

İnşaat Sektöründeki Üretim Planlamasına Bir Model Önerisi: Doğrusal Programlama Uygulaması

Ahmet ERGÜLEN^{1*}, Mustafa BÜYÜKKEKLİK²

¹Niğde Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü / NİĞDE

²Niğbaş, Niğde Beton Sanayi Anonim Şirketi / NİĞDE

Alınış tarihi:03.03.2009, Kabul tarihi:05.01.2010

Özet: Bu çalışmada, prefabrik yapı elemanları üretimi yapan bir işletmede, kısa dönemli üretim planlaması problemi ele alınmıştır. Problemin daha net anlaşılması için; önce işletme hakkında genel bir bilgi verilmiş, işletmenin ürünleri ve üretim süreçleri tanıtılmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda, problemin çözümüne yönelik, işletmenin kısıtlarını ve amaçlarını göz önünde bulunduran bir doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Birden çok amacın bulunduğu ve tamsayı değişkenlerin de kullanıldığı model, Lindo 6.01 sürümünde çözdürülerek, prefabrik yapı elemanları bölümünün 15 günlük üretim planlama çizelgesi hazırlanmıştır. Son olarak da, modelin çözüm sonuçları, işletmenin ilgili birimi tarafından daha önceden sezgisel olarak hazırlanan çizelgelerle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üretim Planlaması, Doğrusal Programlama, Prefabrik Yapı Elemanları Üretimi, Lindo

A Proposed Model for Production Planning in Construction Sector: Linear Programming Application

Abstract: This study deals with the problem of short term production planning in a business (company) which produces prefabricated construction items. In order to understand the problem better, firstly the business (company), its products and production process are introduced. Secondly according to these qualities of the business (company), a linear programming model, which takes the limits and ends of the business (company), is developed. A fifteen days production planning charts of division of prefabricated construction items department is prepared by applying the model with multiple ends and integer variables to Lindo 6.01. Finally the results of the model have been compared with the charts which are prepared intuitively by the relevant unit of the business.

Keywords: Production Planning, Linear Programming, Prefabrication Materials Manufacturing, Lindo

Giriş

İşletmelerde karşılaşılan karar problemlerinin çözümünde en fazla kullanılan kantitatif tekniklerin başında gelen doğrusal programlama modelleri, ilk uygulamalarının yapıldığı 1940'lı yıllardan beri, üretim planlama problemlerinin çözümü amacıyla çok sayıda çalışmada kullanılmıştır. (Karayılmaz ve Balaban, 2000), birden çok ürün tipinin üretildiği işletmelerde üretim planlama problemlerinden birisi olan, optimum ürün bileşiminin belirlenmesi (hangi tip üründen ne kadar üretileceği) problemi için bir doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Orman endüstrisinde bir işletme için kurdukları tamsayı doğrusal programlama modeli ile işletmenin belli bir dönem için hangi üründen ne miktarda üreteceği, ne miktarda satacağı, ne miktarda stoklayacağını üretim, satış, stok kısıtları uyarınca, optimum üretim planı ile satışlardan elde edilecek geliri maksimize edecek şekilde belirlemişlerdir. (Cankurt ve Konak, 2004), benzer bir ürün bileşimi problemini ziraat alanında tarla bitkileri için doğrusal programlama ile modellemişler; ekim alanı, işgücü ve sermaye kısıtı altında hangi tip tarla bitkisinden ne kadarlık alana ekildiği taktirde en az işgücü ve maliyet ile en yüksek karın elde edilebileceğini hesaplamışlardır. (Seçme, 2005) de, üç çeşit un üretilen bir işletmenin; aylık kazancını maksimize edebilmek için, hangi tip undan, ne zaman ve ne kadar üretmesi gerektiği şeklindeki üretim planlama problemine önce klasik doğrusal programlama

modeli ile sonrada belirli toleranslar eşliğinde bulanık doğrusal programlama modeli ile çözüm aramıştır. (Mezgit v.d., 1999), LPG, süper benzin, normal benzin, gazyağı gibi birden çok ürünün ham petrolden dönüştürülebildiği Batman Rafinerisinde, karı maksimize edebilecek bir ürün bileşimi için doğrusal programlama ile modelleme çalışması yapmışlar; belirli bir dönem için üretim programına yönelik hangi üründen ne kadar üretileceğini belirlemişlerdir. (Chen ve Wang , 1997), Kanada' da faaliyet gösteren entegre bir çelik üretim işletmesinde üretim ve dağıtım planlaması için doğrusal programlamayı kullanmışlardır. İşletmenin, birden çok fabrikadan oluşması, çok sayıda malzeme tedarikçisi ile çalışması, farklı coğrafik bölgelerde müşterilerinin olması ve müşterilerinin farklı üretim süreçlerinden ürünler (yarı mamul veya bitmiş ürün şeklinde) sipariş etmişlerdir. Bu sebeple etkileşimli bir malzeme akışının zorunlu olduğu, planlamanın çok önemli olduğu bu ortamda; işletmenin satın alma, üretim ve dağıtım ile ilgili problemlerini bütünleştirerek tek bir planlama altında modelleyen bir çalışma yapmışlardır. Doğrusal programlama yaklaşımıyla kurdukları modelin çözümüyle, işletmeye büyük finansal fayda sağlamışlardır. (Ergülen ve Gürbüz, 2006), enerji ve inşaat sektöründe faaliyet gösteren bir betonarme aydınlatma direk üreten işletmede: üretim kapasitesi, kalıp sayısı, tonaj ve işgücü kısıtları altında kapasitenin maksimum kullanılmasını mümkün kılan bir

doğrusal programlama modeli ile üretim planlamasını gerçekleştirmişlerdir. (Sabır, 2000), tekstil sektöründe bir iplik işletmesinde: proses sayısı, üretilen iplik çeşidi, kullanılan hammadde, stok düzeyleri, işgücü, fason üretim gibi parametreler ışığında belirli bir periyotta karı en büyüleyecek optimum üretim programını doğrusal programlama yaklaşımı ile belirlemiştir. (Gülenç ve Karabulut, 2005) ise, kapasitenin tam kullanılması, makine/tezgah/kalıp boş bekleme süresinin minimize edilmesi, fazla mesainin ve fason üretimin mümkün olduğunca azaltılması, stokların belli bir seviyeyi aşmaması, karın maksimize edilmesi gibi birden çok amacın olabileceği durumlarda etkin bir araç olan, doğrusal programlamanın uzantısı amaç programlama yaklaşımını kullanmışlardır. Bir lastik üretim işletmesinde, bir aylık dönemde üretilecek optimum ürün miktarını; belirli bir emniyet stoğu ile çalışılması, üretimin belirlenen miktarı geçmemesi, ayrılan stoklama alanının aşılması, işletme kapasitesinin tam kullanılması, normal mesaide (fazla mesai olmadan) işlerin tamamlanması ve lastik üretimi için ayrılan bütçenin aşılmaması hedefleri altında modellemiştir. Çalışma sonucunda, işletme hedefleri çerçevesinde bir aylık dönemde üretilecek optimum lastik miktarı belirlenmiştir. Literatürde, inşaat sektöründe üretim planlaması ile ilgili doğrusal programlama yaklaşımının kullanıldığı çalışmalar (Bircan ve Kartal, 2003); (Ergülen ve Gürbüz, 2006) olmasına rağmen; bunların sınırlı sayıda oldukları görülmüştür. Dolayısıyla, inşaat sektöründe faaliyet gösteren prefabrik yapı elemanları işletmesinde yapılan bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtılması

Doğrusal programlama yöntemi ile üretim planlama çalışmasının yapıldığı işletme, uzun yıllardır inşaat sektöründe faaliyet gösteren bir şirkettir. Kuruluş amacı betonarme aydınlatma direk üretimi olmasına rağmen, zaman içerisinde ürün portföyüne betonarme traversler, beton bordür, parke taşları, çit direkleri, öngerilmeli köprü kirişleri, hazır beton, prefabrik beton ürünler ve betonarme yapı elemanları üretimlerini de ekleyerek, entegre bir tesis haline gelmiştir.

Bu çalışma, sadece prefabrik yapı elemanları üretim bölümündeki planlama faaliyetlerini kapsamaktadır. Dolayısıyla, burada sadece prefabrik yapı elemanlarının teknik özelliklerinden ve üretim süreçlerinden bahsedilecektir.

Prefabrik yapı elemanları üretim bölümündeki planlama faaliyetleri için kurulacak doğrusal programlama modelinin hazırlanabilmesi için prefabrik yapı sistemini oluşturan elemanlar; Aşık Kirişleri, Çatı Makası Kirişleri, Oluk Kirişleri, Taşıyıcı Kolonlardır. Ayrıca, Prefabrik Yapı Elemanlarının Üretiminde Kullanılan Kalıplar ise; Aşık kirişi kalıpları, Çatı makası kirişi kalıpları, Oluk kirişi kalıpları, Taşıyıcı Kolon Kalıplarından oluşmaktadır.

Materyal ve Metod

İnşaat sektöründe faaliyet gösteren ve prefabrik yapı elemanları üretimi yapan işletmede, üretim planının amaçlara uygun olarak yapılması ve bu amaçlara

ulaşabilmek için bir çok kriteri en uygun değerlere taşıyarak optimum faydaya ulaşmak son derece önemlidir. Bu husus üretim planının hazırlanması, firmanın hedeflerine ulaşabilmesi için gerekli kararların en önemli basamaklarından biridir. Bu sebeple, işletmenin karar verme problemlerinden, kısa vadeli üretim planı için kalıpların çizelgelenmesi problemi seçilmiş ve çözüm yolu olarak da sayısal karar verme tekniklerinden biri olan doğrusal programlama yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

Problemin Belirlenmesi

İşletmede yapılan gözlemlerde, siparişi alınan bina sistemlerinin projelendirme aşamasından sonra kısa dönemli üretim planlarının sezgisel olarak yapıldığı gözlemlenmiştir. Üretime verilen imalat projelerinden sonra, üretim şefinin, bu imalat projelerindeki üretilecek elemanları boş kalıplara ürün bazında yüklediği ve bu yüklemeyi yaparken üretim planına genelde hakim olamadığı, bu sebeple de müşterinin termin tarihlerinin, günlük iş gücü kapasitesinin dikkate alınmadığı; yapılan planlamanın sadece kalıpların doluluklarına yönelik bir çizelgeleme olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, bazı günler kalıpların boş kalmaması adına iş gücü yeterliliğine rağmen fazla mesailerin yapıldığı, bunun yanında üç gün sonrasında ise üretilecek ürün kalmaması sebebiyle iş gücünün atıl kaldığı ve en önemlisi de zamanından çok önce üretilen elemanlar için bir finansman gideri ve stok maliyeti oluştuğu tespit edilmiştir. Ayrıca, mevcut yöntemlere göre üretim planının hazırlanması ve planda yapılacak herhangi bir revizyonun üretim planına aktarılarak çizelgelenmesinin çok zaman aldığı gözlemlenmiştir.

Yukarıda ifade edildiği gibi, işletmede mevcut durumda yapılan bu sezgisel planlamanın bazı amaçları gerçekleştirdiği; bazılarını ise gerçekleştirmekten çok uzak olduğu açıkça görülmektedir. Bu sebeplerle, işletmede üretim planlamasının sistematik ve optimumu arayan bir teknik olan doğrusal programlama yöntemi ile modellenmesine karar verilmiştir.

Üretim planı modelleme çalışması Mayıs 2007'nin ikinci yarısı için yapılmıştır. Üretim planının hazırlanmasında kullanılması gereken müşteri termin tarihleri ve bina sistem bilgileri, işletmenin kapasiteleri ile ilgili veriler işletmeden alınmıştır. Mayıs 2007 için, çalışmanın yapıldığı işletmenin sözleşmesini yaparak üretimini ve montajını yapmayı taahhüt ettiği üç ayrı bina sistemi bulunmaktadır. Bu bina sistemlerini birbirlerinden ayırt etmek için müşteri isimlerinin kullanıldığı, bina (ürün) kodları ve termin tarihleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.1. Müşteriler ve Termin Tarihleri

Sıra	Müşteri Adı	Kodu	Yeri	Termin Tarihi
1-	Munar Gıda	MNR	Sivas	23.05.2007
2-	Ezma Gıda	EZM	Ankara	24.05.2007
3-	Işıl Tekstil	ISL	Niğde	28.05.2007

Bu müşterilere ait bina sistemlerinde bulunan prefabrik yapı elemanları aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 3.2. Müşterilere ait Bina Sistemleri Prefabrik Yapı Elemanları Listesi

Müşteri Kodu	Prefabrik Eleman	Kodu	Bina Sistemindeki Sayısı
MNR	Aşık Kirişi	AK	216
MNR	Oluk Kirişi	OK	27
MNR	Çatı Makası	CM	20
MNR	Kolon	KL	30
ISL	Aşık Kirişi	AK	192
ISL	Oluk Kirişi	OK	24
ISL	Çatı Makası	CM	18
ISL	Kolon	KL	27
EZM	Aşık Kirişi	AK	112
EZM	Oluk Kirişi	OK	8
EZM	Çatı Makası	CM	5
EZM	Kolon	KL	10

Üretim planının 14 Mayıs 2007 tarihinden başlayacağı kabulü hafta tatili olan Pazar günlerinin dahil edilmediği tarihler ve karşılık gelen başlangıç gününe göre planlama dönemi aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.3. Üretim Planlama Çizelgesi Tarih/Gün Tablosu

Gün	Tarihler
1	14.05.2007
2	15.05.2007
3	16.05.2007
4	17.05.2007
5	18.05.2007
6	19.05.2007
7	21.05.2007
8	22.05.2007
9	23.05.2007
10	24.05.2007
11	25.05.2007
12	26.05.2007
13	28.05.2007
14	29.05.2007
15	30.05.2007

Kurulacak doğrusal programlama modelinde kullanılacak, işletmenin prefabrik yapı elemanları üretim sürecinin kıt kaynakları (çelik kalıplar ve iş gücü) ile ilgili veriler aşağıdaki gibidir:

Çelik Kalıplar: İşletmenin elinde bulunan, her bir ürün grubuna ait, kalıp sayıları birbirinden farklıdır. Tablo 3.4'te bu sayılar verilmiştir.

Tablo 3.4. Kalıp Sayıları

Prefabrik Yapı Elemanları	Eleman Kodları	Çelik Kalıp Sayıları
Aşık Kirişleri	AK	6
Oluk Kirişleri	OK	5
Çatı Makasları	CM	4
Kolonlar	KL	6

İş Gücü İhtiyaçları ve Kapasite: Daha önce yapılmış zaman etüdü verilerine göre oluşturulmuş işgücü ihtiyaçları tablosu aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.5. İş Gücü İhtiyaçları

Prefabrik Yapı Elemanları	Eleman Kodları	İş Gücü İhtiyacı
Aşık Kirişleri	AK	6 (adamxsaat/gün)
Oluk Kirişleri	OK	3 (adamxsaat/gün)
Çatı Makasları	CM	12 (adamxsaat/gün)
Kolonlar	KL	9 (adamxsaat/gün)

İşletmede prefabrik yapı elemanları üretim bölümünde kadrolu olarak çalışan 61 işçi bulunmaktadır. Günde bir vardiya ve vardiyada 7,5 saat fiili çalışıldığından günlük iş gücü kapasitesi 457,5 adamxsaat/gün olarak hesaplanmıştır. İşletme tarafından yapılan çalışmalar neticesinde bulunan fiili verimlilik oranının ortalama %87,5 olduğu dikkate alındığında, işletmenin işgücü kapasitesinin yaklaşık 400 adamxsaat/gün alınmasının daha doğru olacaktır. Ayrıca, prefabrik üretim bölümü dışındaki üretim hollerinde de taşeron işçiler çalıştırılmaktadır. Bu işçiler de istenildiği takdirde, prefabrik üretim bölümünde saat ücreti ile çalıştırılabilmektedir. Ancak, taşeron işçilerin maliyetleri karşılaştırıldığında fazla mesai ücreti verilmeden çalıştırılan kadrolu işçilere göre daha yüksek maliyetli, kadrolu işçilerin fazla mesai maliyetlerine göre ise daha düşük maliyetli olduğu görülmektedir. Sebebi, taşeron işçilerinin asgari ücrete göre hesaplanan maliyetlerinin üzerine taşeron karının da eklenmesidir. Dolayısıyla, her durumda, kadrolu işçileri mesai saatleri içinde verimli çalıştırmak, taşeron işçisi çalıştırmaktan veya fazla mesai yaptırmaktan daha ekonomiktir.

Problemin Doğrusal Programlama Modelinin Geliştirilmesi

Kurulacak doğrusal programlama modeli ile, proje servisi tarafından üretim projeleri hazırlanan ve üretime alınan prefabrik yapı elemanlarının üretim planının, işletme politikası ve müşteri memnuniyetini ön planda tutarak öncelikle müşteri termin sürelerine olabildiğince uyabilmesinin sağlanması, daha sonra ise iş gücü kapasitesinin mümkün olduğunca aşılmadan (taşeron işçisi kullanılmadan veya fazla mesai yapılmadan) optimum kullanılması ve son olarak da kalıpların mümkün olduğunca doluluğunun sağlanması amaçlanmaktadır. İşletmenin prefabrik yapı elemanları üretim planlaması için, bu çalışmada önerilen genel doğrusal programlama modeli ve modelde kullanılan indis ve parametreler aşağıdaki gibidir.

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } P_a \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K TE_{ik} + P_{a+1} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K IS_{jk} + P_{a+2} \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N kX_{ijkn_j}$$

Sınırlayıcı Şartlar

$$\sum_{i=1}^I X_{ijkn_j} \leq 1 \quad \forall n_j, \quad \forall j, \quad \forall k \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N X_{ijkn_j} = X_{ij} S \quad \forall i, \quad \forall j \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N kX_{ijkn_j} - KA \leq 0 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N IS_j X_{ijkn_j} - IS_j k \leq ISK \quad \forall j \quad \forall k \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K IS_{jk} - TOPIS \leq 0 \quad (5)$$

$$T_i = \begin{cases} \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N X_{ijkn_j} - TE_{ik} \leq 0 & k \leq T_i \\ \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N (k - T_i) X_{ijkn_j} - TE_{ik} \leq 0 & k > T_i \end{cases} \quad \forall i \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K TE_{ik} - TOPTE \leq 0 \quad (7)$$

Pozitiflik Şartı

$$X_{ijkn} \in \{0,1\}$$

İndisler:

- i Müşteriler (i=1,2,...,I)
j Ürün Grupları (j=1,2,...,J)
k Gün (k=1,2,...,K)
n_j j. Grup ürüne ait kalıp sayısı/numarası (n_j=1,2,...,N_j)
a Amaçlar (a=1,2,...,A)

Karar Değişkenlerinin ve Parametrelerin Tanımlanması: Modellemenin yapıldığı problemde farklı tipte prefabrik sistem talep eden 3 müşteri; aşık kirişi, çatı makası, oluk kirişi ve taşıyıcı kolon olmak üzere 4 ürün grubu; 15 günlük üretim planlama periyodu ve ilgili ürün gruplarına ait çelik kalıp sayıları (örneğin aşık kirişi kalıbı sayısı 6 iken; oluk kirişi kalıp sayısı 5 dir.) söz konusudur. Problemde kalıpların yüklenip yüklenmemesi durumuna göre optimum çözüm aranacağından karar değişkeni 0–1 değişken olarak tanımlanmamıştır. Bunlara ait parametre ve karar değişkenlerinin tanımlaması aşağıda yapılmıştır:

İndisler:

- i Müşteriler (i=1,2,3)
j Ürün grupları (j=1,2,3,4)
k Gün (k=1,2,...,15)
n₁ Aşık kirişlerine (1. tip ürün grubuna) ait kalıp numaraları (n=1,2,...6)
n₂ Oluk kirişlerine (2. tip ürün grubuna) ait kalıp numaraları (n=1,2,...5)
n₃ Çatı makaslarına (3. tip ürün grubuna) ait kalıp numaraları (n=1,2,...4)
n₄ Taşıyıcı kolonlara (4. tip ürün grubuna) ait kalıp numaraları (n=1,2,...6)

Karar Değişkenleri ve Parametreler

$$X_{ijkn} = \begin{cases} 1 & i. \text{müşterinin } j. \text{ürün grubunun } k. \text{günde} \\ & n. \text{kalıpta } a \text{ üretilmesi durumu} \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

TE_{ik} i. müşterinin ürününün k. gün kalıba yüklenmesinin ceza katsayısı

IS_{jk} j. grup ürünün k. gün üretilmesi ile oluşan işçilik ceza katsayısı

P_a a amacı için atanan öncelik faktörü (P_a>>>P_{a+1})

X_{ij}S i. müşterinin j. ürün grubunun sayısı

T_i i. müşterinin termin tarihine karşılık gelen gün sayısı

KA Boş kalan kalıp cezaları toplamı

ISK Günlük iş gücü kapasitesi (adamxsaat)

IS_j J grubu ürünlerden bir adet üretmek için gerekli işgücü miktarı (adamxsaat)

Sınırlayıcı Şartların Formüle Edilmesi

[1] **Sınırlar Seti:** Her bir kalıpta ancak bir müşterinin sadece bir ürününün üretilmesini sağlayan sınırlar:

$$\sum_{i=1}^I X_{i,AK,1,1} \leq 1 \quad (i=1,2,3)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{i,AK,1,2} \leq 1 \quad (i=1,2,3)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{i,AK,1,3} \leq 1 \quad (i=1,2,3)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{i,AK,1,N_j} \leq 1 \quad (i=1,2,3)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{i,AK,2,1} \leq 1 \quad (i=1,2,3)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{i,AK,2,2} \leq 1 \quad (i=1,2,3)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{i,AK,2,3} \leq 1 \quad (i=1,2,3)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{i,AK,2,N_j} \leq 1 \quad (i=1,2,3)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{i,AK,K,n_j} \leq 1 \quad (i=1,2,3)$$

Aynı sınırlar seti OK, CM, KL ürünleri için de yazılmalıdır.

[2]**Sınırlar Seti:** Her müşterinin prefabrik yapı sisteminin içerdiği ürün sayısından fazla veya eksik üretim yapılmamasını sağlayan sınırlar:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N X_{1,AK,k,n_j} = X_{1,AK} S$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N X_{2,AK,k,n_j} = X_{2,AK} S$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N X_{3,AK,k,n_j} = X_{3,AK} S$$

Aynı sınırlar OK, CM, KL ürünleri içinde yazılmalıdır.

[3]**Sınırlar Seti:** Kalıpların mümkün olduğunca boş kalmamasını sağlayan sınırlar:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N kX_{i,j,k,n_j} - KA \leq 0$$

Bu sınırlar seti ile kalıp yüklemelerine planlanacağı gün katsayısı kadar ceza verilmekte ve “KA” değişkeninde ceza puanları toplanmaktadır. Amaç fonksiyonundaki “min KA” ifadesi ile de kalıpların mümkün olduğunca erken yüklenmeleri sağlanmaktadır.

[4]**Sınırlar Seti:** İş gücünün mümkün olduğunca verimli kullanılmasını sağlayan sınırlar:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N IS_{AK} X_{i,AK,1,n_j} - IS_{AK} 1 \leq ISK$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N IS_{AK} X_{i,AK,2,n_j} - IS_{AK} 2 \leq ISK$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N IS_{AK} X_{i,AK,K,n_j} - IS_{AK} K \leq ISK$$

Bu sınırlar OK, CM, KL ürünleri içinde yazılmalıdır.

[5]**Sınırlar Seti:**

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K IS_{jk} - TOPIS \leq 0$$

Bu sınırlar seti ile günlük işgücü kapasitesinden fazla yapılan üretime ilave iş gücü miktarı kadar ceza verilmekte ve “TOPIS” değişkeninde ceza puanları toplanmaktadır. Amaç fonksiyonundaki “min TOPIS” ifadesi ile de mümkün olduğunca fazla mesaiye ihtiyaç duyulmaması, işgücünün max verimlilikte sağlanması sağlanmaktadır.

[6]**Sınırlar Seti:** Müşteri termin tarihlerinin mümkün olduğunca aşılmamasını sağlayan sınırlar:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N X_{1,j,1,n_j} - TE_{1,1} \leq 0$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N X_{1,j,2,n_j} - TE_{1,2} \leq 0$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N X_{1,j,T_i,n_j} - TE_{1,T_i} \leq 0$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 1X_{1,j,(T_i+1),n_j} - TE_{1,(T_i+1)} \leq 0$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 2X_{1,j,(T_i+2),n_j} - TE_{1,(T_i+2)} \leq 0$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N (K - T_1)X_{1,j,K,n_j} - TE_{1,K} \leq 0$$

Aynı sınırlar 2. ve 3. müşteriler içinde yazılmalıdır.

[7]**Sınırlar Seti**

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K TE_{i,k} - TOPTE \leq 0$$

Bu sınırlar seti ile müşterinin termin tarihine denk gelen günden sonraki günler için ceza verilmekte ve “TOPTE” değişkeninde ceza puanları toplanmaktadır. Amaç fonksiyonundaki “min TOPTE” ifadesi ile de mümkün olduğunca termin tarihlerinin aşılmaması sağlanmaktadır.

Amaç Fonksiyonunun Formüle Edilmesi:

İşletmenin en önemli amacı müşteri termin tarihlerine mümkün olduğunca uyabilmektir. İşletme için bu amaç her türlü maliyet artışından daha önemlidir. İşletmenin ikinci amacı, müşteri termin tarihlerine, işgücü maliyetlerini verimli kullanarak ve en ekonomik şekilde uyabilmektir. İşletmenin üçüncü amacı ise müşteri termin tarihlerine verimli bir işçilik çalışması ile mümkün olduğunca uyarken prefabrik yapı elemanları kalıp durumlarını da olabildiğince gözetmek ve kalıpların boş kalmamasını sağlamaktır.

İşletmenin öncelikli amacı, 7. sınırlar seti ile sağlanmaya çalışılan müşteri termin tarihi konusu olduğu için amaç fonksiyonunda en büyük katsayısı “TOPTE” değişkeni almalıdır. İşletmenin ikinci öncelikli hedefi olan iş gücü konusu 5. sınırlar seti ile sağlanmaya çalışılmıştır ve ikinci büyük katsayısı “TOPIS” almalıdır. Son olarak işletmenin üçüncü ve son hedefi olan kalıp sayılarının mümkün olduğunca boş bırakılmaması konusunda ise 3. sınırlar setinin amaç fonksiyonunda yer alacak değişkeninin her hangi bir katsayı ile çarpılmasına gerek yoktur. Sonuç olarak, amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$Z_{Min} = 1000000TOPTE + 1000TOPIS + KA$$

Doğrusal Programlama Modelinin Çözümü

İşletmenin prefabrik yapı elemanları üretim bölümünün üretim planlama problemi için önerilen doğrusal programlama modelinin çözdürülebilmesi için Lindo Paket programına yazılacak açık hali, Microsoft Excel Paket Programında Visual Basic tabanlı makroların kullanılması ile hazırlanmıştır.

Tablo 3.6. “1” Değerini Alan Karar Değişkenlerine ait Çözüm Tablosu

EZMAK24	: 1	ISLAK93	: 1
EZMAK25	: 1	ISLAK94	: 1
EZMAK26	: 1	ISLCM101	: 1
EZMAK31	: 1	ISLCM102	: 1
EZMAK32	: 1	ISLCM103	: 1
EZMAK54	: 1	ISLCM104	: 1
EZMAK55	: 1	ISLCM111	: 1
EZMAK56	: 1	ISLCM113	: 1
EZMAK72	: 1	ISLCM114	: 1
EZMAK81	: 1	ISLCM22	: 1
EZMAK82	: 1	ISLCM23	: 1
EZMAK83	: 1	ISLCM32	: 1
EZMAK84	: 1	ISLCM33	: 1
EZMAK95	: 1	ISLCM41	: 1
EZMCM21	: 1	ISLCM42	: 1
EZMCM24	: 1	ISLCM43	: 1
EZMCM63	: 1	ISLCM52	: 1
EZMCM64	: 1	ISLCM61	: 1
EZMCM84	: 1	ISLCM62	: 1
EZMKL24	: 1	ISLKM94	: 1
EZMKL25	: 1	ISLKL101	: 1
EZMKL26	: 1	ISLKL102	: 1
EZMKL31	: 1	ISLKL103	: 1
EZMKL55	: 1	ISLKL104	: 1
EZMKL66	: 1	ISLKL105	: 1
EZMKL81	: 1	ISLKL106	: 1
EZMKL82	: 1	ISLKL11	: 1
EZMKL83	: 1	ISLKL111	: 1
EZMKL94	: 1	ISLKL112	: 1
EZMOK23	: 1	ISLKL113	: 1
EZMOK24	: 1	ISLKL114	: 1
EZMOK25	: 1	ISLKL115	: 1
ISLOK121	: 1	MNRKM93	: 1
ISLOK122	: 1	MNRKL16	: 1
ISLOK124	: 1	MNRKL21	: 1
ISLOK125	: 1	MNRKL22	: 1
ISLOK41	: 1	MNRKL23	: 1
ISLOK42	: 1	MNRKL32	: 1
ISLOK43	: 1	MNRKL33	: 1
ISLOK54	: 1	MNRKL34	: 1
ISLOK55	: 1	MNRKL35	: 1
ISLOK73	: 1	MNRKL42	: 1
ISLOK74	: 1	MNRKL43	: 1
ISLOK91	: 1	MNRKL44	: 1
MNRAK11	: 1	MNRKL45	: 1
MNRAK15	: 1	MNRKL46	: 1
MNRAK16	: 1	MNRKL51	: 1
MNRAK21	: 1	MNRKL54	: 1
MNRAK22	: 1	MNRKL56	: 1
MNRAK23	: 1	MNRKL61	: 1
MNRAK33	: 1	MNRKL62	: 1
MNRAK34	: 1	MNRKL63	: 1
MNRAK35	: 1	MNRKL71	: 1
MNRAK43	: 1	MNRKL72	: 1
MNRAK44	: 1	MNRKL73	: 1
MNRAK45	: 1	MNRKL74	: 1
MNRAK46	: 1	MNRKL75	: 1
MNRAK51	: 1	MNRKL84	: 1
MNRAK61	: 1	MNRKL85	: 1
MNRAK62	: 1	MNRKL86	: 1
MNRAK63	: 1	MNRKL91	: 1
MNRAK71	: 1	MNRKL95	: 1
MNRAK73	: 1	MNRKL96	: 1
MNRAK74	: 1	MNROK13	: 1
MNRAK75	: 1	MNROK14	: 1

MNRAK75	: 1	MNROK14	: 1
MNRAK76	: 1	MNROK15	: 1
MNRAK85	: 1	MNROK21	: 1
MNRAK86	: 1	MNROK22	: 1
MNRAK91	: 1	MNROK32	: 1
MNRAK92	: 1	MNROK33	: 1
MNRAK96	: 1	MNROK34	: 1
MNRKM11	: 1	MNROK35	: 1
MNRKM12	: 1	MNROK44	: 1
MNRKM13	: 1	MNROK45	: 1
MNRKM14	: 1	MNROK51	: 1
MNRKM31	: 1	MNROK52	: 1
MNRKM34	: 1	MNROK53	: 1
MNRKM44	: 1	MNROK63	: 1
MNRKM51	: 1	MNROK64	: 1
MNRKM53	: 1	MNROK65	: 1
MNRKM54	: 1	MNROK71	: 1
MNRKM71	: 1	MNROK72	: 1
MNRKM72	: 1	MNROK75	: 1
MNRKM73	: 1	MNROK81	: 1
MNRKM74	: 1	MNROK82	: 1
MNRKM81	: 1	MNROK83	: 1
MNRKM82	: 1	MNROK84	: 1
MNRKM83	: 1	MNROK85	: 1
MNRKM91	: 1	MNROK94	: 1
MNRKM92	: 1	MNROK95	: 1
EZMOK31	: 1	ISLKL116	: 1
EZMOK61	: 1	ISLKL12	: 1
EZMOK62	: 1	ISLKL126	: 1
EZMOK92	: 1	ISLKL13	: 1
EZMOK93	: 1	ISLKL14	: 1
ISLAK101	: 1	ISLKL15	: 1
ISLAK102	: 1	ISLKL36	: 1
ISLAK103	: 1	ISLKL41	: 1
ISLAK104	: 1	ISLKL52	: 1
ISLAK105	: 1	ISLKL53	: 1
ISLAK106	: 1	ISLKL64	: 1
ISLAK111	: 1	ISLKL65	: 1
ISLAK112	: 1	ISLKL76	: 1
ISLAK113	: 1	ISLKL92	: 1
ISLAK114	: 1	ISLKL93	: 1
ISLAK116	: 1	ISLOK101	: 1
ISLAK12	: 1	ISLOK102	: 1
ISLAK13	: 1	ISLOK103	: 1
ISLAK14	: 1	ISLOK104	: 1
ISLAK36	: 1	ISLOK105	: 1
ISLAK41	: 1	ISLOK11	: 1
ISLAK42	: 1	ISLOK111	: 1
ISLAK52	: 1	ISLOK112	: 1
ISLAK53	: 1	ISLOK113	: 1
ISLAK64	: 1	ISLOK114	: 1
ISLAK65	: 1	ISLOK115	: 1
ISLAK66	: 1	ISLOK12	: 1

Tablo 3.6.’daki çözümler, hangi müşterinin hangi prefabrik elemanın, hangi kalıpta, planlama dönemi içerisinde hangi gün üretileceğini göstermektedir. Örneğin, “EZMAK24” değişkeninin “1” değerini alması; Ezme Gıda (EZM) müşterisinin Aşık Kirişi (AK) elemanlarının planlama döneminin ikinci (2) gününde, Aşık Kirişlerine ait dördüncü (4) kalıpta üretileceği göstermektedir.

Doğrusal Programlama Modelinin Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Lindo paket programında modelin çözdürülmesi ile elde edilen yukarıdaki sonuçların, yine Microsoft Excel programı altında çalışan Visual Basic tabanlı makrolar ile yapılan kalıp yükleme iş/gün çizelgelemesi yapılmıştır. Yapılan üretim planı çizelgelemesi aşağıdaki gibi üç grupta değerlendirilmiştir ve Tablo 3.7’de gösterilmiştir. Prefabrik Yapı Elemanları Üretim Planı (Müşteri Bazında): Aşağıdaki çizelgelemeye bakıldığında Lindo paket programında çözdürülen matematiksel modelin öncelikli amacımız olan müşteri termin tarihlerine uygun bir planlama yaptığı görülmektedir. Munar Gıda firmasına ait prefabrik yapı elemanlarının üretiminin Munar Gıda’nın üretim termin tarihi olan 23 Mayıs 2007 tarihinde tamamlandığı, Işıl Tekstil ve Ezme Gıda firmalarına ait eleman üretimlerinin ise termin tarihlerinden bir gün önce tamamlandığı gözlemlenmektedir.

Tablo 3.7. Müşteriler Bazında Üretim Planı Çizelgesi Prefabrik Yapı Elemanları Üretim Planı

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			14.05.2007	15.05.2007	16.05.2007	17.05.2007	18.05.2007	19.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	1	2	3	4	5	6
MNR	AK	1	8	8			8	8
MNR	AK	2		8				8
MNR	AK	3		8	8	8		8
MNR	AK	4			8	8		
MNR	AK	5	8		8	8		
MNR	AK	6	8			8		
MNR	OK	1		1			1	
MNR	OK	2		1	1		1	
MNR	OK	3	1		1		1	1
MNR	OK	4	1		1	1		1
MNR	OK	5	1		1	1		1
MNR	CM	1	1		1		1	
MNR	CM	2	1					
MNR	CM	3	1				1	
MNR	CM	4	1		1	1	1	
MNR	KL	1		1			1	1
MNR	KL	2		1	1	1		1
MNR	KL	3		1	1	1		1
MNR	KL	4			1	1	1	
MNR	KL	5			1	1		
MNR	KL	6	1			1	1	
ISL	AK	1				8		
ISL	AK	2	8			8	8	
ISL	AK	3	8				8	
ISL	AK	4	8					8
ISL	AK	5						8
ISL	AK	6			8			8
ISL	OK	1	1			1		

ISL	OK	2	1			1		
ISL	OK	3				1		
ISL	OK	4					1	
ISL	OK	5					1	
ISL	CM	1				1		1
ISL	CM	2		1	1	1	1	1
ISL	CM	3		1	1	1		
ISL	CM	4						
ISL	KL	1	1			1		
ISL	KL	2	1				1	
ISL	KL	3	1				1	
ISL	KL	4	1					1
ISL	KL	5	1					1
ISL	KL	6			1			
EZM	AK	1				8		
EZM	AK	2				8		
EZM	AK	3						
EZM	AK	4		8				8
EZM	AK	5		8				8
EZM	AK	6		8				8
EZM	OK	1				1		1
EZM	OK	2						1
EZM	OK	3		1				
EZM	OK	4		1				
EZM	OK	5		1				
EZM	CM	1		1				
EZM	CM	2						
EZM	CM	3						1
EZM	CM	4		1				1
EZM	KL	1				1		
EZM	KL	2						
EZM	KL	3						
EZM	KL	4		1				
EZM	KL	5		1				1
EZM	KL	6		1				1
TOPLAMLAR			63	63	63	63	63	63

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			21.05.2007	22.05.2007	23.05.2007	24.05.2007	25.05.2007	26.05.2007
FİR-MA	Ü-RÜN	KA-LIP	7	8	9	10	11	12
MNR	AK	1	8		8			
MNR	AK	2			8			
MNR	AK	3	8					
MNR	AK	4	8					
MNR	AK	5	8	8				
MNR	AK	6	8	8	8			
MNR	OK	1	1	1				
MNR	OK	2	1	1				
MNR	OK	3		1				
MNR	OK	4		1	1			
MNR	OK	5	1	1	1			
MNR	CM	1	1	1	1			
MNR	CM	2	1	1	1			
MNR	CM	3	1	1	1			
MNR	CM	4	1					
MNR	KL	1	1		1			
MNR	KL	2	1					
MNR	KL	3	1					
MNR	KL	4	1	1				
MNR	KL	5	1	1	1			
MNR	KL	6		1	1			
ISL	AK	1				8	8	
ISL	AK	2				8	8	
ISL	AK	3			8	8	8	
ISL	AK	4			8	8	8	
ISL	AK	5				8		
ISL	AK	6				8	8	
ISL	OK	1			1	1	1	1
ISL	OK	2				1	1	1
ISL	OK	3	1			1	1	
ISL	OK	4	1			1	1	1
ISL	OK	5				1	1	1
ISL	CM	1				1	1	
ISL	CM	2				1		
ISL	CM	3				1	1	
ISL	CM	4			1	1	1	
ISL	KL	1				1	1	
ISL	KL	2			1	1	1	
ISL	KL	3			1	1	1	
ISL	KL	4				1	1	
ISL	KL	5				1	1	
ISL	KL	6	1			1	1	1
EZM	AK	1		8				
EZM	AK	2	8	8				
EZM	AK	3		8				
EZM	AK	4		8				
EZM	AK	5			8			

EZM	AK	6						
EZM	OK	1						
EZM	OK	2				1		
EZM	OK	3				1		
EZM	OK	4						
EZM	OK	5						
EZM	CM	1						
EZM	CM	2						
EZM	CM	3						
EZM	CM	4				1		
EZM	KL	1				1		
EZM	KL	2				1		
EZM	KL	3				1		
EZM	KL	4					1	
EZM	KL	5						
EZM	KL	6						
TOPLAMLAR			63	63	63	63	54	5

Tablo 3.8'de ifade edildiği gibi, düşünülen model sisteminde ikinci öncelikli olan işgücünün verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayacak biçimde bir planlama yapılmıştır. 25 ve 26 Mayıs tarihleri hariç; günlük 400 adamxsaat olan iş gücü kapasitesinin altında bir ihtiyaç çıkmamaktadır. (Çünkü bu tarihlerde kapasiteyi dolduracak kadar üretilebilecek eleman bulunmamaktadır. Günlük 5 adamxsaat'lik bir işgücü açığı, taşerondan rahatlıkla temin edilebilecektir.)

Tablo 3.8. Kullanılacak İşgücü Bazında Üretim Planı Çizelgesi

Prefabrik Yapı Elemanları İşgücü Planı

KALIP YÜKLEME İŞGÜCÜ İHTİYAÇLARI			14.05.2007	15.05.2007	16.05.2007	17.05.2007	18.05.2007	19.05.2007
FİR-MA	Ü-RÜN	KA-LIP	1	2	3	4	5	6
MNR	AK	1	48	48			48	48
MNR	AK	2		48				48
MNR	AK	3		48	48	48		48
MNR	AK	4			48	48		
MNR	AK	5	48		48	48		
MNR	AK	6	48			48		
MNR	OK	1		3			3	
MNR	OK	2		3	3		3	
MNR	OK	3	3		3		3	3
MNR	OK	4	3		3	3		3
MNR	OK	5	3		3	3		3
MNR	CM	1	12		12		12	
MNR	CM	2	12					
MNR	CM	3	12				12	
MNR	CM	4	12		12	12	12	
MNR	KL	1		9			9	9

MNR	KL	2		9	9	9		9
MNR	KL	3		9	9	9		9
MNR	KL	4			9	9	9	
MNR	KL	5			9	9		
MNR	KL	6	9			9	9	
ISL	AK	1				48		
ISL	AK	2	48			48	48	
ISL	AK	3	48				48	
ISL	AK	4	48					48
ISL	AK	5						48
ISL	AK	6			48			48
ISL	OK	1	3			3		
ISL	OK	2	3			3		
ISL	OK	3				3		
ISL	OK	4					3	
ISL	OK	5					3	
ISL	CM	1				12		12
ISL	CM	2		12	12	12	12	12
ISL	CM	3		12	12	12		
ISL	CM	4						
ISL	KL	1	9			9		
ISL	KL	2	9				9	
ISL	KL	3	9				9	
ISL	KL	4	9					9
ISL	KL	5	9					9
ISL	KL	6			9			
EZM	AK	1			48			
EZM	AK	2			48			
EZM	AK	3						
EZM	AK	4		48			48	
EZM	AK	5		48			48	
EZM	AK	6		48			48	
EZM	OK	1			3			3
EZM	OK	2						3
EZM	OK	3		3				
EZM	OK	4		3				
EZM	OK	5		3				
EZM	CM	1		12				
EZM	CM	2						
EZM	CM	3						12
EZM	CM	4		12				12
EZM	KL	1			9			
EZM	KL	2						
EZM	KL	3						
EZM	KL	4		9				
EZM	KL	5		9			9	
EZM	KL	6		9				9
TOPLAMLAR			405	405	405	405	405	405

KALIP YÜKLEME İŞGÜCÜ İHTİYAÇLARI			21.05.2007	22.05.2007	23.05.2007	24.05.2007	25.05.2007	26.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	7	8	9	10	11	12
MNR	AK	1	48		48			
MNR	AK	2			48			
MNR	AK	3	48		0			
MNR	AK	4	48		0			
MNR	AK	5	48	48	0			
MNR	AK	6	48	48	48			
MNR	OK	1	3	3	0			
MNR	OK	2	3	3	0			
MNR	OK	3		3	0			
MNR	OK	4		3	3			
MNR	OK	5	3	3	3			
MNR	CM	1	12	12	12			
MNR	CM	2	12	12	12			
MNR	CM	3	12	12	12			
MNR	CM	4	12		0			
MNR	KL	1	9		9			
MNR	KL	2	9		0			
MNR	KL	3	9		0			
MNR	KL	4	9	9	0			
MNR	KL	5	9	9	9			
MNR	KL	6		9	9			
ISL	AK	1				48	48	
ISL	AK	2				48	48	
ISL	AK	3			48	48	48	
ISL	AK	4			48	48	48	
ISL	AK	5				48		
ISL	AK	6				48	48	
ISL	OK	1			3	3	3	3
ISL	OK	2				3	3	3
ISL	OK	3	3			3	3	
ISL	OK	4	3			3	3	3
ISL	OK	5				3	3	3
ISL	CM	1				12	12	
ISL	CM	2				12		
ISL	CM	3				12	12	
ISL	CM	4			12	12	12	
ISL	KL	1				9	9	
ISL	KL	2			9	9	9	
ISL	KL	3			9	9	9	
ISL	KL	4				9	9	
ISL	KL	5				9	9	
ISL	KL	6	9			9	9	9
EZM	AK	1		48		0		
EZM	AK	2	48	48		0		
EZM	AK	3		48		0		
EZM	AK	4		48		0		

EZM	AK	5			48	0		
EZM	AK	6				0		
EZM	OK	1				0		
EZM	OK	2			3	0		
EZM	OK	3			3	0		
EZM	OK	4				0		
EZM	OK	5				0		
EZM	CM	1				0		
EZM	CM	2				0		
EZM	CM	3				0		
EZM	CM	4		12		0		
EZM	KL	1		9		0		
EZM	KL	2		9		0		
EZM	KL	3		9		0		
EZM	KL	4			9	0		
EZM	KL	5				0		
EZM	KL	6				0		
TOPLAMLAR			405	405	405	405	345	21

KALIP YÜKLEME İŞGÜCÜ İHTİYAÇLARI			28.05.2007	29.05.2007	30.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	13	14	15
MNR	AK	1			0
MNR	AK	2			0
MNR	AK	3			0
MNR	AK	4			0
MNR	AK	5			0
MNR	AK	6			0
MNR	OK	1			0
MNR	OK	2			0
MNR	OK	3			0
MNR	OK	4			0
MNR	OK	5			0
MNR	CM	1			0
MNR	CM	2			0
MNR	CM	3			0
MNR	CM	4			0
MNR	KL	1			0
MNR	KL	2			0
MNR	KL	3			0
MNR	KL	4			0
MNR	KL	5			0
MNR	KL	6			0
ISL	AK	1			
ISL	AK	2			
ISL	AK	3			
ISL	AK	4			
ISL	AK	5			
ISL	AK	6			
ISL	OK	1			
ISL	OK	2			
ISL	OK	3			
ISL	OK	4			
ISL	OK	5			
ISL	CM	1			
ISL	CM	2			
ISL	CM	3			
ISL	CM	4			
ISL	KL	1			

ISL	KL	2			
ISL	KL	3			
ISL	KL	4			
ISL	KL	5			
ISL	KL	6			
EZM	AK	1			
EZM	AK	2			
EZM	AK	3			
EZM	AK	4			
EZM	AK	5			
EZM	AK	6			
EZM	OK	1			
EZM	OK	2			
EZM	OK	3			
EZM	OK	4			
EZM	OK	5			
EZM	CM	1			
EZM	CM	2			
EZM	CM	3			
EZM	CM	4			
EZM	KL	1			
EZM	KL	2			
EZM	KL	3			
EZM	KL	4			
EZM	KL	5			
EZM	KL	6			
TOPLAMLAR			0	0	0

Tablo 3.9. Aşık kirişi Kalıbı Bazında Üretim Planı Çizelgesi

Prefabrik Yapı Elemanları Üretim Planı

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			14.05.2007	15.05.2007	16.05.2007	17.05.2007	18.05.2007	19.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	1	2	3	4	5	6
MNR	AK	1	8	8			8	8
MNR	AK	2		8				8
MNR	AK	3		8	8	8		8
MNR	AK	4			8	8		
MNR	AK	5	8		8	8		
MNR	AK	6	8			8		
ISL	AK	1				8		
ISL	AK	2	8			8	8	
ISL	AK	3	8				8	
ISL	AK	4	8					8
ISL	AK	5						8
ISL	AK	6			8			8
EZM	AK	1			8			
EZM	AK	2			8			
EZM	AK	3						
EZM	AK	4		8			8	
EZM	AK	5		8			8	
EZM	AK	6		8			8	
TOPLAMLAR			48	48	48	48	48	48

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			21.05.2007	22.05.2007	23.05.2007	24.05.2007	25.05.2007	26.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	7	8	9	10	11	12
MNR	AK	1	8		8			
MNR	AK	2			8			
MNR	AK	3	8					
MNR	AK	4	8					
MNR	AK	5	8	8				
MNR	AK	6	8	8	8			
ISL	AK	1				8	8	
ISL	AK	2				8	8	
ISL	AK	3			8	8	8	
ISL	AK	4			8	8	8	
ISL	AK	5				8		
ISL	AK	6				8	8	
EZM	AK	1		8				
EZM	AK	2	8	8				
EZM	AK	3		8				
EZM	AK	4		8				
EZM	AK	5			8			
EZM	AK	6						
TOPLAMLAR			48	48	48	48	40	0

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			28.05.2007	29.05.2007	30.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	13	14	15
MNR	AK	1			
MNR	AK	2			
MNR	AK	3			
MNR	AK	4			
MNR	AK	5			
MNR	AK	6			
ISL	AK	1			
ISL	AK	2			
ISL	AK	3			
ISL	AK	4			
ISL	AK	5			
ISL	AK	6			
EZM	AK	1			
EZM	AK	2			
EZM	AK	3			
EZM	AK	4			
EZM	AK	5			
EZM	AK	6			
TOPLAMLAR			0	0	0

Tablo 3.10 ve 3.11'de görüldüğü gibi, Modelin üçüncü öncelikli amacı Oluk Kirişi Kalıpları ve Çatı Makasları Kiriş Kalıpları için de tam dolulukta uygulanabilmiştir.

Tablo 3.10. Oluk Kirişi Kalıbı Bazında Üretim Planı Çizelgesi

Prefabrik Yapı Elemanları Üretim Planı

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			14.05.2007	15.05.2007	16.05.2007	17.05.2007	18.05.2007	19.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	1	2	3	4	5	6
MNR	OK	1		1			1	
MNR	OK	2		1	1		1	
MNR	OK	3	1		1		1	1
MNR	OK	4	1		1	1		1
MNR	OK	5	1		1	1		1
ISL	OK	1	1			1		
ISL	OK	2	1			1		
ISL	OK	3				1		
ISL	OK	4					1	
ISL	OK	5					1	
EZM	OK	1			1			1
EZM	OK	2						1
EZM	OK	3		1				
EZM	OK	4		1				
EZM	OK	5		1				
TOPLAMLAR			5	5	5	5	5	5

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			21.05.2007	22.05.2007	23.05.2007	24.05.2007	25.05.2007	26.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	7	8	9	10	11	12
MNR	OK	1	1	1				
MNR	OK	2	1	1				
MNR	OK	3		1				
MNR	OK	4		1	1			
MNR	OK	5	1	1	1			
ISL	OK	1			1	1	1	1
ISL	OK	2				1	1	1
ISL	OK	3	1			1	1	
ISL	OK	4	1			1	1	1
ISL	OK	5				1	1	1
EZM	OK	1						
EZM	OK	2			1			
EZM	OK	3			1			
EZM	OK	4						
EZM	OK	5						
TOPLAMLAR			5	5	5	5	5	4

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			28.05.2007	29.05.2007	30.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	13	14	15
MNR	OK	1			
MNR	OK	2			
MNR	OK	3			
MNR	OK	4			
MNR	OK	5			
ISL	OK	1			
ISL	OK	2			
ISL	OK	3			
ISL	OK	4			
ISL	OK	5			
EZM	OK	1			
EZM	OK	2			
EZM	OK	3			
EZM	OK	4			
EZM	OK	5			
TOPLAMLAR			0	0	0

Tablo 3.11. Çatı Makası Kiriş Kalıbı Bazında Üretim Planı Çizelgesi
Prefabrik Yapı Elemanları Üretim Planı

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			14.05.2007	15.05.2007	16.05.2007	17.05.2007	18.05.2007	19.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	1	2	3	4	5	6
MNR	CM	1	1		1		1	
MNR	CM	2	1					
MNR	CM	3	1				1	
MNR	CM	4	1		1	1	1	
ISL	CM	1				1		1
ISL	CM	2		1	1	1	1	1
ISL	CM	3		1	1	1		
ISL	CM	4						
EZM	CM	1		1				
EZM	CM	2						
EZM	CM	3						1
EZM	CM	4		1				1
TOPLAMLAR			4	4	4	4	3	4

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			21.05.2007	22.05.2007	23.05.2007	24.05.2007	25.05.2007	26.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	7	8	9	10	11	12
MNR	CM	1	1	1	1			
MNR	CM	2	1	1	1			
MNR	CM	3	1	1	1			
MNR	CM	4	1					
ISL	CM	1				1	1	
ISL	CM	2				1		
ISL	CM	3				1	1	
ISL	CM	4			1	1	1	
EZM	CM	1						
EZM	CM	2						
EZM	CM	3						
EZM	CM	4		1				
TOPLAMLAR			4	4	4	4	3	0

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			28.05.2007	29.05.2007	30.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	13	14	15
MNR	CM	1			
MNR	CM	2			
MNR	CM	3			
MNR	CM	4			
ISL	CM	1			
ISL	CM	2			
ISL	CM	3			
ISL	CM	4			
EZM	CM	1			
EZM	CM	2			
EZM	CM	3			
EZM	CM	4			
TOPLAMLAR			0	0	0

Son olarak Tablo.3.12’de görüldüğü gibi üçüncü öncelikli amaç Taşıyıcı Kolon Kalıpları için de tam dolulukta uygulanabilmektedir.

Tablo 3.12. Taşıyıcı Kolon Kalıbı Bazında Üretim Planı Çizelgesi

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			14.05.2007	15.05.2007	16.05.2007	17.05.2007	18.05.2007	19.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	1	2	3	4	5	6
MNR	KL	1		1			1	1
MNR	KL	2		1	1	1		1
MNR	KL	3		1	1	1		1
MNR	KL	4			1	1	1	
MNR	KL	5			1	1		
MNR	KL	6	1			1	1	
ISL	KL	1	1			1		
ISL	KL	2	1				1	
ISL	KL	3	1				1	
ISL	KL	4	1					1
ISL	KL	5	1					1
ISL	KL	6			1			
EZM	KL	1			1			
EZM	KL	2						
EZM	KL	3						
EZM	KL	4		1				
EZM	KL	5		1				
EZM	KL	6		1			1	1
TOPLAMLAR			6	6	6	6	6	6

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			21.05.2007	22.05.2007	23.05.2007	24.05.2007	25.05.2007	26.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	7	8	9	10	11	12
MNR	KL	1	1		1			
MNR	KL	2	1					
MNR	KL	3	1					
MNR	KL	4	1	1				
MNR	KL	5	1	1	1			
MNR	KL	6		1	1			
ISL	KL	1				1	1	
ISL	KL	2			1	1	1	
ISL	KL	3			1	1	1	
ISL	KL	4				1	1	
ISL	KL	5				1	1	
ISL	KL	6	1			1	1	1
EZM	KL	1		1				
EZM	KL	2		1				
EZM	KL	3		1				
EZM	KL	4			1			
EZM	KL	5						
EZM	KL	6						
TOPLAMLAR			6	6	6	6	6	1

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			28.05.2007	29.05.2007	30.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	13	14	15
MNR	KL	1			
MNR	KL	2			
MNR	KL	3			
MNR	KL	4			
MNR	KL	5			
MNR	KL	6			
ISL	KL	1			
ISL	KL	2			
ISL	KL	3			
ISL	KL	4			
ISL	KL	5			
ISL	KL	6			
EZM	KL	1			
EZM	KL	2			
EZM	KL	3			
EZM	KL	4			
EZM	KL	5			
EZM	KL	6			
TOPLAMLAR			0	0	0

Doğrusal Programlama Modeli Sonuçlarının Kıyaslanması

Modelin uygulandığı işletmede, prefabrik yapı elemanlarında kısa dönemli üretim planlaması yapılırken belirli karar kuralları oluşturularak, bunlara göre kalıplara işlerin atanması yapılmaktadır. Karar kurallarından en belirleyicisi, siparişi ilk alınan ürünün üretime ilk girmesinin sağlanmasıdır. Bu öncelik çerçevesinde de, kalıpların boş kalmaması, müşterilerin termin tarihlerine uyulması gibi kuralları sırasıyla uygulanmaya çalışılmaktadır. Ancak, mevcut sezgisel yöntemle tüm karar kurallarını aynı anda sağlamak mümkün olamamakta ve yapılabilenlerle yetinilmektedir. Ele alınan kısa dönemli üretim planlama probleminin, işletmedeki mevcut yaklaşımlarla çözümü ile önerdiğimiz doğrusal programlama modeli ile çözümünü kıyaslamak açısından aşağıda sezgisel olarak bir örnek planlama çizelgesi oluşturulmuştur (Tablo 3.13). Siparişi ilk alınan ürünlerin üretime ilk olarak girmesi ve kalıpların boş bırakılmaması karar kuralları ile oluşturulan bu çizelge incelendiğinde, işletmenin ilk ve en önemli amacı olan müşteri termin tarihlerine istenildiği gibi uyulmadığı görülmektedir. Örneğin, “Ezme Gıda” müşterisinin imalatları iki gün geç kalmış, bunun yanında “Munar Gıda”nın siparişi, olması gerekenden üç gün önce, “Işıl Tekstil”in siparişi ise iki gün önce tamamlanmıştır. Önce tamamlanan siparişler için işletmede stok maliyeti oluşurken, geç kalan siparişler için müşterilere belirli bir miktarda ceza ödenmesi gerekmektedir. Ayrıca bu durum, işletme imajını da olumsuz etkilemektedir. Oysaki önerilen doğrusal programlama modeli elde edilen sonuçlarda, müşteri termin tarihlerine tam olarak uyulacak şekilde planlama çizelgesi oluşturulmuş, işgücü verimli bir şekilde kullanılmış, kalıplar boş tutulmadan planlama yapmak mümkün olmuştur. Bu da Tablo 3.13’de görülmektedir.

Tablo 3.13. İşletmenin Mevcut Planlama Yaklaşımı ile Elde Edilen Kısa Dönemli Üretim Çizelgesi Prefabrik Yapı Elemanları Üretim Planı

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			14.05.2007	15.05.2007	16.05.2007	17.05.2007	18.05.2007
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	1	2	3	4	5
MNR	AK	1	8	8	8	8	8
MNR	AK	2	8	8	8		
MNR	AK	3	8	8	8	8	8
MNR	AK	4	8	8	8		
MNR	AK	5	8	8	8	8	8
MNR	AK	6	8	8	8	8	8
MNR	OK	1	1	1	1	1	1
MNR	OK	2	1	1	1	1	1
MNR	OK	3	1	1	1	1	1
MNR	OK	4	1	1	1	1	1
MNR	OK	5	1	1	1	1	1
MNR	CM	1	1	1	1	1	1
MNR	CM	2	1	1	1	1	1

MNR	CM	3	1	1	1	1	1
MNR	CM	4	1	1	1	1	1
MNR	KL	1	1	1	1	1	1
MNR	KL	2	1	1	1	1	1
MNR	KL	3	1	1	1	1	1
MNR	KL	4	1	1	1	1	1
MNR	KL	5	1	1	1	1	1
MNR	KL	6	1	1	1	1	1
ISL	AK	1					
ISL	AK	2				8	8
ISL	AK	3					
ISL	AK	4				8	8
ISL	AK	5					
ISL	AK	6					
ISL	OK	1					
ISL	OK	2					
ISL	OK	3					
ISL	OK	4					
ISL	OK	5					
ISL	CM	1					
ISL	CM	2					
ISL	CM	3					
ISL	CM	4					
ISL	KL	1					
ISL	KL	2					
ISL	KL	3					
ISL	KL	4					
ISL	KL	5					
ISL	KL	6					
EZM	AK	1					
EZM	AK	2					
EZM	AK	3					
EZM	AK	4					
EZM	AK	5					
EZM	AK	6					
EZM	OK	1					
EZM	OK	2					
EZM	OK	3					
EZM	OK	4					
EZM	OK	5					
EZM	CM	1					
EZM	CM	2					
EZM	CM	3					
EZM	CM	4					
EZM	KL	1					
EZM	KL	2					
EZM	KL	3					
EZM	KL	4					
EZM	KL	5					
EZM	KL	6					
TOPLAMLAR			63	63	63	63	63

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			19.05.2007	21.05.2007	22.05.2007	23.05.2007	24.05.2007
			6	7	8	9	10
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	6	7	8	9	10
MNR	AK	1	8				
MNR	AK	2					
MNR	AK	3					
MNR	AK	4					
MNR	AK	5					
MNR	AK	6					
MNR	OK	1	1				
MNR	OK	2	1				
MNR	OK	3					
MNR	OK	4					
MNR	OK	5					
MNR	CM	1					
MNR	CM	2					
MNR	CM	3					
MNR	CM	4					
MNR	KL	1					
MNR	KL	2					
MNR	KL	3					
MNR	KL	4					
MNR	KL	5					
MNR	KL	6					
ISL	AK	1		8	8	8	
ISL	AK	2	8	8	8		
ISL	AK	3	8	8	8	8	8
ISL	AK	4	8	8	8		
ISL	AK	5	8	8			
ISL	AK	6	8	8	8	8	
ISL	OK	1		1	1	1	1
ISL	OK	2		1	1	1	1
ISL	OK	3	1	1	1	1	1
ISL	OK	4	1	1	1	1	1
ISL	OK	5	1	1	1	1	1
ISL	CM	1	1	1	1	1	1
ISL	CM	2	1	1	1	1	
ISL	CM	3	1	1	1	1	1
ISL	CM	4	1	1	1	1	
ISL	KL	1	1	1	1	1	1
ISL	KL	2	1	1	1	1	1
ISL	KL	3	1	1	1	1	1
ISL	KL	4	1	1	1	1	
ISL	KL	5	1	1	1	1	
ISL	KL	6	1	1	1	1	
EZM	AK	1					8
EZM	AK	2				8	8
EZM	AK	3					
EZM	AK	4				8	8
EZM	AK	5			8	8	8

EZM	AK	6					8
EZM	OK	1					
EZM	OK	2					
EZM	OK	3					
EZM	OK	4					
EZM	OK	5					
EZM	CM	1					
EZM	CM	2					1
EZM	CM	3					
EZM	CM	4					1
EZM	KL	1					
EZM	KL	2					
EZM	KL	3					
EZM	KL	4					1
EZM	KL	5					1
EZM	KL	6					1
TOPLAMLAR			63	63	63	63	63

KALIP YÜKLEME İŞ/GÜN ÇİZELGESİ			25.05.2007	26.05.2007	28.05.2007	29.05.2007	30.05.2007
			11	12	13	14	15
FİRMA	ÜRÜN	KALIP	11	12	13	14	15
MNR	AK	1					
MNR	AK	2					
MNR	AK	3					
MNR	AK	4					
MNR	AK	5					
MNR	AK	6					
MNR	OK	1					
MNR	OK	2					
MNR	OK	3					
MNR	OK	4					
MNR	OK	5					
MNR	CM	1					
MNR	CM	2					
MNR	CM	3					
MNR	CM	4					
MNR	KL	1					
MNR	KL	2					
MNR	KL	3					
MNR	KL	4					
MNR	KL	5					
MNR	KL	6					
ISL	AK	1					
ISL	AK	2					
ISL	AK	3					
ISL	AK	4					
ISL	AK	5					
ISL	AK	6					
ISL	OK	1	1				
ISL	OK	2					

ISL	OK	3					
ISL	OK	4					
ISL	OK	5					
ISL	CM	1					
ISL	CM	2					
ISL	CM	3					
ISL	CM	4					
ISL	KL	1					
ISL	KL	2					
ISL	KL	3					
ISL	KL	4					
ISL	KL	5					
ISL	KL	6					
EZM	AK	1	8				
EZM	AK	2	8				
EZM	AK	3	8				
EZM	AK	4	8				
EZM	AK	5					
EZM	AK	6	8				
EZM	OK	1		1			
EZM	OK	2	1	1			
EZM	OK	3	1	1			
EZM	OK	4	1	1			
EZM	OK	5	1				
EZM	CM	1	1				
EZM	CM	2					
EZM	CM	3	1				
EZM	CM	4	1				
EZM	KL	1	1	1			
EZM	KL	2	1				
EZM	KL	3	1				
EZM	KL	4	1				
EZM	KL	5	1				
EZM	KL	6	1				
TOPLAMLAR			54	5	0	0	0

Sonuç ve Öneriler

Yapılan bu çalışmada, üretim, üretim sistemleri, üretim sistemlerindeki karar problemleri ele alınmış ve bu karar problemlerinden üretim planlama problemleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca, üretim planlama problemlerinin çözümünde etkili sayısal bir teknik olan doğrusal programlama modelleri araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda da, çalışmanın uygulama bölümünde, inşaat sektöründe faaliyet gösteren bir üretim işletmesinin prefabrik yapı elemanları bölümünde kısa dönemli üretim planlama problemi için, çok amaçlı doğrusal programlama modeli kurularak üretim çizelgeleri hazırlanmıştır.

Uygulamanın yapıldığı işletmede yapılan gözlemlerde, siparişi alınan bina sistemlerinin projelendirme aşamasından sonra kısa dönemli üretim planlarının belirli karar kuralları çerçevesinde sezgisel olarak yapıldığı görülmüştür. Üretime verilen imalat projelerinden sonra, üretim şefinin, bu imalat projelerindeki üretilecek elemanları boş kalıplara ürün bazında yüklediği, bu

yüklemeyi yaparken, üretim planının geneline hakim olunamadığı, bu sebeple de müşterinin termin tarihlerinin, günlük iş gücü kapasitesinin dikkate alınmadığı; yapılan planlamanın sadece kalıpların doluluklarına yönelik bir çizelgeleme olduğu tesbit edilmiştir. Dolayısıyla, bazı günler kalıpların boş kalmaması adına iş gücü yetersizliğine rağmen fazla mesailerin yaptırıldığı, bunun yanında üç gün sonrasında üretilecek ürün kalmaması sebebiyle iş gücünün atıl kaldığı ve en önemlisi de zamanından önce üretilen elemanlar için bir finansman gideri ve stok maliyeti oluştuğu tespit edilmiştir. Ayrıca, mevcut yöntemle göre üretim planının hazırlanması ve planda yapılacak herhangi bir revizyonun üretim planına aktararak çizelgelenmesinin çok zaman aldığı görülmüştür. Bu sebeplerle, işletmede üretim planlamanın sistematik ve optimumu arayan bir teknik olan doğrusal programlama yöntemi ile modellenmesine karar verilmiştir.

Çalışmanın uygulama bölümünde, prefabrik yapı elemanları üretim planının, işletme politikası ve müşteri memnuniyetini ön planda tutarak, öncelikle müşteri termin sürelerine olabildiğince uymasının sağlanması, daha sonra ise iş gücü kapasitesinin mümkün olduğunca aşılardan (taşeron işçisi kullanılmadan veya fazla mesai yapılmadan) optimum kullanılması ve son olarak da kalıpların mümkün olduğunca doluluğunun sağlanması amaçlarını yerine getirecek çok amaçlı bir doğrusal programlama modeli önerilmiştir. Modelde, işletmenin önceliklerine uygun olarak amaçları değerlendirilmiştir.

Buna göre ilk amaç, termin tarihlerine mümkün olduğunca uyulması, ikinci amaç, işgücünün verimli kullanımını ve üçüncü amaç da prefabrik yapı elemanları kalıplarının boş kalmamasının sağlanması olmuştur. Önerilen doğrusal programlama modelinin çözdürülebilmesi için kullanılan Lindo Paket programına yazılacak açık formülasyonu, Microsoft Excel Paket Programında Visual Basic tabanlı makroların kullanılması ile hazırlanmıştır. Böylece, hem zaman kazanılmış, hem de modelin açık formülasyonunun programa girilmesi sırasında yapılabilecek hatalardan kaçınılmıştır. Modelin çözdürülmesi ile üretim planının amaçlara uygun olarak yapılması sağlanmıştır.

İşletmede uygulanan mevcut planlama yaklaşımı ile en önemli amaç olan müşteri termin tarihlerine istenildiği gibi uyulamamasına rağmen, önerilen modelle elde edilen optimum çözüme göre, prefabrik yapı elemanları üretim planı, müşterilerin termin tarihlerine yetiyecek şekilde üretim faaliyetlerinin yerine getirilmesini, işletmenin minimum maliyetle işgücü kullanımını ve kalıpların boş kalmamasını sağlayabilmektedir. Önerilen model, değişen müşteriler, değişen ürün sayıları ve değişen müşteri terminlerine göre yapılacak ufak ayarlamalar sonrasında, Visual Basic ile yazılan program sayesinde, tekrar kullanılabilir. Ayrıca, işletmede, önerilen modelin diğer ürün grupları için de kullanılacak şekilde ayarlamaları yapılabilir. İşletmelerde çoğu zaman sezgisel yöntemlerle alınan kararlar zaman ve para açısından birçok ek maliyetler getirmektedir. Ancak, karar aşamalarında sayısal karar tekniklerinin kullanımı da gerçek işletme ortamlarındaki parametrelerin çokluğu nedeni ile kolay değildir. Bu sebeplerle, gerçek işletme verilerinden yola çıkılarak böyle bir doğrusal programlama modelinin önerilmesi, modelle optimum sonuçların bulunması ve

işletmenin üretim planlama faaliyetlerine katkısı yönünden yapılan çalışmanın literatüre katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

Teşekkür

Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı, Yüksek lisans Programında (Öğrenci: Mustafa Büyükkeklik, Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet Ergülen) 2007 de kabul edilmiş ve yayımlanmamış olan Tez den yararlanılmıştır. Bu nedenle, N.Ü, S.B.E.'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Bircan, H., Kartal, Z. 2003. Doğrusal Programlama Tekniği ile Kapasite Planlaması ve Çimento İşletmesinde Bir Uygulama, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, XXII, 1 , 213-232.

Büyükkeklik, M. 2007. Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Modellerinin Kullanımı: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, N.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.

Cankurt, M., Konak, K. 2004. ADÜ Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğinde Tarla Bitkileri Şubesi Üretim Planlaması. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 1(2), 51-56.

Chen, M., Wang, W. 1997. A Linear Programming for Integrated Steel Production and Distribution Planning. International Journal of Operations & Production Management, 17, 6, 592-610.

Ergülen, A., Gürbüz, E. 2006. İnşaat ve Enerji Sektöründe Beton Direk Üretimi Planlamasına Örnek Bir Model Önerisi, Tamsayılı Doğrusal Programlama. Yönetim ve Ekonomi Dergisi (Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F), 13, 1, 1-15.

Gülenç, İ.F., Karabulut, B. 2005. Doğrusal Hedef Programlama ile Bir Üretim Planlama Probleminin Çözümü, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9, 1, 55-68.

Karayılmaz, S., Balaban, E. 2000. Yonga Levha Endüstrisinde Bir Yöneylem Araştırması Uygulaması. Tubitak Turk Journal of Agriculture, 24, 11-18.

Mezgit, D., Gavcar, E., Fırızan A. R. 1999. Batman Rafinerisi'nde Kâr Maximizasyonu Üzerine Bir Araştırma. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 1, Sayı:3, 41-47 .

Sabır, C.E. 2000. Ring ve Open-End İplik Üretim Sistemlerinde Üretim Planlaması için Doğrusal Programlama Yaklaşımı ve Endüstriyel Uygulaması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Adana, 106-116.

Seçme, Y.N. 2005. Klasik Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlamanın Karşılaştırmalı Bir Analizi: Üretim Planlama Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri, 21-24. 84-102.