

DOĞRUSAL PROGRAMLAMA TEKNİĞİYLE ÜRETİM PLANLAMA YAKLAŞIMI VE TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

PRODUCTION PLANNING APPROACH WITH LINEAR PROGRAMMING TECHNIQUE AND AN APPLICATION IN THE TEXTILE INDUSTRY

Mustafa DESTE*, Murat KARABULUT**

* Dr. Öğr. Üyesi, İnönü Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, mustafa.deste@inonu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5781-6543.

** Doktora Öğrencisi, İnönü Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, karabulut.murat.44@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1006-2024.

ÖZ

İşletmelerin gelirlerini artırması ve kaynaklarını verimli bir şekilde kullanması, üretimlerini belirli bir plan ve program doğrultusunda gerçekleştirmelerine bağlıdır. İşletmeler üretim planlamayla, planlamanın yapıldığı bir döneme ait belirlenen üretim hedefini gerçekleştirmektedir. Üretim planlama çalışmalarında kullanılan en etkili yöntemlerden birisi doğrusal programlama tekniğidir. Doğrusal programlama, kıt kaynakları kullanarak optimum sonuca ulaşmayı amaçlayan matematiksel bir tekniktir.

Bu çalışmada, doğrusal programlama tekniği ile bir tekstil işletmesinde üretim planlama uygulaması gerçekleştirilmiştir. Öncelikli olarak, stoka çalışan ve çok farklı niteliklerde ürün üretimi gerçekleştiren işletmenin kısıtlı kaynaklarına ait sayısal verilerle, üretim planlama probleminin matematiksel modeli kurulmuştur. Kurulan matematiksel model QM for Windows 4.0 adlı paket programında çözülmüş ve işletmenin stoka üretmesi gereken optimum üretim miktarları hesaplanmıştır. Tasarlanan modelle hedeflenen asıl amaç, işletmenin üreteceği uygun üretim miktarlarının belirlenmesi ve kâr maksimizasyonunun sağlanmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Üretim Planlaması, Doğrusal Programlama, Tekstil Sektörü.

Jel Kodları: M11, C61, L67.

ABSTRACT

For businesses to increase their income and use their resources efficiently depends on their production in line with a specific plan and program. Businesses realize the production target determined for a period in which planning is made with production planning. One of the most effective methods used in production planning studies is the linear programming technique. Linear programming is a mathematical technique that aims to achieve optimum results using scarce resources.

In this study, a production planning application has been carried out in a textile company using the linear programming technique. First of all, the mathematical model of the production planning problem was established with the numerical data of the limited resources of the enterprise that works for the stock and produces products with very different qualities. The established mathematical model was solved in the package program called QM for Windows 4.0 and the optimum production quantities that the enterprise should produce for the stock were calculated. The main goal aimed with the designed model is to determine the appropriate production quantities to be produced by the enterprise and to maximize profit.

Keywords: Production Planning, Linear Programming, Textile Sector.

Jel Codes: M11, C61, L67.

1. GİRİŞ

Günümüzde yaşanan dijital dönüşümler teknolojinin hızla gelişmesini sağlamıştır. Bu yaşanan gelişmeler, üretim yöntemlerinde olumlu değişikliklerin önünü açmış, sistemin daha da ilerlemesini sağlamıştır. Bu ilerlemeler, işletmeler arası rekabeti artırarak, maliyetlerin düşürülmesini ve ürün kalitelerinin iyileştirilmesini daha da önemli hale getirmiştir. Bu çerçevede, rekabet yarışında öne geçecek olan işletmelerin mevcut sınırlı kaynaklarından maksimum verimi alabilen işletmeler olacağına öngörmek mümkündür.

Bu çalışmayla, doğrusal programlama tekniğini işletmelerinde kullanma ihtiyacı duyan yöneticilere yol gösterilmesi ve onlara farklı bakış açıları kazandırılması amaçlanmıştır. Araştırma çerçevesinde yapılan literatür taramasında, tekstil sektöründe yapılmış birçok çalışma olmasına rağmen iplik üretimine yönelik yapılan uygulamaya rastlanmamıştır. Bu yönüyle de çalışmanın yerli literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde; çalışmanın konusu, amacı, önemi ve çalışmanın yönteminden bahsedilmiştir. İkinci bölümde çalışma ile ilgili literatür araştırması yapılarak araştırma konusuna değinilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan verilerin elde edildiği işletmedeki süreçler, analiz yöntemleri ve oluşturulan matematiksel model tanımlanmıştır. İşletmenin kısa vadeli üretim planlaması modelinde sipariş tarihleri, işgücünün etkin kullanımı, farklı ürünlerle müşteri memnuniyetini sağlama ve pazarda söz sahibi olma öncelikleri işletmenin üretim kısıtları olarak ele alınmıştır. Doğrusal programlama yöntemi ile elde edilen verilerin analizi QM for Windows paket programı kullanılarak yapılmıştır. Nihayetinde yapılan bu çalışmayla işletmenin çözülmek istenen problemine doğrusal programlama tekniği ile nasıl müdahale edilip çözüm getirileceği açıklanmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Üretim, insan ihtiyaçlarını karşılarken insan yaşamının kalitesini yükselten ürün veya hizmetleri oluşturma sürecidir (Pahl, 2012:359). Bu nedenle, değer yaratmak ve talebi karşılamak için planlama ve organizasyon dâhil olmak üzere işgücü, hammadde gibi üretim kaynakları kombinasyonunu içermektedir.

Üretimde kaynakların, hem ekonomik hem de etkin bir şekilde kullanılması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, işletmelerin üretim yapmadan önce üretim planlama yapmaları gerekmektedir. Üretim faktörlerine bağlı olarak üretim sürecinin planlanması, üretim planlamasının bir parçasıdır (Domschke vd., 1997:447).

Üretim planlama, doğru miktarda ve kalitede hammadde, ekipman, işgücü vb. kaynaklarla ne zaman ve ne üretileceğine karar veren sistemler bütünüdür (Sharma, 2019:73). Üretim planlamada, işletmelerin faaliyet gösterdiği sektör, büyüklüğü, ürettiği ürün ne olursa olsun beklenen genellikle aynı olmaktadır. İşletmeler, gelecekteki kısa, orta ve uzun vadeli planlarını belirleyip, gereken üretim kaynaklarını tedarik ettikten sonra organizasyonlarına başlamaktadır. Özetle, üretim planlaması gelecekteki talepleri en etkin ve verimli bir şekilde karşılamak için önemli bir yer tutmaktadır. Bu noktada devreye giren ve faydalanılan tekniklerden olan doğrusal programlamada, kısıtlı kaynakların en etkin kullanımıyla istenilen hedefe ulaşılması amaçlanmaktadır.

Doğrusal programlama, insanların hedeflerine giden yolda belirleyici rol oynayarak çok zor durumlarda en iyiye ulaşmak için detaylı karar verme yolu sunan matematiksel bir tekniktir. Başka bir ifadeyle, belirlenmiş olan bir amaç doğrultusunda en iyi noktaya ulaşmak için sınırlı kaynakların ne şekilde kullanılacağına yardımcı olan karar verme aracıdır. En iyi noktaya ulaşmaktaki kasıt, doğrusal bir değişkeni maksimize eden veya minimize eden noktanın bulunması işlemidir (Timor, 2010:40).

Doğrusal programlama, belirlenmiş olan bir hedefi gerçekleştirmek için sınırlı kaynakların etkin kullanılması adına çözümler geliştiren ve geliştirilen çözümler içinden en uygun seçimi veya dağılımı sağlayan modelleme tekniğidir (Ekmekçi, 2015:38).

Doğrusal programlama tekniği, doğrusal yapıdaki kısıtları ihmal etmeden, doğrusal formdaki amaç fonksiyonunu maksimize ya da minimize etmeyi sağlayan ve bu en iyileme (optimizasyon) işlemi sonucunda karar değişkenlerinin aldıkları değerleri bulan bir tekniktir. Optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır (Eroğlu, 2020: 30-36).

Doğrusal programlama disiplinler arası bir yaklaşım ve birçok sektörde kullanılabilen bir tekniktir. Bu tekniğin temel özelliği olası çözümler arasından en iyi çözümü bulmaktır. Matematiksel modelleme tabanlı olan bu teknikten üretim, sağlık, istatistik gibi birçok alan faydalanmaktadır. Doğrusal programlama, ülkemizde özellikle üretim sektöründe geniş bir yere sahip olan bir tekniktir (Yalınsoy vd., 2014:19).

Doğrusal programlamanın uygulama alanlarına; belirli bir zaman dilimi içinde eldeki kısıtlı makine, araç gereç ve işgücü ile en büyük kârlılığı sağlayacak ürün karışımının bulunması, ürünü oluşturacak farklı fiyat ve farklı yapıdaki malzemelerin en iyi bileşiminin bulunması, öngörülen talebi en düşük maliyetle karşılayacak üretim kapasitesinin planlamasına yönelik konular örnek verilebilir (Taha, 2007).

Literatürde doğrusal programlama ile ilgili yapılmış birçok çalışma vardır. Bu çalışmalardan bazılarını aşağıda değinilmiştir.

Tekstil endüstrisinde, çok sayıda ürün aynı üretim süreçlerinden geçerek elde edilmektedir. Bu yüzden, hangi ürünlerden ne kadar üretileceğinin bulunması, kapasitenin kullanımı ve maksimum kârın sağlanması yönünden üretim planlama büyük önem taşımaktadır. Bunun için özellikle tekstil sanayisinde, diğer sektörlerden daha fazla olarak üretim planlama alanında doğrusal programlama uygulamaları yapılmıştır. Çünkü böyle bir çalışma sonucu üretimdeki tezgâhların iş yükü, üretilecek ürünler ve miktarları açığa çıkmaktadır (Gürdoğan, 1981).

Türköz (2001) yaptığı çalışmada, iplik fabrika boyahanesinde iplik boyama işleminin nasıl yapıldığını anlatarak iki ayrı doğrusal programlama model önerisinde bulunmuş, önerdiği modelleri işletmede uygulayarak değerlendirmesini yapmıştır.

Çetindere vd. (2010), konfeksiyon işletmesinde doğrusal programlama yöntemini kullanarak kabul edilebilir bir üretim stratejisi ve bu strateji neticesinde en fazla kâr elde etmeye yönelik çalışmalar yapmışlardır. İşletme için karar verebilecekleri bir model oluşturup, işletmenin belirlenen disiplin çerçevesinde üretimini gerçekleştirdiği takdirde işletmenin rekabet koşullarını lehine çevireceğini ve kârını maksimize edeceğini belirtmişlerdir.

Hakan (2014), bir demir çelik işletmesinde doğrusal programlamayı kullanıp işletmenin kaynaklarını optimum düzeyde kullanarak en iyi kâr modeli oluşturmaya çalışmıştır. Bunun yanında modelin dualini çıkararak bir birim değişkeni artırmanın işletmenin kâr modeline ne kadarlık bir etki yaratacağına çalışmasında yer vermiştir. Yine çalışmasında bağlayıcı kısıtlardan bahsederek bu kısıtların miktarındaki artışın işletmenin kaynak kullanımını artırabileceğini göstermiştir.

Demircioğlu ve Demircioğlu (2016), bir işletmede üretim kararlarında bu sistemlere uygun geliştirilen doğrusal programlama modellerinin excelde çözümü ile etkisini inceleyerek geleneksel sistemler ile kıyaslamışlardır. En yüksek kârlılığın geliştirilen doğrusal programlama olduğunu tespit etmişlerdir.

Özkol (2018), yaptığı doğrusal programlama çalışmasında, ürünlerin süreç katkısı ile hammadde ve kapasite kısıtlarını dikkate alarak bir üretim işletmesinde ürünlerin üretim önceliğinin belirlenmesini incelemiştir.

Ünüçok (2019) nonwoven kumaş üretimi yapan işletmede planlama faaliyetlerinin etkin bir şekilde yapılabilmesi üzerine çözüm aramış, yapmış olduğu analizler sonucunda üretim planlama faaliyetleri için bir karar modeli oluşturmuştur. Buradan yola çıkarak işletmenin kumaş üretim hatlarını dikkate alarak doğrusal programlama yöntemi yardımıyla bir ana üretim çizelgesi ortaya koymuştur.

Alfares vd. (2020), güvenlik görevlilerinin rotasyonel çalışma çizelgelerini oluşturmak için bir tamsayılı programlama modeli önermiştir. Bu model aynı anda birden fazla çalışan tipini, çalışma çizelgelerini ve lokasyonları dikkate almaktadır.

Kiermaier vd. (2020), büyük ölçekli TÇP'ler için vardiyalara birden fazla mola atanmasının karmaşıklığını incelemiştir. Çok vasıflı çalışanlar için mola atamalarının yanı sıra vardiya ve izin günlerinin planlanmasını da içeren bir karma tamsayı programlama modeli sunmuştur.

3. UYGULAMA

3.1. Yöntem

Malatya Organize Sanayi'nde faaliyetlerini sürdüren tekstil işletmesinde yapılan bu uygulama çalışması için doğrusal programlama tekniğinden faydalanılmıştır.

Doğrusal programlama, istenen bir amaç doğrultusunda amacın değerini belirlemede kullanılan karar değişkenleri ve karar değişkenlerinin hareket alanının tanımlandığı doğrusal karar modelleridir. Sistemdeki karar değişkenleri ile amaç fonksiyonu arasında doğrusal bir ilişki vardır. Doğrusal programlama kullanılan sistemlerin genel olarak birkaç ortak özelliği vardır. Bunlar; amaç fonksiyonu, karar değişkenleri, optimal bölge, katsayılar, kısıtlar, doğrusallık ve negatif olmama özelliğidir. Doğrusal programlama en iyiyi arayan bir süreçtir. Belirtilen amaç fonksiyonu en iyileme olarak kazancı veya maliyetleri seçebilir. Karar değişkeni elde edilmeye çalışılan amaç fonksiyonunu oluşturan bileşenlerdir. Bu bileşenler kesirli sayılar veya tamsayılar olacak şekilde istenildiği gibi kullanılabilir. Optimal bölge bütün karar değişkenlerinin beraber değerlendirildiği ve mümkün olan bütün kombinasyonlarının dikkate alındığı bölgedir. Bu bölgede birden çok çözüm, sonsuz çözüm veya hiç çözüm olmayabilir. Amaç fonksiyonu katsayılar ve karar değişkenlerinin fonksiyonudur ve bu değerler karar vericinin talebi doğrultusunda değişen değerlerdir. Doğrusallık ise oransallık ve toplanabilirlik içermektedir. Bu karar değişkenleri çarpım şeklinde ifade edilemeyeceğini belirtir. Negatif olmama kısıtı ise karar değişkenlerinin pozitif değer veya sıfır değerini alacağıdır. Üretim işletmelerinde ürünlerin negatif üretimi yapılamayacağı için negatif olmama kısıtını kullanmamız gerekmektedir (Krajewski vd., 2014:583). Doğrusal programlama sonucunda sistemin kullanmadığı fazla kapasite veya eksik kapasite aynı şekilde fazla veya eksik hammadde stokları ortaya çıkacaktır (Yaralıoğlu ve Umarusman, 2010:62).

Uygulama yapılan işletmenin temel problemi stok yönetiminin etkin bir şekilde kullanılamamasıdır. Oysa mevcut stok yönetiminin nasıl kullanıldığı işletmelerin başarısını doğrudan etkileyen bir konudur. Bu nedenle işletmelerde stok üretiminin en uygun ürünler ve optimal miktarlarda olması gerekmektedir. Bu çalışmada, materyal olarak Malatya'da üretim yapan bir tekstil işletmesinden 01 Kasım-01 Aralık 2020 tarih aralığında alınan sayısal veriler kullanılmıştır. Tekstil işletmesinde stoka üretim yapan işletmenin, üretim planlama sorununa doğrusal programlama tekniği ile çözüm aranmış ve fiili üretimden elde edilen veriler ile üretim faktörleri itibarıyla çözüm önerilerinden ve kârın maksimizasyonu için nelerin yapılabileceğinden bahsedilmiştir. Doğrusal programlama modeline ait sayısal veriler QM for Windows paket programı kullanılarak çözümlenmiştir.

3.2. Mevcut Durum Analizi

Uygulama yapılan işletmede yüzde yüz pamuktan ve pamuk elyaf karışımlarından yapılan iplik çeşitleri üretilmektedir. Fabrikanın üretim süreci şu şekilde işlemektedir; öncelikle ürün elde edebilmek için gerekli olan hammaddeler, denetiminin ve takibinin yapıldığı bölümde yani depolarda depolanmaktadır. İşletmeye, farklı tedarikçilerden her ürüne göre özellikleri değişebilen hammadde gelmektedir. Yardımcı malzemeler de aynı zaman diliminde tedarik edilmektedir. Bu hammadde ve yardımcı malzemeler stok halde işletmenin hammadde deposunda hazır olarak bulundurulmaktadır. Bu bölüm işletmede üretim ile ilgili tüm birimlerle bağlantı içinde çalışmaktadır. Üretim programları doğrultusunda gerekli hammadde miktarları üretim alanına alınmaktadır. Üretimdeki ilk işlem olarak farklı balyalarda bulunan pamuğun özelliklerindeki farklılıktan dolayı, lifleri homojen hale getirmek, ipliğin yeni özelliklerini elde etmek için harmanlama işlemine başvurulmaktadır. Pamuk balyaları yan yana ve birbiri üzerine konulmaktadır. Ayıklayıcı robot ile küçük boyutlarda yolunarak balyaların açılması ve içindeki toz vb. yabancı maddelerden temizlenmesi sağlanmaktadır. Farklı tip balyalardan küçük küçük elyaf yolunması ile homojen bir elyaf karışımı oluşmaktadır. Daha sonra açma ve temizleme bölümüne gelen pamuğu nihai surette açarak içindeki çepellerden ve çöplerden arındırma işlemi yapılmaktadır. Bu aşama, pamuğun değişik mantıklarla çalışan birkaç makineden geçmesiyle tamamlanmaktadır. Sonraki aşama olan tarak bölümünde pamuk, temizlenmek ve paralel duruma getirilmek üzere tarak makinelerine verilmektedir. Bu bölüm, kabuk ve çekirdek parçacıklarını, toz ve kırıntıları, ölü ve kısa lifleri ayırmakta, topak halindeki lif kümesini lifler tek tek hale gelinceye kadar açmakta, açılan lifleri paralel hale getirmektedir. Pamuk bu şekilde temizlenerek paralel hale gelmekte ve şerit formunu almaktadır. Oluşturulan bandın düzgünce cer makinesi için kovalara yerleşmesi sağlanmaktadır. Şeritler kovalara dolarak dofer sistemiyle yani kovaların otomatik değişmesiyle cer aşamasına geçmektedir. Cer makinalarının ana görevi şerit üzerindeki düzgünsüzlükleri rastgele düzgünleştirmektir. Bu bölüm iki aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak 1. pasaj cer hattında kısa periyotlu düzgünsüzlükler cer makinelerinde giderilebilmektedir. Bu bölümde uzun periyotlu düzgünsüzlükler ve lif paralelleştirmesi için regule sistemi gerekmektedir ve bu 2. pasaj cer hattında bulunmaktadır. Cer makinalarında, dublaj vasıtasıyla şeritlerin karıştırılması ve homojenliğin artırılması sağlanmaktadır. Normal şartlarda 8 dublaj ile besleme yapılmakta; fakat bu durum çekimi zorlaştırıp pamuklara zarar vermektedir. Bu yüzden 6 dublaj ile besleme yapılmaktadır. Bir sonraki aşama olan fitil bölümünde cer makinesinden gelen şeritlere bir miktar büküm ve çekim verilerek şeritler inceltilmektedir. Büküm, liflerin kaymasını önleyerek ring makinesinde kopuşları engellemektedir. Verilen bu büküm, ring makinesinin ilk çekim bölgesinde geri salınmaktadır. Şeritler fitil haline geldikten sonra makaralara düzgünce sarım gerçekleşmektedir. Sarılan fitiller taşıyıcı ray sistemiyle ring bölümüne aktarılmaktadır. Ring bölümü, fitil haline getirilmiş pamuğun iplik haline gelmeden önce işlem gördüğü son bölümdür. Çağlıklara asılı halde olan makaralardaki fitiller ring makinelerindeki çekim bölgesine aktarılarak fitil bölümünde verilen büküm sıfırlanmakta ve çekim sağlanarak fitil kalınlığı inceltilmektedir. Ardından domuz kuyruğu, bilezik, kopça, iğ bölgesinde ipliğe büküm verilmekte ve iplik masuralara sarılmaktadır. İplik numarası ayarlamaları dişliler yardımıyla gerçekleşmektedir. Karışıklık olmaması için üretilen iplik çeşidine göre masura ve makara renkleri değişmektedir. Bobin bölümünde, ipliğin kullanılacağı sonraki üretim süreçlerinde daha rahat çalışabilmesi için bobinlere uzun metrajlarda sarım gerçekleştirilmektedir. Bu sarım esnasında istenmeyen ince-kalın yerler, neps, pamuk tozu gibi iplikteki olumsuzluklar ayrıştırılmaktadır. Son bölüm olan fiksaj bölümünde bobin halinde sarılan ipin mukavemetinin artırılması ve tüylülüğün azaltılması için ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Bobin sarımında dolan bobinler, fiksaj arabasına konulmakta ve fiksaj kazanında yarım saat bekletilmektedir. Fiksaj kazanından çıkan bobinler paletlere

konulmakta ve paletler streçlenmektedir. Paletler, kantarda net kilosuna bakılarak barkodlanmakta ve üretilen iplik sevki işlemine hazır hale getirilmektedir.

Bu çalışmada üretim planlama yapılması amaçlanmıştır ve bu amaçla yola çıkarak geçmiş üretim verileri işletmede kullanılan ERP sistemi veri tabanından alınmıştır. Bu çalışmada işletmenin elindeki kıt kaynakları kullanarak, elde edeceği kârı artırmak için stoka üreteceği gerekli üretim miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu ürün miktarlarına ait veriler aşağıda belirtilen şekillerde gruplandırılmıştır. İşletme prosedürleri gereği üretilen iplik türleri A,B,C,D,E,F,G,H şeklinde kodlanarak yapılan çalışmada gösterilmiştir.

3.3. Doğrusal Programlama Modeli

Elde edilen verilerle oluşturulan model aşağıdaki gibidir:

X_j : Üretilen iplik türünün miktarı

C_j : Üretilen iplik türünün kârı

b_i : Üretilen iplik türünün kapasitesi

a : Üretilen iplik türünün üretim katsayısı

$$Z_{\max} \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Kısıtlayıcılar;

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Pozitif kısıtlama;

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Modelde kullanılacak veriler ise aşağıdadır:

Modelde öncelikle karar kontrol değişkenlerini tanımlamak gerekmektedir. Her bir ürünün üretim planlama yaparken nasıl gösterileceği Tablo 1'de yer almaktadır:

Tablo 1: Üretilen İplik Türleri ve Tanımlanan Karar Değişkenleri

Ürün Adı	Modeldeki Karar Değişkeni
A	X_1
B	X_2
C	X_3
D	X_4
E	X_5
F	X_6
G	X_7
H	X_8

Bir işletmenin üretim planlama sürecinde, geçmişe ait bilgiler geleceğe ait bilgileri beslediği gibi karşılıklı etkileşim içinde gelecekteki talep durumunu da göstermektedir. İşletmenin belirlenen tarih aralığına ait istatistiki bilgiler Tablo 2’de gösterilmektedir. İşletme üretim planı bu veriler kullanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 2: Aylık Bazda Üretilen İplik Türleri ve Bilgileri

Ürün Çeşidi	Satış Fiyatı (Tl/Kg)	Birim Maliyet	Birim İşçilik (Dk/Kg)	Önceki Dönem Toplam Üretim (Kg)	Maksimum Üretim Kapasitesi (Kg)
A	10,2	8	1,4	721.000	937.000
B	11,4	8,5	1,44	175.000	210.000
C	13,5	9,5	1,46	342.000	393.000
D	16,2	11	1,47	76.000	88.000
E	15,3	10	1,47	48.000	56.000
F	14	9,7	1,47	40.000	46.000
G	17,2	12,5	2,02	44.000	47.000
H	18	13,2	2,1	53.000	58.000
Toplam				1.499.000	1.835.000

Tablo 2’de üretim sürecindeki ürünlerin satış fiyatları, birim maliyetleri, birim işçilikleri, toplam kapasiteleri ve maksimum kapasiteleri verilmektedir. İşletme bir aylık üretim döneminde 1.835.000 kg iplik üretimi yapabilecek kapasiteye sahip olmasına rağmen 1.499.000 kg üretim yapmıştır. İşletmede 336.000 kg atıl kapasite görülmektedir.

3.3.1. Modele İlişkin Yapılan Varsayımlar

Tekstil sektöründe iplikleri talep eden müşteriler, siparişlerini zamanında almak istemektedir. Bu kapsamda işletmeler müşterilerini kaybetmemek için siparişleri zamanında üretmek zorundadır. Hatta bazı ürünlerde kâr etmeseler bile müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ürün yelpazesini geniş tutmaktadırlar. Bu kapsamda bakıldığında, uygulamanın yapıldığı tekstil işletmesinde üretim, talep ve teknolojiye bağlı üretim kısıtları şu şekildedir:

Planlama dönemi 01.11.2020 – 01.12.2020 tarihleri arasında 30 gün olarak alınmıştır. İşletme faaliyetleri gereği dönem başı stok bulunmadığı (sıfır stok) kabul edilmiştir. İlgili dönem içinde üretimde kullanılan makinelerde, çalışan işgücünde değişme olmadığı varsayılmıştır. Mevcut 412 işçi haftada 6 gün ve günde 7,5 saat çalışmaktadır. Mevcut 412 işçiden 189 tanesi A türü iplik üretiminde, 41 tanesi B türü iplik üretiminde, 92 tanesi C türü iplik üretiminde, 19 tanesi D türü iplik üretiminde, 16 tanesi E türü iplik üretiminde, 14 tanesi F türü iplik üretiminde, 19 tanesi G türü iplik üretiminde, 22 tanesi de H türü iplik üretiminde çalışmaktadır. İşletmede siparişe bağlı olarak kesikli üretim yapılan iplik üretimine ait talep değişkendir. Bu talepler işletmenin önceki döneme ait Tablo 1.2.’de verilen istatistiklerine göre şekillenmektedir. İşletme planlanan dönemde mevcut kapasiteyle en fazla 1.835.000 kg iplik üretebilmektedir. İşletme geçmiş 1 aylık dönemde D türü ipliklerde 76.000 kg.’dan az hiç satış yapmamıştır. Piyasadaki talepler doğrultusunda diğer ürünlerle beraber işletme G türü ipliklerden en az 44.000 kg, H türü ipliklerden de en az 53.000 kg üretmek zorundadır. Üretimde kullanılan hammadde ve yarı mamul stoklarının modeli etkilemediği varsayılmıştır. İşletme üretim dönemi talep oluşumu gereğince, ürettiği A türü iplik miktarı C türü iplik miktarının en fazla 3 katı kadar olmaktadır. İşletme bu ilişkiye uygun üretim yapmak durumundadır. İşletme piyasadaki talebin azlığına rağmen üretebileceği F türü iplik miktarını 40.000 kg şeklinde belirlemektedir.

3.3.2. Modelin Oluşturulması

Yukarıda model için verilen varsayımlar çerçevesinde oluşturulan model aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Amaç Fonksiyonu:

$Z_{max} = 2,2X_1 + 2,9X_2 + 4X_3 + 5,2X_4 + 5,3X_5 + 4,3X_6 + 4,7X_7 + 4,8X_8$ şeklinde oluşmaktadır.

Kısıtlayıcı Koşullar:

İşçilik Kısıtı (A+B+C iplik üretimlerinin yapıldığı bölüm): $1,4X_1 + 1,44X_2 + 1,46X_3 \leq 4.347.000$ şeklindedir. Bu bölümdeki işçilik kısıtı şu şekilde hesaplanmıştır: 30 gün, günlük 7,5 saat 322 işçiden hesaplandığında 4.347.000 dakika yapmaktadır.

İşçilik Kısıtı (D+E+F iplik üretimlerinin yapıldığı bölüm): $1,47X_4 + 1,47X_5 + 1,47X_6 \leq 661.500$ şeklindedir. Bu bölümde işçilik kısıtı şu şekilde hesaplanmıştır: 30 gün, günlük 7,5 saat 49 işçiden hesaplandığında 661.500 dakika yapmaktadır.

İşçilik Kısıtı (G+H iplik üretimlerinin yapıldığı bölüm): $2,02X_7 + 2,1X_8 \leq 553.500$ şeklindedir. Bu bölümde işçilik kısıtı şu şekilde hesaplanmıştır: 30 gün, günlük 7,5 saat 41 işçiden hesaplandığında 553.500 dakika yapmaktadır.

Hammadde Kısıtı:

İşletme ürettiği ürünlerde, pamuk geri dönüşüm kullanma oranını yakalamak için üretim süreçlerindeki geri dönüşüm pamuğundan (telef pamuk) günlük 2.500 kg kullanmaktadır.

İşletme hangi tip ürünlerde hangi oranda telef pamuğu kullanacağını kendi içerisinde belirlemektedir. Bu sebeple günlük geri dönüşüm pamuğu (telef pamuk) kullanım kısıt formülü; $0,05X_1 + 0,043X_2 + 0,04X_3 \leq 75.000$ şeklindedir.

Talep Kısıtları:

$$X_1 \leq 937.000$$

$$X_2 \leq 210.000$$

$$X_1 - 3X_3 \leq 0$$

$$X_3 \leq 393.000$$

$$X_4 \geq 76.000$$

$$X_5 \leq 56.000$$

$$X_6 \geq 40.000$$

$$X_7 \geq 44.000$$

$$X_8 \geq 53.000$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 \leq 1.835.000$$

Pozitif Olma Kısıtı:

$X_i \geq 0$, burada $i = 1, 2, 3, \dots, 8$ şeklinde pozitif tamsayılarıdır.

Kullanılan QM for Windows 4.0 programı ara yüzü, veri girişi ve hesaplama özellikleri açısından pratiklik sağlamaktadır. Özellikle doğrusal programlamada kısıtlar ve amaç fonksiyonu gibi veri girişlerinde kullanışlı ve basit bir ara yüze sahiptir. Modelin tüm verileri kullanılarak yapılan çözümün sonuçları aşağıda Tablo 3' de görülmektedir.

Tablo 3 : Modelin Çözümü

Değişken	Değer
X ₁	627.270
X ₂	175.000
X ₃	342.000
X ₄	76.000
X ₅	48.000
X ₆	40.000
X ₇	44.000
X ₈	53.000
Optimal Değer (Z)	4.538.294

Yukarıda Tablo 3'te modelin doğrusal programlamadaki çözümünde üretim miktarları elde edilmiştir. Tabloda en dikkat çeken nokta, mevcut kısıtlar çerçevesinde A türü iplik (X₁) üretiminde sorun olduğu görülmektedir. İşletme, piyasanın A türü iplik talebi kadar üretim yapamamakta, müşteri kaybetmek riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Bu üretim seviyesinde maksimum kâr 4.538.294 TL olarak gerçekleşmektedir. Bu sorunu çözmek için A türü iplik üretim bölümüne 131.222 dakika işgücü eklenmiştir. Aşağıda Tablo 4'de yeni üretim miktarları verilmiştir:

Tablo 4: Modelin İşgücü Takviyesi Yapılarak Çözümü

Değişken	Değer
X ₁	721.000
X ₂	175.000
X ₃	342.000
X ₄	76.000
X ₅	48.000
X ₆	40.000
X ₇	44.000
X ₈	53.000
Optimal Değer (Z)	4.744.500

Tablo 4'de elde edilen veriler incelendiğinde; mevcut koşullarda tekstil işletmesinin 30 günlük dönemde, A türü ipliklerden (X₁) 721.000 kg., B türü ipliklerden (X₂) 175.000 kg., C türü ipliklerden (X₃) 342.000 kg., D türü ipliklerden (X₄) 76.000 kg., E türü ipliklerden (X₅) 48.000 kg., F türü ipliklerden (X₆) 40.000 kg., G türü ipliklerden (X₇) 44.000 kg., H türü ipliklerden (X₈) 53.000 kg., üretmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu üretim miktarlarını elde etmek için A türü iplik üretim bölümüne 131.222 dakika işçilik takviyesi yapılmıştır. Bu miktarlarda üretimin getireceği maksimum kârın değeri (Optimal Value (Z)) ise, 4.744.500 TL olarak bulunmuştur.

4. SONUÇ

Üretim planlama yapılırken öncelikle üretimi yapılacak ürünün, piyasadaki talep durumu dikkate alınmaktadır. Müşteri taleplerinde meydana gelen değişiklikler devamlı takip edilerek üretim planlanma yapılmalıdır. Bu nedenle işletmeler, doğru üretim planlamayla yatırımlarına yön vermekte ve ürettikleri ürünlerle piyasaya hâkim olmayı amaçlamaktadır. Tekstil sektöründe yüksek katma değer sağlayan, özellikle dünya pazarında tüketimin arttığı iplik gibi ürünlerin kaliteli ve istenildiğinde müşteriye sunulması işletmelere rekabet gücü sağlamaktadır.

Uygulamanın yapıldığı işletmede kâr maksimizasyonunu sağlayan üretim miktarları bulunmaya çalışılmıştır. Modelin çözüm sonuçlarına bakıldığında 30 günlük dönemsel üretimde, A türü ipliklerden (X_1) 721.000 kg., B türü ipliklerden (X_2) 175.000 kg., C türü ipliklerden (X_3) 342.000 kg., D türü ipliklerden (X_4) 76.000 kg., E türü ipliklerden (X_5) 48.000 kg., F türü ipliklerden (X_6) 40.000 kg., G türü ipliklerden (X_7) 44.000 kg., H türü ipliklerden (X_8) 53.000 kg., üretilmesi durumunda işletmenin kârının daha yüksek olacağı hesaplanmaktadır. Farklı ürün çeşitlerinden farklı talep miktarlarında üretebilmek için üretimde çalışan işgücünün yeniden hesaplanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Hesaplanan bu yeni üretim miktarı için A türü iplik üretim bölümüne 131.222 dakika işçilik takviyesi gerekmektedir. Böylelikle maksimum kâr elde edecek üretim elde edilebilecektir. Model sayesinde işletmenin kâr miktarı artarak 4.538.294 TL'den 4.744.500 TL değerine yükselmektedir. İşletmenin kâr artışı (206.206 TL) % 5 olarak gerçekleşmektedir.

Modele genel olarak bakıldığında işletmenin müşteri memnuniyetini sağlaması adına bütün ürünlerden üretmesi gerektiği sonucu çıkarılmaktadır. Bu sonuçlar irdelendiğinde, D,E,F iplik ürünlerinin alt üretim sınırında üretilmesi gerektiği belirlenmektedir. İşletmede daha yüksek kâr için bazı ürünlerin alt üretim kısıtı kaldırılırsa, bu ürünlerin üretim miktarlarının düşeceği hatta sıfırlanacağı görülmektedir. Ancak işletme ürün çeşitliliğini sağlayıp, müşteri memnuniyetini artırmak adına bu ürünlerin üretimini devam ettirmektedir. Çünkü işletme bu ürünlere geçmişte belli bir talep almıştır. Bu talebin gelecekte de olacağı tahmin edilmektedir. İşletme, ürün çeşidini müşterinin istediği zamanda sunarak müşteri ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılamayı hedeflemektedir. Bu yaklaşımın uzun vadede rekabet gücünü artıracığı ve yüksek kâr sağlayacağı tahmin edilmektedir. Bu yüzden sadece amaç fonksiyonu katsayısı yüksek olan ürünlerin üretim miktarlarını artırıp kâr maksimizasyonu sağlamak yerine, bütün ürünlerden uygun miktarlarda üretim yaparak ürün çeşitliliğini sağlamak daha akılcı olacaktır.

Bu çalışma sonucunda işletmenin iki noktada kendini geliştirebileceği ifade edilebilir. Birincisi; mevcut durumda işletme optimum üretim için işgücü takviyesi yapmıştır. Yapılan üretim planlamasında A türü ipliklerin üretildiği bölüme 131.222 dakika işçilik takviyesi yapıldığında maksimum kârı veren üretim değerleri elde edilmiştir. Takviye işgücü 1 aylık dönem için 131.222 dakika, bir işçinin toplam çalışması süresi olan 13.500 dakikaya bölündüğünde 9,72 değeri elde edilmektedir. Yani dönem boyunca işletmenin birden fazla işçinin işgücünü fazla mesai ve takviye istihdamla çözdüğü tespit edilmiştir. İşletmenin yoğun fiziki işgücü isteyen üretim sürecinde gerek kendi personelinin yıpratıcı şekilde fazla çalıştırması gerekse de dışarıdan geçici istihdam temin etmesi sürekli ve etkili üretim ortamını bozacağı gibi rekabet gücü ve kaliteyi de uzun vadede düşürecektir. Artan rekabet şartlarında işletmenin üretimini artırması, üretim alanında gerekli değişiklikleri yapması ve rakiplerine karşı pazar payını koruyarak artırması tecrübeli ve yeterli personelin üretime yeterli katkısıyla sağlanabilecektir.

İkinci önemli nokta ise, işletmenin mevcut fiziki kapasitesini göz önünde bulundurarak tam kapasiteyi hedefleyip üretim miktarını artırması gerektiği sonucudur. Bu üretim seviyesine ulaşmak için pazar payını da artırmak elzemdir. Pazar payını artırmak, gerek ülke çapında

gerekse de uluslararası çevrede satış noktalarını artırıp daha fazla müşteriye ulaşmakla mümkün olacaktır.

Üretim planlaması sürecinde, üretim için gerekli malzeme ihtiyacının belirlenmesi, malzemelerin temin edilmesi, müşteriye doğru teslim süresi verilmesi vb. şeklinde alınması gereken kararlardaki etkinlik firmanın karlılığını ve sürekliliğini sağlaması için büyük önem taşımaktadır. İşletmelerde karar verme durumunda olanlar sadece tecrübeye ve yeteneğe dayanan sezgisel, klasik kararlar yerine olayları bilimsel açıdan ele alarak sistematik bir değerlendirme yapıp bilimsel teknikler yardımıyla çözümler aramalıdır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara da bakıldığında doğrusal programlama tekniğinin etkin bir üretim planlama için son derece önemli bir araç olduğunu ifade etmek mümkündür.

Tasarlanan model, ülke genelinde tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin üretim planlamasına önemli katkılar sağlayabilecektir. Model sayesinde üreticiler, sektörün gelecek dönemlerdeki istihdam ihtiyaçlarını tahmin edebileceklerdir. Ayrıca iklim şartlarına bağlı üretim miktarlarındaki mevsimsel dalgalanmalar, daha iyi yönetilebilir bir hale getirilerek işsizlik sorununa olumlu etkiler sağlanabilecektir.

Literatür incelendiğinde iplik üretim işletmelerinde, doğrusal programlama tekniğiyle üretim planlamaya dair yapılan bir çalışma bulunamamıştır. Bu teknikle yapılacak üretim planlamaların işletmeye, bölgeye ve ülke ekonomisine önemli katkılar sunacağı açıktır. Yapılan bu çalışma, benzer yapıdaki işletmeler için de bir uygulama modeli sunmaktadır. Aynı zamanda diğer illerde aynı üretimi yapan işletmelere örnek oluşturarak verimli üretim yapmalarını sağlayacak ve rekabet güçlerini arttıracak konuma getirecektir. Bu kapsamda çalışmanın literatüre önemli bir katkı sağlaması beklenmektedir.

Bu çalışmanın, iplik üretimi dışındaki diğer uygulama alanlarında yapılacak yeni çalışmalara örnek oluşturarak bilimsel anlamda literatüre, ekonomik anlamda da işletmeye, bölgeye ve ülkeye katkı sağlaması beklenmektedir. Gelecek çalışmalarda doğrusal programlama tekniğinin yanı sıra, belirsiz ortamları yansıtan farklı model tasarımları için hedef programlama ve bulanık programlama gibi yöntemler de kullanılabilir.

Sonuç olarak işletmenin en önemli beklentilerinden biri olan kâr amacının karşılanabilmesi ve bu durumun sürekliliğinin sağlanabilmesi için üretim kaynaklarından maksimum oranda faydalanarak üretim planlanmalı, alternatif plan stratejileri oluşturulmalı ve planlamada bilimsel karar verme tekniklerine yer verilmelidir.

KAYNAKÇA

1. ÇETİNDERE, A., SEVİM, Ş., ve DURAN, C. (2010). ‘‘Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Tekniğinin Kullanımı Bir Konfeksiyon İşletmesinde Uygulama’’, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 35(1): 271-300.
2. DEMİRCİOĞLU, E.N. ve DEMİRCİOĞLU, M. (2016). ‘‘Üretim Satın Alma Kararlarında Faaliyete Dayalı Maliyet Sistemi ve Kısıtlar Teorisi: Doğrusal Programlama ile Örnek Uygulama’’, Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 13(33): 316-333.
3. DİNÇER, H. (2014). İşletmelerde Doğrusal Programlama Ve Üretim Planlamasında Bilgisayar Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

4. DOMSCHKE, W., SCHOLL, A., ve VOB, S. (1997) Produktionsplanung: Ablauforganisatorische Aspekte. Berlin: Springer.
5. EKMEKÇİ, N. (2015). Sanayi İşletmelerinde Üretim Planlaması Ve Doğrusal Programlama İle Bir Sanayi İşletmesinde Optimizasyon Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
6. EROĞLU, E. (2020). Yöneylem Araştırması Ders Notu, İstanbul.
7. GÜRDOĞAN, N. (1981). “Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama Ve Demir Çelik Endüstrisinde Bir Uygulama”, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, 473(1): 139-146.
8. KRAJEWSKI, L.J., RITZMAN, L.P., and MALHOTRA, M.K. (2014). Operation Management Processes And Supply Chains, Pearson, İstanbul.
9. ÖZKOL, A.E. (2018). “Stratejik İşletme Kararlarında Kısıt, Süreç ve Mamul Karması”, Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi, 9(2): 131-144.
10. PAHL, J. (2012). Production Planning With Load Dependent Lead Times And Sustainability Aspects, Hamburg.
11. SHARMA, H. (2019). Production Planning And Control. BookRix, Knoxville.
12. TAHA, A.H. (2007). Yöneylem Araştırması, (Çev.) BARAY, Ş., Şakir Esnaf, İstanbul.
13. TİMOR, M. (2010). Yöneylem Araştırması, Türkmen Kitabevi, İstanbul.
14. TÜRKOZ, N.F. (2001). Doğrusal Programlama Metodu İle Üretim Planlaması Isparta Mensucat A.Ş.nde Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
15. ÜNÜÇOK, S. (2019). Doğrusal Programlama Yöntemi İle Üretim Planlama Bir Nonwoven Kumaş Fabrikasında Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.
16. YALÇINSOY, A., ZİNCİRKIRAN, M., and TİFTİK, H. (2014). “Approach Of Capacity Planning Through Linear Programming Technique: A Practice In Textile Enterprise” International Journal Of Innovative Research in Management, 3(3): 16-29.
17. YARALIOĞLU, K. ve UMARUSMAN, N. (2010). “Çok Amaçlı Doğrusal Programlamadan Sistem Tasarımına: De novo” Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 12(4): 61-74.
18. ALFARES, H.K. ve ABDULAZIZ, S.A. (2020). “Optimum Workforce Scheduling For Multiple Security Gates, Infor: Information Systems and Operational Research”, 58 (3): 438-455.
19. KIERMAIER, F., FREY, M. and BARD, J.F. (2020). “The Flexible Break Assignment Problem For Large Tour Scheduling Problems With An Application To Airport Ground Handlers, Journal of Scheduling”, 23(1): 177-209.