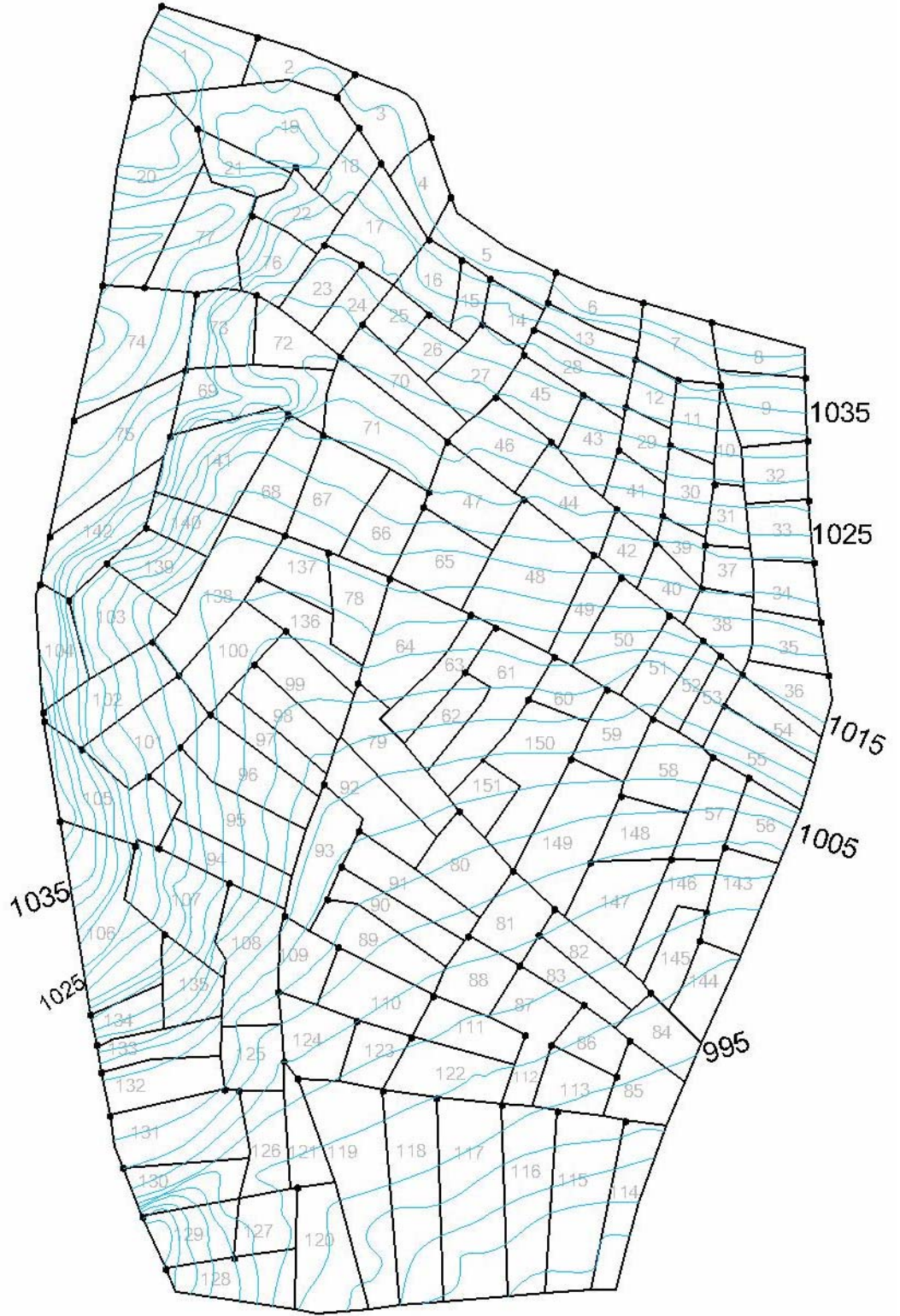
Şekil 3.1 Araştırma alanının Türkiye'deki yeri



Şekil 3.2 Araştırma alanına ulaşım yolları



Şekil 3.3 Araştırma alanı sınırları ve parsellasyon durumu



Şekil 3.4 Araştırma alanı topoğrafik yapısı

3.2 Yöntem

3.2.1 Kanal kapasitelerinin hesaplanması

Buradaki amaç, mevcut topoğrafik yapı ve arazi mülkiyet dağılımı kısıtları altında, bitkilerin yetiştirme dönemleri boyunca ihtiyaç duydukları suyu en az masrafla bitki kök bölgesine ulaştıracak su dağıtım sisteminin kurulmasıdır.

Sulama kanallarının boyutlandırılabilmesi veya kanaletli sulama sistemlerinde kanal tipinin belirlenebilmesi için, öncelikle toplam sulama suyu ihtiyacı ve daha sonra da sulama modülü hesaplanmalıdır. Yani kanal güzergahının optimizasyonunda, sistem kapasitesinin hesaplanması birinci sırada gelir. Bunun için öncelikli olarak Devlet Su İşleri tarafından belirlenen ve materyal bölümünde de belirtilen, yöreye uygun bitkilerin verim ve dekara gelir değerleri yani bitki deseni ve buna bağlı olarak bulunacak sulama modülü ve sistem kapasitesi, bu çalışma için gerekli ilk verileri oluşturacaktır. Burada, her bir parselde yetiştirilen bitkilerin su ihtiyacına göre belirlenmiş kanal yada kanalet kapasitesini belirleyecek en önemli faktör sulama modülüdür (Sönmez 1999).

Sulama modülünün hesaplanmasında yörede yetiştirilecek bitkilerin su tüketimlerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılmak üzere, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından mevcut tahmin yöntemleri arasında en gerçekçi sonuçları verdiği belirtilen *Penman – Monteith* yöntemi seçilmiştir (Doorenbos and Pruitt 1984).

Uygulamada bitki su tüketimi değerlerinin tahmin edilmesinde yaygın olarak izlenen yol, önce yalnızca iklim faktörlerinin etkili olduğu bir referans bitki su tüketimi tanımlamak ve referans bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılacak ampirik eşitlikleri geliştirmektir. Sonra referans bitki su tüketimi değerlerini, bitki cinsi ve bitki gelişmedevresinin fonksiyonu olan bitki katsayıları ile düzeltmektir(Yıldırım vd 2004).

$$ET = k_c \cdot ET_0$$

Eşitlikte;

ET : bitki su tüketimi, mm/gün,

k_c : bitki katsayısı,

ET_O : referans bitki su tüketimi, mm/gün.

Penman – Monteith yöntemine göre referans bitki su tüketimi;

$$ET_O = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} u_2 (e_a - e_d)$$

şeklinde yazılabilir. Bu eşitlikteki bazı terimlerin hesaplanmasında kullanılan eşitlikler ise aşağıda verilmiştir.

$$\delta = \frac{4098e_a}{(T + 237.3)^2}$$

$$\lambda = 2.501 - 2.361 \times 10^{-3} T$$

$$\gamma = 0.0016286 \frac{P}{\lambda}$$

$$\gamma^* = \gamma (1 + 0.34u_2)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_{ns} = 0.75 R_s$$

$$R_{nl} = 2.451 f(T) f(e_d) f\left(\frac{n_g}{N}\right)$$

$$R_s = (0.25 + 0.50 \frac{n_g}{N}) R_a$$

$$e_d = e_a \frac{RH}{100}$$

$$u_2 = u_z \left(\frac{2}{z} \right)^{0.2}$$

Bu eşitliklerde;

ET_0 : referans bitki su tüketimi, mm/gün,

δ : buhar basıncı eğrisinin eğimi, kPa/°C,

γ^* : modifiye psikrometrik sabite, kPa/°C,

γ : psikrometrik sabite, kPa/°C,

P : atmosfer basıncı, kPa,

R_n : bitki yüzeyindeki net radyasyon, MJ/m²

R_a : atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon, MJ/m/gün,

R_s : yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon, MJ/m²/gün,

R_{ns} : kısa dalgalı net radyasyon, MJ/m²/gün,

R_{nl} : uzun dalgalı net radyasyon, MJ/m²/gün,

$f(T)$: sıcaklık fonksiyonu,

T : sıcaklık, °C,

$f(e_d)$: buhar basıncı fonksiyonu,

e_d : ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı, kPa,

e_a : ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, kPa,

$f(n/N)$: güneşlenme oranı fonksiyonu,

n_g : güneşlenme süresi, h,

N : olası maksimum güneşlenme süresi, h,

G : topraktaki ısı akımı, MJ/m²/gün,

λ : buharlaşma gizli ısı, MJ/kg,

u_2 : rüzgar hızının 2 m yükseklikteki eşdeğeri, m/s,

u_z : z m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, m/s,

z : rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik, m,

RH : ortalama bağıl nem, %,

değerlerini göstermektedir.

Bu çalışmada, referans bitki evapotranspirasyonu (ET_0) değerleri FAO tarafından hazırlanan *CROPWAT* bilgisayar paket programı yardımıyla bulunmuştur.

Kanal kapasitesini belirleyecek sulama modülünün tespiti için referans bitki evapotranspirasyonu ile yağış verilerinin birlikte değerlendirilmesiyle proje deseninde yer alan bitkilerin su tüketimleri hesaplanarak yılın hangi ayında maksimum sulama suyu ihtiyacının ortaya çıkacağı tahmin edilir. Böylece planlanan bitki deseni için bulunan maksimum sulama suyu ihtiyacı kanalet sistemine verilecek kapasitenin saptanmasına yardımcı olacaktır.

Sulanan alanlarda bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun yağışlarla karşılanamayan kısmı sulama suyu ile karşılanır. Bitki su tüketiminin sulama suyu ile karşılanacak miktarı;

$$d_n = ET_b - P_e$$

eşitliği ile hesaplanır (Güngör ve Yıldırım 1989). Eşitlikte;

d_n : bitki su tüketiminin sulama suyu ile karşılanacak miktarı
(mm/ay veya mm/gün),

ET_b : bitki su tüketimi (mm/ay veya mm/gün),

P_e : etkili yağış (mm/ay veya mm/gün).

Sulama alanındaki bitkilerin su ihtiyaçları birbirinden farklı olduğu için her bitki için ayrı ayrı d_n değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin ekiliş yüzdelere göre düzeltilmesiyle d_{na} değerleri bulunur ve d_{na} değerlerinin toplanması net sulama suyu ihtiyacını (d_{np}) verecektir. Proje alanı toplam sulama suyu miktarı ise ;

$$d_t = \frac{d_{np}}{E_a \cdot E_c}$$

eşitliği ile bulunur (Güngör ve Yıldırım 1989). Burada ;

d_t : proje alanı toplam sulama suyu ihtiyacı, (mm/gün)

d_{np} : proje alanı net sulama suyu ihtiyacı, (mm/gün)

E_a : su uygulama randımanı, (%)

E_c : su iletim randımanı, (%).

Kanaletli sulama sistemlerinde su iletim randımanı (E_c) 0.97 olarak alınabilir. Su uygulama randımanı ise (E_a) karık ve uzun tava sulama yöntemlerinde ortalama 0.60'dır (GÜNGÖR ve YILDIRIM 1989).

Sulama kanallarının boyutlandırılabilmesi için öncelikle toplam sulama suyu ihtiyacı ve daha sonra da sulama modülünün hesaplanması gerekmektedir. Sulama modülü, birim sulama alanı için gerekli su miktarı olarak tanımlanır ve şu eşitlik yardımıyla bulunur (Güngör ve Yıldırım 1989):

$$q = \frac{10000 \cdot d_t}{86400}$$

Eşitlikte;

q : sulama modülü (l/s ha),

d_t : proje alanı toplam sulama suyu ihtiyacı (mm/gün).

Proje alanı toplam sulama suyu ihtiyacı değerinin maksimum olduğu ay için bulunan sulama modülüne göre sistem kapasitesi hesaplanmalıdır.

Türkiye'deki sulamalarda genellikle istek yöntemi uygulanmaktadır. Su ihtiyacı çiftçinin isteğine göre tespit edilen ve tarlaya devamlı su vermeyi esas tutan bu yöntem, sulama şebekesinin her noktasında ihtiyaç duyulan su miktarının temini esasına dayanır. Bu sistemlerde tersiyerlerde devamlı olarak su bulundurulur. Çiftçiler istediği kadar

suyu istediği zamanda alacak şekilde kanallar kapasitelendirilir. Talep edilecek su miktarı ile mevcut su karşılaştırılarak, isteklerin verilebilecek sudan fazla olması halinde, su alma prizleri arasında rotasyon yapılmak üzere sıraya konur ve uygun bir kısıtlama yapılarak su verme zamanı ayarlanır. Ancak kanal kapasitelerinin hesabında bu kısıtlamalar göz önüne alınmaz. Bitkinin ihtiyacı olan sulama suyunun miktar ve zaman bakımından kısıtlanması işletme sırasında ele alınır (Kızılkaya 1988).

Şebeke kanallarının kapasitesi, hizmet ettikleri alanda sulama suyu ihtiyaçlarının maksimum olduğu aydaki sulama suyu miktarı hesaplandıktan sonra, bu miktar devamlı olarak tarlaya veriliyormuş gibi düşünülerek ana, yedek ve tersiyer kanal kapasiteleri bulunur. Ancak yapılan araştırmalara göre; bir sulama alanında, toprak, bitki ve çalışma şartları 24 saat sürekli sulamaya olanak vermediğinden, mevcut su alma prizlerinin hepsinin aynı anda çalışma ihtimali çok düşüktür. Priz adedinin artması ile bu ihtimal daha da azalır. Bu nedenle belirli saatlerde kanallar çalışmayacak, böylece hesaplanmış kanal kapasitesi yeterli olamayacaktır. Kanallarda bu sakıncayı önlemek için kanal kapasiteleri birden büyük bir esneklik katsayısı ile çarpılarak artırılır. Böylece, kanal kapasitesi aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanır (Tümer 1975, Kızılkaya 1988).

$$Q = X \cdot d = A \cdot q \cdot F$$

Burada;

Q : kanal kapasitesi (l/s) ,

A : sulama alanı (ha),

q : sulama modülü (l/s ha),

X : aynı anda çalışan muhtemel priz sayısı,

d : bir prizin debisi (l/s),

F : esneklik katsayısı.

3.2.2 Optimum kanal güzergahının belirlenmesi

3.2.2.1 Sadece yolu minimize eden modeller

3.2.2.1.1 En kısa yol modeli

Başlangıç ve bitiş düğümleri arasındaki en kısa yolun belirlenmesi problemi, en kısa yol problemi olarak bilinir. Bu teknikte, sadece iki hedef nokta arasındaki olası yollardan toplam uzunluğu en küçük olanı seçilir.

Ağ problemlerinin çoğu doğrusal programlama problemi olarak değerlendirilerek simpleks yöntemle çözülebilir. Bu durum en kısa yol problemleri için de geçerlidir. Bir en kısa yol problemini doğrusal programlama olarak inceleyebilmek için dallar üzerindeki akışların 1 birime, i 'den j 'ye malzeme taşıma maliyetinin ise (i, j) dalının uzunluğuna eşit olduğu düşünülür. En kısa yol problemleri matematik bir modelle formüle edilmeksizin de çözülebilir. Bunun için başlangıç ve bitiş düğümlerini birbirine bağlayan alternatif yolların dökümünün yapılması ve listelenen yollara ilişkin toplam uzunluklarının belirlenmesi yeterlidir. Bu yaklaşım yalnızca küçük boyutlu problemler için geçerlidir. Problemin boyutu büyüdükçe tüm yolların dökümünü yapmak yorucu ve zaman alıcı olur.

Diğer taraftan, başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki düğümlerden sadece bir kısmı çözümde yer alabilmekte, diğerleri dışlanmaktadır. Yani sadece noktalar arasındaki mesafeler kısıt olarak ele alındığı için her bir noktanın ihtiyacını karşılayacak yol kapasitesi modele girememektedir.

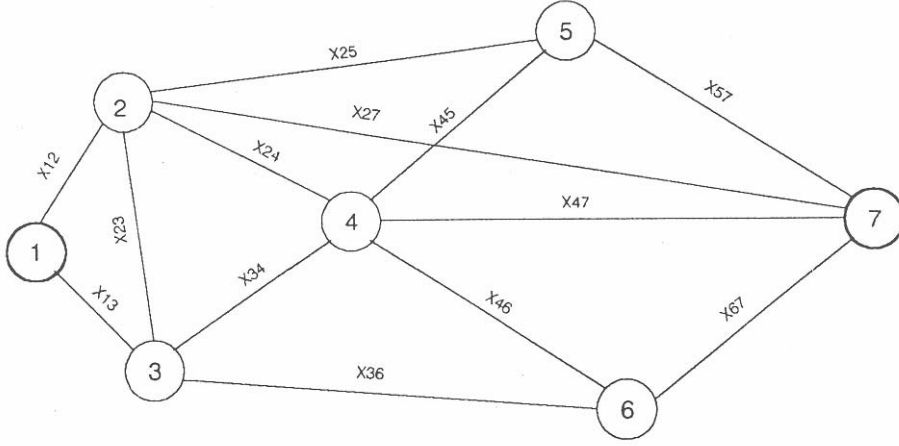
En kısa yol yaklaşımı, açık kanal sistemlerine aynen uygulanırsa kanal şebekesi sulama alanındaki parsellerin bir kısmına hiç uğramayacaktır. Bu nedenle en kısa yol modelinin bir sulama şebekesine uygulanabilmesi için bazı modifikasyonlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bunlar;

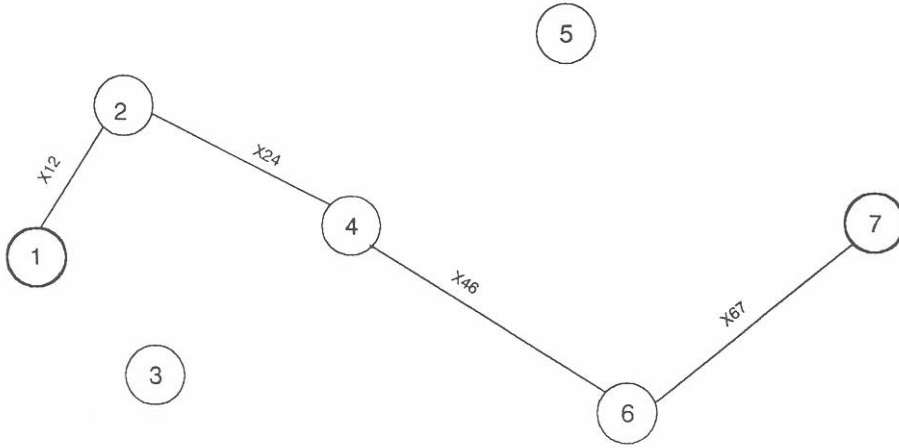
1. Proje alanındaki su kaynağı 'başlangıç düğümü', her parselde su alınacak noktalar ise 'su alma düğümü' olarak adlandırılır.
2. Su alım noktalarının yükseklikleri dikkate alınarak bütün alternatif dallar belirlenir.
3. Her bir parselle ilişkin 'su alma düğümü' ile 'başlangıç nodu' için en kısa yol yöntemi uygulanarak, su kaynağı ile parsel arasındaki en kısa yol belirlenmiştir. Böylece, toplam n adet parsel olduğu düşünülürse n-1 adet çözüme ulaşılır.
4. Her bir parsel için belirlenen en kısa yollar harita üzerine işlenirse, 'en kısa açık kanal şebekesi' elde edilir.
5. Elde edilen açık kanal şebekesini oluşturan dalların kapasiteleri, bu dallardan su alan parsellerin birim su ihtiyacı ve büyüklüklerine göre hesaplanır.
6. Dal uzunluğu ve kapasitesi ile birim maliyeti çarpılarak dal maliyeti elde edilmiş ve buradan toplam şebeke maliyeti hesaplanır.

Şekil 3.5.' te de görüldüğü gibi amaç, iki hedef nokta arasındaki olası yollardan toplam uzunluğu en küçük olanı seçme esasına dayalı olduğu için, başlangıç noktası '1' ve bitiş noktası '7' olan bu örnekte bu iki hedef arasındaki noktalardan sadece bir kısmı çözüm güzergahı içinde kalabilmekte diğerleri dışlanmaktadır. Bunun yanında sadece noktalar arasındaki mesafeler kısıt olarak ele alındığı için her bir noktanın ihtiyacını karşılayacak yol kapasitesi modele girememektedir.

En Kısa Yol Problemi



Muhtemel Çözüm



x_{ij} : noktalar arasındaki mesafe

Şekil 3.5 En kısa yol probleminin çözümüne örnek bir şema

3.2.2.1.2 Minimum yayılma modeli

Minimum yayılma modeli problemleri, en kısa yol problemlerinin özel bir biçimidir. En kısa yol problemlerinde olduğu gibi, minimum yayılmalı ağaç problemlerinde de dal uzunluklarının bilindiği varsayılır. İki problem arasındaki en önemli fark en küçük yayılma modeli problemlerinde düğümlerin tümünü, en kısa yol problemlerinde düğümlerin bazılarını birleştiren dallar dizisinin bulunmasıdır. Ayrıca en kısa yol probleminde ağın yönlendirilmiş olması şart iken, yayılmalı ağaç probleminde ağın yönlendirilmemiş olması gerekir.

Bir şebekenin bütün düğümlerinin, toplam bağlantı uzunluğu en küçük olacak şekilde birbirleriyle ilişkilendirilmesini sağlar.

İlk aşamaya herhangi bir düğüm ile başlanmakta, diğer noktalardan bu düğüme bağlanacaklar içerisinde en yakın olanı seçilmekte ve tüm nodlar bağlanana kadar işlem devam etmektedir.

Minimum yayılma modelinde önemli olan, her aşamada mevcut dallanmaya en yakın olan noktanın bağlanmasıdır. Açık kanal sistemlerinde ise, mevcut dallanmaya en yakın olan noktanın kot farkının uygun olup olmadığı önem taşımaktadır. Eğer en yakın nokta, mevcut dallar üzerindeki bağlanacağı noktadan daha yukarıda ise, bu bağlantı yapılamaz ve bir sonraki yakın nokta incelenir.

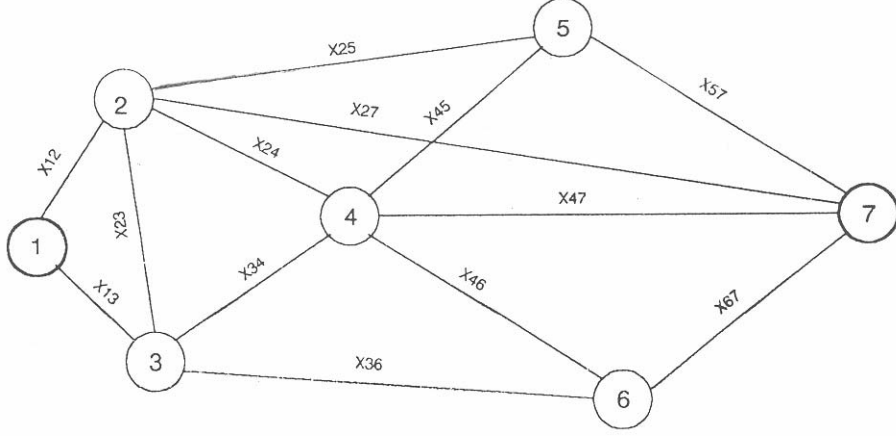
Modifiye edilmiş minimum yayılma modelinde;

1. Su kaynağı ve her parselde su alınacak noktalar, birer nod olarak alınır.
2. Parsel sınırlarına göre noktalar, arasındaki dal uzunlukları belirlenir.
3. Her bir nodun yüksekliği belirlenir.
4. Herhangi bir noddan başlamak yerine, su kaynağının bulunduğu noddan (en yüksek noddan) başlanır.
5. Bütün nodlar şebekeye birer dal ile bağlanana kadar işlem devam eder.

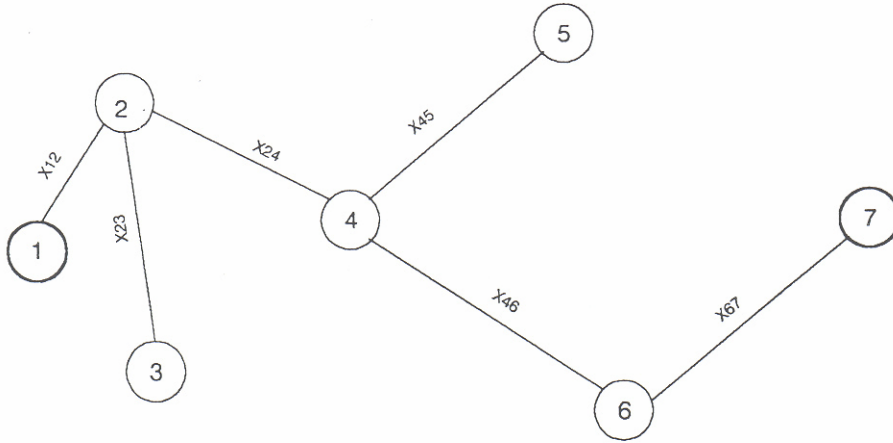
6. Başlangıç nodu (su kaynağı) ile bağlantı yapılabilecek diğer nodlar arasındaki uzaklık ve kot farkları belirlenmiştir. Kot farkı uygun olmayanlar (yüksekte kalanlar) elenerek, kot farkı uygun olan en yakın nod bulunur ve ilk dal oluşturulur.
7. Elde edilen açık kanal şebekesini oluşturan dalların kapasiteleri, bu dallardan su alan parsellerin birim su ihtiyaı ve büyüklüklerine göre hesaplanır.
8. Dal uzunluğu ve kapasitesi ile birim maliyeti çarpılarak dal maliyeti elde edilmiş ve buradan toplam şebeke maliyeti hesaplanmıştır.

şekil 3.6'da grldğu gibi amaç, bir şebekenin tüm düğümlerinin toplam bağlantı uzunluğu en küçük olacak şekilde birbiriyle ilişkilendirme problemidir. Yine başlangıç noktası "1" ve bitiş noktası "7" olan bu örnekten en kısa yol yönteminden farklı olarak noktaların tamamı çözümde yer alırlar. Bununla beraber kısıt olarak yine sadece noktalar arası mesafeler dikkate alınır ve noktaların ihtiyaını karşılayacak hatların kapasiteleri göz önüne alınmaz.

En küçük Yayılma Problemi



Muhtemel Çözüm



x_{ij} : noktalar arasındaki mesafeler

Şekil 3.6 Minimum yayılma problemi çözümüne örnek bir şema

3.2.2.2 Minimum yolu bulurken sistem maliyetini de optimize eden (debi-maliyet ilişkisini sabit kabul eden) modeller:

3.2.2.2.1 Transshipment modeli

Bu model tekniği transportasyon tekniğinin bir türevidir. Transshipment tekniğinde sadece kaynak ve hedef noktaların oluşturduğu şebekeden değil, aynı zamanda dağıtıcı noktaların da yer aldığı bir şebekeden söz edilebilir.

Dağıtıcı düğümlerin görevi kendi parselinin ihtiyaç duyduğu suyu aldıktan sonra kalanı diğer bir düğüme aktarmaktadır. Böylece dağıtıcı noktalar, kendisinden sonra gelen bir başka düğüm için kaynak, kendisinden önceki bir nokta için ise hedef düğüm yada parsel durumundadır.

Bir transportasyon modeli aslında bir doğrusal programlama modelidir ve bunun bilinen doğrusal programlama yöntemleri ile çözümü mümkündür. Transportasyon modelinin tutarlı olabilmesi için bütün depo taleplerinin karşılanabilmesi, başka bir ifade ile toplam arz değerinin toplam talep değerine eşit olması gereklidir. Bu modelde birçok kaynak ve alıcı nokta vardır. Taşıma sadece kaynaktan alıcıya doğrudur ve herhangi bir kaynaktan gönderilen suyun tamamı alıcılara boşaltılır. Diğer bir değişle kaynak ve alıcı önceden saptanmıştır. Bir kaynak hiçbir zaman alıcı olamadığı gibi bir alıcı da hiçbir zaman kaynak formunda olamaz. Oysa uygulamada böyle bir varsayımın kabulü mümkün olmayabilir. Burada transshipment modeli devreye girmektedir. Söz konusu model, şebeke üzerindeki bir noktanın hem alıcı ve hem de kaynak olarak görev alması halinde de optimum çözümü verebilmektedir. Ulaştırma modelinde olduğu gibi, **m** kadar kaynak veya yükleme ve **n** kadar alıcı veya boşaltma yeri vardır (Sönmez 1993).

Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de transportasyon modeli ile transshipment modeli arasındaki fark şematize edilmiştir. Şekil 3.7’de daire ile gösterilen şekiller, kaynak ve alıcı durumundaki noktaları ifade etmektedir. Bu noktaları birbirine bağlayan hatlar ise oklarla gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğu gibi okların yani taşıma hatlarının yönü daima kaynaktan alıcıya doğrudur. Şekil 3.8’de ise kaynak ve alıcı olarak bildirilmiş

olanların dışındaki her nokta hem alıcı ve hem de kaynak yani dağıtıcı görevi alabilmektedir. Bu noktalar ihtiyaçları olan suyu alarak kalanı diğer bir noktaya göndermekte veya hiç almaksızın aktarabilmektedir (Sönmez 1993).

Şekil 3.8’de verilen problemi transportasyon yöntemi ile çözmek istediğimizde başlangıç çözüm matrisi Çizelge 3.3’de verildiği gibi gerçekleşecektir.

Çizelgede ;

K_i : i’ci arz noktasını,

A_j : j’ci talep noktasını,

a_i : i’ci noktanın toplam arz kapasitesini,

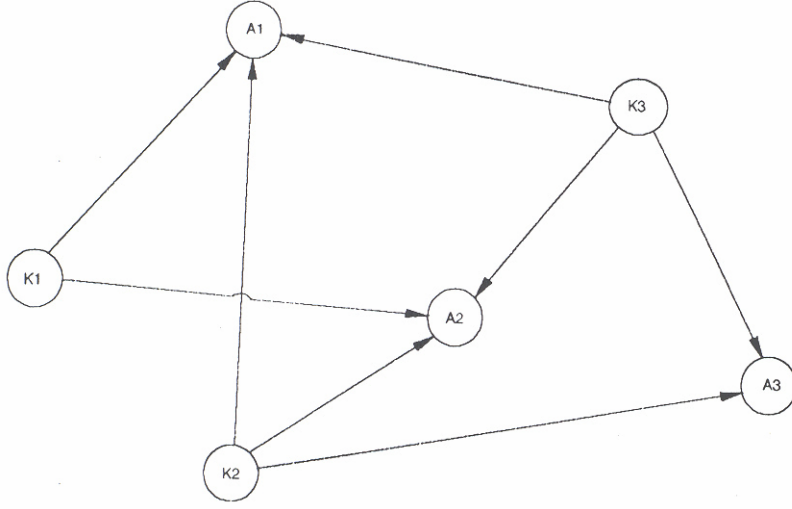
b_j : j’ci noktasının toplam talep kapasitesini,

C_{ij} : i’ci arz noktasından j’ci talep noktasına birim taşıma maliyetini göstermektedir.

Çizelge 3.3’de verilen problemin transshipment tekniği ile çözümü için, daha önce teorik açıklaması verilen esaslar çerçevesinde hazırlanması gereken başlangıç çözüm tablosu ise Çizelge 3.4’da gösterilmiştir.

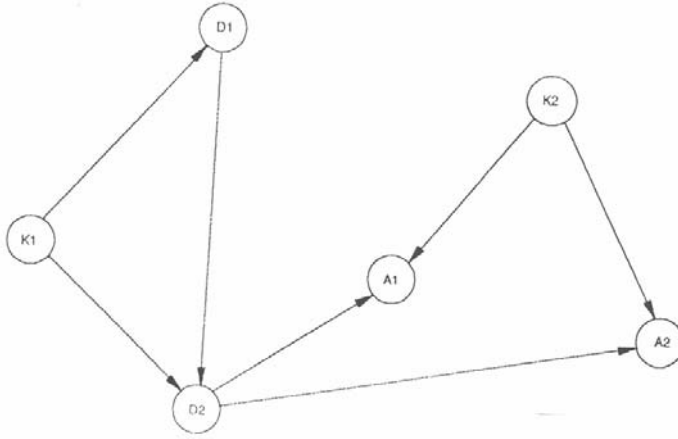
Çizelgede, ‘ t_0 ’ simgesi ile gösterilen değer arz ve talep kapasitelerinin toplamından büyük bir sabitedir. Bir diğer ifade ile ‘ t_0 ’ yani transshipment miktarı bütün kaynak noktalarının arz ettiği miktara eşit veya ondan büyük bir sayıdır. Bu sabitenin başlangıç çözüm tablosuna eklenmesiyle kaynak veya alıcı noktaların gerektiğinde dağıtıcı rolü alması sağlanmaktadır. Çizelgede taralı alan gerçek transportasyon matrisini göstermektedir. Bunun dışında kalan ve ‘ C_{ij} ’ simgesi ile gösterilen değerler ise, kaynak noktalarının alıcı, alıcı noktalarının da kaynak noktası rolünü aldığı durumdaki taşıma maliyetlerini vermektedir. Alt indis değerleri eşit olan ($i=j$) hücreler kendi kendine taşıma mümkün olmadığına göre modele sıfır değer olarak girerler (Sönmez 1993).

Başlangıç çözüm tablosunda yer alan ' t_0 ', sabitesi optimum çözüm elde edildikten sonra elimine edilince en uygun güzergah da ortaya çıkacaktır. Elde edilen optimum çözüm, transportasyon modeli uygulandığında elde edilen sonuçtan daha uygun veya en azından onunla eş değer olacaktır.



K: Kaynak nokta (Arz noktası)
 A: Alıcı nokta (Talep noktası)

Şekil 3.7 Transportasyon Modeli



K: Kaynak nokta (Arz noktası)
 A: Alıcı nokta (Talep noktası)
 D: Dağıtıcı nokta (Arz ve Talep noktası)

Şekil 3.8 Transshipment modeli

Çizelge 3.3 Ulaştırma modelinde başlangıç çözüm tablosu örneği

Kaynak	Alıcı			
	A ₁	A ₂	A ₃	Arz
K ₁	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	a ₁
K ₂	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	a ₃
K ₃	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	a ₄
Talep	b ₁	b ₂	b ₃	Toplam

Çizelge 3.4 Transshipment modelinde başlangıç çözüm tablosu örneği

Kaynak	Alıcı						Arz
	A ₁	A ₂	A ₃	K ₁	K ₂	K ₃	
K ₁	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	t ₀ + a ₁
K ₂	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	t ₀ + a ₂
K ₃	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅	C ₃₆	t ₀ + a ₃
A ₁	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄	C ₄₅	C ₄₆	t ₀
A ₂	C ₅₁	C ₅₂	C ₅₃	C ₅₄	C ₅₅	C ₅₆	t ₀
A ₃	C ₆₁	C ₆₂	C ₆₃	C ₆₄	C ₆₅	C ₆₆	t ₀
Talep	t ₀ + b ₁	t ₀ + b ₂	t ₀ + b ₃	t ₀	t ₀	t ₀	Toplam

Transshipment modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^{m+n} \sum_{j=1}^{m+n} C_{ij} (X_{ij} + t_0) \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, m+n) \text{ veya,}$$

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^{m+n} \sum_{j=1}^{m+n} (d \cdot L_{ij}) \cdot (x_{ij} + t_0) \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, m+n)$$

$$\sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} = \begin{cases} a_i + t_0 & (i = 1, 2, 3, \dots, m) \\ t_0 & (i = m+1, m+2, \dots, m+n) \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^{m+n} x_{ij} = \begin{cases} t_0 & (i = 1, 2, 3, \dots, m) \\ b_j + t_0 & (j = m+1, m+2, \dots, m+n) \end{cases}$$

$$x_{ij} \geq 0$$

- X_{ij} : i noktasından j noktasına sevk edilen akış miktarı (m^3/s),
- t_0 : Transit taşıma miktarı (m^3/s),
- m : Şebekedeki kaynak noktası sayısı,
- n : Şebekedeki talep noktası sayısı,
- a_i : i noktasından gönderilecek debi miktarı (m^3/s),
- b_j : j noktasında talep edilen debi miktarı (m^3/s),
- c_{ij} : birim debideki suyun i kaynak noktasından j boşaltım noktasına taşıma maliyetidir ($\$/m^3/s$) ve aşağıdaki gibi bulunabilir:

$$c_{ij} = d \cdot L_{ij}$$

Eşitlikte;

- d : Birim debi ve birim uzunluk için i kaynak noktasından j boşaltım noktasına su taşıyan kanalın maliyeti, ($\$/m.m^3/s$)
- L_{ij} : i kaynak noktası ile j boşaltım noktası arasındaki kanal uzunluğu(m).

Modelden beklenen amaç optimum kanal güzergahının tespiti olduğuna göre, burada amaç fonksiyonu, sulama suyunun taşınmasında yapılan işi belirler. Yapılan iş ise, hizmet götürülen sulama alanı (X_{ij}) ile suyun bu alana götürülüşünde kullanılan sulama hattı parçasının maliyeti (c_{ij}) çarpımına eşittir. Optimum taşıma maliyeti, en uygun kanalet veya kanal güzergahını gösteren sulama şebekesindeki her bir sulama hattı parçasının optimum kapasitesi belirlendikten sonra hesaplanır (Sönmez 1999).

Sonuç olarak; transshipment modelinin esası, bazı kaynak ve alıcı noktaları bir arada hem kaynak ve hem de alıcı gibi kabul etmesidir. Böylece diğerlerinden farklı dağıtıcı diyebileceğimiz bir üçüncü noktadan söz edilmektedir. Bu şekliyle gerçekte $m \times n$ boyutlu bir matris, $(m+n) \times (m+n)$ boyutuna yükseltilmektedir.

- Modellerin sahaya uygulanmasında genel olarak izlenen yol aşamalar halinde şöyle sıralanabilir:

Önce araştırma alanının kesin olarak sınırlarının belirlenmesi gerekir. Alan içerisindeki parsellerin alanları hesaplanarak DSİ'nin öngördüğü üzere 10 da' dan küçük olanlar, arazi mülkiyet hudutları esas alınarak mümkün olduğu kadar bir araya getirilir ve her parsel numaralandırılarak haritada gösterilir.

Yetiştirilecek olan bitkilerin su tüketimleri, ekiliş oranları ve etkili yağışın da yardımıyla sulama modülü tespit edilir. Buna göre kanallara verilecek kapasite tayin edilir.

Proje sahası genelinde DSÍ tarafından daha önce belirlenmiş bitki deseni dikkate alınarak hesaplanan su ihtiyacından hareketle, standart tiplerde üretilen kanaletlerin hizmet götürecekleri alan sınırları belirlenir.

Topoğrafik yapı dikkate alınarak, suyun alana saptırıldığı kaynak noktasından itibaren her bir parsel başına gelen kanaletin hangi alanlara hizmet götürebileceği saptanır. Hizmet alanlarına karşılık gelen kanalet tipleri belirlenir. Bulunan kanalet tiplerinin birim maliyetleri ilgili kaynaklar yardımıyla tespit edilir.

Sulama şebekesini oluşturan yapıların taşıma maliyetlerinin (keşif bedelinin) belirlenmesinde tesis birim fiyatları kullanılmıştır.

Modellerin çözümleri WinQSB bilgisayar programı yardımıyla çözümlenmiştir. Bunun yanında bazı harita ve şekillerin çiziminde AUTOCAD bilgisayar programından yararlanılmıştır. Yüzölçümü hesaplamalarında ise dijital planimetre kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Yörede yetiştirilmesi planlanan bitkiler için gerçek evapotranspirasyon değerleri, metod bölümünde açıklandığı gibi, her bitki için tespit edilen bitki katsayıları ile düzeltilmesi suretiyle hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere, referans bitki evapotranspirasyonu (ET_0) değerleri FAO tarafından hazırlanan CROPWAT bilgisayar paket programı yardımıyla bulunmuştur.

Güvenilir yağış, gözlem yapılan toplam yıllar arasında belli sayıdaki yıllarda düşmesi beklenen yağıştır. Sözgelimi, her 10 yılın 8’inde düşmesi beklenen yağış güvenilir yağış olarak kabul edilebilir (Anonymous, 1991).

Yeryüzüne ulaşan yağışların bir kısmı yüzey akış, diğer bir kısmı da derine sızma veya toprak yüzeyinden buharlaşma ile kaybolmaktadır. Etkili yağış, yeryüzüne ulaşan toplam yağışın, evapotranspirasyon amacıyla bitki-toprak sisteminde, gerek bitki ve gerekse kök bölgesi civarında tutulabilen kısmıdır.

DSİ tarafından araştırma alanı için önerilen bitki desenine göre, Burdur ili Meteoroloji istasyonundan alınan mevcut 30 yıllık iklim verileri de kullanılarak bu bölge için referans evapotranspirasyon (ET_0) değerleri hesaplanmıştır. Aynı istasyondan alınan yağış verileri ile güvenilir yağış ve buna bağlı olarak etkili yağış değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.1’ de özetlenmiştir.

DSİ tarafından bölge için önerilen bitkilerin yetişme dönemi uzunlukları Şekil 4.1’de verilmiştir. Bu şekli incelediğimizde, bitkilerin büyük bir bölümünün en çok Mayıs ve Haziran aylarında suya ihtiyaç duyduğu gözlenebilmektedir. Sistem kapasitesini belirlemede kullanılacak olan sulama modülü ise bitki su ihtiyacının en yüksek olduğu aya ait olan sulama modülüdür.

Çizelge 4.1 Referans evapotranspirasyon, güvenilir yağış ve etkili yağış değerleri
(Burdur Meteoroloji İstasyonu, 1975-2005)

Aylar	ET ₀ (mm/gün)	ET ₀ (mm/ay)	Güvenilir yağış (mm/ay)	Etkili yağış (mm/ay)
Ocak	1.02	31.62	52.70	48.30
Şubat	1.53	42.84	39.00	36.60
Mart	2.40	74.40	47.40	43.80
Nisan	3.40	103.20	50.90	46.80
Mayıs	4.60	142.91	41.20	38.50
Haziran	5.90	175.80	26.40	25.30
Temmuz	6.50	201.50	15.70	15.30
Ağustos	5.80	181.35	7.70	7.60
Eylül	4.30	129.60	16.10	15.70
Ekim	2.70	83.70	31.00	29.50
Kasım	1.60	47.10	39.90	37.40
Aralık	0.90	28.83	59.70	54.00
Yıllık toplam	_____	1242.85	427.70	398.80

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Bitkiler												
Buğday						30/06						10/11
Karpuz			01/03			30/06						
Şekerpancarı					10/05			30/09				
Anason		15/02				31/07						
Haşhaş				01/04			31/08					
Mısır					10/05			30/09				
Elma				01/04				31/10				
Domates					01/05			30/09				
Soğan				01/04			31/08					
Yonca					01/05			30/09				
Kavak			01/03					31/10				

Şekil 4.1 Projeli durumda bitkilerin yetiştirme dönemi uzunluğu

Bitki katsayısı, bitki su tüketiminin kıyas bitki su tüketimine oranı olarak tanımlanır. Referans bitki su tüketimi, iklim faktörlerinin bitki su tüketimi üzerindeki etkisini yansıtmaktadır. Sulu tarım alanlarındaki ortalama toprak koşulları için, bitki özelliklerinin bitki su tüketimi üzerindeki etkisi ise bitki katsayısı ile ifade edilmektedir.

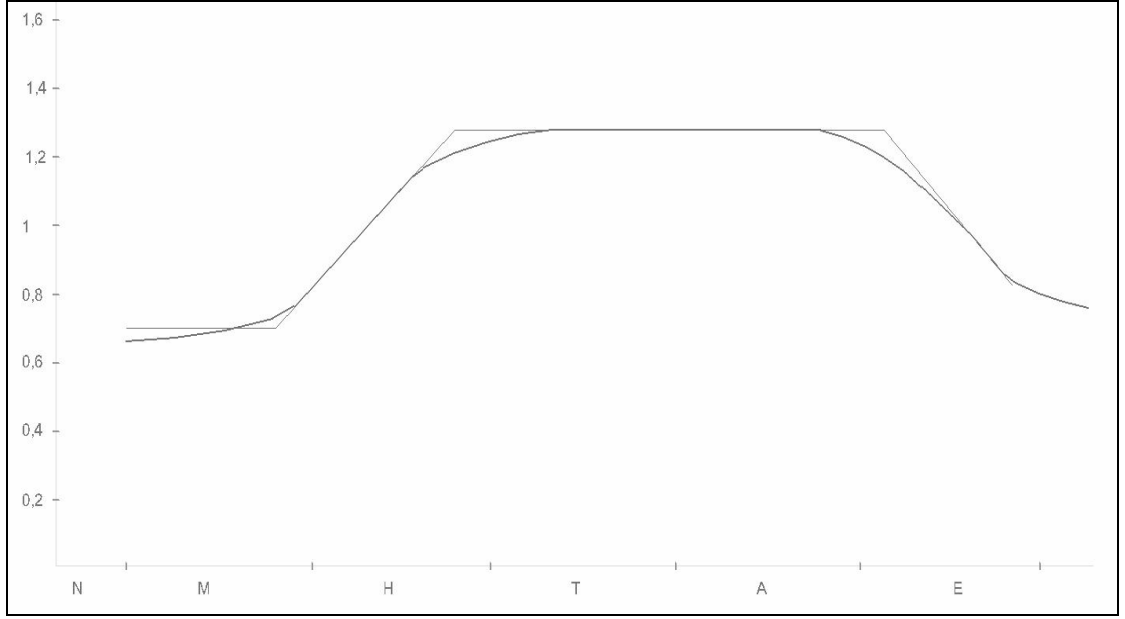
Bitki katsayısını etkileyen temel faktörler; bitki cinsi, ekim ya da dikim zamanı, büyüme mevsimi uzunluğu, büyüme mevsimi içinde bitkinin gelişme devresi ve iklim koşullarıdır. Başlangıçtan itibaren büyüme mevsiminin değişik devrelerinde bitki su ihtiyacı farklı olduğundan, bitki katsayıları da önemli düzeyde farklılık göstermektedir.

Yörede yetiştirilmesi planlanan bitkiler için gerçek evapotranspirasyon değerleri, metod bölümünde açıklandığı gibi, her bitki için tespit edilen bitki katsayıları ile düzeltilmesi

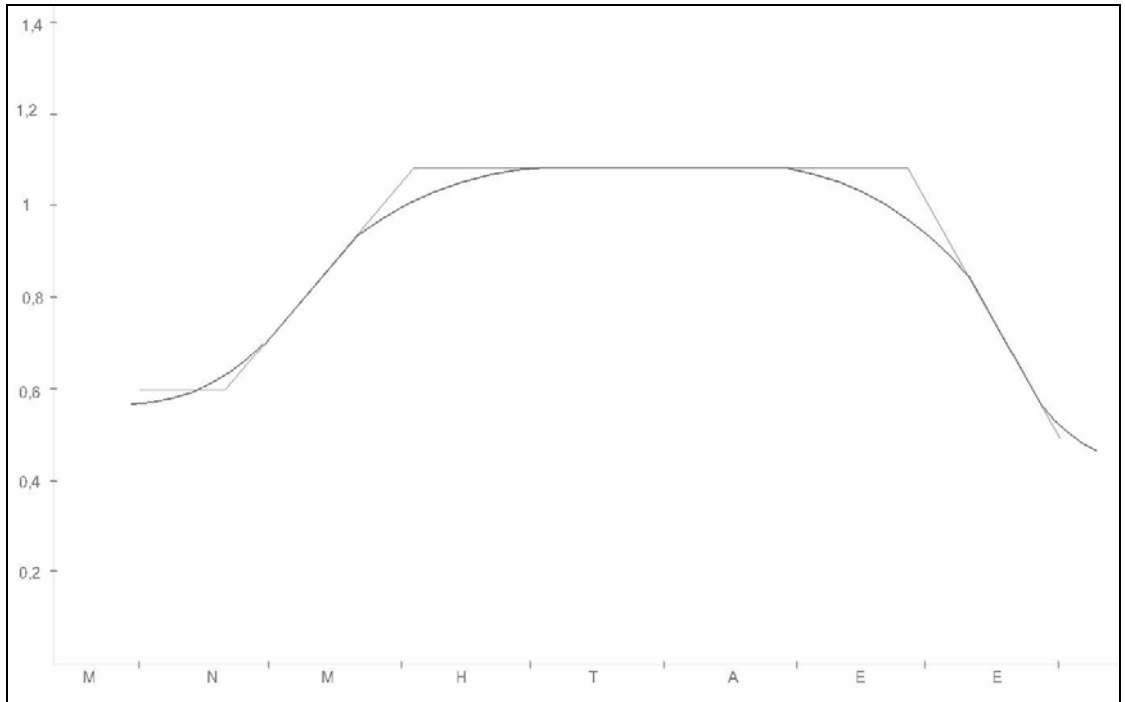
suretiyle hesaplanmıştır. Çizelge 4.2 de araştırma alanında yetiştirilen bitkilere ait hesaplanan bitki katsayıları (k_c) verilmiştir.

Çizelge 4.2 Proje sahasındaki bitkilerin değişik dönemleri için hesaplanan bitki katsayıları

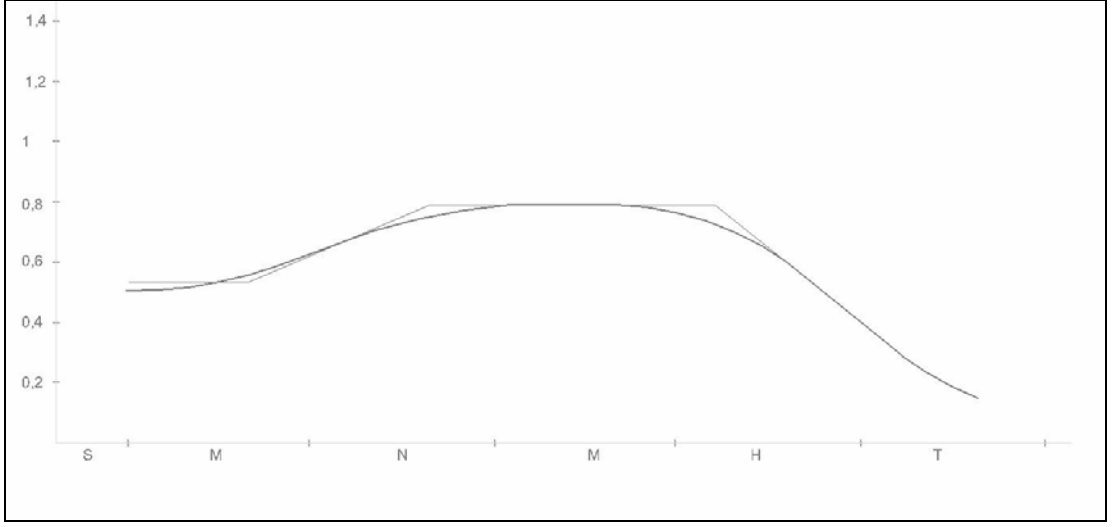
Bitkiler	Aylar											
	O	S	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Şekerpancarı					0.56	0.73	1.19	1.27	1.23	0.98		
Mısır					0.56	0.69	1.00	1.01	0.89	0.48		
Buğday	0.81	0.99	1.16	1.28	1.28	0.74					0.59	0.66
Elma				0.60	0.88	1.06	1.09	1.09	1.04	0.77		
Domates					0.70	1.15	1.28	1.28	0.97			
Haşhaş				0.55	0.75	0.79	0.60	0.29				
Anason		0.63	0.69	0.94	1.13	1.15	0.75					
Karpuz			0.38	0.81	0.94	0.88						
Soğan				0.70	1.05	1.05	1.03	0.84				
Kavak			0.56	0.86	1.21	1.20	1.21	1.21	1.14	0.93		
Yonca					0.95	0.95	0.95	0.95	0.95			



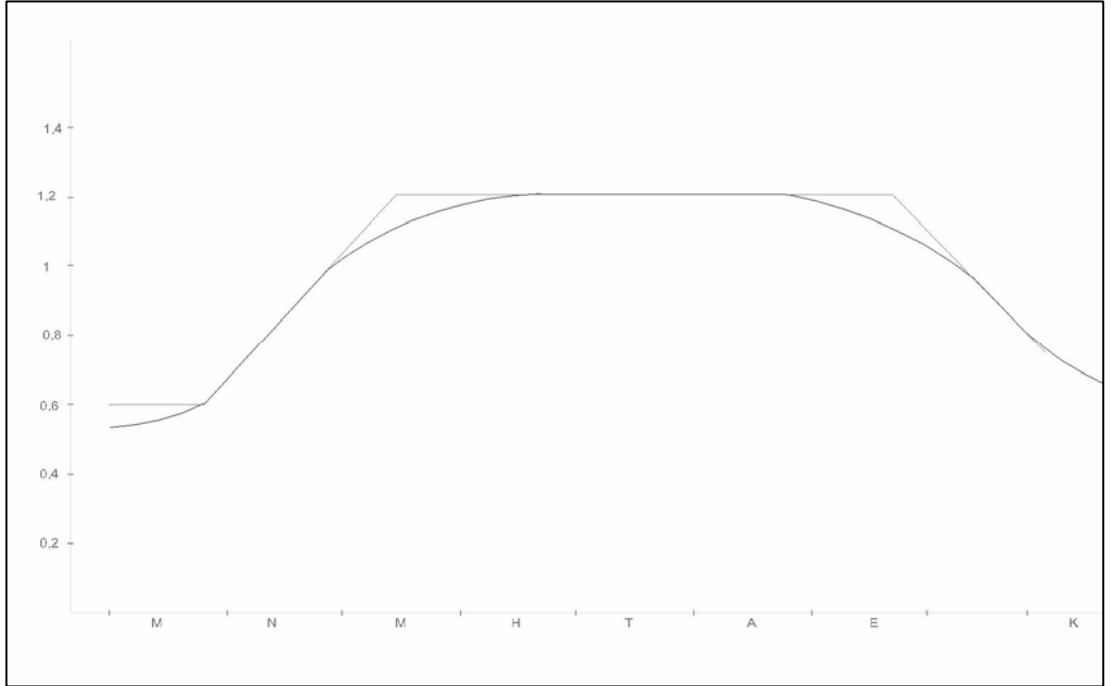
Şekil 4.2 Domates bitkisi için k_C eğrisi grafiği



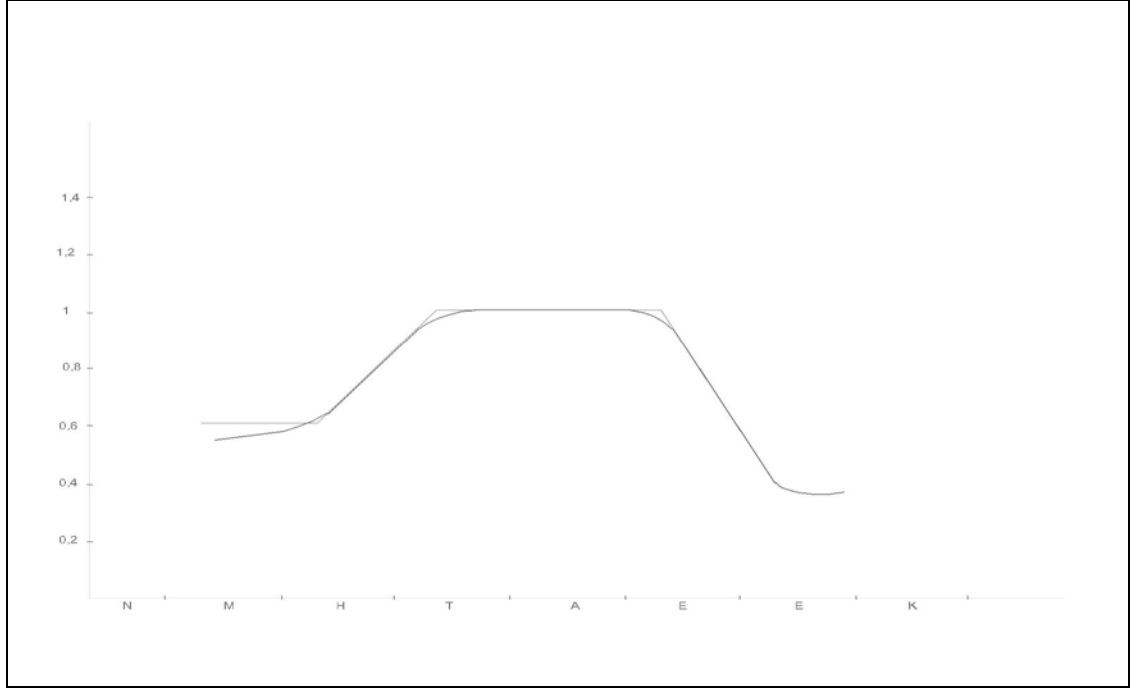
Şekil 4.3 Elma bitkisi için k_C eğrisi grafiği



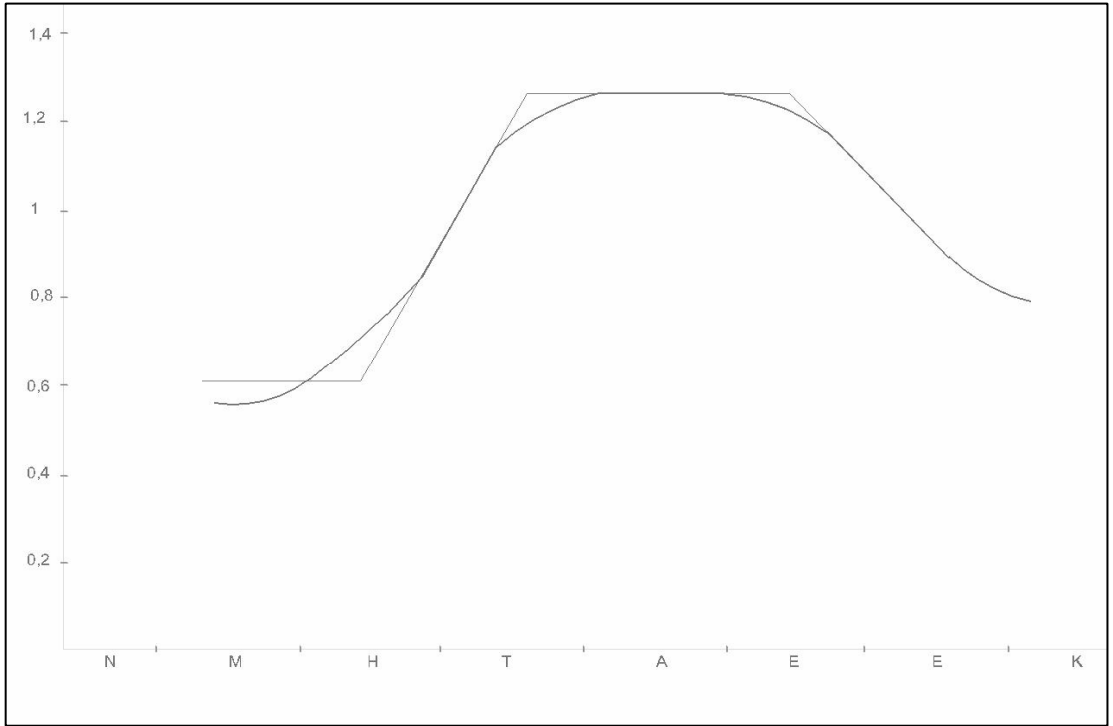
Şekil 4.4 Haşhaş bitkisi için k_C eğrisi grafiği



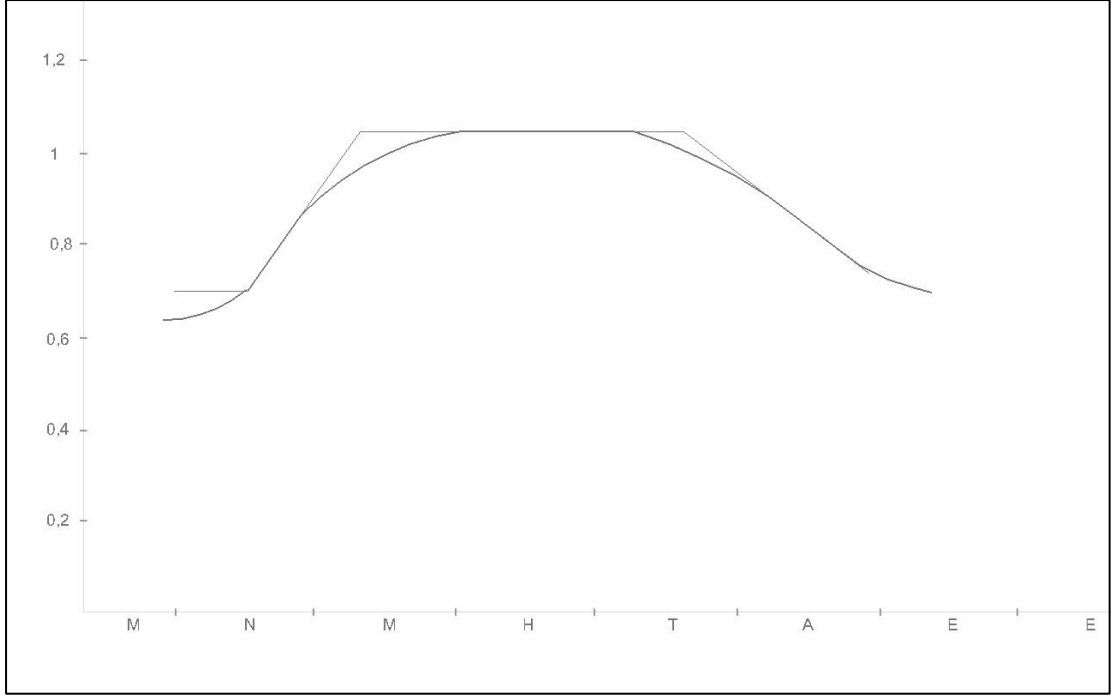
Şekil 4.5 Kavak bitkisi için k_C eğrisi grafiği



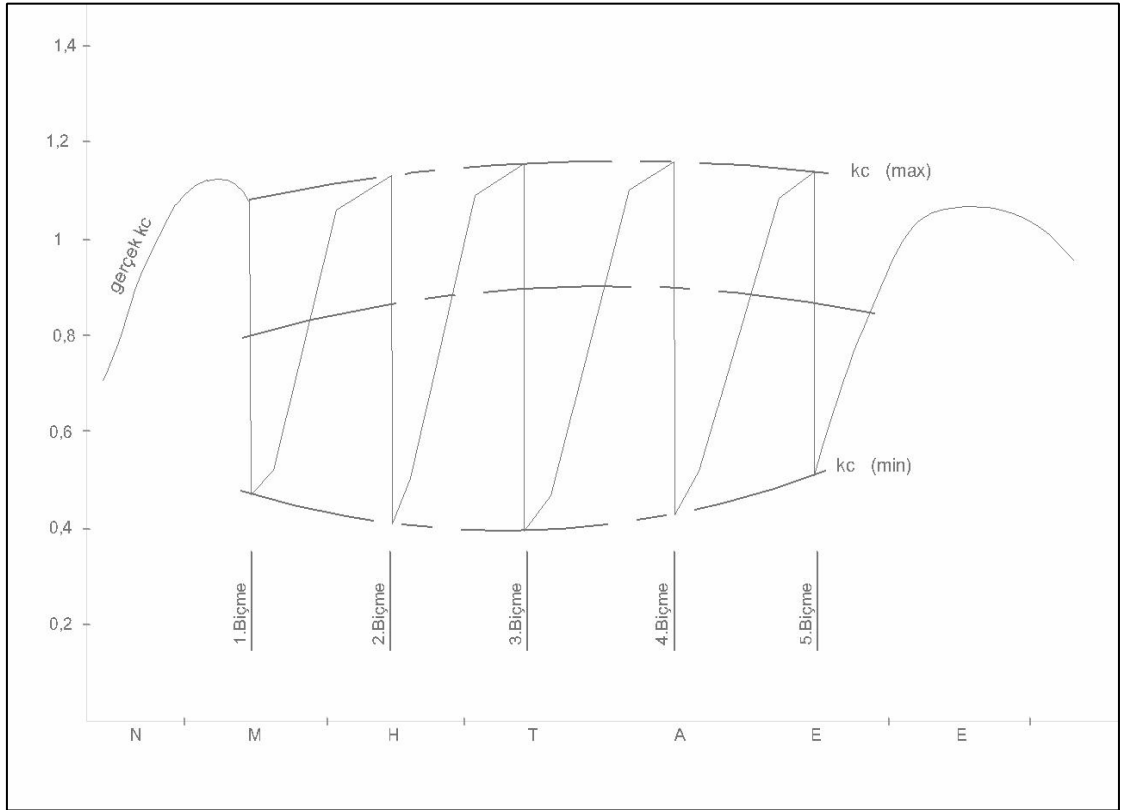
Şekil 4.6 Mısır bitkisi için k_C eğrisi grafiği



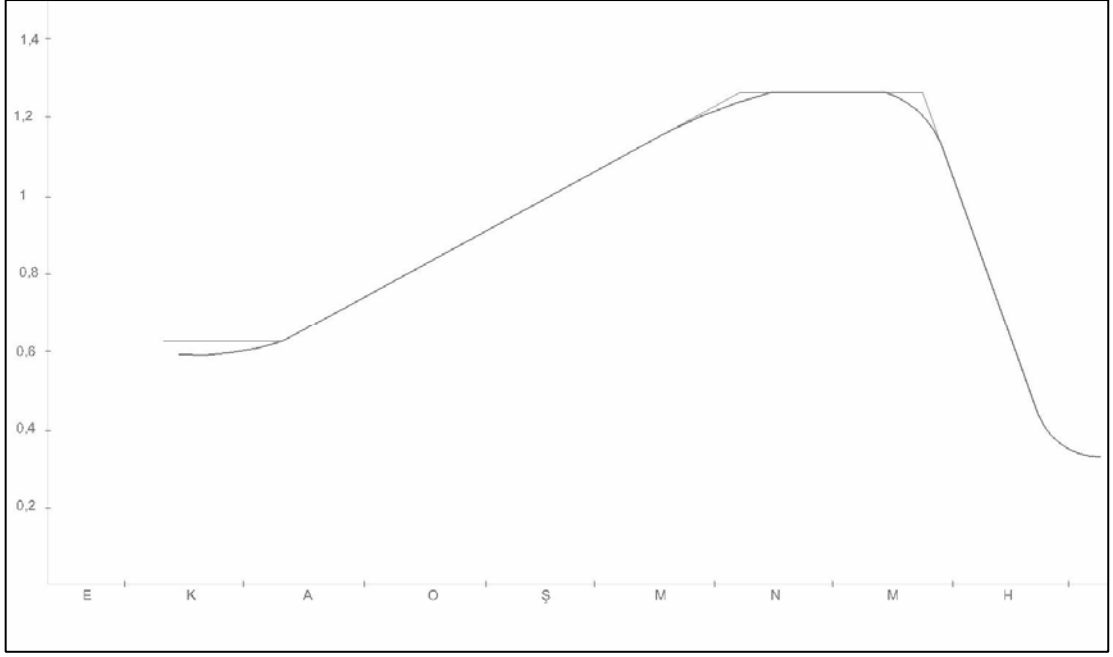
Şekil 4.7 Şekerpancarı bitkisi için k_C eğrisi grafiği



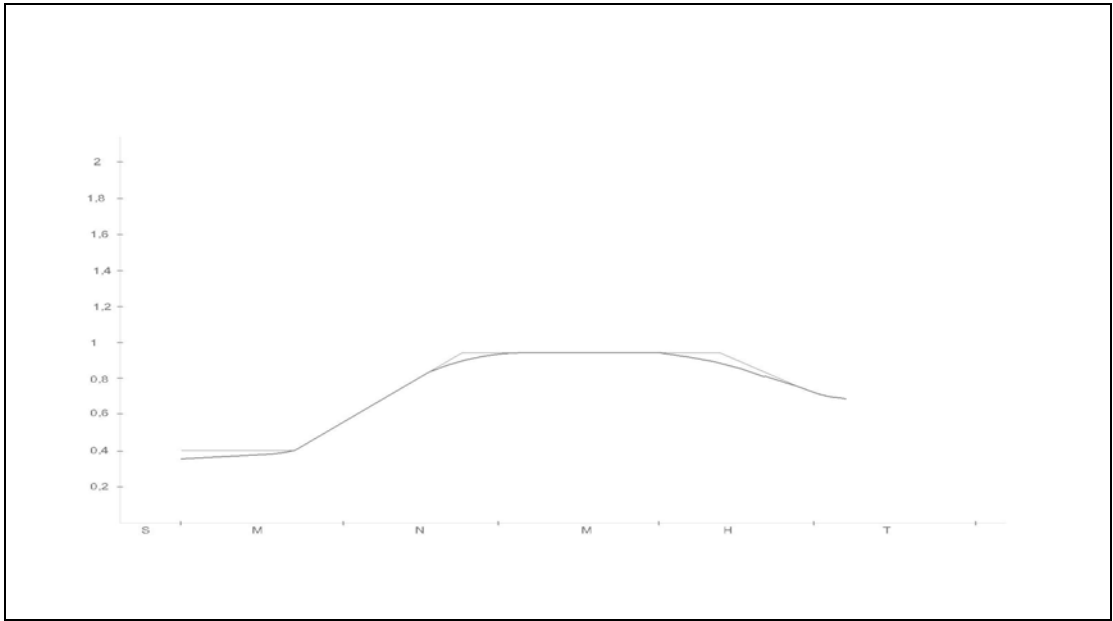
Şekil 4.8 Soğan bitkisi için k_c eğrisi grafiği



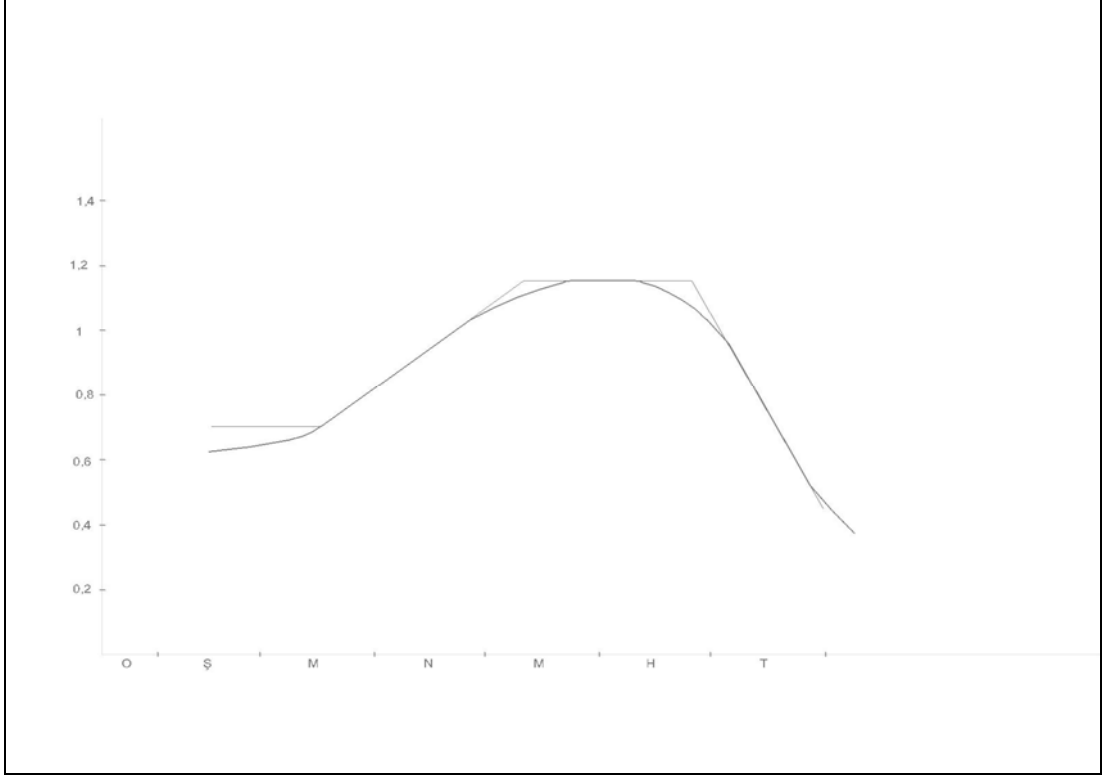
Şekil 4.9 Yonca bitkisi için k_c eğrisi grafiği



Şekil 4.10 Buğday bitkisi için k_c eğrisi grafiği



Şekil 4.11 Karpuz bitkisi için k_c eğrisi grafiği



Şekil 4.12 Anason bitkisi için k_c eğrisi grafiği

Çizelge 4.3 Proje alanı sulama suyu ihtiyacı ve sulama modülleri

AYLAR <i>Bitki Cinsi</i>	<i>Bitki Su Tüketimi, ET (mm/ay)</i>	<i>Ekiliş Oranı, (%)</i>	<i>Ortalama Bitki Su Tüketimi, ETort (mm/ay)</i>	<i>Yağış, I (mm/ay)</i>	<i>Etkili Yağış, r (mm/ay)</i>	<i>Net Sulama Suyu İhtiyacı, dn (mm/ay)</i>	<i>Toplam Sulama Suyu İhtiyacı, dt (mm/ay)</i>	<i>Sulama Modülü, q (L/s/ha)</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<u>NİSAN</u>								
Buğday	132.10	58.57	77.40					
Elma	61.90	1.21	0.70					
Haşhaş	56.80	0.69	0.40	50.90	46.80	44.37	73.95	0.28
Anason	97.00	11.44	11.10					
Karpuz	83.60	0.52	0.40					
Soğan	72.20	1.00	0.70					
Kavak	88.80	0.53	0.47					
<u>MAYIS</u>								
Ş.pancarı	80.00	17.21	13.70					
Mısır	80.00	6.51	5.20					
Buğday	182.90	58.57	107.10					
Elma	125.80	1.21	1.50					
Domates	100.00	0.65	0.60	41.20	38.50	114.20	190.30	0.71
Haşhaş	107.20	0.69	0.70					
Anason	161.50	11.44	1 8.50					
Karpuz	134.30	0.52	0.70					
Soğan	150.00	1.00	1.50					
Kavak	172.90	0.53	0.90					
Yonca	135.70	1.67	2.30					
<u>HAZİRAN</u>								
Ş.pancarı	128.30	17.21	22.10					
Mısır	121.30	6.51	7.90					
Buğday	130.10	58.57	76.10					
Elma	186.30	1.21	2.20					
Domates	202.20	0.65	1.30					
Haşhaş	138.80	0.69	0.90	26.40	25.30	114.70	191.10	0.74
Anason	202.20	11.44	23.10					
Karpuz	154.70	0.52	0.80					
Soğan	184.60	1.00	1.80					
Kavak	210.90	0.53	1.10					
Yonca	167.00	1.67	2.70					
<u>TEMMUZ</u>								
Ş.pancarı	239.80	17.21	41.20					
Mısır	201.50	6.51	13.10					
Elma	219.60	1.21	2.60					
Domates	257.90	0.65	1.60					
Haşhaş	120.90	0.69	0.80	15.70	15.30	67.90	113.10	0.42
Anason	151.10	11.44	17.30					
Soğan	207.50	1.00	2.10					
Kavak	243.80	0.53	1.30					
Yonca	191.40	1.67	3.20					

Çizelge 4.3 Proje alanı sulama suyu ihtiyacı ve sulama modülleri (devam)

AYLAR <i>Bitki Cinsi</i>	<i>Bitki Su Tüketimi, ET (mm/ay)</i>	<i>Ekiliş Oranı, (%)</i>	<i>Ortalama Bitki Su Tüketimi, ETort (mm/ay)</i>	<i>Yağış, I (mm/ay)</i>	<i>Etkili Yağış, r (mm/ay)</i>	<i>Net Sulama Suyu İhtiyacı, dn (mm/ay)</i>	<i>Toplam Sulama Suyu İhtiyacı, dt (mm/ay)</i>	<i>Sulama Modülü, q (L/s/ha)</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<u>AĞUSTOS</u>								
Ş.pancarı	230.30	17.21	39.60					
Mısır	183.20	6.51	11.90					
Elma	197.70	1.21	2.40					
Domates	232.10	0.65	1.50					
Haşhaş	52.60	0.69	0.30	7.70	7.60	53.70	89.50	0.33
Soğan	152.30	1.00	1.50					
Kavak	219.40	0.53	1.20					
Yonca	172.20	1.67	2.90					
<u>EYLÜL</u>								
Ş.pancarı	159.40	17.21	27.40					
Mısır	115.30	6.51	7.50					
Elma	134.70	1.21	1.60	16.10	15.70	24.40	40.60	0.16
Domates	125.70	0.65	0.80					
Kavak	147.70	0.53	0.80					
Yonca	123.10	1.67	2.00					
<u>EKİM</u>								
Ş.pancarı	82.00	17.21	14.10					
Mısır	40.20	6.51	2.60	31.00	29.50	—	—	—
Elma	64.40	1.21	0.70					
Kavak	77.80	0.53	0.40					
<u>KASIM</u>								
Buğday	27.80	58.57	16.30	39.90	37.40	—	—	—
<u>ARALIK</u>								
Buğday	19.00	58.57	11.10	59.70	54.00	—	—	—
<u>OCAK</u>								
Buğday	25.60	58.57	14.90	52.70	48.30	—	—	—
<u>SUBAT</u>								
Buğday	42.40	58.57	24.80	39.00	36.60	—	—	—
Anason	26.90	11.44	3.10					
<u>MART</u>								
Buğday	86.30	58.57	50.50					
Anason	51.30	11.44	5.80					
Karpuz	28.20	0.52	0.10	47.40	43.80	12.80	21.30	0.08
Kavak	41.60	0.53	0.20					

Proje alanı sulama suyu ihtiyacını ve sulama modülünü hesapladığımız Çizelge 4.3 de görüleceği gibi Ekim, Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında sulama suyuna ihtiyaç duyulmamaktadır. En fazla sulama suyuna ihtiyaç duyulan ay ise Haziran ayı olmuştur. Sulama sisteminin kapasitesini belirlemeye yardımcı olacak sulama modülü de böylece Haziran ayına aittir.

Proje alanı sulama suyu ihtiyacı ve sulama modüllerini gösteren bu çizelgede;

1. kolona aylar ve o aylarda tarımı yapılan bitkiler yazılmıştır.
2. kolona bitki su tüketimi değerleri yazılmıştır. Cropwat paket programı kullanılarak hesaplanan kıyas bitki su tüketimi değerlerinin, bitki cinsi ve bitki gelişme devresinin fonksiyonu olan bitki katsayıları ile düzeltilmesi sonucunda bitki su tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Örneğin, Nisan ayı ve buğday bitkisi için;

$$ET = ET_0 \times k_c = 103.20 \times 1.28 = 132.10 \text{ mm/ay}$$

3. kolona bitkilerin ekiliş oranları yazılmıştır.
4. kolona ortalama bitki su tüketimi değerleri yazılmış ve bu değerler toplanarak aylara göre proje alanı ortalama su tüketimi değerleri elde edilmiştir. Bitkilerin bulunduğu ay için bitki su tüketimi değerleri ile ekiliş oranlarının çarpımı sonucu bulunan değerlerin toplamı aylara göre proje alanı ortalama su tüketimi değerleri elde edilmiştir. Örneğin, buğdayın Nisan ayında proje alanı ortalama bitki su tüketimi içindeki payı, ekiliş oranı % 58,57 olduğundan, $132.10 \times 0.58 = 77.40 \text{ mm}$ 'dir. Nisan ayında tarımı yapılan tüm bitkiler dikkate alındığında, proje alanı ortalama bitki su tüketimi;

$$ET_{\text{ort}} = 77.40 + 0.70 + 0.40 + 11.1 + 0.40 + 0.70 + 0.47 = 91.17 \text{ mm bulunur.}$$

5. kolona Burdur Meteoroloji istasyonundan alınan yağış değerleri yazılmıştır.
6. kolona etkili yağış değerleri yazılmıştır.
7. kolona aylara göre proje alanı net sulama suyu ihtiyaçları yazılmış ve toplanarak mevsimlik değer elde edilmiştir. Aylık ortalama bitki su tüketiminden etkili yağış

değerinin çıkarılmasıyla o aya ait proje alanı net sulama suyu ihtiyacı hesaplanır. Örneğin, Nisan ayında proje alanı net sulama suyu ihtiyacı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d_n = ET_{ort} - r = 91.17 - 46.80 = 44.37 \text{ mm / ay}$$

8. kolona aylara göre proje alanı toplam sulama suyu ihtiyaçları yazılmış ve toplanarak mevsimlik değer bulunmuştur. Nisan ayı için bu değer;

$$d_t = \frac{d_n}{E} = \frac{44.37}{0.60} = 73.95 \text{ mm / ay}$$

9. kolona aylara göre sulama modülü değerleri yazılmıştır. Nisan ayı için bu değer aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$q = \frac{10 d_t}{3.6 T} = \frac{10 \times 73.95}{3.6 \times 30 \times 24} = 0.28 \text{ L / s / ha}$$

Şekil 3.3'den de görüleceği üzere, ana kanaldan su araziye 1 numaralı parselden giriş yapabilecektir. Daha sonra yedek veya tersiyer kanalet şebekesi en uygun güzergahı izleyerek son parselde suyu ulaştıracaktır.

Araştırma alanındaki parseller, DSİ'nin öngördüğü üzere büyüklükleri 10 dekarın altında olmayacak şekilde birleştirilmiştir. Çizelge 4.4'de ise araştırma sahasında yer alan parsellerin büyüklükleri verilmiştir.

Modelin yöreye uygulanabilmesi için, topoğrafik yapı itibariyle her bir parsel başına gelen suyun bundan sonra hangilerine aktarılabilmesinin belirlenmesi gerekmektedir. Yani suyun araştırma alanına dahil olduğu en üst kottan en düşük kote götürülürken geçeceği muhtemel parseller mevcut harita üzerinden saptanarak, bundan sonra aktarılabilmesi olası parseller bulunmalıdır. Böylece suyu ilk alan parselden başlayarak, her bir noktanın kendisinden daha düşük kotlu hangi noktalara hizmet götürebileceği saptanmış olur.

Çizelge 4.4 Araştırma alanındaki parsellerin büyüklükleri

Parsel No	Alan (da)	Parsel No	Alan (da)	Parsel No	Alan (da)
1	45.00	51	22.50	101	39.50
2	20.70	52	13.50	102	36.75
3	29.50	53	14.00	103	39.50
4	19.00	54	19.75	104	26.25
5	30.00	55	31.50	105	48.00
6	21.00	56	24.00	106	68.00
7	28.75	57	26.50	107	44.00
8	21.25	58	30.75	108	45.38
9	32.35	59	25.30	109	20.00
10	10.50	60	17.25	110	33.25
11	21.00	61	46.35	111	24.75
12	14.00	62	20.50	112	11.20
13	19.65	63	24.00	113	23.75
14	14.50	64	47.00	114	33.00
15	12.25	65	34.50	115	59.75
16	20.25	66	29.75	116	51.25
17	39.70	67	40.75	117	79.80
18	17.10	68	31.75	118	61.25
19	69.00	69	48.50	119	71.25
20	73.00	70	26.25	120	42.00
21	19.42	71	49.92	121	18.00
22	23.10	72	22.50	122	33.50
23	21.00	73	28.25	123	17.50
24	18.75	74	64.00	124	27.75
25	13.50	75	58.50	125	23.50
26	14.50	76	26.25	126	27.00
27	29.35	77	49.63	127	21.00
28	22.50	78	26.25	128	32.50
29	14.50	79	37.75	129	28.25
30	20.20	80	31.25	130	30.50
31	14.00	81	24.75	131	50.75
32	23.00	82	20.75	132	28.75
33	22.60	83	19.75	133	22.00
34	20.75	84	21.75	134	16.13
35	22.50	85	24.25	135	23.40
36	21.00	86	16.25	136	27.00
37	13.25	87	24.50	137	21.50
38	22.33	88	23.25	138	46.88
39	10.50	89	33.00	139	26.25
40	17.00	90	24.75	140	18.00
41	19.10	91	28.75	141	47.25
42	14.25	92	34.75	142	43.65
43	23.17	93	31.50	143	29.00
44	31.75	94	26.75	144	22.25
45	23.75	95	46.50	145	19.75
46	30.50	96	39.00	146	27.75
47	34.25	97	20.75	147	40.50
48	65.75	98	24.50	148	25.75
49	18.75	99	29.00	149	53.25
50	35.42	100	32.00	150	48.25
				151	17.25
			Toplam alan (da) :		4527.56

4.1 Model Çözüm Sonuçları

4.1.1 En kısa yol modeline (Shortest Path) göre muhtemel kanalet tipleri

Problemin en kısa yol modeli ile çözümü sonucunda elde edilen optimum kanal şebekesi Şekil 4.13’de verilmiştir. Optimum kanal şebekesi belirlendikten sonra her dal için kapasite hesaplanmıştır. Her bir parsel basındaki kanaletin muhtemel kapasiteleri sulama modülü ve esneklik katsayıları da dikkate alınarak hesaplanmış ve Çizelge 4.5’te özetlenmiştir.

Çizelge 4.5’in 2. kolonunda, 0.74 olarak hesaplanmış olan sulama modülü ile belirtilen parsel numarasına ait hizmet alanı çarpımları verilmiştir.

Çizelge 4.5’nin en son kolonunda ise belirlenen kanalet kapasitelerine karşılık gelen tip numaraları verilmiştir. Örneğin 1 numaralı parsel başında hesap edilen 495 l/s’ lik debiyi karşılamak amacıyla 600 tip nolu kanalet kullanılmalıdır. Çünkü daha önce de değinildiği gibi kanalet tip numaraları, su hızının 1.0 – 1.2 m/s arasında olduğu durumda akan suyun debisini ifade etmektedir. Bunun sonucunda standart kanalet tipleri içinde 450 tip nolu kanaletten sonra gelen 600 l/s kapasiteli kanalet kullanılmalıdır. Bütün diğer noktalar için de aynı yöntemle kanalet tipleri seçilmiş ve Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
1	330.00	1.5	495.00	600
2	62.30	2.5	155.75	180
3	60.83	2.5	152.07	180
4	41.80	3.1	129.58	135
5	40.40	3.1	125.24	135
6	38.20	3.1	118.42	135
7	23.40	3.9	91.26	100
8	14.20	4.8	68.16	70
9	10.10	5.0	50.50	70
10	2.73	--	--	70
11	3.77	--	--	70

Çizelge 4.5 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteler (devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
12	7.23	--	--	70
13	13.25	4.8	63.60	70
14	4.11	--	--	70
15	4.05	--	--	70
16	9.40	--	--	70
17	12.20	4.9	59.78	70
18	13.90	4.9	68.11	70
19	19.20	4.2	80.64	100
20	258.53	1.6	413.65	450
21	156.80	1.7	266.56	315
22	4.60	--	--	70
23	2.88	--	--	70
24	1.33	--	--	70
25	3.91	--	--	70
26	1.03	--	--	70
27	2.14	--	--	70
28	13.40	4.9	65.66	70
29	2.43	--	--	70
30	2.22	--	--	70
31	1.99	--	--	70
32	7.97	--	--	70
33	6.27	--	--	70
34	4.65	--	--	70
35	3.17	--	--	70
36	1.55	--	--	70
37	0.96	--	--	70
38	1.62	--	--	70
39	0.74	--	--	70
40	2.87	--	--	70
41	1.40	--	--	70
42	1.03	--	--	70
43	1.70	--	--	70
44	6.20	--	--	70
45	11.80	5.0	59.00	70
46	8.42	--	--	70
47	61.30	2.5	153.25	180
48	44.10	2.9	127.90	135
49	40.60	3.0	121.80	135
50	27.70	3.5	96.95	100
51	25.10	3.7	92.87	100
52	16.40	4.7	77.08	100

Çizelge 4.5 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri
(devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
53	15.50	4.8	74.40	100
54	14.50	4.8	69.60	70
55	13.10	4.9	64.19	70
56	6.93	--	--	70
57	10.80	5.0	54.00	70
58	7.03	--	--	70
59	5.77	--	--	70
60	11.70	4.9	57.33	70
61	4.88	--	--	70
62	1.48	--	--	70
63	6.65	--	--	70
64	3.47	--	--	70
65	12.50	4.9	61.25	70
66	17.20	4.8	82.56	100
67	85.00	2.2	187.00	230
68	2.30	--	--	70
69	9.32	--	--	70
70	1.92	--	--	70
71	147.00	1.8	264.60	315
72	148.80	1.8	267.84	315
73	11.30	5.0	56.50	70
74	96.33	2.1	202.30	230
75	76.70	2.2	168.74	180
76	150.80	1.8	271.44	315
77	14.90	4.8	71.52	100
78	74.65	2.4	179.16	180
79	72.73	2.4	174.55	180
80	29.30	3.5	102.55	135
81	27.00	3.5	94.50	100
82	21.90	4.1	89.79	100
83	18.90	4.3	81.27	100
84	1.55	--	--	70
85	1.77	--	--	70
86	9.68	--	--	70
87	15.80	4.8	75.84	100
88	3.54	--	--	70
89	2.44	--	--	70
90	4.21	--	--	70
91	6.28	--	--	70
92	40.60	2.8	113.68	135

Çizelge 4.5 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri
(devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
93	38.07	3.1	118.01	135
94	5.25	--	--	70
95	6.30	--	--	70
96	2.88	--	--	70
97	1.48	--	--	70
98	1.77	--	--	70
99	3.91	--	--	70
100	3.84	--	--	70
101	9.16	--	--	70
102	51.00	2.8	142.80	180
103	13.37	4.8	64.17	70
104	69.20	2.4	166.08	180
105	48.40	2.8	135.52	180
106	35.70	3.2	114.24	135
107	13.90	4.8	66.72	70
108	3.33	--	--	70
109	29.50	3.5	103.25	135
110	2.44	--	--	70
111	1.77	--	--	70
112	4.58	--	--	70
113	8.50	--	--	70
114	2.44	--	--	70
115	4.36	--	--	70
116	3.77	--	--	70
117	5.84	--	--	70
118	10.35	--	--	70
119	15.50	4.8	74.40	100
120	3.10	--	--	70
121	20.00	4.2	84.00	100
122	2.44	--	--	70
123	3.69	--	--	70
124	25.70	3.7	95.09	100
125	3.70	--	--	70
126	1.99	--	--	70
127	1.55	--	--	70
128	3.91	--	--	70
129	5.98	--	--	70
130	8.20	--	--	70
131	11.90	4.9	58.31	70
132	14.00	4.8	67.20	70
133	15.60	4.8	74.88	100
134	16.80	4.8	80.64	100

Çizelge 4.5 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri (devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
135	5.40	--	--	70
136	5.82	--	--	70
137	82.02	2.2	180.44	230
138	7.24	--	--	70
139	3.25	--	--	70
140	1.33	--	--	70
141	5.77	--	--	70
142	72.40	2.4	173.76	180
143	5.16	--	--	70
144	1.62	--	--	70
145	3.02	--	--	70
146	1.99	--	--	70
147	2.96	--	--	70
148	4.81	--	--	70
149	3.92	--	--	70
150	4.80	--	--	70
151	1.25	--	--	70

4.1.2 Minimum yayılma modeline (Minimum Spanning Tree) göre muhtemel kanalet tipleri

Problemin bu modelle çözümü sonucunda elde edilen optimum kanal şebekesi Şekil 4.14.' te verilmiştir. Optimum kanal şebekesi belirlendikten sonra her dal için kapasite hesaplanmıştır. Her dal için hizmet ettiği parsel alanı ve sulama modülünden yararlanılmış ve esneklik katsayı ile bu değer büyütülerek kapasite hesaplanmıştır ve Çizelge 4.6. da özetlenmiştir.

Çizelge 4.6 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
1	330.00	1.5	495.00	600
2	86.22	2.1	181.06	230
3	84.74	2.1	177.95	180
4	22.44	4.1	92.00	100
5	21.04	4.2	88.36	100
6	18.82	4.3	80.92	100

Çizelge 4.6 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri (devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
7	17.27	4.3	74.26	100
8	12.62	4.9	61.83	70
9	10.33	5.0	51.65	70
10	0.74	--	--	70
11	1.55	--	--	70
12	2.58	--	--	70
13	1.40	--	--	70
14	39.27	3.1	121.73	135
15	40.15	3.1	124.46	135
16	48.05	2.8	134.54	135
17	53.81	2.7	145.28	180
18	55.06	2.7	148.66	180
19	60.16	2.5	150.40	180
20	239.24	1.6	382.78	450
21	140.29	1.9	266.55	315
22	1.70	--	--	70
23	2.88	--	--	70
24	1.33	--	--	70
25	6.42	--	--	70
26	1.03	--	--	70
27	33.08	3.3	109.16	135
28	5.16	--	--	70
29	3.54	--	--	70
30	2.51	--	--	70
31	1.03	--	--	70
32	7.97	--	--	70
33	6.27	--	--	70
34	4.65	--	--	70
35	3.17	--	--	70
36	1.55	--	--	70
37	0.96	--	--	70
38	1.62	--	--	70
39	1.70	--	--	70
40	2.87	--	--	70
41	16.89	4.7	79.38	100
42	13.79	4.9	67.57	70
43	18.59	4.3	79.93	100
44	8.43	--	--	70
45	30.94	3.5	108.29	135
46	10.65	5.0	53.25	70
47	2.51	--	--	70
48	6.14	--	--	70

Çizelge 4.6 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri (devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
49	1.33	--	--	70
50	9.89	--	--	70
51	7.30	--	--	70
52	5.68	--	--	70
53	4.72	--	--	70
54	3.69	--	--	70
55	2.29	--	--	70
56	6.93	--	--	70
57	10.84	5.0	54.20	70
58	13.06	4.9	63.99	70
59	25.21	3.9	98.31	100
60	72.26	2.3	166.19	180
61	77.14	2.2	169.70	180
62	1.48	--	--	70
63	78.91	2.2	173.60	180
64	113.05	1.9	214.79	230
65	115.56	1.9	219.56	230
66	117.70	1.9	223.63	230
67	130.03	1.8	234.05	315
68	2.29	--	--	70
69	9.31	--	--	70
70	4.43	--	--	70
71	133.65	1.8	240.57	315
72	135.27	1.8	243.48	315
73	11.38	4.9	55.76	70
74	93.55	2.1	196.45	230
75	73.82	2.4	177.16	180
76	137.19	1.9	260.66	315
77	15.00	4.8	72.00	100
78	1.92	--	--	70
79	30.67	3.5	107.34	135
80	41.00	3.1	127.10	135
81	38.71	3.1	120.00	135
82	20.68	4.2	86.85	100
83	19.20	4.2	80.64	100
84	1.55	--	--	70
85	1.77	--	--	70
86	2.95	--	--	70
87	17.80	4.5	80.10	100
88	16.26	4.6	74.79	100
89	2.44	--	--	70
90	4.21	--	--	70

Çizelge 4.6 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri (devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
91	6.28	--	--	70
92	27.92	3.6	100.51	135
93	25.41	3.8	96.55	100
94	8.94	--	--	70
95	6.28	--	--	70
96	2.88	--	--	70
97	1.48	--	--	70
98	1.77	--	--	70
99	3.91	--	--	70
100	3.84	--	--	70
101	9.16	--	--	70
102	58.30	2.6	151.58	180
103	6.13	--	--	70
104	66.35	2.4	159.24	180
105	48.40	2.8	135.52	180
106	35.69	3.2	114.20	135
107	13.89	4.9	68.06	70
108	7.02	--	--	70
109	16.84	4.7	79.14	100
110	3.69	--	--	70
111	14.56	4.8	69.88	70
112	13.08	4.9	64.09	70
113	1.70	--	--	70
114	2.44	--	--	70
115	6.80	--	--	70
116	10.57	5.0	52.85	70
117	5.84	--	--	70
118	10.35	5.0	51.75	70
119	5.25	--	--	70
120	3.10	--	--	70
121	9.68	--	--	70
122	12.80	4.9	62.72	70
123	1.25	--	--	70
124	11.67	4.9	57.18	70
125	3.69	--	--	70
126	1.99	--	--	70
127	1.55	--	--	70
128	3.91	--	--	70
129	5.98	--	--	70
130	8.20	--	--	70
131	11.90	4.9	58.31	70
132	13.97	4.8	67.05	70

Çizelge 4.6 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri (devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
133	15.59	4.8	74.83	100
134	16.77	4.7	78.81	100
135	1.70	--	--	70
136	5.90	--	--	70
137	9.37	--	--	70
138	7.24	--	--	70
139	3.25	--	--	70
140	1.33	--	--	70
141	5.76	--	--	70
142	69.53	2.4	166.87	180
143	5.16	--	--	70
144	1.62	--	--	70
145	3.02	--	--	70
146	1.99	--	--	70
147	4.51	--	--	70
148	6.36	--	--	70
149	10.30	5.0	51.50	70
150	45.80	2.9	132.82	135
151	42.25	3.0	126.75	135

4.1.3 Transshipment modeline göre muhtemel kanalet tipleri

Son olarak bu yöntem kullanılarak ulaşılan çözüm sonucunda elde edilen optimum kanal şebekesinde Şekil 4.15'te verilmiştir. Optimum kanal şebekesi belirlendikten sonra her dal için kapasite hesaplanmış, aynı yöntem kullanılarak yani kapasite hesaplanırken her dal için hizmet ettiği parsel alanı ve sulama modülünden yararlanılmış ve Çizelge 4.7'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.7 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
1	330.00	1.5	495.00	600
2	62.29	2.5	155.72	180
3	60.81	2.5	152.02	180
4	23.84	3.9	92.97	100
5	22.44	3.9	87.51	100
6	20.22	4.2	84.92	100
7	17.27	4.3	74.26	100
8	12.62	4.9	61.83	70

Çizelge 4.7 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri (devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
9	10.33	5.0	51.65	70
10	0.74	--	--	70
11	1.55	--	--	70
12	2.58	--	--	70
13	1.40	--	--	70
14	23.24	4.0	92.96	100
15	24.12	4.0	96.48	100
16	25.60	3.9	99.84	100
17	28.48	3.5	99.68	100
18	29.73	3.5	104.05	135
19	34.83	3.3	114.93	135
20	262.30	1.6	421.28	450
21	123.23	1.9	234.13	315
22	8.49	--	--	70
23	6.79	--	--	70
24	5.24	--	--	70
25	3.91	--	--	70
26	1.03	--	--	70
27	17.05	4.5	76.72	100
28	5.16	--	--	70
29	3.54	--	--	70
30	2.51	--	--	70
31	1.03	--	--	70
32	7.97	--	--	70
33	6.27	--	--	70
34	4.65	--	--	70
35	3.17	--	--	70
36	1.55	--	--	70
37	0.96	--	--	70
38	1.62	--	--	70
39	4.57	--	--	70
40	2.87	--	--	70
41	5.97	--	--	70
42	1.03	--	--	70
43	7.67	--	--	70
44	3.32	--	--	70
45	14.91	4.8	71.56	100
46	5.54	--	--	70
47	82.77	2.2	182.09	230
48	52.06	2.7	140.56	180
49	40.60	3.1	125.86	135
50	27.70	3.5	96.95	100

Çizelge 4.7 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri (devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
51	25.10	3.7	92.87	100
52	16.40	4.8	78.72	100
53	15.50	4.8	74.40	100
54	14.50	4.9	71.05	100
55	13.10	4.9	64.19	70
56	6.93	--	--	70
57	10.80	5.0	54.00	70
58	7.03	--	--	70
59	5.77	--	--	70
60	11.70	4.9	57.33	70
61	4.88	--	--	70
62	1.48	--	--	70
63	6.65	--	--	70
64	23.55	3.8	89.49	100
65	26.06	3.6	93.81	100
66	28.20	3.5	98.70	100
67	23.41	4.0	93.64	100
68	2.29	--	--	70
69	9.31	--	--	70
70	1.92	--	--	70
71	109.80	1.9	208.62	230
72	111.42	1.9	211.69	230
73	11.38	4.9	55.76	70
74	133.67	1.9	253.97	315
75	113.94	1.9	216.48	230
76	113.94	1.9	216.48	230
77	15.00	4.8	72.00	100
78	1.92	--	--	70
79	20.03	4.2	84.12	100
80	17.35	4.5	78.07	100
81	15.06	4.8	72.28	100
82	11.59	5.0	57.95	70
83	4.35	--	--	70
84	5.76	--	--	70
85	4.21	--	--	70
86	1.18	--	--	70
87	2.95	--	--	70
88	1.70	--	--	70
89	2.44	--	--	70
90	4.21	--	--	70
91	6.28	--	--	70
92	11.08	5.0	55.40	70

Çizelge 4.7 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri (devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
93	8.57	--	--	70
94	47.29	2.8	132.41	135
95	6.28	--	--	70
96	2.88	--	--	70
97	1.48	--	--	70
98	1.77	--	--	70
99	14.99	4.8	71.95	100
100	3.84	--	--	70
101	9.16	--	--	70
102	91.18	2.1	191.47	230
103	13.37	4.9	65.51	70
104	106.47	2.0	212.94	230
105	88.52	2.1	185.89	230
106	75.81	2.3	174.36	180
107	50.32	2.8	140.89	180
108	45.37	2.9	131.57	135
109	42.04	3.0	126.12	135
110	17.29	4.5	77.80	100
111	14.85	4.6	68.31	70
112	10.64	5.0	53.20	70
113	6.06	--	--	70
114	2.44	--	--	70
115	4.36	--	--	70
116	3.77	--	--	70
117	5.84	--	--	70
118	10.35	5.0	51.75	70
119	15.60	4.8	74.88	100
120	3.10	--	--	70
121	20.03	4.2	84.12	100
122	2.44	--	--	70
123	1.25	--	--	70
124	23.27	4.1	95.40	100
125	3.69	--	--	70
126	1.99	--	--	70
127	1.55	--	--	70
128	3.91	--	--	70
129	5.98	--	--	70
130	8.20	--	--	70
131	15.59	4.8	74.83	100
132	17.66	4.5	79.47	100
133	19.28	4.2	80.97	100
134	20.46	4.2	85.93	100

Çizelge 4.7 Sulama sistemini meydana getiren kanaletlerin muhtemel kapasiteleri (devam)

Parsel no	Hizmet alanı X Sulama modülü (iletilecek su miktarı) (l/s)	Esneklik katsayısı	Debi (l/s)	Kanalet tip nosu
135	1.70	--	--	70
136	16.98	4.5	76.41	100
137	20.45	4.2	85.89	100
138	7.24	--	--	70
139	3.25	--	--	70
140	1.33	--	--	70
141	5.76	--	--	70
142	109.65	1.9	208.33	230
143	5.16	--	--	70
144	1.62	--	--	70
145	3.02	--	--	70
146	1.99	--	--	70
147	2.96	--	--	70
148	4.81	--	--	70
149	3.92	--	--	70
150	4.80	--	--	70
151	1.25	--	--	70

4.2 Sulama Şebekesini Meydana Getiren Yapıların Maliyetleri

Her bir parsel başındaki kanaletin muhtemel kapasiteleri sulama modülü ve esneklik katsayıları da dikkate alınarak hesaplanmış ve Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de özetlenmişti. Muhtemel kanal kapasitelerinin birim fiyatlarının mevcut uzunluklarıyla çarpılması sonucu kanal maliyetleri bulunmuş ve Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da özetlenmiştir.

Problemin en kısa yol modeli ile çözümü sonucunda elde edilen kanal maliyet değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Çizelge 4.9'da ise problemin minimum yayılma modeli ile çözümü sonucunda elde edilen kanal maliyet değerleri ve son olarak Çizelge 4.10'da da problemin transshipment modeli ile çözümü sonucu hesaplanan kanal maliyetleri verilmiştir.

Çizelge 4.8 En kısa yol modeli ile elde edilen kanal maliyetleri

Kanalet Tip No	Kanalet Birim Fiyatı (YTL/m)	Kanalet Uzunluğu (m)	Kanalet Maliyeti (YTL/m)
70 – 100	30.57	19225	595 975
135	33.99	2355	80 070
180	39.07	2195	87 800
230	42.14	930	39 060
315	49.08	995	48 755
450	61.49	140	8540
600	77.06	----	----
800	90.46	----	----
1000	107.73	----	----

Problemin en kısa yol modeli ile çözümü sonucunda elde edilen toplam kanalet uzunluğu 25 840 m olarak bulunmuştur. Kanalet tip nosu yönünden incelediğimiz zaman 19 225 m'sinin 70'lik ve 100'luk kanaletlerden, 2355 m'sinin 135'luk kanaletlerden , 2195 m'sinin 180'lik kanaletlerden, 930 m'sinin 230'luk kanaletlerden, 995 m'sinin 315'lik kanaletlerden ve son olarak 140 m'sinin 450 tip nolu kanaletlerden oluştuğunu Çizelge 4.8'den görülmektedir.

Çizelge 4.9 Minimum yayılma modeli ile elde edilen kanal maliyetleri

Kanalet Tip No	Kanalet Birim Fiyatı (YTL/m)	Kanalet Uzunluğu (m)	Kanalet Maliyeti (YTL/m)
70 – 100	30.57	19560	606 360
135	33.99	1995	67 830
180	39.07	1840	71 760
230	42.14	1250	52 500
315	49.08	1275	62 475
450	61.49	140	8540
600	77.06	----	----
800	90.46	----	----
1000	107.73	----	----

Problemin minimum yayılma modeli ile çözümü sonucunda elde edilen toplam kanalet uzunluğu ise 26 060 m olarak bulunmuştur. Yine kanalet tip nosu yönünden incelediğimiz zaman 19 560 m'sinin 70'lik ve 100'luk kanaletlerden, 1995 m'sinin 135'luk kanaletlerden , 1840 m'sinin 180'lik kanaletlerden, 1250 m'sinin 230'luk kanaletlerden, 1275 m'sinin 315'lik kanaletlerden ve 140 m'sinin 450 tip nolu kanaletlerden oluştuğunu Çizelge 4.9'dan görülmektedir.

Çizelge 4.10 Transshipment modeli ile elde edilen kanal maliyetleri

Kanalet Tip No	Kanalet Birim Fiyatı (YTL/m)	Kanalet Uzunluğu (m)	Kanalet Maliyeti (YTL/m)
70 – 100	30.57	21425	664 175
135	33.99	820	27 880
180	39.07	1045	40 755
230	42.14	2005	84 210
315	49.08	670	32 830
450	61.49	140	8540
600	77.06	-----	-----
800	90.46	-----	-----
1000	107.73	-----	-----

Son olarak problemin transshipment modeli ile çözümünden elde edilen sonuçlara bakacak olursak bu seferde toplam kanalet uzunluğu 26 105 m olarak bulunmuştur. Kanalet tip nosu yönünden incelediğimiz zaman 21 425 m'sinin 70'lik ve 100'luk kanaletlerden, 820 m'sinin 135'luk kanaletlerden, 1045 m'sinin 180'lik kanaletlerden, 2005 m'sinin 230'luk kanaletlerden, 670 m'sinin 315'lik kanaletlerden ve yine 140 m'sinin 450 tip nolu kanaletlerden oluştuğunu da Çizelge 4.10'dan görülmektedir.

Kanalet tiplerini kendi aralarında kıyaslayacak olursak, 70 ve 100 tip nolu kanaletler yönünden ele aldığımızda, transit taşıma modelinde 21 425 m uzunluk elde edilirken, minimum yayılma modelinde bu uzunluk 19 560 m ve en kısa yol modelinde ise 19 225 m olarak bulunmuştur. Maliyet açısından 70 ve 100 tip nolu kanaletleri karşılaştırsak, transshipment modeli 664 175 YTL ile en yüksek maliyetli, minimum yayılma modeli 606 360 YTL ve en kısa yol modeli ise 595 975 YTL olarak hesaplanmıştır.

Kanalet tiplerini yine kendi aralarında kıyasladığımızda, bu seferde 135 tip nolu kanaletler yönünden ele aldığımızda ise transshipment modelinde 820 m uzunluk elde edilirken, minimum yayılma modelinde bu uzunluk 1995 m ve en kısa yol modelinde ise 2355 m olarak bulunmuştur. Maliyet açısından 135 tip nolu kanaletleri karşılaştırsak, transshipment modeli 27 880 YTL maliyete sahip olarak hesaplanırken, minimum yayılma modeli 67 830 YTL ve en kısa yol modeli ise 80 070 YTL olarak hesaplanmıştır. Yani 135 tip nolu kanaletlerde maliyet yönünden en uygun çözümü transshipment modeli vermiştir.

Verilen çizelgelerden 180 tip nolu kanaletler için bir kıyaslama yapacak olursak, transshipment modelinde 1045 m uzunluk, minimum yayılma modelinde 1840 m ve en kısa yol modelinde ise 2195 m uzunluk elde edilmiştir. Maliyet olarak değerlendirdiğimizde ise 40 755 YTL ile transshipment modeli optimum çözümü sağlarken, minimum yayılma modeli 71 760 YTL ve en kısa yol modeli ise 87 800 YTL olarak bulunmuştur.

Uzunluk ve maliyet yönünden 230 tip nolu kanalet sonuçlarını karşılaştıracak olursak, transshipment modeli çözümünden elde edilen kanalet uzunluğu 2005 m ve buna karşılık gelen maliyet 84 210 YTL olarak hesaplanmıştır. Minimum yayılma modelinde ise uzunluk 1250 m olmuş buna karşılık gelen maliyet ise 52 500 YTL olarak bulunmuştur. Son olarak en kısa yol modeli sonuçlarına bakacak olursak kanalet uzunluğu 930 m ve maliyet ise 39 060 YTL olarak hesaplanmıştır. Yani optimum çözümü en kısa yol modeli vermiştir.

Maliyet tablolarından 315 tip nolu kanalet sonuçlarını karşılaştırdığımızda ise transshipment modeli çözümünden elde edilen kanalet uzunluğu 670 m ve buna karşılık gelen maliyet 32 830 YTL olarak hesaplanmıştır. Minimum yayılma modelinde ise uzunluk 1275 m olmuş buna karşılık gelen maliyet ise 62 475 YTL olarak bulunmuştur. Son olarak en kısa yol modeli sonuçlarına bakacak olursak kanalet uzunluğu 995 m ve maliyet ise 48 755 YTL olarak hesaplanmıştır. Optimum çözümü transit taşıma modeli vermiştir.

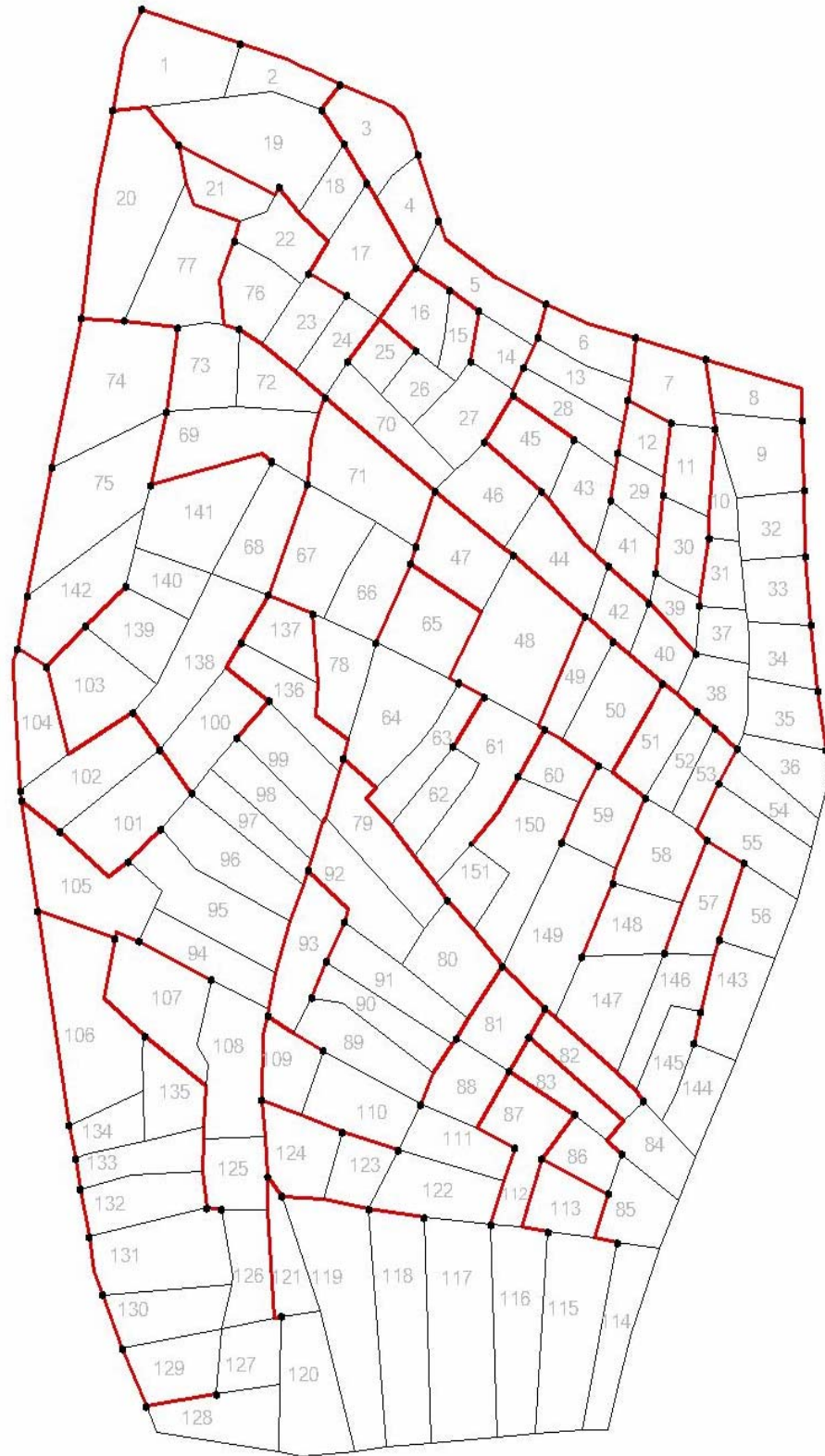
Bununla beraber 450 tip nolu kanalet maliyetlerinin sonuçlarını kıyaslamak istersek bu üç modelde için de eşit uzunlukta ve eşit maliyetlerde olduğunu görüyoruz. Üç modelin her birinde 450 tip nolu kanaletler için 140 m uzunluk ile birlikte 8540 YTL maliyet hesap edilmiştir.

Toplam kanalet uzunlukları açısından model sonuçları kıyaslanacak olursa 25 840 m ile en kısa yol modeli optimum çözüm gibi görünse de maliyet açısından incelediğimiz zaman transshipment modelinin bize bu problemin çözümünde optimum çözümü sunduğunu görmekteyiz. Minimum yayılma modelinden elde edilen toplam kanalet uzunluğu 26 060 m iken, transshipment modeli sonucunda elde edilen toplam kanalet uzunluğu ise 26 105 m olarak bulunmuştur.

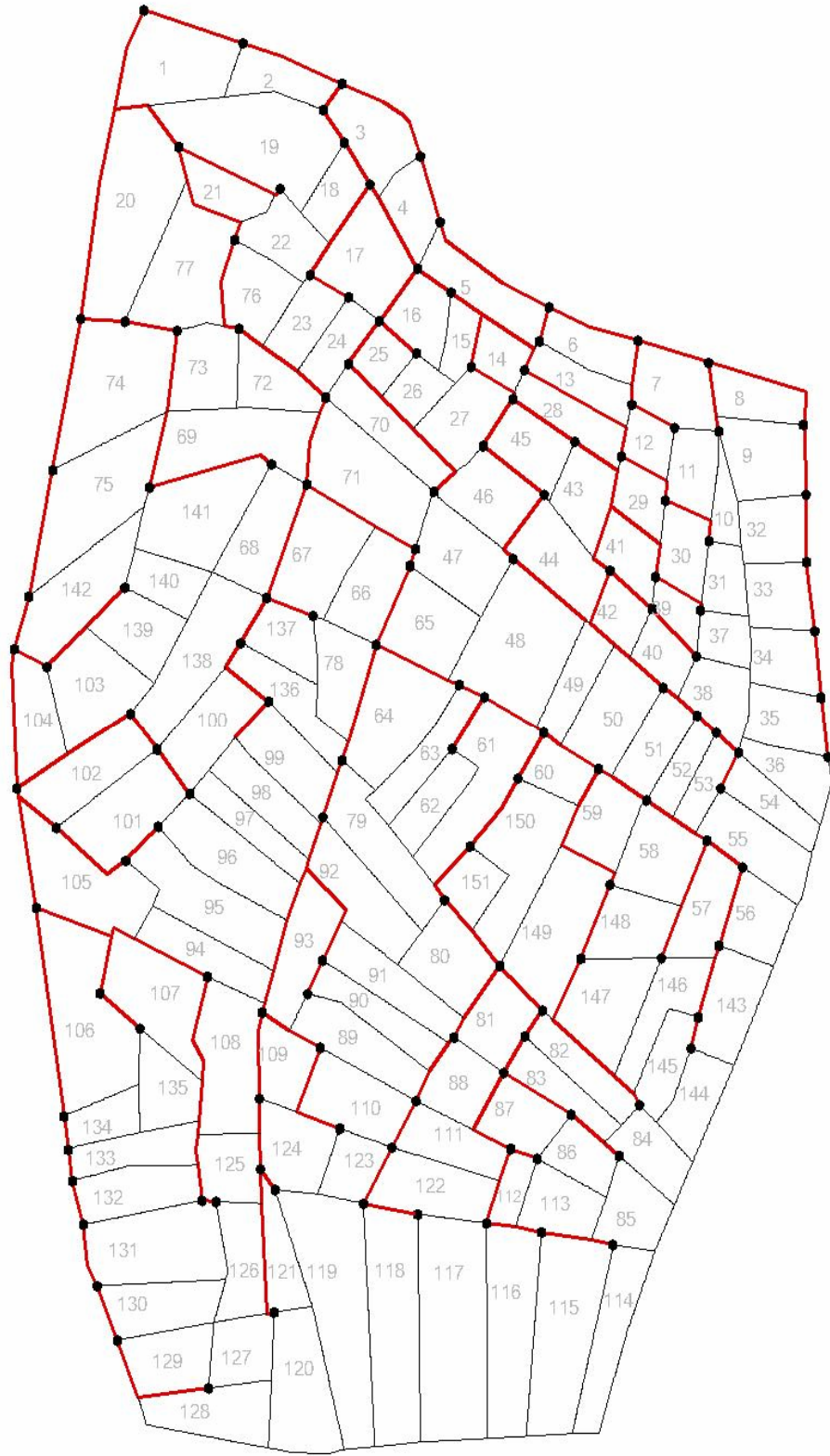
Problemin en kısa yol, minimum yayılma ve transshipment modelleri ile ayrı ayrı çözümü sonucunda hesaplanan toplam kanalet maliyetlerini karşılaştıracak olursak, 858 390 YTL ile transshipment modeli bize optimum maliyetli çözümü sunmaktadır. Bunun yanında problemin en kısa yol modeli ile çözümü sonucunda 860 200 YTL maliyet ve minimum yayılma modeli ile çözümünde ise 869 465 YTL maliyet ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak, bu üç modeli maliyet yönünden kıyasladığımızda transshipment modeli en uygun maliyeti vermiş olsa bile diğer yöntemlerle arasında çok büyük farklılıklar olmadığını görmekteyiz. Yani diyebiliriz ki, sulama kanallarının optimum güzergahlarının belirlenmesi için ele aldığımız yöntemlerin her biri en uygun sonuca ulaşmada kolaylık sağlamıştır.

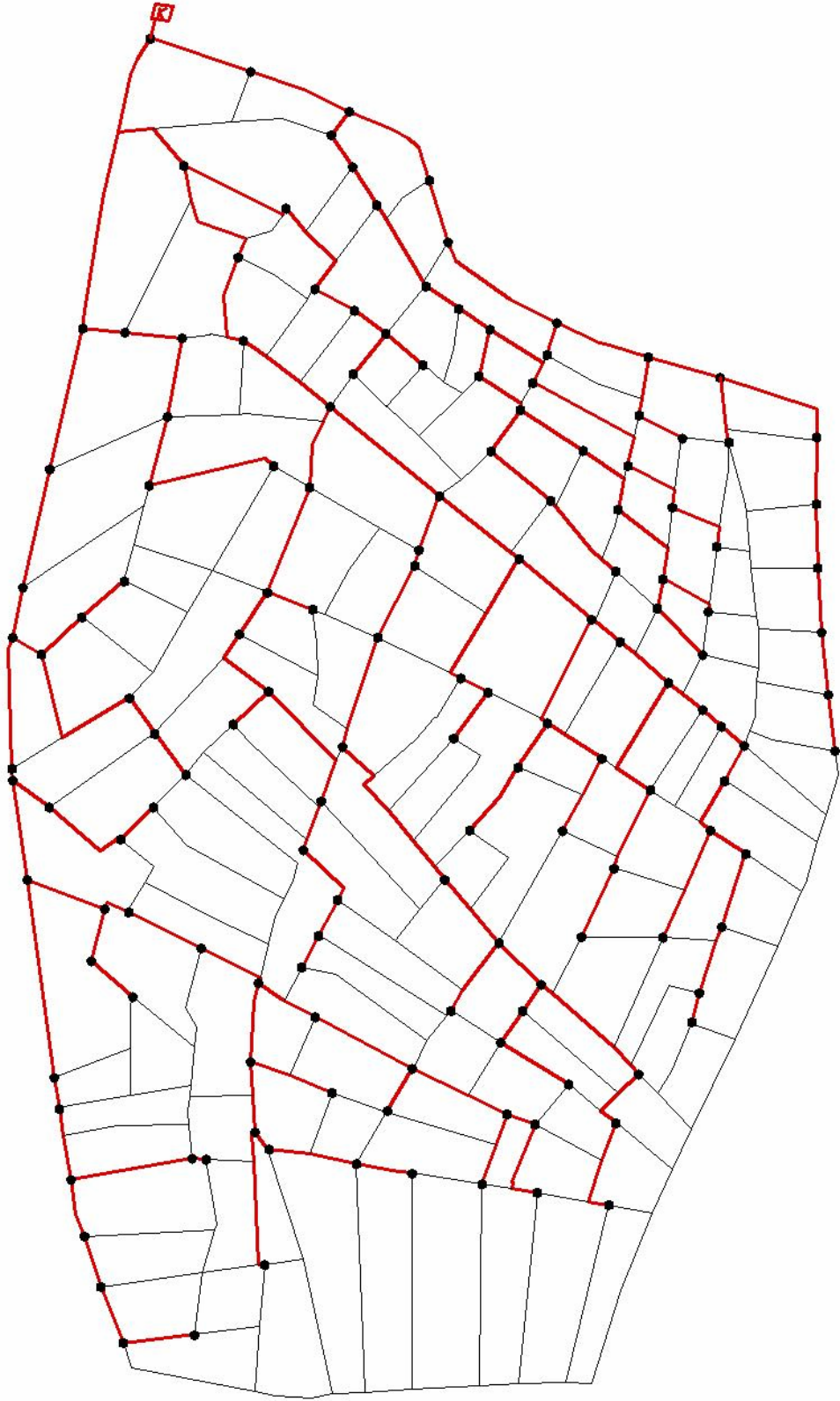
Her bir modelin çözümüne ilişkin optimum kanal şebekeleri Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de verilmiştir. Şekil 4.13 en kısa yol modeli ile optimum kanal şebekesini, Şekil 4.14 minimum yayılma modeli ile ve Şekil 4.15 ise transshipment modeli ile elde edilen optimum kanal şebekelerini vermektedir.



Şekil 4.13 En kısa yol modeli ile optimum kanal şebekesi



Şekil 4.14 Minimum yayılma metodu ile optimum kanal şebekesi



Şekil 4.15 Transshipment yöntemi ile optimum kanal şebekesi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Sulama sistemlerinin optimum güzergahlarının belirlenmesinde mühendisin yaklaşımı problemin çözümüne bilimsel bir katkı sağlamaktadır. Sulama projelerinin araziye uygulanması sırasında, yedek ve tersiyer kanallar planlamayı yapan mühendisin deneyimlerine dayanarak tesviye eğrilerine paralel olarak yerleştirilirler. Türkiye’de genellikle mühendisin tecrübesi kullanılarak güzergah belirlenmektedir. Kanal güzergahlarının saptanmasında optimizasyon tekniklerinin yeterince kullanılmaması da yüksek maliyet ve uzun zaman alan yatırımlara neden olmaktadır. Oysa bununla beraber bahsi geçen optimizasyon tekniklerinin güzergah belirlemede kullanımı daha uygun olacaktır. Çünkü mevcut şartlarda en uygun güzergah bu şekilde belirlenmektedir.
2. Problemin en kısa yol, minimum yayılma ve transshipment modelleri ile ayrı ayrı çözümü sonucunda hesaplanan toplam kanalet maliyetlerini karşılaştıracak olursak, 858 390 YTL ile transshipment modeli bize optimum maliyetli çözümü sunmaktadır. Bunun yanında problemin en kısa yol modeli ile çözümü sonucunda 860 200 YTL maliyet ve minimum yayılma modeli ile çözümünde ise 869 465 YTL maliyet ortaya çıkmıştır. Ele alınan bu üç yöntem de yakın sonuçlar vermiştir. Ancak problemin transshipment yöntemi ile çözümü sonucunda optimum sonuçlar elde edilmiştir. Diğer taraftan en kısa yol yaklaşımı, açık kanal sistemlerine aynen uygulanırsa kanal şebekesi sulama alanındaki parsellerin bir kısmına hiç uğramayacaktır. Bu nedenle en kısa yol modelinin bir sulama şebekesine uygulanabilmesi için bazı modifikasyonlara ihtiyaç duyulmaktadır. Minimum yayılma modeli de aynı şekilde birtakım modifikasyonlara gereksinim duymaktadır. Ancak transshipment yöntemi diğer yöntemlere göre daha kolay uygulanabilmektedir. Diğer iki yöntem bir takım modifikasyonlar gerektirirken transshipment yöntemi gereksinim duymamaktadır ve araziye daha çabuk uygulanabilmektedir.
3. Su kaynaklarının optimum planlama ve işletilmesinde sistem analizi tekniklerinin kullanım hızı, bilgisayar teknolojilerindeki gelişme hızı ile doğrudan ilişkilidir. Bilgisayar, sistem analizi yöntemlerinin getirdiği yüksek boyutlu veri depolama ve

işleme karmaşası ile bunların analizini içeren geniş kapsamlı matris çözümlenmeleri için ideal hizmet aracıdır. Bilgisayar teknolojisindeki bu gelişmeler, çok boyutlu problemlerin çözümüne rahatlıkla olanak sağlamaktadır. Çalışmada 151 adet parsel üzerinde çalışılmış, üç farklı optimizasyon tekniği kullanılarak üç farklı çözüm elde edilmiştir. Bu tekniklerin çözümü için geliştirilmiş bilgisayar programları sayesinde rahatlıkla çözüme ulaşılmıştır. Ancak daha büyük boyutlu problemler de kolaylıkla çözülebilmektedir.

4. Tecrübeye dayalı yöntemler her zaman garantili sonuçlar vermezler. Mühendisin deneyimlerine dayalı yöntemlerde arazi mülkiyet durumu çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Özellikle mülkiyet dağılımının, dolayısıyla parselasyon durumunun dağınık bir yapı gösterdiği alanlarda tersiyer sistemi bütün parsellere ulaşamamaktadır. Proje alanı içindeki parsellerin bir bölümü kanala çok yakın olsa bile suyu komşu arazilerden geçirmek suretiyle almak zorunda kalmaktadır. Bu da proje başarısını olumsuz etkilemektedir. Oysa çalışmada kullandığımız bilimsel optimizasyon yöntemleri parsellerin tamamına yakın bir bölümüne ulaşma şansını bize sağlamaktadır.
5. Kullandığımız modellere ek olarak bu tip problemlerin çözümünde daha farklı modeller de vardır. Bu çalışmadan esinlenerek daha yeni modellerin geliştirilebileceği de söylenebilir. Örneğin son günlerin en çok araştırılan modellerinden birisi “Genetik Algoritma” yaklaşımıdır. Bu yaklaşım mutlaka güzergah optimizasyonunda denenmeli ve bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akbulut, O., Uçan, O. N. ve Osman, O. 2005. Genetik Algoritma kullanılarak bilgisayar ağ yapılarında optimizasyon yapılması, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, İstanbul.
- Anonim. 1996. Burdur ili raporu, bölgesel gelişme ve yapısal uyum genel müdürlüğü, yayın no. DPT: 2463.
- Anonim. 1975 -2005. Meteoroloji istasyonu verileri, Burdur.
- Anonim. 2005. DSİ'ce inşa edilerek çeşitli kuruluşlara devredilen sulamalarda sulanan alanlar ve bitki çeşitleri özeti, DSİ, Burdur.
- Anonymous. 1991. Seminar on application of climatic data for effective irrigation planning and management, training manual, DSİ, Ankara.
- Balaban, A. ve Beyribey, M. 1992. Basınçlı sulama dağıtım sistemlerinin optimizasyonu. Ankara Üniversitesi, 34 s, Ankara.
- Benli, E. 1974. Aksaray – Ulurmak ovasında sulama suyundan yararlanma olanaklarının geliştirilmesi üzerinde bir araştırma. A.Ü. Ziraat Fakültesi. Kültürteknik Bölümü, Doçentlik tezi, Ankara.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1984. Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24, Rome.
- Eğli, P. 1971. "Simulation Model For Appraisal of Irrigation Projects", Irrigation and Drainage Specially Conference Lincoln, pp. 35-65 An. Soc. of Civ. Eng. New York.
- Emiroğlu, M. E., Baylar, A. ve Arslan, A. 2000. Su kaynakları sistemlerinde optimizasyon problemlerinin genetik algoritma ile çözümü, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elazığ.

- Erözel, Z., Kodal, S. ve Selenay, F. 1992. Bitki su tüketim yöntemlerinin sulama kanalı tesis maliyetine etkisi. Ankara Üniversitesi Yayınlar No: 1275, Bilimsel araştırma ve incelemeler No: 708, Ankara.
- Erözel, A.Z. 1978, Niğde-Misle ovası sulama alanında optimum su kullanımı üzerinde bir araştırma. Doktora tezi Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Goldberg, D. E. 1989. Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning Addison Wesley, MA, USA.
- Güngör, Y. ve Yıldırım, O. 1989. Tarla sulama sistemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1155, Ders Kitabı No: 325, Ankara.
- Karadeniz, M. M. 1978. Sulama amaçlı su depolama sistemlerinde optimum işletme planının saptanması üzerinde bir araştırma. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi, 146 s., Ankara.
- Kahraman, A. M. 2003. Optimal Design and Expansion of Water Distribution Systems Using Genetic Algorithm, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kahraman, A. M. ve Özdağlar, D. 2004. Su dağıtım sistemlerinin genetik algoritma ile optimizasyonu. DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, cilt:6, sayı:3, s. 1-18.
- Kızılkaya, T. 1988. Sulama ve Drenaj. DSİ, Ankara.
- Kodal, S., Sönmez, F. K., Yıldırım, E. ve Öztürk, A. 1997. Kısıtlı su koşullarında işletme optimizasyonu ve optimum su dağıtımı için bir yaklaşım. 6. Ulusal kültürteknik kongresi, s. 253-261, Bursa.
- Meier, W. L. and Beightler, C. S. 1967. An optimization method for branching

multistafe water resource systems. Water resources research, 3 (3); . 645-652.

Mitchell, M. 1996. "An introduction to Genetic Algorithm" Cambridge, MA: MIT Press.

Mohammadi, E. M. 1998. Irrigation planning : Integrated approach. Journal of water resources planning and management .

Nayak, S. C. and Arora, S.R. 1971. Optimal capacities for a multireservoir system using the linear decision rule, water resour. Res. Vol.7, No.3.

Öneş, A. 1976. Aşağı Seyhan ovası sulama projesi alanında kanal ve kanalet sistemlerinin karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Doktora Tezi, Ankara.

Öneş, A. ve Sönmez, F. K. 1997. "Sulama şebekelerinde optimal kanal güzergahının saptanması", Turkish Journal of Agriculture and Forestry, TÜBİTAK, Ankara.

Paudyal, G.N. and Goto, A. 1991. Optimization of design of on farm channel network in an irrigation area. Irrigation and Drainage Systems An International Journal, Kluwer Academic Publishers, Volume 6, No.4 Dordrecht.

Peter, R. and Douglas, V. S. 1970. "An Algorithm for Irrigation Project Planning", Int. Commission on Irrigation and Drainage, ICID Bull, Harvard Univ., Cambridge.

Revelle, C., Joeres, E. and Kirby, W. 1969. The linear decision rule in reservoir management and design. 1. development of the stochastic model. Water resources research, 5 (4); 767-777.

- Salcedo, D. and Meier, W. L. 1970. "Irrigation Timing to Maximize Economic Crop Yields", Irrigation and Drainage Specialty Conference Lincoln. pp. 81-115, An. Soc. of Civ. Eng. New York.
- Sönmez, N. ve Benli, E. 1976. Linear programming as a means in project evaluation and application at theAlpu irrigation project. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı, Cilt 25, Ankara.
- Sönmez, K. 1993. Sulama şebekelerinde optimal tersiyer kanal güzergahının saptanması. Doktora Tezi, Ankara.
- Sönmez, F. K. 1999. "Sulama Şebekelerinde En Uygun Güzergahın Belirlenmesinde Uygulanabilecek Doğrusal Programlama Teknikleri", EKİN dergisi, Türk-Koop., Ekim-Kasım-Aralık sayısı, Ankara.
- Tümer, T. 1975. Sulama ve drenaj şebekeleri ve proje esasları. Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu Türk Milli Komitesi, Ankara.
- Windsor, J. S. and Chow, W. T. 1971. Model for farm irrigation in humid areas, journal of the irrigation and drainage division proceedings of the American society of civil eng. 8355.
- Wu, P. and Liang, T. 1972. " Optimal Irrigation Quantity and Frequency", Journal of the Irrigation and Drainage Division, Vol. 98, No.111.Mar.
- Yıldırım, O., Güngör, Y. ve Erözel, A. Z. 2004. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1540, Ders Kitabı No: 493, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Burcu KIZILKAYA

Doğum Yeri : Ceyhan

Doğum Tarihi : 07.07.1981

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ceyhan Anadolu Lisesi (1999)

Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Teknolojisi (2003)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (Eylül 2003 – Mart 2007)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Aviva Hayat ve Emeklilik; 2004

Anadolu Emeklilik ve Hayat Sigortası; 2005

Batıfen Bilgisayar ve İngilizce Kursu; 2005-2006