

DÜZCE OVASI SULAMASINDA SULAMA KANALI TESİS MALİYETİNİN İNCELENMESİ

Recep KANIT*, Hakan POLAT**
*Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA
** Abant İzzet Baysal Üniversitesi Düzce Meslek Yüksekokulu

ÖZET

Bu çalışmada, Düzce Ovası sulamasında kanal tesis maliyeti ve bu maliyete etki eden etmenler ele alınmıştır. Bu amaçla beş ayrı bitki su tüketimi hesabı yöntemi seçilmiş, planlanan optimum bitki deseni esas alınarak bu yöntemlere göre sulama modülleri bulunmuş ve farklı modül, alan, kanal uzunluğu ve kanal eğimi ile kanal tesis maliyeti arasındaki ilişki incelenmiştir.

Sonuçta, Devlet Su İşleri 2002 yılı birim fiyatlarına göre; tesis maliyeti (TM), sulama modülü (q), kanal uzunluğu (L), ve kanal eğimi (J) arasında, $TM = -4807873 + 3434996.39 q + 159.763 L - 1.1 \times 10^7 J$ şeklinde bir ilişki bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Bitki su tüketimi, kanal maliyeti

INVESTIGATION OF IRRIGATION CANAL NETWORK COST IN DÜZCE PLAIN IRRIGATION

ABSTRACT

In this study, irrigation network cost and factors affecting this cost is studied in Düzce Irrigation. For this aim, five different crop water requirement calculation methods is selected, irrigation modules are obtained according to these methods on the basis of planed optimum cropping pattern and different module, irrigation area, the relationship between three variables canal length and canal slope affecting the canal cost is investigated.

As a result, according to State Hydraulic Works 2002 year unit price a relationship between these variables network cost, irrigation module, canal length, canal slope, is illustrated as an equation $NC = -4807873 + 3434996.39 q + 159.763 L - 1.1 \times 10^7 J$ is found.

Keywords: Evapotranspirasyon, canal cost

1. GİRİŞ

Büyük yatırım gerektiren sulama projelerinde su iletim kanallarının maliyeti, diğer proje unsurlarına göre oldukça pahalıdır. Tarım alanlarındaki bitkilerin gelişimi için gerekli olan sulama suyunu, kaynağından tarla başına kadar ulaştıran su iletim kanalları; ana kanal, yedek kanal ve tersiyer kanallardan oluşur.

Su iletim kanallarının debileri, projede öngörülen bitki desenine ve su iletim sisteminin özelliğine göre belirlenen sulama modülü esas alınarak bulunur ve buna göre de hidrolik yönden uygun boyutlarda projelendirilir.

Ülkemizde genellikle yamuk kesitli (trapez) ve beton kaplamalı olarak yapılan açık sulama kanallarının yapım maliyeti, sulama modülüne, kanal taban eğimine ve kanalın suladığı alanın büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir.

Bu çalışmada sulama modülü, taban eğimi ve sulama alanı büyüklüğünün su iletim kanalı

maliyetine olan etkisini incelemek amacıyla, Düzce Ovası sulaması örnek olarak seçilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Düzce Ovası sulaması; doğuda Bolu ve Ankara batıda Sakarya ve İstanbul illeri arasında yer alır. Sulama sahası alüvyal toprak örtüye sahip olup taban arazi niteliğindedir. Ortalama hakim kot 130m., hakim eğim kuzey güney yönünde % 0.5 ve doğu batı yönünde % 2-3'tür. Sulama sahasının toprakları % 39.6 ağır, %18.7'si orta, % 5.1'i hafif ve % 36.6'sı karışık bünyelidir. Sulama suyunun kaynağı Hasanlar Baraj gölü olup sulama sahasına su; baraj çıkışından 8 km uzakta bulunan Hecinler regülatöründen ayrılan sağ ve sol ana kanal yardımıyla iletilmektedir. Sulama alanının iklimi Karadeniz bölgesinin iklim özelliklerini taşır. Yıllık ortalama yağış 837.70 mm, ortalama nispi nem % 75.27 ve bitki yetişme dönemi 15 Mart 31 Aralık tarihleri arasındadır. Sulama alanına ilişkin meteorolojik değerler Çizelge:1'de verilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Bitki su tüketiminin hesaplanması

Çalışmada bitki su tüketiminin belirlenmesi için 5 farklı yöntem seçilmiş ve yöntemler Y_1, Y_2, Y_3, \dots 'le ifade edilmiştir.

Bu yöntemler;

1. Blaney-Criddle (FAO) yöntemi
..... Y_1
2. Radyasyon (Makkink) yöntemi
..... Y_2
3. Hargreaves yöntemi
..... Y_3
4. Modifiye Penman (FAO) yöntemi
..... Y_4
5. Penman-Monteith (FAO) yöntemi
..... Y_5 'dir.

ET_0 : Referans bitki su tüketimini, mm/gün

c : Min. Bağıl nem, rüzgar hızı ve güneşlenme oranına bağlı düzeltme faktörünü,

f : İklim faktörünü,

p : Ortalama günlük gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranını, %

t : Ortalama sıcaklığı, $^{\circ}C$,

göstermektedir.

İkinci yöntem, Makkink formülünün adaptasyonu ile oluşturulan radyasyon yöntemidir. Bu metod ölçülmüş rüzgar hızı ve bağıl nem değerlerine ihtiyaç duyulmadan hava sıcaklığının yanı sıra radyasyon, güneşlilik veya bulutluluk değerlerinin elde edilebildiği alanlarda kullanılır. Bağıl nem ve rüzgar hızı değerleri, sulama alanına yakın yerlerin

Çizelge: 1 Proje alanına ilişkin meteorolojik veriler (Düzce Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü kayıtlarından)

Meteorolojik Değerler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık ortalama
Ortalama sıcaklık $^{\circ}C$	4.40	5.50	6.00	14.60	16.30	20.30	23.10	23.30	19.00	15.30	10.60	5.60	13.67
Min. Sıcaklık	1.30	0.80	1.80	8.90	12.30	15.10	17.40	17.60	13.50	10.00	6.80	3.10	9.05
Max. Sıcaklık	9.60	11.60	11.50	22.00	21.80	26.30	29.80	30.50	26.50	23.00	15.60	8.80	19.75
Nispi nem %	81.25	75.91	73.79	71.74	72.81	71.48	73.23	73.93	75.57	78.43	79.65	80.63	75.70
Rüzgar hızı m/s	0.82	0.98	1.10	1.16	1.07	1.01	1.25	1.18	1.00	0.76	0.79	0.80	0.99
Güneşlenme süresi saat/gün	1.87	2.73	3.52	4.92	6.45	8.29	8.62	8.41	6.90	4.41	2.67	1.75	5.05
Solar radyasyon cal/cm/gün	124.10	199.30	210.80	332.00	307.30	425.10	455.30	410.00	305.20	214.30	109.40	66.30	263.26
Yağış mm	86.80	68.10	66.80	61.60	66.40	54.00	51.20	58.20	40.80	88.50	87.90	107.40	69.81

Bu yöntemlerden birincisi Blaney-Criddle (FAO) yöntemi ABD geliştirmiş ve iklim verisi olarak sadece hava sıcaklığının elde edilebileceği bölgeler için önerilmiştir. Doorenbos ve Pruitt, yöntemi 1977 yılında geliştirerek, minimum bağıl nem, ortalama rüzgar hızı ve gündüz saatleri süresini yöntemde dahil etmişlerdir(1). Bu yöntemde bitki su tüketimi hesabında,

$$ET_0 = c.f \text{ ve}$$

$f = p(0.46 + 8.13)$ eşitlikleri kullanılmaktadır. Eşitliklerde;

değerleri veya daha önceden elde edilmiş değerler olarak formüle dahil edilmektedir. Radyasyon yönteminde eşitlik; $ET_0 = c(W.R_s)$ şeklindedir.

Eşitlikte;

ET_0 : Referans bitki su tüketimini, mm/gün

c : Düzeltme faktörünü,

W : Ağırlık faktörünü,

R_s : Eşdeğer buharlaşma cinsinden solar radyasyonu, mm/gün,

göstermektedir.

Üçüncü sıradaki Hargreaves yönteminde, radyasyon ve hava sıcaklığı ana parametrelerdir. Radyasyon değeri maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farka dayandırılarak belirlenir. Bu metot sadece hava sıcaklığının tespit edildiği bölgeler için geçerli olabilmektedir. Yöntemde kullanılan eşitlik;

$$ET_0 = 0.0023 R_a TD^{1/2} (T+17.8) \text{ dir. Eşitlikte;}$$

ET_0 : Referans bitki su tüketimini, mm/gün

R_a : Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyonunu, MJ/m²/gün,

TD : Maksimum ve minimum sıcaklık değerleri arasındaki farkı, °C,

T : Ortalama sıcaklığı, °C,

ifade etmektedir.

Modifiye Penman (FAO) yöntemi, Penman metoduna relativ nem, rüzgar hızı, güneşlenme süresi ve radyasyon değerlerinin adapte edilmesi ile elde edilmiş olan referans bitki su tüketimi hesaplama yöntemidir.(Doorenbos ve Pruitt 1977) Yöntemde kullanılan eşitlikler;

$$ET_0 = C [WR_n + (1-W) f_{(u)} (e_a - a_d)]$$

$$e_d = e \cdot RH/100$$

$$f_{(u)} = 0.27(1 + U_2/100)$$

$$R_n = R_n - R_{n-1}$$

$$R_s = R_a (0.25 + 0.50n/N)$$

$$R_n = (1 - \alpha)R_s$$

$$R_{n1} = f_{(t)} f_{(ed)} F_{nN} \text{ , şeklindedir. Bu eşitliklerde;}$$

ET_0 : Referans bitki su tüketimini, mm/gün

C : Düzeltme faktörünü,

W : Ağırlık faktörünü,

R_n : Eşdeğer buharlaşma cinsinden net radyasyonunu, mm/gün,

$f_{(u)}$: Rüzgar fonksiyonunu,

e_a : Ortalama hava basıncındaki doymuş buhar basıncını, mb,

e_d : Ortalama hava basıncındaki gerçek buhar basıncını, mb,

U_2 : Rüzgar hızının 2 m. yükseklikteki değerini, m/s,

R_n : Kısa dalgalı net radyasyonunu, mm/gün,

R_{n1} : Uzun dalgalı net radyasyonunu, mm/gün,

n : Gün boyunca ölçülen güneşli saatleri,

N : Gün boyunca olası maksimum güneşli saatleri,

R_a : Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyonu, mm/gün,

α : Yeryüzüne ulaşan radyasyonun atmosfere yansıma oranını, %

$f_{(t)}$: Sıcaklık fonksiyonunu,

$f_{(ed)}$: Buhar basıncı fonksiyonunu,

$f_{(nN)}$: Güneşlenme oranı fonksiyonunu, göstermektedir.

Beşinci yöntem Penman-Monteith (FAO) yöntemidir. Bu yöntem Penman yönteminin FAO tarafından modifiye edilmesinden sonra Monteith tarafından tekrar düzeltilerek referans bitki su tüketimi hesaplanmasında kullanılmıştır. Yöntemde kullanılan eşitlikler;

$$ET_0 = \left[\frac{\delta}{\delta + \gamma^*} \right] (R_n - G) \left[\frac{1}{(1/\gamma) + (\gamma/\gamma^* + \delta)} \right] (900/T + 275) \cdot U_2 (e_a - e_d)$$

$$\delta = 4098 e_a / (T + 237.3)^2$$

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

$$\gamma = 0.0016286 P / \gamma$$

$$\gamma^* = \gamma (1 + 0.34 U_2)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{n1}$$

$$R_{ns} = 0.75 R_s$$

$$R_s = (0.25 + 0.50 n/N) R_a$$

$$R_{n1} = 2.451 f(T) f(e_d) f(n/N)$$

$$e_d = e_a (RH/100)$$

$$U_2 = U_2 (Z/Z_0)^2 \text{ , şeklindedir. Bu eşitliklerde;}$$

ET_0 : Referans bitki su tüketimini, mm/gün

δ : Buhar basıncı eğrisinin eğimini, kPa/°C,

γ^* : Modifiye psikometrik sabiteyi, kPa/°C,

γ : Psikometrik sabiteyi, kPa/°C,

P : Atmosfer basıncını, kPa,

R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyonu, MJ/m²/gün,

R_s : Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyonu, MJ/m²/gün,

R_{ns} : Kısa dalgalı net radyasyonu, MJ/m²/gün,
 R_{nl} : Uzun dalgalı net radyasyonu, MJ/m²/gün,
 $F_{(T)}$: Sıcaklık fonksiyonunu,
 T : Sıcaklığı, °C,
 $F_{(ed)}$: Buhar basıncı fonksiyonunu,
 e_d : Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncını, kPa,
 e_a : Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncını, kPa,
 n : Güneşlenme süresini, h,
 N : Olası maksimum güneşlenme süresini, h,
 G : Topraktaki ısı akımını, MJ/m²/gün, (Toprağın ortalama sıcaklığı çok fazla değişmediğinden ihmal edilir.)
 λ : Buharlaştırma gizli ısısını, MJ/kg, (ortalama bir değer olarak 2.45 MJ/kg)
 U_2 : 2m. yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızını, m/s,
 U_z : Z m. yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızını, m/s,
 Z : Rüzgar hızının ölçüldüğü yüksekliği, m,
 ifade etmektedir.

2.2.2 Sulama modülünün hesaplanması

Ana kanal kapasitesinin hesaplanmasında doğrudan etkili olan sulama modülü, sürekli aktığı kabul edilen fiktif bir akıdır. Sulama modülünün hesaplanmasında kullanılan poje alanına ait toprakların tarla kapasitesi, solma noktası değerleri ile sulama randımanı değerleri makale yazarlarının aynı proje alanı için daha önce yapmış oldukları çalışmadan alınmış ve sulama modülü aşağıdaki eşitlikten bulunmuştur(2).

$$q=10.d_1/3.6T$$

$$d_t=d_n/E_aE_c$$

$$d_n=(TK-SN)R_yD\gamma_t/100 . \text{ Bu eşitliklerde;}$$

q : Sulama modülünü, lt/s/ha

d_t : Proje alanı toplam sulama suyu ihtiyacını, mm/ay,

d_n : Proje alanı net sulama suyu ihtiyacını, mm/ay,

E_c : Su iletim randımanını, %

E_a : Su uygulama randımanını, %

TK : Tarla kapasitesini, mm,

SN : Solma noktasını, mm,

T : Sulama süresini, saat,

R_y : Kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilmesine izin verilen kısmını, mm,

γ_t : Toprağın hacim ağırlığını, g/cm³ göstermektedir.

2.2.3 Ana kanal hidrolik hesapları ve kesit ölçülerinin belirlenmesi

Hesaplanan pik dönem sulama modülü ve sulama alanı göz önünde bulundurularak belirlenen debiyi taşıyacak trapez kesitli ana kanalın hidrolik hesabında Manning eşitliğinden faydalanılmıştır. Hidrolik hesaplar yapılırken projede seçilen boyuna eğim değeri olan $j=0.0003$ değerine bağlı kalınmış, kanal taban genişliği seçilmiş ve kanaldaki su yüksekliği hesaplanmıştır. Kanalın taban genişliği ve su yüksekliğine bağlı olarak kanaldaki akım rejimi ve hidrolik karakteristikler kontrol edilmiştir. Kanalın taşınması gereken debi değeri ise sulama modülü, sulama alanı ve fleksibilite katsayısının çarpımı ile elde edilmiştir. Buna göre;

$Q=A q f$, olmaktadır. Eşitlikte;

Q : Pik dönem debisini, m³/s,

A : Sulama alanını, Ha,

Q : Sulama modülünü, lt/s/ha,

f : Fleksibilite katsayısını,

ifade etmektedir.

Hidrolik hesapların yapımında aşağıdaki Manning eşitliği kullanılmıştır.

$$Q= A R^{2/3} J^{1/2} 1/n$$

$$R= A/P$$

Bu eşitliklerde;

Q : Ana kanal debisini, m³/s,

A : Ana kanal alanını, m²,

R : Ana kanal ıslak yarıçapını, m,

P : Ana kanal ıslak alanını, m²,

J : Ana kanal tabanı boyuna eğimini, m/m,

n : Beton kaplama pürüzlülük katsayısını, göstermektedir.

$Q n/J^{1/2}$ değeri her sulama modülü için bellidir ve bu değer $A R^{2/3}$ e eşit olacağından taban genişliğine bağlı olarak su yüksekliği bilgisayar programı yardımı ile belirlenmiştir.

2.2.4 Sulama suyu ihtiyacının hesaplanması

Düzce Ovası sulaması için planlama raporunda öngörülen ve Çizelge: 2'de verilen bitki deseni esas alınmıştır. Bu bitkilerin su ihtiyaçları, bitki su tüketimi değerlerinden etkili yağış değerleri çıkarılarak bulunmuştur. Farklı su tüketim tahmin yöntemlerine göre kanal kapasitesi ve sulama modülü hesaplanırken, su uygulama randımanı 0.85, su iletim randımanı 0.60 ve sulama süresi 22 saat olarak alınmıştır(3).

Çalışmada;

A₁400 ha,

A₂600 ha

A₃800 ha

A₄1000 ha

olmak üzere 4 farklı alan değeri kullanılmış ve kanal kapasitesi ve sulama modülü her bir yöntem ve her bir alan için hesaplanmıştır.

Çizelge: 2 Planlama raporuna göre bitki deseni

Bitki türü	Projesiz durum (%)	Projeli durum (%)
Tütün	7.3	5
Şeker Pancarı	12.4	12
Mısır	32	24
Çeltik	0	0
Ayçiçeği	0.9	4
Kışlık Buğday	38	21
Patates	0.4	4
Yonca	2.1	6
Bakliye	0.6	2
Sebze	1.5	11.5
Bostan	1.9	0
Kavak	0	6.5
Fındık	2.9	4
Toplam	100	100

2.2.5. Sulama kanallarının boyutlandırılması

Kanal kapasitelerine göre, trapez kesitli kanal boyutları hidrolik bakımından optimum kanal kesitini veren Manning eşitliğine göre hesaplan-

mıştır(4). Hesaplama kanal pürüzlülüğü 0.016, şev eğimi 1/1.5, % 20'si olarak alınmıştır.

Kanallar için eğim;

J₁% 0.02

J₂% 0.03

J₃% 0.06

olmak üzere 3 farklı değer de alınmış, kanal boyutları her bir yöntem, alan ve eğim kombinasyonu için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

2.2.6. Sulama kanallarının keşif bedellerinin hesaplanması

Boyutları hesaplanmış olan trapez kesitli beton kaplamalı kanalların keşif bedelleri birim imalat miktarları (metraj) ve bu imalatların rayiç fiyatları esas alınarak hesaplanmıştır(5).

2.2.6.1 Birim imalat miktarları

Sulama kanallarının yapımında kazı, dolgu, dolguların sulanması ve beton harcı yapımında insan gücü esas alınmış; sulama alanı topraklarının özellikleri göz önüne alınarak zemin sert toprak olarak belirlenmiş ve kanal yapımında seri kalıp ile 200 dozlu grobeton seçilmiştir. Sulama kanalları üzerinde 100 m. kanal uzunluğu için 2 adet priz kapağı öngörülmüş, arazinin topoğrafik yapısı sebebiyle gerekli olabilecek sanat yapıları göz önüne alınmamıştır.

Birim alana düşen kanal uzunluğu 48.05 m/ha olarak alınmış, alan miktarlarına düşen kanal uzunlukları bu değerle çarpılarak bulunmuştur(6).

Buna göre A₁ için kanal uzunluğu 19220 m. ve A₂, A₃, A₄ içinse sırasıyla 28830 m, 38440 m ve 50800 m olarak hesaplanmıştır.

Taşıma bedellerinin hesabında mesafeler; çimento ve demir için, DSİ 2002 yılı Birim Fiyat Cetveli öngörülerine göre, kum-çakıl için 30 km, su için 5 km olarak alınmış ve taşıma bedellerinin hesabında Sungur, 1996'da verilen formül ve katsayılar uygulanmıştır(7).

2.2.6.2 Birim fiyatlar

Sulama kanallarının yapımında yer alan imalatlar, birim fiyat numaralarına göre seçilmiş ve bu imalatların birim fiyatları da DSİ 2002 yılı Birim Fiyat Cetvelinden alınmıştır(8).

2.2.7 Sulama kanallarının yapım maliyeti

Farklı alan ve eğimde yapılan sulama kanallarının keşif bedelleri, birim imalat miktarları ile imalatların birim fiyatları çarpılmış ve çarpımların

toplamı alınarak bulunmuştur. Yapım maliyeti ise, keşif bedellerine % 15 beklenmeyen masraflar eklenerek hesaplanmıştır(9).

2.2.7.1 Yapım maliyeti ile yöntem, alan ve eğim arasındaki ilişki eşitliğinin bulunması

Çalışmada göz önüne alınan değişkenlerden yöntem, alan, kanal uzunluğu ve kanal eğiminin, kanalın yapım maliyetine etkisinin incelenmesinde çoklu regrasyon yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemle ilişkin çözümler SPSS-10 (Statistical Packages of Social Sciences) paket programı kullanılarak yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Sulama Modülleri

Düzce Ovası sulamasında öngörülen bitki desenine göre, farklı su tüketim hesabı yöntemleri için hesaplanan sulama modülü değerleri Çizelge: 3'de verilmiştir.

Araştırma alanı için pik döneme göre hesaplanan sulama modülü değerleri incelendiğinde en yüksek değer Blaney-Cridle (FAO) yönteminde olduğu, Radyasyon yönteminde ise diğerlerine göre en düşük değer bulunduğü görülmektedir.

Çizelge: 3 Sulama Modülü Değerleri (lt/s/ha)

Bitki Su Tüketim Yöntemi	Sulama Modülü lt/s/ha
Y ₁ Blaney-Cridle (Fao)	0.67
Y ₂ Radyasyon (Fao)	0.50
Y ₃ Hargreaves	0,65
Y ₄ Modifiye Penman (Fao)	0.58
Y ₅ Penman-Monteith (Fao)	0.53

Çizelge: 5 Sulama kanallarında Taban Genişliği (b) ve Su Derinliği (h) Değerleri (Pürüzlülük katsayısı, n=0.016'ya göre)

Kombinasyon	b (m)	h (m)	Kombinasyon	b (m)	h (m)
Y ₁ A ₁ E ₁	2.00	0.312	Y ₁ A ₃ E ₁	2.00	0.462
Y ₁ A ₁ E ₂	2.00	0.278	Y ₁ A ₃ E ₂	2.00	0.413
Y ₁ A ₁ E ₃	2.00	0.256	Y ₁ A ₃ E ₃	2.00	0.381
Y ₁ A ₂ E ₁	2.00	0.393	Y ₁ A ₄ E ₁	2.00	0.523
Y ₁ A ₂ E ₂	2.00	0.351	Y ₁ A ₄ E ₂	2.00	0.468

3.2. Kanal Kapasiteleri

Çalışmada elde edilen su tüketimi tahmin yöntemi ve alan kombinasyonu için hesaplanan kanal kapasite değerleri Çizelge: 4'de verilmiştir.

Çizelge 4 : Su Tüketim Yöntemi ve Alan Kombinasyonuna Göre Kanal Kapasiteleri (lt/s) (J=0.0002 m/m' ye göre)

Kombinasyon	Kanal Kapasitesi (lt/s)	Kombinasyon	Kanal kapasitesi (lt/s)
Y ₁ A ₁	0.268	Y ₃ A ₃	0.520
Y ₁ A ₂	0.402	Y ₃ A ₄	0.650
Y ₁ A ₃	0.936	Y ₄ A ₁	0.232
Y ₁ A ₄	0.670	Y ₄ A ₂	0.348
Y ₂ A ₁	0.200	Y ₄ A ₃	0.464
Y ₂ A ₂	0.300	Y ₄ A ₄	0.580
Y ₂ A ₃	0.400	Y ₅ A ₁	0.212
Y ₂ A ₄	0.500	Y ₅ A ₂	0.318
Y ₃ A ₁	0.260	Y ₅ A ₃	0.424
Y ₃ A ₂	0.390	Y ₅ A ₄	0.530

Çizelgede görüldüğü gibi bir su tüketim yöntemi için kendi içerisinde alan arttıkça kanal kapasitesi artmaktadır. Sulama modülü en yüksek hesaplanan Blaney-Cridle (FAO) yönteminde kanal kapasitesi diğer yöntemlere göre daha fazla bulunmuştur. Blaney-Cridle (FAO) yöntemi ve 1000 ha. alan için kanal kapasitesi 0.670 lt/s olarak hesaplanmıştır.

3.3. Sulama Kanallarının Boyutları

Her bir su tüketim hesabı yöntemi, alan ve eğim kombinasyonu için trapez kesitli olarak hesaplanan kanal taban genişliği (b) ve kanaldaki su derinliği (h) değerleri Çizelge:5'de verilmiştir.

Çizelge:5'de Blaney-Cridle (FAO), Y₁ yöntemi esas alınarak alan ve kanal boyuna eğimi kombinasyonuna göre düzenlenmiştir. Arazinin topoğrafik özellikleri sebebiyle yarma-dolgu dengesinin sağlanabilmesi için b=2.0 m. olarak

alınmıştır.

Çizelgede görüldüğü gibi, Blaney-Cridle (FAO) yöntemine göre, b=2.00 m. taban genişliği olan kanalda en fazla su derinliği 0.523 m ile 1000 ha. alan ve J=0.0002 m/m kombinasyonunda oluşmaktadır.

3.4. Sulama Kanallarının Keşif Özetleri

Farklı su tüketim yöntemi, farklı alan ve farklı eğime göre, hidrolik yönden uygun kesitlerdeki 60 adet kanalın keşif özetleri hazırlanmıştır. Beton kaplamalı ve trapez kesitli olarak yapımı

Blaney-Cridle (FAO), Makking (Radyasyon), Hargreaves, Modifiye Penman (FAO) ve Penman-Monteith (FAO) su tüketim yöntemleri; 400 ha (A₁), 600 ha (A₂), 800 ha (A₃) ve 1000 ha (A₄) sulama alanları ile % 0.02 (J₁), % 0.03 (J₂) ve % 0.06 (J₃) eğimleri için 2002 DSİ Birim Fiyatla-

Çizelge: 6 Keşif Özeti

Sıra No	Poz No	İmalatın Adı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı x milyon TL
1	14.D/1	5-10 cm. Çapında ağaç kesilmesi	Adet	1 000,0	679 375,00	679,375
2	14.D/19	Kaplama betonu altı hazırlanması	M ²	88 800,00	998 681,00	88 682,872
3	15.011/1	Kazı yapılması (El ile)	M ³	18 600,00	1 725 170,00	32 088,162
4	16.041/2	Kanal kaplama betonu yapılması	M ³	3 850,00	29 255 914,00	112 635,268
5	16.D/3	Kanal betonu itina zammı	M ²	88 800,00	1 041 469,00	92 482,447
6	21.011	Düz yüzeyli kalıp	M ²	4 790,00	9 272 250,00	44 414,077
7	07.005	Çimento taşınması	t	770,00	4 953 688,00	3 814,339
8	07.006	Kum-çakıl tanınması	t	4 200,00	7 928 500,00	33 299,700
Keşif Bedeli :					408 096,243	
Beklenmeyen masraflar (% 15) :					61 214,436	
Toplam maliyet :					469 310,679	

Çizelge: 7 Farklı yöntem, alan ve eğim değerlerine göre sulama kanalları tesis maliyetleri

Yöntem	Modül (lt/s/ha)	Alan (ha)	Eğim (%)	Kanal Uzunluğu (m)	Tesis maliyeti (x milyon TL)
Y ₁	0.67	400	0.02	20 000	469 310.0
Y ₁	0.67	400	0.03	20 000	412 993.0
Y ₁	0.67	400	0.06	20 000	379 954.0
Y ₁	0.67	600	0.02	30 000	1 437 261.0
Y ₁	0.67	600	0.03	30 000	1 264 790.0
Y ₁	0.67	600	0.06	30 000	1 163 607.0
Y ₁	0.67	800	0.02	40 000	3 665 015.0
Y ₁	0.67	800	0.03	40 000	3 225 245.0
Y ₁	0.67	800	0.06	40 000	2 967 226.0
Y ₁	0.67	1 000	0.02	50 000	6 670 392.0
Y ₁	0.67	1 000	0.03	50 000	5 869 945.0
Y ₁	0.67	1 000	0.06	50 000	5 400 350.0

öngörülen sulama kanallarının maliyet hesaplamalarında Sungur, 1996'da verilen "kati Projelerde Uygulanacak Metrajlar" kriterleri esas alınmış ve DSİ 2002 yılı Birim Fiyat Cetveli'ndeki değerler kullanılmıştır. Hazırlanan keşif özetlerinden bir örnek Çizelge: 6'da verilmiştir.

3.5. Sulama Kanalları İle Tesis Maliyetlerinin Karşılaştırılması

rına göre hesaplanan sulama kanallarının tesis maliyetleri Çizelge 7'de verilmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada göz önüne alınan bitki su tüketimi tahmin yöntemine ait sulama modülü, sulama alanı, kanal uzunluğu ve kanal eğimi ile sulama kanalı arasındaki ilişki çoklu regrasyon yöntemi ile araştırılmıştır. Bu amaçla tesis maliyeti bağımlı

değişken olmak üzere; modül, alan, uzunluk ve eğim bağımsız değişken olarak alınmış ve SPSS-10 programıyla çözülmüş ve aşağıdaki eşitlik bulunmuştur.

$$TM = -4807873 + 3434996,39 q + 159,763 L - 1,1 \times 10^7 J$$

Eşitlikte;

TM = Sulama kanalı tesis maliyetini, (milyon TL)

q = Sulama modülünü, L/s/ha,

L = Sulama kanalı uzunluğunu, m,

J = Kanal eğimini, %,

ifade edilmektedir.

Yukarıdaki eşitlik incelendiğinde, sulama alanının tesis maliyeti üzerinde istatistiksel bakımdan etkisinin olmadığı ve bu sebeple eşitlik de yer almadığı görülmektedir.

Kanal uzunluğu sulama alanına göre belirlendiğinden ve ilk aşamada program kanal uzunluğunu değerlendirmeye aldığından, sulama alanının etkisi önemsiz kalmıştır.

Bu eşitlikteki regrasyon katsayıları, ilgili değişkenin bir birim artması durumunda tesis maliyetinde oluşacak değişme miktarını göstermektedir.

Örneğin diğer koşullar sabit kalmak şartıyla kanal uzunluğu (L) bir metre artırıldığı takdirde tesis maliyeti 159.763 milyon TL artacaktır.

Bitki su tüketim yöntemine bağlı olarak sulama modülü (q)'nin bir L/s/ha artması halinde kanal maliyeti 3434996.3 milyon TL artacak ve

kanal eğimi (J)'nin % 1 artması halinde ise 1.1×10^7 milyon TL azalacaktır.

KAYNAKLAR

1. Doorenbos, J., ve Pruitt, W. O., Crop Water Requirements, FAO Irr. Drain Paper 24, Rome, 1977.
2. Kanit, R., ve Polat, H., Düzce Ovası Sulamasında Sulama Yönetimi, Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğt. Fak., Teknoloji Dergisi, Karabük, 2001.
3. Erözel, A. Z. vd., Bitki Su Tüketim Yöntemlerinin Sulama Kanalı Tesis Maliyetine Etkisi, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 1975.
4. Ayyıldız, M., Hidrolik Uygulamaları, A.Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın No:1107, Ankara, 1989.
5. Öneş, A., ve Erözel, A.Z., Farklı Su İletim Sistemlerinin Tesis Maliyetleri Yönünden Karşılaştırılması, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Cilt:40, Fasikül 1-2, Ankara, 1989.
6. Polat, H., Düzce Ovası Sulama İşletmesinde Optimum Su Kullanım Modelinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Gazi Üni., Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, Ankara, 2000.
7. Sungur, T., ve Serdar, A., Sulama ve Drenaj Kati Projelerde Uygulanacak Metrajlar, DSİ, Ankara.
8. DSİ 2002 Yılı Birim Fiyat Cetveli, 3/A Baskı, Ankara, 2002.
9. Balaban, A., Su Kaynaklarının Planlanması, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No:972, Ankara, 1986.