

## Bir İşletme Örneğinde Optimal Bitkisel Üretim Desenin ve Uygun Ekipman Setinin Belirlenmesi<sup>1</sup>

Bülent COŞKUN<sup>2</sup>Cengiz ÖZARSLAN<sup>2</sup>

Geliş Tarihi : 05.09.1999

**Özet:** Bu çalışmada, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi çiftliğinin tarım yapılan alanları, kısıtlı sayıda tarım alet-makinaları ile traktör varlığı, çiftlik bünyesindeki işgücü ve diğer alt yapı yatırımları dikkate alınarak; işletmenin gelirini en büyükleyecek üretim deseninin belirlenmesi ve bu üretim deseni için en uygun alet-makina setleri ile traktör sayısı ve işgücü gereksinimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla, mevcut üretim planı dikkate alınarak, 3 farklı ekipman SET'i için doğrusal programlama modeli oluşturulmuş ve QSB programı ile oluşturulan model çözülmüştür.

Sonuçta işletmenin mevcut üretim desenine alternatif olabilecek ve maksimum gelir getirebilecek ürün deseni, 154.2 ha buğday, 1.3 ha pamuk ve 2.97 ha II ürün mısır olarak bulunmuştur. Traktör sayısı 80 BG'ük 4 adet traktör ve operatör; mevsimlik işçi sayısı ise 3 adet olarak bulunmuştur. İşletme geliri ise 65552.1 \$ olarak saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğrusal programlama, optimal bitkisel üretim deseni.

### Determination of Optimal Crop Pattern and Appropriate Equipment Set for a Model of Farm

**Abstract :** In this study, it has been aimed to determine the crop pattern which will maximize the incomes of the management and to determine the most suitable equipment sets and number of tractors and man power necessity for this crop pattern taking into consideration to the less number of agricultural equipments, tractor existence, man power, the farming areas of Adnan Menderes University of Agricultural Faculty and the other investments.

With this aim, taking into consideration to the existing production plan, linear programming model has been constituted for 3 different equipment sets and the constituted model has been analyzed with QSB program.

As a result, the crop pattern which will bring maximum income and will be alternative to the existing crop pattern of the management has been found as 154.2 ha wheat, 1.3 ha cotton and 2.97 ha second crop corn. Number of tractors and seasonal worker has been found out 4 of 80 HP tractor and operator and 3 number of seasonal workers. The management income has been established as 65552.1 \$.

**Key Words :** Linear programming, optimum crop pattern.

#### Giriş

Tarımın modernleşmesi mekanizasyonun üretime katılımını artırmaktadır. Mekanizasyon önemli bir maliyet girdisidir ve genel üretim içindeki payı mekanizasyon derecesinin artması ile artış göstermektedir. Bu nedenle tarımsal üretimden beklenen kazancın sağlanması için üretim planına uygun mekanizasyon kapasitelerinin seçimi veya kapasiteye uygun üretim planlarının yapılması gerekir.

Çeşitli olarak değişik ürünlerin üretildiği işletmelerde işlemlerin çeşitliliği ve aynı zaman dilimine rastlanması gibi nedenler mekanizasyon planlaması sorununu karmaşık biçime dönüştürmekte ve çözüm için etkin sayısal optimizasyon tekniklerinin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu tekniklerden, sınırlı kaynakların ön görülen bir amacı gerçekleştirecek şekilde üretim aşamasında dağılımını sağlayan doğrusal programlama tekniği (LP) ve buna ilişkin çözüm yöntemleri, özellikleri itibarıyla mekanizasyon planlaması problemlerinin çözümünde kullanılacak tekniklerin başında gelmektedir. LP tekniği değişik işletme birimleri için işletme özelliklerine uygun

biçimde yapılandırılarak farklı optimizasyon modelleri biçiminde düzenlenebilir.

Literatürlerde tarım ve tarımsal mekanizasyonda planlamaya ilişkin olarak çok sayıda LP modelleme örneklerine rastlanmaktadır. Örneğin; Audsley, tarla tarımı yapılan alanlarda işçilik-makina zamanları, işlem ve ürünlerin ardışımı, ürün deseni, alan, insan-makina sayıları gibi teknik ve ekonomik kısıtları karşılayan üretim planlamaları üzerinde çalışmalar yapmıştır (Audsley, 1979 ve Audsley, 1983). Sakai ve arkadaşları, yeni üretime açılmış veya alet-makinası olmayan işletmeler için optimum "insan işgücü-makina-bitki" sistemlerine ilişkin planlamalarda LP tekniğinden yararlanmışlardır (Sakai ve ark. 1978). Evcim, tarımsal işletmelerde LP tekniğini kullanarak, mekanizasyon ve işçilik planlamalarının nasıl yapılacağı üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir (Evcim, 1986). Buna benzer uygulamaların yurt içi ve yurt dışı çok sayıda örneği mevcuttur. Etkin bir mekanizasyon planlaması için amaca uygun makina seçiminin iyi yapılması, iyi bir işletmecilik anlayışına sahip olunması ve başarılı bir işgücü planlamasının yapılması zorunludur.

<sup>1</sup> Bu çalışma Adnan Men. Üniv. Araştırma Fonu tarafından desteklenen ZRF 96016 nolu projeden yararlanılarak hazırlanmıştır.

<sup>2</sup> Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü-Aydın

## Materyal ve Yöntem

### İşletme özellikleri ve ürün deseni

İncelemeye alınan işletme Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne bağlı Araştırma ve Üretim Çiftliği olup Aydın ili Koçarlı ilçesi Çakmar köyünde bulunmaktadır. İşletmenin büyüklüğü 2200 da olup, toplam işlenen alan 1556 da'dır. İşletmede ağırlıklı üretim kolu tarla bitkileri yetiştiriciliği olup, çok az alanda bahçe bitkileri üretimi ve kısıtlı ölçüde de hayvancılık yapılmaktadır. Bahçe bitkileri ve hayvancılık üretim kollarında henüz yüksek düzeyde gelir getirci üretim

yapılamamaktadır. Tarla ürünlerinden ağırlıklı olarak pamuk, mısır ve buğday üretimi gerçekleştirilmektedir. İşletmenin gelirini bu ürünlerden elde edilen gelirler oluşturmaktadır. Bu ürünlerin yetiştirilmesinde uygulanan ürün ardışıkları Çizelge 1'deki gibidir.

### Agroteknik işlem aşamaları ve zamanları

İşletmedeki üretim belirli zaman aralıklarına yayılmış mekanizasyon işlemleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlem aşamalarının ürünlere, işlemlere, kullanılan ekipmanlara ve zamana göre dağılımları Çizelge 2'den Çizelge 5'e kadar verilmiştir.

Çizelge 1. Yetiştirilen ürünler ve ürün ardışıkları.

Önceki ürün	Ürün	Üretim alanı (ha)
I.Ürün mısır	Buğday	96
II.Ürün mısır	Pamuk	28
Pamuk	I.Ürün mısır	31,6
Buğday	II.Ürün mısır	96

Çizelge 2. Pamuk için agroteknik işlem aşamaları.

İşlem no	İşlem adı	Kullanılan ekipman	Tah. İşlem zamanı
1	Set bozma	Tesviye küreği	1-14 Kasım
2	Sap parçalama	Sap parçalama makinası	1-14 Kasım
3	Derin sürüm	Pulluk	1-6 Nisan
4	İkileme	Diskli tırmık (2 Kat)	7-14 Nisan
5	İlaçlama	Tarla pülverizatörü	7-14 Nisan
6	Üçleme	Diskli tırmık	7-14 Nisan
7	Gübreleme	Sant. gübre dağıtma mak.	15-20 Nisan
8	Karıştırma	Diskli tırmık	15-20 Nisan
9	Toprak bastırma	Sürgü+merdane (2 Kat)	21-30 Nisan
10	Ekim	Üniversal ekim makinası	1-6 Mayıs
11	Sıra arası çap.	Frezeleli ara çapa mak.	21-30 Mayıs
12	Sıra üzeri çap.	Elle	21-30 Mayıs
13	Tekleme	Elle	1-7 Haziran
14	İlaçlama	Tarla pülverizatörü	8-14 Haziran
15	Ara çapalama	Kazayaklı kültivatör	21-30 Haziran
16	Üst gübreleme	Sant.gübre dağıtma mak.	21-30 Haziran
17	Set yapma	Sette makinası (2 kez)	1-6 Temmuz
18	1. Sulama	İşçi	1-6 Temmuz
19	Otl alma	El çapası	15-20 Temmuz
20	2. Sulama	İşçi	21-30 Temmuz
21	3. Sulama	İşçi	15-20 Ağustos
22	4. Sulama	İşçi	1-6 Eylül
23	Hasat (1.El)	İşçi	15 Eylül-6 Ekim
24	Taşıma	Tarım arabası	15 Eylül-6 Ekim
25	Hasat (2.El)	İşçi	21-30 Ekim
26	Taşıma	Tarım arabası	21-30 Ekim

Çizelge 3. Buğday için agroteknik işlem aşamaları.

İşlem No	İşlem adı	Kullanılan ekipman	Tah. İşlem zamanı
1	Set bozma	Tesviye küreği	21-30 Ekim
2	Sap parçalama	Sap parçalama makinası	21-30 Ekim
3	Derin sürüm	Pulluk	1-6 Kasım
4	İkileme	Diskli tırmık (2 kat)	1-6 Kasım
5	Gübreleme	Sant.gübre dağıtma mak.	7-14 Kasım
6	Üçleme	Diskli tırmık	7-14 Kasım
7	Ekim	Kombine ekim makinası	1-14 Aralık
8	İlaçlama	Tarla pülverizatörü	21-30 Ocak
9	Gübreleme	Sant.gübre dağıtma mak.	1-6 Şubat
10	Karıştırma	Diskli tırmık	1-6 Şubat
11	Set yapma	Sette makinası	21-30 Nisan
12	Sulama	İşçi	21-30 Nisan
13	Hasat	Biçerdöver (yüklenici)	8-14 Haziran
14	Taşıma	Tarım arabası	8-14 Haziran
15	Balyalama	Balya mak. (yüklenici)	8-14 Haziran
16	Balya taşıma	Tarım arabası	8-14 Haziran

Çizelge 4. I.Ürün mısır için agroteknik işlem aşamaları .

İşlem no	İşlem adı	Kullanılan ekipman	Tah. İşlem zamanı
1	Set bozma	Tesviye küreği	21-30 Ekim
2	Sap parçalama	Sap parçalama makinası	21-30 Ekim
3	Derin sürüm	Pulluk	1-6 Kasım
4	Sürüm	Pulluk	1-6 Nisan
5	İkileme	Diskli tırmık (2 Kat)	7-14 Nisan
6	İlaçlama	Tarla pülverizatörü	7-14 Nisan
7	Üçleme	Diskli tırmık	7-14 Nisan
8	Gübreleme	Sant. gübre dağıtma mak.	15-20 Nisan
9	Karıştırma	Diskli tırmık	15-20 Nisan
10	Toprak bastırma	Sürgü+merdane (2 kat)	21-30 Nisan

Çizelge 4. I. Ürün mısır için agroteknik işlem aşamaları (Devam)

İşlem no	İşlem adı	Kullanılan ekipman	Tah. işlem zamanı
11	Ekim	Üniversal ekim makinası	21-30 Nisan
12	Sıra arası çapalama	Frezeli ara çapa makinası	15-20 Mayıs
13	Sıra üzeri çapalama	Elle	15-20 Mayıs
14	Tekleme	Elle	21-30 Mayıs
15	Ara çapalama	Kazayaklı kültivatör	8-20 Haziran
16	Üst gübreleme	Sant.gübre dağıtma mak.	1-6 Temmuz
17	Set yapma	Sette makinası (2 kez)	6-14 Temmuz
18	1. Sulama	İşçi	6-14 Temmuz
19	2. Sulama	İşçi	21-30 Temmuz
20	3. Sulama	İşçi	7-14 Ağustos
21	4. Sulama	İşçi	1-8 Eylül
22	Hasat	Biçerdöver (mısır)	15-20 Ekim
23	Taşıma	Tarım arabası	15-20 Ekim

Çizelge 5. II. Ürün mısır için agroteknik işlem aşamaları

İşlem no	İşlem adı	Kullanılan ekipman	Tah. işlem zamanı
1	Anız bozma	Pulluk	15-20 Haziran
2	Set yapma	Sette makinası (2 kez)	15-20 Haziran
3	Sulama	İşçi	15-20 Haziran
4	Set bozma	Tesviye küreği	21-30 Haziran
5	Derin sürüm	Pulluk	21-30 Haziran
6	İkileme	Diskli tırmık (2 kat)	21-30 Haziran
7	Gübreleme	Sant.gübre dağıtma mak.	21-30 Haziran
8	Karıştırma	Diskli tırmık	21-30 Haziran
9	Toprak bastırma	Sürgü+merdane (2 kat)	21-30 Haziran
10	Ekim	Üniversal ekim makinası	21-30 Haziran
11	Sıra Arası Çap.	Frezeli ara çapa mak.	7-14 Temmuz
12	Sıra üzeri çap.	Elle	7-14 Temmuz
13	Tekleme	Elle	7-14 Temmuz
14	Ara çapalama	Kazayaklı kültivatör	7-14 Temmuz
15	Üst gübreleme	Sant.gübre dağıtma mak.	7-14 Temmuz
16	Karıştırma	Diskli tırmık	7-14 Temmuz
17	Set yapma	Sette makinası (2 Kez)	7-14 Temmuz
18	1. Sulama	İşçi	15-20 Temmuz
19	İlaçlama	Tarla pülverizatörü	1-6 Ağustos
20	2. Sulama	İşçi	1-6 Ağustos
21	3. Sulama	İşçi	15-20 Ağustos
22	4. Sulama	İşçi	1-6 Eylül
23	5. Sulama	İşçi	15-20 Eylül
24	Yabancı ot müc.	Elle	15-20 Eylül
25	Hasat	Biçerdöver (Mısır)	7-20 Kasım
26	Taşıma	Tarım arabası	7-20 Kasım

### Traktör ve alet makine setleri

Tarımsal işlemlerin çoğunluğu işletmede bulunan ekipmanlarla gerçekleştirilmektedir. Ancak, buğday ve mısır hasadı ile sap balyalama işlemi yükleniciye yaptırılmaktadır. Pamuk hasadı ile bazı hassas çapalama işlemleri ve sulama el işçiliği ile yapılmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak, işletmede bulundurulması gereken alet-makinalar ile traktör güç grupları 3 farklı set biçiminde Çizelge 6'da verilmiştir. Setlerde yer alan traktörler ve ekipmanların bir kısmı işletmede mevcut olup, bir kısmı ise alınması ön görümlü ile setlere ilave edilmiştir. I. SET'te yer alan traktör Ford 3600, II. SET'te yer alan traktör FIAT 70-56 ve III. SET'te yer alan traktör FIAT 80-66 marka traktördür.

### Çalışılabilir zamanlar

Tarımsal uygulamalarda işlem zamanlarının doğru belirlenmesi başarılı bir üretim için önemlidir. Modelleme çalışmalarında işlem zamanlarına tahmini olarak yer verilir. Tahmine dayalı olan bu verinin belirlenmesi için, yıl periyodu içindeki toplam çalışma günü ve bu günlerdeki çalışılabilir gün olasılıklarının bilinmesi gerekir. Toplam çalışma günü, resmi tatiller, hastalık vb. gibi zorunlu izinler düşüldükten sonra yılın değişik aylarında incelenen periyotlar için belirlenebilir. Çalışılabilir gün olasılığı ise bölgeye düşen yağış miktarı, toprağın geçirgenlik özelliği, eğimi, hava koşulları vb. değerler kullanılarak ortaya konulabilir.

Çizelge 6. Traktör ve alet-makina setleri.

Set	I	II	III
Traktör motor gücü(kW)	34,8	51,5	58,8
Traktör sayısı (adet)	1...10		
Alet-makina	Özellği		
Ara çapa aleti (kazayaklı kültivatör)	175 cm (7'li)	218 cm (9'lu)	275 cm (11'li)
Diskli tırmık (asılır, tandem)	222 cm 24 sıralı	254 cm 28 sıralı	254 cm 28 sıralı
Frezeli ara çapa mak.	210 cm 3 sıralı	350 cm 5 sıralı	350 cm 5 sıralı
Kom.tahıl ekim mak.	204 cm 17 ayaklı	228 cm 19 ayaklı	264 cm 22 ayaklı
Kulaklı pulluk	60 cm 2 gövdeli	90 cm 3 gövdeli	120 cm 4 gövdeli
Sant.güb. dağ. Mak.	1200 cm Tek diskli	1200 cm Tek diskli	2000 cm Çift diskli
Sap parçalama mak.	220 cm	220 cm	220 cm
Sette makinası (tek ünite, 8 kovalı)	1000 cm	1000 cm	1000 cm
Sürgü+merdane	300 cm	300 cm	300 cm
Tar. Arabası (tek dingilli devirmeli sac kasa)	3 ton	4 ton	6 ton
Tarla pülverizatörü	700 cm 400 lt	700 cm 400 lt	900 cm 800 lt
Tesviye küreği	200 cm	200 cm	200 cm
Üniv. ekim makinası	260 cm 4 sıralı	260 cm 4 sıralı	260 cm 4 sıralı

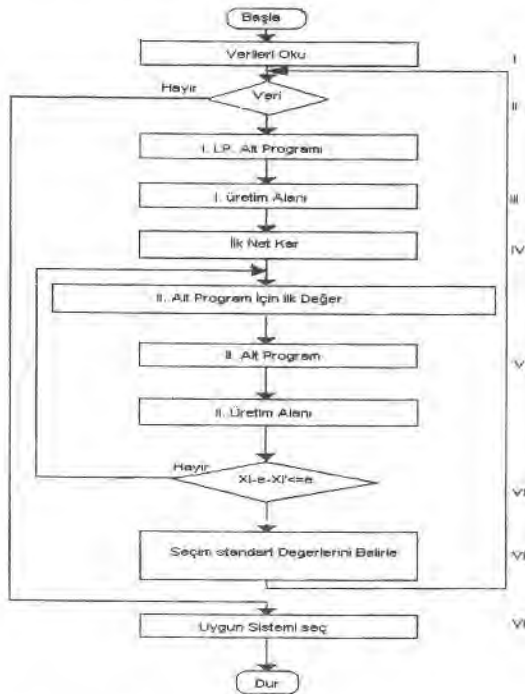
İncelenen işletmenin bulunduğu Aydın ili koşullarında toplam çalışma günü değeri, çalışılabilir gün olasılığı ve tarımsal işlemlerin yoğunlaştığı periyotlar dikkate alınarak 1 yıl 8 periyoda bölünmüş ve bu periyotlardaki çalışılabilir zamanlar Çizelge 7'deki gibi ortaya konulmuştur.

### Planlamada kullanılan çözümleme yöntemi

Araştırma ve uygulama çiftliği bünyesindeki üretim planlaması Sakai ve arkadaşlarının ortaya koyduğu yöntemden yararlanılarak ortaya konan modele göre yapılmıştır (Sakai ve ark., 1978). Bu modelin ana yapısı Şekil 1'deki akış diyagramında verilmiştir. Bu modelleme ile hem mekanizasyon maliyetleri dikkate alınmadan optimizasyon işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Model 8 aşamalı bir çözümü içermektedir.

Çizelge 7. Çalışılabilir gün olasılığı ve zamanı.

No	Periyot	Toplam çalışma zamanı(h)	Çalışılabilir gün olasılığı	Çalışılabilir zaman (h)
1	1 Aralık-30 Mart	795.35	0.366	291.69
2	1 Nisan-30 Nisan	200.15	0.558	111.09
3	1 Mayıs-7 Haziran	258.37	0.852	220.13
4	8 Haziran-30 Haziran	162.07	1	162.07
5	1 Tem.-30Temmuz	208.55	1	208.55
6	1 Ağustos-30 Ağustos	216.1	1	216.1
7	1 Eylül-7 Ekim	259.45	0.99	256.85
8	8 Ekim-30 Kasım	355.22	0.9	319.69



Şekil 1. Model akış diyagramı.

### I. aşama:

Modelin ilk aşaması veri giriş aşamasıdır. Bu aşamada  $A, A_i, i, j, D_j, Q_j, R_j, q_{ij}, r_{ij}, P_i'$  ve  $F_{Cj}$  değerlerinin işletme koşullarına göre belirlenerek veri tabanının oluşturulması gerekir (EK: 1 semboller).

Bu değerlerden,

$$Q_j = D_j \cdot K_1 \quad 1$$

$$R_j = D_j \cdot K_2 \quad 2$$

bağıntısıyla hesaplanmakta olup  $K_1$  ve  $K_2$  değerleri ilk aşamada karar değişkeni olarak modelde yer almakta, daha sonra model girdisi olmaktadır.

$q$  değerleri alet-makine için zaman gereksinimleri olup,

$$q = \frac{10}{v \cdot w \cdot e} \quad 3$$

bağıntısı ile hesaplanır (Evcim, 1990). Özellik gösteren taşıma işi için zaman gereksinimi,

$$q_t = \frac{Y_i \cdot D}{v \cdot T} + \frac{(U + L) \cdot Y_j}{T} \quad 4$$

bağıntısıyla hesaplanır (Özbaydur, 1996).  $A, A_i, i$  ve  $j$  ile makine setlerine göre hesaplanan  $q$  ve  $q_t$  değerleri ve yetiştirilen ürünlerin işlem aşamalarına göre düzenlenen  $q_{ij}$  değerleri, elle yapılan işlemler için insan işgücü gereksinimi (Anonim, 1994, 1998-a), her ürün ve periyot için düzenlenen insan işgücü gereksinimi ( $r_{ij}$ ) verileri ZRF-96016 nolu araştırma raporundan alınmıştır. (Coşkun ve ark., 1999).

Ürünlerin öngörülen yetiştirme alanları dikkate alınarak, hasat sonu ürünlerden elde edilen gelir ile giderler arasındaki fark  $P_i$  yi vermektedir.

$$P_i = TR_i - TC_i \quad 5$$

$$TR_i = Y_i \cdot UP_i \quad 6$$

$$TC_i = M_{toh_i} + M_{gü_j} + M_{il_i} + ZC_i + FC_i + BC_i + M_{m_j} \quad 7$$

$$BC_i = M_{yak_i} + M_{yağ_i} + M_{iş_j} \quad 8$$

$$ZC_i = M_{su_j} + M_{yük_j} \quad 9$$

$$P_i' = P_i + FC_i \quad 10$$

bağıntıları kullanılarak  $P_i$  hesaplanır. Bağıntılarda yer alan parametrelerin hesaplanmasında şu işlem adımları izlenir.

### Makina sabit maliyeti ( $FC_i$ )

Makine sabit maliyetinin hesaplanması için alet makinaların yıllık kullanım sürelerinin bilinmesi gerekir. Yıllık kullanım süresi işletme özelliklerine göre,

$$T_{jk} = q_{ik} \cdot A_{ki} \cdot g \quad 11$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Traktörler için yıllık kullanım süreleri toplam ekipman kullanım süresinden hareket edilerek belirlenebilir.

Yıllık ekipman kullanım süresi, ekipmanların ekonomik ömürleri, amortisman süreleri ve edinme maliyetlerinden yararlanılarak ve borçlanma faizi, yatırım

faizi ve enflasyon oranı dikkate alınmak koşulu ile herbir SET için yıllık sabit kullanım giderleri COST adlı bilgisayar programı kullanılarak elde edilmiştir.

Ürünlerin yetiştirilme alanları dikkate alınarak herbir alet-makina SET'i için ürünler bazında elde edilen FC<sub>i</sub> derlenerek, FC<sub>i</sub> değerleri

$$FC_i = \frac{FC_i' \cdot \sum q_{it}}{\sum T_{1k} + \sum T_{2k} + \sum T_{3k} + \sum T_{4k}} \quad 12$$

eşitliğine göre hesaplanır. Eşitlikte,

$$\begin{aligned} \sum q_{it} &= \sum q_{ik} \cdot g & 13 \\ \sum T_{ik} &= \sum q_{it} \cdot A_{ik} & 14 \end{aligned} \quad (k=1..m)$$

dir.

#### Makina değişken maliyeti (BC<sub>i</sub>)

Değişken makine maliyetleri ürünler bazında yakıt, yağ ve operatör maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır.

$$BC_i = Myak_i + Myağ_i + Miş_i \quad 15$$

#### Yakıt maliyeti (Myak<sub>i</sub>)

Tarımsal üretiminde önemli maliyet öğelerinden biri yakıt maliyetidir. Yakıt maliyeti, traktör-ekipman yüklenmesinden büyük oranda etkilenmektedir. Üretimde kullanılan alet-makina güç gereksinimi ve kullanım sıklığına bağlı olarak bu girdi değişiklik gösterir. Yakıt maliyetinin hesaplanması için üretim aşamalarında kullanılan ekipmanların, yakıt tüketimlerinin bilinmesi gerekir. Diesel motora sahip bir traktörle kullanılan ekipmanlar için yakıt tüketim değeri;

$$Yak = Y \cdot EKMG \quad 16$$

ile hesaplanmakta olup, burada Y değeri;

$$Y = 2.64 \cdot X + 3.91 - 0.2\sqrt{738 \cdot X + 173} \quad 17$$

ile bulunur (Evcim,1990). X ise

$$X = \frac{EKMG}{MKMG} \quad 18$$

eşitliği ile hesaplanır.

Traktörler için eşdeğer kuyruk mili gücü (EKMG) ve maksimum kuyruk mili gücü (MKMG), motor gücüne ve çeki gücüne bağlı olarak ortaya konmakta olup, kuyruk mili gücünün 0.88 katı kullanılan ekipmanların çeki gücüne eşit alınarak, eşdeğer kuyruk mili gücü bulunabilir. Buna göre,

$$EKMG = \frac{\text{ÇG}}{0.88} \quad 19$$

bağıntısıyla hesaplanır.

Maksimum kuyruk mili gücü ise motor gücünün 0.87 katı değerine eşittir (Evcim,1990).

MKMG=0.87.N  
eşitliği ile hesaplanır. 20

3 farklı traktör güç grubu için eşitlik (20) yardımıyla hesaplanan maksimum kuyruk mili gücü (MKMG) değerleri Çizelge 8'de verilmiştir. Alan başına yakıt maliyetleri ise, Myak<sub>i</sub>= q<sub>ij</sub>.Yak.F  
bağıntısı ile hesaplanır. 21

#### Yağ maliyeti (Myağ<sub>i</sub>)

Çalışmada yer alan Diesel motora sahip traktörlerin yağ tüketim değerleri (lt/h) olarak, EKMG'ne bağlı olarak, Yağ=0.00059.EKMG+0.02169  
bağıntısıyla hesaplanabilir (Evcim,1990). 22

Alan başına yağ maliyetleri ise, Myağ<sub>i</sub>= q<sub>ij</sub>.Yağ.FY  
bağıntısı ile hesaplanır. 23

#### Operatör maliyeti (Miş<sub>i</sub>)

Bu maliyet traktör sürücüsünün maliyetini kapsamaktadır. 1.5 \$/h olan bu maliyet alan birimine dönüştürülerek hesaplamalarda kullanılmıştır.

Tohum maliyeti (Mtoh<sub>i</sub>)  
Mtoh<sub>i</sub>)T<sub>t</sub>.F<sub>t</sub>  
ile hesaplanır. 24

İlaç maliyeti (Mili<sub>i</sub>)  
Mili<sub>i</sub> =T<sub>il</sub>.F<sub>il</sub>  
ile hesaplanır. 25

Gübre maliyeti (Mgü<sub>i</sub>)  
Mgü<sub>i</sub> =T<sub>g</sub>.F<sub>g</sub>  
ile hesaplanır. 26

#### Mevsimlik işçi maliyeti (Mm<sub>i</sub>)

Agroteknik işlemlerde gereksinim duyulan çapalama, tekleme, sulama, elle hasat işlemlerindeki işçilik maliyetleri şöyle hesaplanır.

$$Mm_i = C_{h-r} \cdot r_{ij} \quad 27$$

#### Diğer maliyetler (Zc<sub>i</sub>)

Sulama ve yüklenici giderlerinden oluşan maliyet, Zc<sub>i</sub>=M<sub>su</sub><sub>i</sub>+M<sub>yük</sub><sub>i</sub> 28

M<sub>su</sub><sub>i</sub>=n<sub>s</sub>.F<sub>su</sub>  
bağıntılarıyla hesaplanır.

Üretimdeki giderler ve ürün gelirlerine göre hesaplanan P<sub>i</sub> ve P<sub>i</sub>'değerleri (5) ve (10) bağıntıları

Çizelge 8. SET'lerde kullanılan değişik traktör güçleri için hesaplanan MKMG değerleri.

Güç grubu	Motor	Güçü	MKMG
	BG	kW	kW
50 BG	47.28	34.8	30.276
70 BG	69.97	51.5	44.81
80 BG	79.89	58.8	51.156

kullanılarak hesaplanmış ve bulunan değerler Çizelge 9'da verilmiştir.

## II. Aşama

Modelin ikinci aşaması amaç fonksiyonu ve kısıt denklemlerinin oluşturulması aşamasıdır. Bu aşamada Şekil 1'deki model için denklem sistemi aşağıdaki kalıba uygun olarak oluşturulmuştur.

Amaç fonksiyonu

$$C'_{max} = P_1' \cdot X_1' + P_2' \cdot X_2' + \dots + P_n' \cdot X_n' = P_j' \cdot X_j' \quad 29$$

Kısıt denklemleri

$$X_1' + X_2' + \dots + X_n' \leq A \quad 30$$

$$q_{11} \cdot X_1' + q_{12} \cdot X_2' + \dots + q_{1n} \cdot X_n' \leq Q_1 \quad 31$$

$$\dots$$

$$q_{m1} \cdot X_1' + q_{m2} \cdot X_2' + \dots + q_{mn} \cdot X_n' \leq Q_m$$

$$r_{11} \cdot X_1' + r_{12} \cdot X_2' + \dots + r_{1n} \cdot X_n' \leq R_1 \quad 32$$

$$\dots$$

$$r_{m1} \cdot X_1' + r_{m2} \cdot X_2' + \dots + r_{mn} \cdot X_n' \leq R_m$$

$$X_1' \geq 0, X_2' \geq 0, \dots, X_n' \geq 0$$

Bu kalıplar dikkate alınarak; SET I, SET II ve SET III için denklem kalıpları oluşturulmuştur. SET I için örnek bir denklem kalıbı EK'te verilmiştir.

## III. Aşama

Model ilk olarak mekanizasyon maliyetleri dahil edilmeden çözülür ve  $X_j'$  değerleri bulunur.

## IV. Aşama

İlk toplam net gelir değeri;

$$PT' = C' - \frac{\sum FC'_i}{n} \quad 33$$

eşitliğinden hesaplanır.

## V. Aşama

Çözüm ile bulunan  $X_j'$  değerleri ve buna bağlı olarak yeniden hesaplanan  $FC'_i$ 'ne göre,

Çizelge 9.  $P_i$  ve  $P_i'$  değerleri.

Ürün	SET I		SET II		SET III	
	$P_i$ \$/ha	$P_i'$ \$/ha	$P_i$ \$/ha	$P_i'$ \$/ha	$P_i$ \$/ha	$P_i'$ \$/ha
Pamuk	733,5	785,0	972,4	1030,8	979,8	1038
Mısır I	530,5	594,2	518,8	589,4	541,6	609,1
Mısır II	410,4	471,2	399,9	468,7	418,1	482,5
Buğday	743,4	789,5	735,0	787,1	745,7	795,6

$$FC'_i = \frac{FC'_i \cdot q_{it}}{q_{1t} \cdot X_1' + q_{2t} \cdot X_2' + \dots + q_{nt} \cdot X_n'} \quad 34$$

bağıntısı ile  $FC'_i$  bulunur.

$FC'_i$  ve  $P_i'$  ne bağlı olarak,

$$P_j = P_i' - FC'_i \quad 35$$

eşitliğinden  $P_j$  hesaplanarak amaç fonksiyonu;

$$C'_{max} = P_1 \cdot X_1 + P_2 \cdot X_2 + \dots + P_n \cdot X_n = P_j \cdot X_j \quad 36$$

ve kısıt denklemleri,

$$X_1 + X_2 + \dots + X_n \leq A \quad 37$$

$$q_{11} \cdot X_1 + q_{12} \cdot X_2 + \dots + q_{1n} \cdot X_n \leq Q_1 \quad 38$$

$$\dots$$

$$q_{m1} \cdot X_1 + q_{m2} \cdot X_2 + \dots + q_{mn} \cdot X_n \leq Q_m$$

$$r_{11} \cdot X_1 + r_{12} \cdot X_2 + \dots + r_{1n} \cdot X_n \leq R_1 \quad 39$$

$$\dots$$

$$r_{m1} \cdot X_1 + r_{m2} \cdot X_2 + \dots + r_{mn} \cdot X_n \leq R_m$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \geq 0$$

biçiminde düzenlenir. Yeni  $X_j = S_j$  değerleri bulunur.

Yeni üretim alanları için net gelir

$$PT = C'_{max} \quad 40$$

olarak hesaplanır.

## VI. Aşama

$$X_j - e \cdot X_j' \leq e \quad 41$$

koşulu sağlanıncaya kadar V. aşamadaki çözüme devam edilir.

## VII. Aşama

Sistem seçim kriterlerinin belirlendiği bu aşamada, model sonucuna göre herbir üründen elde edilen net gelir  $P_i \cdot S_i$  bağıntısı ile belirlenerek, seçilen sistemin toplam geliri;

$$PT = \sum_{i=1}^n P_i \cdot S_i \quad 42$$

bağıntısı ile belirlenir. Sistemin toplam iş gücü gereksinimi LT ye bağlı olarak, işgücü birimine düşen net gelir;

$$PL = \frac{PT}{LT} \quad 43$$

bağıntısı ile bulunur. Eşitlikteki,

$$LT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ji} \cdot S_i \quad 44$$

dir. Periyot başına iş gücü gereksiniminin standart sapması;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n r_{ji} S_i \right)^2}{m} - \left( \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n r_{ji} S_i}{m} \right)^2} \quad 45$$

bağıntısıyla bulunur.

### VIII. Aşama

En uygun sistem seçim aşaması olan bu aşamada en büyük  $P_T$  ve  $P_L$  değerleri ile en küçük  $\sigma$  değerine sahip olan sistem, optimum sistem olarak seçilir.

### Bulgular ve Tartışma

İncelenen işletmede mevcut uygulanan ürün deseni baz alınarak yapılan çözümlemede, ilk aşamada traktör ve operatör ile mevsimlik işçi sayısı karar değişkeni olarak alınmıştır. Daha sonra bulunan değerler tam sayıya dönüştürülerek model girdisi olarak kullanılmıştır. Bulunan traktör ve mevsimlik işçi sayıları dikkate alınarak makina sabit maliyeti dahil ve dahil edilmeden model iki alternatifli olarak çözülmüş ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

SET I için elde edilen sonuçlar Çizelge 10'da verilmiştir. Sonuçlar makina sabit maliyetlerinin hesaplamalara dahil edildiği alternatifleri içermektedir. Bu koşulda en yüksek gelir 6 traktör ve 3 mevsimlik işçiye sahip olma alternatifinde 49326.5 \$ olarak

gerçekleşmektedir. SET II ve SET III için bu değerler Çizelge 11 ve 12'de verilmiştir. SET II için 5 traktör ve 3 mevsimlik işçi ile 49272.2 \$ gelir ve SET III için 4 traktör ve 3 mevsimlik işçi ile 65552.1 \$ en yüksek gelirlerin elde edildiği alternatifler olarak bulunmuştur.

### Sistem seçimi

Model çözümünün VII. Aşamasında yer alan 42, 43, 44 ve 45 nolu eşitlikler yardımı ile SET'ler arasında seçim yapmak olanaklıdır. Çizelge 10,11 ve 12'deki makina sabit maliyetlerinin dahil edildiği sonuçlardan en büyük gelire sahip olan alternatiflere ilişkin olarak LT, PL,  $\sigma$  ve PT parametreleri hesaplanarak sistem seçim aşamasına başlanmıştır. Bu parametrelere ait sonuçlar Çizelge 13'de verilmiştir.

Çizelge 13'deki en uygun sistem seçimi en büyük PT, PL değerine ve en küçük  $\sigma$  değerine bakılarak belirlenir. Çizelge 13 incelendiğinde sistemin toplam iş gücü gereksiniminin (LT) SET I'den SET III'e doğru azaldığı, insan iş gücü birimine düşen net gelirin (PL) ise arttığı görülür. Gereksinim duyulan işgücünün standart sapması  $\sigma$ 'nın azaldığı görülür.

Mekanizasyon maliyetlerinin dikkate alınarak seçim yapılması durumunda SET III D, ve SET III E seçenekleri arasından seçim yapmak gerektiği görülür. İşletme gelininin yüksek olması hedefi göz önünde bulundurulduğunda SET III E sisteminin tercih edilebileceği ortaya çıkar.

Çizelge 10. SET I için elde edilen model çözüm sonuçları.

Bulgular		A		B		C		D		E	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Buğday	ha	154.33	111.68	138.505	111.68	154.26	111.68	138.505	111.68	154.26	
Pamuk	ha	1.266	0.97	1.75	0.97	2.33	0.97	1.75	0.97	2.33	
Mısır I	ha	0	2.75	0	2.75	0	2.75	0	2.75	0	
Mısır II	ha	2.63	0	1.801	0	2.97	0	1.801	0	2.97	
Traktör/Operatör (adet)		5.56	5	5	6	6	5	5	6	6	
Mevsimlik işçi (adet)		2.76	2	3	2	3	2	3	2	3	
Gelir \$		61415.7	34882.78	54797.8	24211.77	56689.2	29508.13	48211.5	18837.13	49326.5	

- A : Makine sabit maliyeti hariç traktörün karar değişkeni alındığı alternatif  
 B1-B2-C1-C2 : Makine sabit maliyeti hariç ve traktörün model girdisi alındığı alternatif  
 D1-D2-E1-E2 : Makine sabit maliyeti dahil ve traktörün model girdisi alındığı alternatif

Çizelge 11. SET II için elde edilen model çözüm sonuçları.

Bulgular		A		B		C		D		E	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Buğday	(ha)	154.37	111.68	130.32	111.68	154.26	111.68	130.32	111.68	154.26	
Pamuk	(ha)	1.227	0.97	1.33	0.97	1.33	0.97	1.33	0.97	1.33	
Mısır I	(ha)	0	2.75	0	2.75	0	2.75	0	2.75	0	
Mısır II	(ha)	2.74	0	2.97	0	2.97	0	2.97	0	2.97	
Trak./Operatör (adet)		4.728	4	4	5	5	4	4	5	5	
Mevsimlik işçi (adet)		2.76	2	3	2	3	2	3	2	3	
Gelir \$		61180	37767.91	51303.7	25220.9	57601	31691.73	44258.72	19144.73	49272.2	

Çizelge 12 SET III için elde edilen model çözüm sonuçları.

Bulgular	A	B		C		D		E	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Buğday (ha)	154.37	111.68	116.29	111.68	154.26	111.68	116.29	111.68	154.26
Pamuk (ha)	1.227	0.97	1.33	0.97	1.33	0.97	1.33	0.97	1.33
Mısır I (ha)	0	2.75	0	2.75	0	2.75	0	2.75	0
Mısır II (ha)	2.74	0	2.97	0	2.97	0	2.97	0	2.97
Traktör/Operatör (adet)	3.97	3	3	4	4	3	3	4	4
Mevsimlik İşçi (adet)	2.76	2	3	2	3	2	3	2	3
Gelir \$	74022	52826.02	55337.1	40781.02	73508	47017.77	49273.91	34972.77	65552.1

Çizelge 13. Modele ilişkin sistem seçim kriterleri.

SETler	Sistem seçim ölçütleri			
	LT	PT	PL	$\sigma$
SET I B	4393.97	29508.13	6.71	336.77
SET II B	3986.78	31691.73	7.94	273.53
SET III B	3596.09	47017.77	13.07	224.471
SET I C	5662.39	48211.5	8.51	439.75
SET II C	4998.33	44258.72	8.85	348.59
SET III C	4416.03	49273.91	11.15	252.167
SET I D	4393.97	18837.13	4.28	336.77
SET II D	3986.78	19144.73	4.80	273.53
SET III D	3596.09	34972.77	9.72	224.471
SET I E	6148.78	49326.5	8.022	463.61
SET II E	5591.08	49272.2	8.81	378.954
SET III E	5055.27	65552.1	12.96	315.171

### Sonuç

Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Üretim Çiftliği verileri dikkate alınarak gerçekleştirilen bu model çalışması 3 farklı alet-makina seti için planlanmıştır. Oluşturulan modelde mevsimlik işçi ve traktör sayısı amaç fonksiyonunda karar değişkeni olarak alınmıştır. Çözüm ile bulunan bu değişkenler daha sonra model girdisi olarak kullanılmıştır.

Mevsimlik işçi kriterlerinin dikkate alınması durumu ile model çalışmasına gerçekçi bir yaklaşım sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak sonuçların güvenilirliği kullanılan verilerin doğruluğu ile orantılıdır.

Modelden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, büyük güçlü traktörün yer aldığı alet-makina setinin işletme için optimum sonuçları verdiği söylenebilir. SET III D seçeneğinde elde edilen bu sonuçlara ilişkin ayrıntılar Çizelge 14'de verilmiştir. İşletmede büyük güçlü traktör ile büyük kapasiteli ekipmanların kullanılması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Sonuç olarak bulunan ürün deseninde I. ürün mısıra yer verilmemekte pamuk ile II. ürün mısıra ise ihmal edilebilecek kadar az yer verilmektedir. Üretim tamamen buğdaya yönelmiş

olması işletmedeki işçi maliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Tek ürüne yönelmedeki faktörlerden birisi de üretimde girdi olarak kullanılan materyallerinin (örneğin gübre) fazla kullanılmasıdır.

Pamuk ve mısır için küçük alanlar ön görüldüğünden bunlar ihmal edilerek, işletmede 155.6 ha alanda buğday yetiştirilmesi düşünülebilir. Bu koşulda, ekipmanlar için 10 ve traktörler için 15 yıllık amortisman süreleri varsayımı ile işletme de bulundurulması gereken ekipman sayıları ve teknik özellikleri Çizelge 15'deki gibi olur.

Çizelge 14 Optimum seçenek bilgileri (SET III D için).

Parametreler	Bulgular
Traktör sayısı (adet)	4
Traktör gücü (kW)	58,8
Operatör sayısı (adet)	4
Mevsimlik işçi sayısı (adet)	3
Buğday (ha)	154,26
Pamuk (ha)	1,33
Mısır II (ha)	2,97
Gelir (\$)	65552,1

Çizelge 15. İşletmede bulundurulması gereken ekipman sayıları ve teknik özellikleri.

Ekipman	Özellği	Sayısı
Diskli traktör	28 sıralı asılır 254 cm iş genişlik	3 adet
Kom.tahil ekim mak.	22 ayaklı 264 cm iş genişlikli	3 adet
Kulaklı pulluk	4 gövdeli 120 cm iş genişlikli	3 adet
Sant.güb. dağ. Mak.	Çift diskli 2000 cm iş genişlikli	1 adet
SettemMakinası	8 kovalı 1000 cm iş genişlikli	1 adet
Tarım arabası	6 tonluk	2 adet
Tarla Pülverizatörü	800 lt 900 cm iş genişlikli	1 adet
Tesviye küreği	2 m iş genişlikli	2 adet
Traktör	80 BG'lük	4 adet



## Kaynaklar

- Anonim, 1994. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Araştırma Raporları, Antalya.
- Anonim, 1998a. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Araştırma Raporları, Aydın.
- Anonim, 1998b. Türkiye Tarım Kredi Kooperatifleri Merkez Birliği Gen. Müd. Fiyat Sirküleri, No:288, Ankara.
- Audsley, E.1979. Planning an Arable Farm's Machinery Needs- a Linear Programming Application. The Agricultural Engineer v(34), n-1.
- Audsley, E.1983. Labour and Machinery Planning Program. National Institute of Agricultural Engineering, Silsoe,
- Coşkun, B., Özarslan, C. ve Baş, S. 1999. ADÜ Ziraat Fakültesi Çiftliği İçin Optimal Bitkisel Üretim Deseninin LP Tekniği İle Belirlenmesi. ADÜ Araştırma Fonu, Bitirme Raporu, Proje No:ZRF-96016, Aydın.
- Evcim, H. Ü.1986. Tarımsal İşletmelerde Doğrusal Programlama Yardımıyla Mekanizasyon ve İşçilik Planlaması. E.Ü.Araştırma Fonu, Araştırma Raporu Prj. No:112, İzmir.
- Evcim, H. Ü.1990. Tarımsal Mekanizasyon İşletmeciliği ve Planlaması VeriTabanı. E.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları no:495, İzmir.
- Özbaydur, H. A.,1996. Söke Yöresinde Bazı Örnek İşletmelerde Karşılaştırmalı Mekanizasyon Planlaması Uygulamaları.YL. Tezi.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım Makinaları ABD, İzmir.
- Sakai, M. Kurata K. ve Ichikawa J. 1978. Simulation On "labour-Machinery-Crop" System in Newly Developed field. CIBR Symposium Congress Papers of the 5. Section Ermatingen, Schweiz.

## EK 1: SEMBOLLER

A	: Toplam üretim alanı (ha)	N	: Motor gücü (kW)
$A_i$	: i ürünü için üretim alanı (ha)	$n_s$	: Sulama sayısı (adet)
$A_{ik}$	: i ürünü için makinanın yıllık kullanım alanı (ha/yıl)	$P_i$	: i ürünü için net gelir (\$/ha)
$BC_i$	: i ürünü için değişken $\xi$ 'derler (\$/ha)	$P_i'$	: i ürünü için mekanizasyon maliyeti hariç(sabit maliyetler) net gelir (\$/ha)
$C_n$	: İşçi ücreti (\$/h)	PT	: Sistemin toplam net geliri (\$)
ÇG	: Çeki gücü (kW)	q	: Genel alet-makina zaman gereksinimi (h/ha)
D	: Taşıma mesafesi (km)	$q_{ik}$	: i ürünü ve k ekipmanı için zaman gereksinimi (h/ha)
$D_j$	: Periyotlardaki çalışılabilir süreler (h)	$q_n$	: işlemi için toplam makina zamanı gereksinimi (h/ha)
e	: Etkinlik	$Q_i$	: Her periyotta çalışılabilir süre olarak alet-makine gereksinimi (h/ha)
EKMG	: Eşdeğer kuyruk mili gücü (kW)	$q_{ik}$	: j.periyotta i ürünü için gerekli alan iş başansı (h/ha)
F	: Yakıt birim fiyatı (\$/lt)	$q_t$	: Taşıma işlemi için zaman gereksinimi (h/ha)
$FC_i$	: i ürünü için ha başına makina sabit maliyeti (\$/ha)	$R_i$	: Her periyotta çalışılabilir süre olarak işgücü gereksinimi (h/ha)
$FC_i'$	: i ürünü için yıllık makina sabit maliyeti (\$/yıl)	$r_{ji}$	: j. periyotta i ürün için işgücü gereksinimi (h/ha)
$F_0$	: Gübre fiyatı (\$/kg)	$S_j$	: Toplam hasat alanı (ha)
$F_i$	: İlaç fiyatı (\$/kg)	T	: Tarım arabası kapasitesi (kg)
$F_{su}$	: Sulama maliyeti (\$/ha)	TCi	: i ürünü için giderler toplamı (\$/ha)
$F_t$	: Tohum fiyatı (\$/kg)	$T_g$	: Kullanılan gübre miktarı (kg/ha)
$F_v$	: Yağın birim fiyatı (\$/lt)	$T_{ik}$	: i ürünü için makinanın yıllık kullanım süresi (h/ha)
g	: İşlem sayısı (adet)	$T_{ii}$	: Kullanılan ilaç miktarı (kg/ha)
i	: Üretimi yapılacak ürün çeşidi sayısı (adet)	$TR_i$	: i ürününden elde edilen gelir (\$/ha)
j	: Üretimin gerçekleştirildiği periyot sayısı (adet)	$T_i$	: Kullanılan tohum miktarı (kg/ha)
$K_1$	: Traktör sayısı (adet)	U+L	: Yükleme boşaltma zamanı (1.2 h/ha)
$K_2$	: Mevsimlik işçi sayısı (adet)	$UP_i$	: i ürününün fiyatı (\$/kg)
LT	: Sistemin toplam işgücü gereksinimi (h)	v	: İlerleme hızı (km/h)
$Mgü_i$	: i ürünü için gübre gideri (\$/ha)	w	: İş genişliği (m)
$Mil_i$	: i ürünü için ilaç gideri (\$/ha)	X	: Yükleme oranı
$Miş_i$	: i ürünü için operatör gideri (\$/ha)	Y	: Yakıt etkinliği (lt/h.kW)
MKMG	: Maksimum kuyruk mili gücü (kW)	Yağ	: Yağ tüketimi (lt/h)
$Mm_i$	: i ürünü için mevsimlik işçi gideri (\$/ha)	Yak	: Yakıt tüketimi (lt/h)
$Msu_i$	: i ürünü için sulama gideri (\$/ha)	$Y_i$	: i ürününün verimi (kg/ha)
$Mtoh_i$	: i ürünü için tohum gideri (\$/ha)	ZC <sub>i</sub>	: i ürünü için diğer giderler (\$/ha)
$Myağ_i$	: i ürünü için yağ gideri (\$/ha)	$\sigma$	: İşgücü gereksiniminin standart sapması
$Myak_i$	: i ürünü için yakıt gideri (\$/ha)		
$Myük_i$	: i ürünü için yüklenici gideri (\$/ha)		

## EK LP denklem örneği

Set I Mevsimlik İşçi Dahil

Amaç Fonk Pi için Cmax= 743,47 X1+981,521 X2+530,575 X3+410,46 X4-10671+X5-1290 X6

Kısıtlar: Alan

X1+	X2+	X3	-X4	<=	155,6	<=	X1				
Alet-Makina											
3,925	X1	0	X2	0	X3	0	X4-	291,09	X5	<=	0
	+		+		+						
0,832	X1	11,596	X2	12,91	X3	0	X4-	111,68	X5	<=	0
	+		+		+						
0	X1	3,128	X2	1,814	X3	0	X4-	220,13	X5	<=	0
	+		+		+						
5,5	X1	2,695	X2	2,176	X3	19,122	X4-	162,07	X5	<=	0
	+		+		+						
0	X1	0,832	X2	1,058	X3	6,12	X4-	208,55	X5	<=	0
	+		+		+						
0	X1	0	X2	0	X3	0,293	X4-	216,1	X5	<=	0
	+		+		+						
0	X1	1,55	X2	0	X3	0	X4-	256,85	X5	<=	0
	+		+		+						
11,449	X1	4,002	X2	11,457	X3	3,15	X4-	319,69	X5	<=	0
	+		+		+						
İşçi											
0	X1+	0	X2+	0	X3	0	X4-	291,09	X6	<=	0
					+						
2	X1+	0	X2+	0	X3	0	X4-	111,68	X6	<=	0
					+						
0	X1+	376,	X2+	27,2	X3	0	X4-	220,13	X6	<=	0
		4			+						
0	X1+	0	X2+	0	X3	0	X4-	162,07	X6	<=	0
					+						
0	X1+	69,8	X2+	127	X3	179	X4-	208,55	X6	<=	0
					+						
0	X1+	29,2	X2+	127	X3	104	X4-	216,1	X6	<=	0
					+						
0	X1+	320,	X2+	0	X3	115,4	X4-	256,85	X6	<=	0
		7			+						
0	X1+	100	X2+	0	X3	0	X4-	319,69	X6	<=	0
					+						