

**HEDEF PROGRAMLAMA İLE ÜRETİM PLANLAMASI VE BİR PLASTİK  
FİRMASINDA UYGULAMA\***Hacer ŞENGÜL Dr. Öğr. Üyesi Engin KARAKIŞ **ÖZET**

Üretim planlaması, işletme yönetiminin çok önemli bir bölümüdür. İşletmeler üretim sürecinde doğru kararlar verebilmek için planlama sürecine ihtiyaç duyar ve bu süreçte üretimi nasıl gerçekleştireceklerini önceden projelendirir. Üretim sürecinin kaynakları ve çıktılarına dayalı olan planlama; koordinasyon, denetim, kontrol ve karar alma süreçlerini içeren bir faaliyet bütünüdür. Bu çalışmada, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama yöntemi kullanılmıştır. Analitik Hiyerarşi Prosesi ile üretim planlamasında dikkate alınan kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Hedef Programlama ile Plastik Kalıp ve Enjeksiyon firmasının 2021 yılındaki üretim planı hazırlanmıştır. Değerlendirmeler sonucunda Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama yöntemlerinin bütünlük olarak üretim planlamasında uygulanabilir yöntemler olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Çok Kriterli Karar Verme, AHP, Hedef Programlama, Üretim Planlaması.

**JEL Kodları:** C60, C61, M11.

**PRODUCTION PLANNING WITH GOAL PROGRAMMING AND APPLICATION IN A  
PLASTICS COMPANY****ABSTRACT**

Production planning is a very important decision problem for business management. Businesses need a planning process to make the right decisions in the production process, and they project in advance how they will perform the production in this process. Planning is based on the resources and outputs of the production process; It is a whole activity that includes coordination, supervision, control, and decision-making processes. This study aims to make production planning for a plastic mold and injection company. In the study, Analytical Hierarchy Process and Goal Programming method, which are among the Multi-Criteria Decision Making methods, were used. The importance weights of the criteria taken

\* Bu makale Hacer ŞENGÜL'ün hazırladığı ve Dr. Öğr. Üyesi Engin KARAKIŞ danışmanlığında yürütülen "Hedef Programlama ile Üretim Planlaması ve Bir Plastik Firmasında Uygulama" adlı Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

\* Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, S.B.E., Ekonometri A.B.D., Sivas/ Türkiye. E-mail: [hacersengul11@gmail.com](mailto:hacersengul11@gmail.com)

\* Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İ.İ.B.F., Ekonometri Bölümü, Sivas/ Türkiye. E-mail: [ekarakis@cumhuriyet.edu.tr](mailto:ekarakis@cumhuriyet.edu.tr)

**Makale Geçmişi/Article History**

Başvuru Tarihi / Date of Application : 15 Ağustos / August 2021

Düzeltilme Tarihi / Revision Date : 15 Ocak / January 2022

Kabul Tarihi / Acceptance Date : 01 Mart / March 2022

*into consideration in production planning were determined by the Analytical Hierarchy Process, and production planning was made with the Goal programming method.*

**Keywords:** *Multi Criteria Decision Making, AHP, Goal Programming, Production Planning.*

**JEL Codes:** *C60, C61, M11*

## 1. GİRİŞ

Plan; bugünden gelecekte ulaşılmak istenen amaç ve hedeflere nasıl ulaşılabileceğinin, nelerin yapılacağına kararlaştırılmasıdır (Koçel, 2010:154). Amaçlar işletmelerde misyon, marka imajı gibi nitelikleri ifade ederken hedefler kâr, maliyet gibi sayısal olarak ifade edilebilen amaçlardır. Planlama işletmelerde çok önemli ve temel bir yönetim işlevidir. Planlama içinde alınacak olan kararları da bulundurmaktadır. Planlama süreye, plan yapılan yönetim düzeylerine göre sınıflandırılabilir. Planlama işletmelerde çok çeşitli düzeylerde yapılan bir faaliyettir. Planlama yönetim düzeylerine ve bu yönetim basamaklarının amaçlarına göre stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere ayrılmaktadır. Planlama ile amaç ve hedefleri görünür bir hale getirmek, işgücü koordinasyonunu sağlamak, kaynakların etkin ve verimli bir şekilde yönlendirilmesi sağlamak ve geleceğe odaklanmak bakımından yararlı ve önemlidir (Arıkboğa, 2022).

Planlama ile istenilen amaç ve hedefler etrafında koordinasyon sağlanması amaçlanır. İstenilen miktarda, istenilen kalite ve düşük maliyetle üretim faaliyetinin tasarlanması üretim planlamasını ifade eder. Planlama ile kaynakların en etkin şekilde üretimde kullanılması amaçlanır. İşletmelerin planlama yöntemi; stratejilerine, ürettiği ürünlere, sunduğu hizmetlere, mevcut kaynaklarına, tedarik zincirlerine ve müşteri taleplerine göre değişiklik gösterebilmektedir. İşletmelerde planlama faaliyetini işletme yönetim birimleri bakımından sınıflandırmak mümkündür. Talep planlaması, satış ve operasyon planlaması, üretim planlaması, malzeme planlaması, lojistik planlaması ve iş gücü planlaması bunlardan bazılarıdır.

Üretim planlaması; talepteki değişimler, üretim sürecinin zorluğu, artan rekabet gibi nedenlerle planlar arasında öne çıkan planlama faaliyetidir. Üretim planlamasının işletmelerde kaliteli bir iş akışı sağlanması, müşteri memnuniyetini artırması ve stokları optimize edeceği düşünülmektedir. Planlama ile nitelikli raporlama yapılarak işletmelerde kaynakların daha verimli ve etkili yönetilmesi sağlanabilecektir. İşletmelerdeki üretim faaliyeti arz ve talebin uyumlaştırılması diğer bir ifade ile stok ve talebin yönetilmesi sürecidir. Üretim faaliyeti teknoloji, iş gücü, bilgi ve pek çok kaynağın bir arada kullanıldığı karmaşık bir süreçtir. Üretim yönetiminde temel amaç üretimde maliyetlerini minimum yaparak verimliliğin sağlanmasıdır.

Üretim planlaması işletmelerin makine, donanım ve iş gücü kaynaklarının planlamasını sağlayan ve müşteri taleplerini dikkate alan bir süreçtir. Bu çalışmada bir plastik firması için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Hedef Programlama (HP) yöntemleri ile üretim planlaması yapılmıştır.

Çalışmada öncelikle üretim planlaması konusunda literatür taraması yapılmıştır. Üretim planlaması konusunda yapılan çalışmalar bakımından literatürün oldukça zengin olduğu görülmektedir. Bu kısımda hedef programlama ve AHP kullanılarak son yıllarda yapılan yerli ve yabancı çalışmalardan bazıları kronolojik bir sıralama ile incelenmiştir.

Gülenç ve Karabulut (2005) araç lastikleri üreten bir firmada bir aylık otobüs ve kamyon lastiği üretimini planlamışlardır.

Ayan (2010) üretim planlaması problemini bulanık hedef programlama ile incelemiştir. Bulanık hedef programlama ile iki ham madde kullanılarak üretilen bir ürünün 6 aylık üretim planlamasını yapmıştır.

Dündar ve Zerenler (2011) bir un fabrikasında hedef programlama ile üretim planlaması yapmışlardır. İşletme tarafından belirlenen amaçlar hipotetik verilere dayalı olarak üretim planı oluşturulmuştur.

Karaatlı vd. (2014) yılında bulanık doğrusal programlama yöntemi ile mobilya sektöründe üretim planlaması yapmışlardır. Çalışmada doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama Zimmermann yaklaşımı ile üretim planı çıkarılmıştır.

Yücesan (2017) öncelikli hedef programlama ile Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çekyat üreten bir firma için üretim planlaması yapmıştır. Yücesan öncelikli hedef programlama uzantısını kullanarak firma için iki ayrı üretim planı önermiştir. Planlamada kâr hedefi, üretim miktarı hedefi ve hat düzenleme hedefi kullanılmıştır.

Gür, Hamurcu ve Tamer (2017), Ankara'daki şehir içi ulaşımın daha modern ve daha hızlı olabilmesi için AHP, 0-1 HP yöntemleri ve Monoray teknolojisini kullanmışlardır. Modelde dört güzergâh ve üç alternatif yol oluşturmuşlardır. Oluşturulan modelde hedeflerden istenmeyen yönde herhangi bir sapmaya ulaşılmamıştır ve Ankara Büyükşehir Belediyesinde belirlenen güzergâhlara en uygun ulaştırma projelerinin seçimini sağlamışlardır.

Arsu ve Özdemir (2019) yeniden üretim sistemi ile çevre kirliliğini azaltmak, kaynak israfını önlemek ve verimliliği artırarak stok kontrolünü sağlamak için otomotiv sektöründe bir firma için stok kontrol politikasını AHP ve ağırlıklı HP yöntemleri ile modellemişlerdir. Çalışmada kullanılan beş kriterin önem ağırlıkları AHP ile belirlenmiş ve ağırlıklı HP yöntemi ile önerilen modelin stok kontrolünde hedefleri istenilen düzeyde sağladığı ifade edilmiştir.

Ünal, Güven ve Çetin (2019) Antalya'da faaliyet gösteren bir otel işletmesi için tedarikçi seçim problemini Bulanık AHP ve HP ile incelemişlerdir. Tedarikçi seçiminde kullanılan beş ana kriter ve dokuz alt kriterin önem ağırlıkları bulanık AHP ile belirlenmiş ve tedarikçi seçimi hedef programlama ile yapılmıştır.

Karadağ (2019) Ankara ve çevresinde katı atık depolama tesisinin yer seçimi için, HP yöntemini ve AHP yöntemini kullanmıştır. Çalışmada yer seçiminde kullanılan kriterlerin önem ağırlıkları AHP ile ve yer seçimi hedef programlama ile yapılmıştır. Çalışmada farklı önem ağırlıkları ile duyarlılık analizi yapılmıştır. Ankara ilinin Akyurt, Ayaş, Bala ve Gölbaşı ilçelerini ele almıştır. Bu ilçeler arasında en düzenli depolama tesisi yeri sırasıyla Gölbaşı, Ayaş, Akyurt ve Bala olmuştur.

Arunraj ve Maiti (2010) AHP ve HP yöntemini kullanarak bir kimyasal benzen tesisinin ekstraksiyon ünitesinde ekipman arızası riskine ve bakım maliyetine dayalı, bakım onarım seçimi yaklaşımını hazırlamışlardır. Çalışmada uygulanan yöntemlerin risk ekipman için tercih edilen bir yaklaşım değeri kazandığını ifade etmişlerdir.

Lai, Leung ve Wu (2010) Hong Kong'daki çok uluslu bir iç çamaşırı şirketi için HP yöntemini kullanarak toplu üretim planı hazırlamışlardır. Modeli farklı uluslar tarafından belirlenen üretim kotalarına, üretim fabrikalarının müşteri tercihlerine göre kullanılmasına, iş gücü seviyesine, depolama alanına vb. kaynaklara tabi tutmuşlardır. Bu kaynakların dikkate alınması sonucunda geliştirilen modelin, sağlam ve etkin olduğunu tespit etmişlerdir.

Komsiyah ve Centika (2018) üretim zamanı, depolama, maliyet gibi kriterlere göre bir mobilya firmasında beş ayrı ürün için üretim planlaması gerçekleştirmişlerdir.

Chan ve Leung (2019) üretim kapasitesi, iş gücü seviyesi, fabrika konumu, makine kullanımı ve depolama alanı dâhil olmak üzere Amerika'da üç tesis ve Çin'de bir tesis üzerinde çalışma yaparak toplu üretim planı modelini oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda hedeflenen önceliklere ve arzu edilen değerlere göre modelin esnek ve sağlam olduğunu ifade etmişlerdir

Broz vd. (2019) hedef programlama yöntemini kullanarak bir kereste fabrikasında üretimi planlamışlardır. Planlama sürecinde kâr, stok maliyetleri, verimlilik, karşılanmayan talep, kriterleri dikkate alınmıştır. Çalışmada endüstrinin özellikleri gereği çok sayıda farklı kriterin dikkate alınabileceği ve karar vericinin tercihlerine bağlı olarak farklı kriter ve amaçlarla farklı çözümler elde edileceği ifade edilmiştir.

Tyas vd. (2021) bir aile işletmesinde hedef programlama ile üretim planlaması yapmışlardır. Çalışmada kriterlere yirmi dört ayrı ağırlıklandırma senaryosu uygulanarak üretim planlamasına olan etkileri değerlendirilmiştir.

Vinsensia vd. (2021) bir tekstil firmasında hedef programlama ve bulanık hedef programlama ile üretim planlaması gerçekleştirmişlerdir. Sekiz ürün için yapılan planlamada yöntemlerin farklı sonuçlar ortaya koyduğu belirtilmiştir.

Literatürde çeşitli üretim faaliyetlerinin planlaması konusunda araştırmalar yapılmış olmakla birlikte plastik kalıp ve enjeksiyon firması uygulaması ilk defa ele alınmıştır. Çalışmada plastik kalıp ve enjeksiyon firmasının gerçek ve güncel verileri ile çalışılmış ve bu bakımdan özgünlük taşımaktadır.

Firma için üretim planlaması yapılırken firmanın yönetim kadrosunda yer alan üretimden sorumlu endüstri mühendisi ile birlikte firmanın üretim planlama bölümünde çalışılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde üretim ve planlama kavramları kısaca açıklanarak literatür taramasına yer verilmiştir. İkinci bölümde çalışmada kullanılan AHP ve HP yöntemleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde AHP ile kriter önem ağırlıkları belirlenmiş ve HP ile firma için üretim planlaması yapılmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde planlama sonuçları verilmiştir. Beşinci bölümde yönetimsel çıkarımlar ve son bölümünde ise sonuç ve değerlendirmeler bölümü yer almıştır.

## **2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME**

Günlük hayatta ve iş hayatında karar problemleri, çok sayıda ve genellikle birbiriyle çelişen kriterler içermektedir. Bu gibi durumlarda en iyi alternatifi seçmek ya da en doğru kararı vermek oldukça zorlaşmaktadır. Geleneksel ve tecrübeye dayalı yöntemlerin bu gibi durumlarda yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu problemlerin çözümü amacıyla 1970'li yıllardan itibaren pek çok bilimsel yöntem geliştirildiği görülmektedir. Bu yöntemler Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri olarak adlandırılmaktadır.

ÇKKV yöntemleri Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) ve Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) yöntemleri olarak ayrılmaktadır. ÇNKV, birden fazla kritere göre sıralama yapma imkânı sağlayan teknikleri içermektedir. ÇNKV tekniklerine örnek olarak ELECTRE, DEMATEL, AHP, TOPSİS, PROMETHE, OCRA, AAP ve VIKOR yöntemleri söylenebilir (Timor, 2011: 16). ÇAKV yöntemi ise karar vermenin sürekli olduğu karar problemleri üzerinde çalışır. ÇAKV yönteminde optimum çözüm yerine etkin çözüm söz konusudur. ÇNKV'de belirli alternatifler arasında seçim, sıralama ve değerlendirme yapılırken ÇAKV'de alternatifler belirsiz olup sınırsız çözüm kümesi vardır. ÇAKV yöntemine örnek olarak Doğrusal Programlama (DP)'nin bir uzantısı olan Hedef Programlama yöntemi verilebilir.

### **2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi**

AHP yöntemi ikili karşılaştırmalara dayanan bir karar verme yöntemidir. Thomas L. Saaty tarafından 1970'lerde tanıtılan AHP, çok kriterli problemlerin çözümünde kullanılan, nicel ve nitel kriter içeren karar problemlerinde çözüm imkanı veren bir yöntemdir (Saaty, 1986: 841-855). AHP'de grup kararı söz konusu olduğunda karar vericilerin yargıları geometrik ortalama yolu ile birleştirilmektedir. Karar problemindeki alternatif ve kriterler karşılaştırılırken Saaty'nin ikili karşılaştırmalar ölçeği kullanılır. AHP bir karar problemini öncelikle hiyerarşik bir yapı içerisinde tanımlayarak problemin daha iyi anlaşılmasını ve kavranmasını sağlar. Bu yapı hedefin, kriterlerin ve alternatiflerin bir arada gösterildiği bir yapıdır. AHP yönteminde karar verici, bir karar probleminde alternatifler arasında seçim yaparken birbirleriyle çelişen seçeneklerden en "uygun" olanı seçmeli veya bu alternatifleri önem derecelerine göre sıralamalıdır (Ünal, 2012: 38).

Genel olarak; karar verici, tanımlanan problemi matematiksel bir modele dayandırabilir ve bazı nitel değerlere dayalı karar verme sürecini oluşturabilir. Bu amaçla Saaty, insanları nasıl karar vermeleri gerektiğine dair bir yöntem kullanmaya zorlamak yerine, öne sürdüğü AHP, onlara kendi karar verme mekanizmalarını tanıma ve bu şekilde daha iyi kararlar alma fırsatı vermeyi amaçlamaktadır (Altın ve Atan, 2008: 147). AHP’de uygulama adımları aşağıdaki gibidir (Thengane vd., 2014: 152; Özgül, 2006: 46; Atsan ve Kuruüzüm, 2001: 87; Vargas, 1990: 4; Saaty, 1986: 843):

#### **Adım 1.** Problemin Tanımlanması ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

İlk aşamada karar problemi en üstte nihai hedefin olduğu ve problemin tüm unsurlarının ifade edildiği hiyerarşik bir yapı içinde tanımlanır. AHP’de karar probleminin bu yapıya dönüştürülmesi problemin daha kolay anlaşılması ve değerlendirilmesini sağlama sürecidir.

#### **Adım 2.** İkili Karşılaştırmalar ve Karşılaştırma Matrisi

Problem tanımlanıp hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. İkili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulabilmesi için Saaty tarafından geliştirilen 1-9 ölçeği kullanılmaktadır.

#### **Adım 3.** Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra kriterlerin önem ağırlıkları belirlenir. Kriterlerin önem ağırlıkları, normalize edilmiş karar matrisinin satır toplamlarının kriter sayısına bölünmesi ile elde edilir.

#### **Adım 4.** Tutarlılık Oranının Hesaplanması

AHP’de karar vericilerin yaptığı ikili karşılaştırmaların tutarlı olması gerekir. Tutarlılık oranı (CR), tutarlılık indeks (CI) değerinin, eleman sayısına göre belirlenen rassal göstergeler (RI) tablosunda karşılık gelen değere bölünmesi ile elde edilir. AHP’de tutarlılık oranının 0.10 değerinden küçük olması istenilir. Tutarlılık oranı değeri 0.10’dan büyük olursa ikili karşılaştırma matrisi tekrar incelenmeli ve karşılaştırmaların düzeltilmesinden sonra adımlar tekrar edilerek tutarlılık oranı hesaplanmalıdır.

## **2.2. Hedef Programlama**

İngilizce “Goal Programming” olarak ifade edilen HP ilk olarak 1955 yılında Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından yönetici maaşlarının analizi üzerine yapılan bir çalışmada tanıtılmıştır. Yöntemin algoritması 1961’de Charnes ve Cooper tarafından oluşturulmuştur (Render, Stair ve Hanna 2012: 408). Doğrusal programlamanın bir uzantısı ve geliştirilmiş bir şekli olan hedef programlama daha sonra 1965’te İjiri, 1972’de Lee ve 1976’da Ignizio tarafından geliştirilmiştir (Sarıaşlan, Karacabey ve Gökgöz 2017: 403; Jones ve Tamiz, 2010: 1). Charnes ve Cooper başlangıçta HP’yi "kısıtlı regresyon" olarak adlandırmışlardır (Charnes vd. 1955: 138-140). Kısıtlı regresyon, ilgili kısıtlamalar

altında regresyon fonksiyonlarının geliştirilmesini sağlayan güçlü bir parametrik olmayan yöntemdir (Ignizio ve Romero, 2003: 490).

Doğrusal programlamada amaç kâr ya da faydayı maksimize etmek veya maliyeti minimize etmektir. Diğer bir ifade ile amaç fonksiyonunda tek bir hedef yer alır. Ancak işletmeler kâr maksimizasyonu ve maliyet minimizasyonu dışında çok sayıda ve birbiriyle çelişen amaç ve hedeflere sahiptir. Bu gibi durumlarda doğrusal programlamanın yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu nedenle çok amaçlı karar problemlerinin çözümü için doğrusal programlamanın bir uzantısı olan hedef programlama yöntemi geliştirilmiştir.

Hedef programlama karar verici tarafından belirlenen hedeflerden sapmaların toplamını minimum yapmaya çalışır. Hedef programlamada çelişen amaçlar ve hedefler kısıt haline dönüştürülür. Hedef programlamada amaç fonksiyonu birden fazla hedefin sapmalarının toplamını ifade eden bir fonksiyondur. HP yöntemi çok sayıda hedefi tek bir amaç fonksiyonunda eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesini sağlayan bir yöntemdir. HP'de ana düşünce, orijinali çok amaçlı olan problemi tek amaçlı probleme dönüştürmektir (Taha, 2000: 343).

Yöneylem araştırmasının önemli ve yaygın olarak kullanılan yöntemlerinden olan hedef programlamanın zaman içinde çeşitli uzantılarının geliştirildiği görülmektedir. Bu uzantılar:

- Tek hedefli programlama,
- Eşit ağırlıklı çok hedefli programlama,
- Öncelikli çok hedefli programlama,
- Ağırlıklı çok hedefli programlama,
- Ağırlıklı-öncelikli çok hedefli programlamadır.

Tek hedefli programlama doğrusal programlama gibi tek bir amaç fonksiyonundan oluşmaktadır. Bu uzantıda amaç pozitif ya da negatif sapmanın minimum yapılmasıdır.

Eşit ağırlıklı çok hedefli programlamada sistem kısıtları dışında birden fazla hedef söz konusu olup hedef kısıtları eşit önem düzeyindedir. Eşit ağırlıklı hedef programlamada hedef kısıt değişkenlerinin katsayıları aynıdır.

Öncelikli hedef programlamada karar verici tarafından bazı hedefler diğerlerine göre öncelikli olarak gerçekleştirilmek istenmektedir. Bu gibi durumlarda amaç fonksiyonu hedeflerin öncelik sırasını belirtecek şekilde  $P_k$  öncelik değeri verilerek oluşturulur.

Ağırlıklı hedef programlamada bazı hedefler diğerlerinden daha önemli olarak değerlendirilebilir. Bu durumda hedefler, öncelikleri dışında karar verici tarafından önem değerleri verilerek ağırlıklandırılır. Aynı öncelik değerine sahip bir hedef değişkeninin önem ağırlığı farklı olabilir.

Ağırlıklı-öncelikli çok hedefli programlamada hedef değişkenlerinin hem öncelikleri hem de önem ağırlıkları farklı olabilir. Aynı önem düzeyindeki hedeflerin öncelikleri farklı olabildiği gibi aynı öncelik düzeyindeki bir sapma değişkeninin önem ağırlığı farklı olabilmektedir.

Bu çalışmada kısıtların önem düzeyleri karar verici tarafından farklı ağırlıklarda değerlendirildiği için ağırlıklı çok hedefli programlama uzantısı kullanılmıştır. Karara verici hedeflerin önceliklerini eşit düzeyde değerlendirmiştir. Hedef programlama türünün seçiminde karar vericinin; ekonomik şartları, işletmenin özelliklerini, faaliyet gösterilen sektörün özelliklerini ve durumsal olarak ortaya çıkan etkenleri değerlendirdiği düşünülmüş ve firma yetkilisi de olan karar vericinin tercihleri doğrultusunda uygulama yapılmıştır.

Genel hedef programlama modeli aşağıdaki gibi formüle edilmiştir (Öztürk, 2016: 285);

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Min } z = \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^I P_k ( a_{ik}^+ d_i^+ + a_{ik}^- d_i^- ) \quad (1)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n t_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i \quad (i = 1, 2, \dots, I) \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

Pozitif Kısıtlayıcılar:

$$x_j \geq 0, d_i^- \geq 0, d_i^+ \geq 0 \quad (3)$$

Burada;

$P_k$  : k'inci hedefin önceliği

$a_{ik}^+, a_{ik}^-$  : k önceliğine sahip hedefe ilişkin önem ağırlıkları

$d_i^-, d_i^+$  : Hedefe ilişkin negatif ve pozitif sapma değişkenleri

$t_{ij}$  : Hedef ve  $x_j$  ile ilişkili teknoloji katsayısı

$b_i$  : Hedef düzeyini gösterir

### 3. PLASTİK KALIP VE ENJEKSİYON FİRMASININ ÜRETİM PLANLAMA SÜRECİNİN MODELLENMESİ

Bu bölümde Plastik Kalıp ve Enjeksiyon firmasının üretim planı hazırlanmıştır. Üretim planı hazırlanırken firmada üretimden sorumlu endüstri mühendisi ile görüşülerek üretim planı ile ilgili hedef ve kısıtlar belirlenmiştir. Planlamanın amacı, üretim sürecinde belirlenmiş olan birden fazla hedefe ulaşmayı sağlamaktır. Firmanın yıllık üretim planları yönetim kurulu toplantılarında hazırlanmaktadır. Bu toplantılar sonucunda 2021 yılının ham madde, talep, iş gücü, makine, maliyet hesaplaması, normal mesai ve fazla mesai kriterleri belirlenmiştir. Bu kriterlerin yardımı ile üretim planının hazırlanması için talep kısıtları, makine-iş gücü kısıtları ve maliyet-kâr kısıtları oluşturulmuştur. Üretim sürecini



gerçekleştirmek için yıllık üretim planı hazırlanırken çeşitli kısıtlar ve durumlar göz önünde bulundurulmuştur. Bunlar:

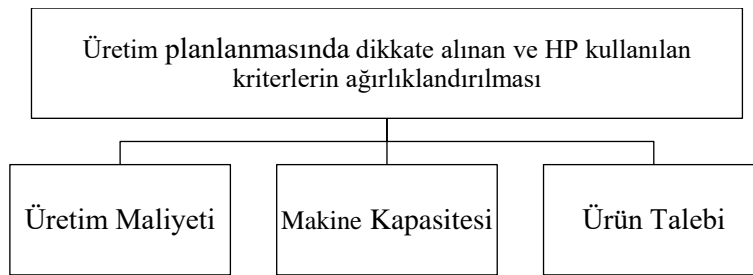
- 1) Üretim planlama dönemi 1 yıldır.
- 2) Üretim planlama sürecinde firmanın birden fazla hedefi mevcuttur.
- 3) Bir yıllık üretim planlaması süreci boyunca işçi sayısı sabittir.
- 4) Elde edilen tahmini talep miktarları, 2021 yılında hedeflenen üretim miktarıdır.
- 5) Talep artışı söz konusu olduğunda fazla mesai saati uygulanacaktır.
- 6) Aylık 24 gün için günlük normal mesai saati 8 saattir.
- 7) Fazla mesai saati normal mesai saatin 1,50 katıdır.
- 8) Günlük maksimum fazla mesai saati 4 saattir.

### 3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Bu çalışmada, plastik sektöründe faaliyet gösteren firmanın üretim planlaması için kullanılan kriterlerin önem ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Bu yöntemin kullanılmasının nedenlerinden biri AHP'nin ikili karşılaştırmaların tutarlılığının test edilmesine imkân sağlamasıdır. AHP uzman görüşlerine dayanan bir yöntem olduğundan hem bu alanda uzman olan hem de firmada karar verici durumunda olan endüstri mühendisinin görüşleri ile ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur.

Çalışmada literatür taraması ve firma yetkilileri ile yapılan görüşmeler sonucunda, üretim planlaması için kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler arasında en önemlileri; ürün talebi, üretim maliyeti ve makine kapasitesidir. Bu kriterlerin öncelik sıralamasının yapılabilmesi için Şekil 1'deki hiyerarşik yapı oluşturulmuştur.

**Şekil 1. AHP kriterlerinin hiyerarşik yapısı**



Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra kriterin önem ağırlıklarının hesaplanması için ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. İkili karşılaştırmalar matrisi Saaty'nin ikili karşılaştırmalar ölçeğine göre firmada yönetici konumundaki endüstri mühendisi tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler Tablo'te verilmiştir.

**Tablo 1. İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

	Üretim Maliyeti	Makine Kapasitesi	Ürün Talebi
Üretim Maliyeti	1	5	1/2
Makine Kapasitesi	1/5	1	1/5
Ürün Talebi	2	5	1
Toplam	3,2	11	1,7

Uzman karar vericinin karşılaştırmaları sonucunda oluşturulan ikili karşılaştırmalar matrisi 0,03 tutarlılık oranı ile tutarlı bulunmuştur. Karar kriter ağırlıkları sırasıyla 0,5559 ile "Talep" birinci öncelikli olurken 0,3537 ile "Maliyet" ikinci ve 0,0904 değeri ile "Makine" üçüncü sırada önemli bulunmuştur. Kriterlerin önem ağırlıkları aşağıda Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2. Kriter Ağırlıkları**

	Üretim Maliyeti	Makine Kapasitesi	Ürün Talebi	Öncelik Vektörü (W)
Üretim Maliyeti	0,3125	0,4545	0,2941	0,3537
Makine Kapasitesi	0,0625	0,0910	0,1176	0,0904
Ürün Talebi	0,6250	0,4545	0,5882	0,5559
Toplam	1	1	1	1

### 3.2. Hedef Programlama ile Üretim Planlaması

AHP yöntemi ile üretim planlamasında kullanılan kriterlerin önem ağırlıkları belirlendikten sonra HP ile üretim planlaması için model oluşturmak amacıyla firmanın ürettiği ürünleri ifade eden karar değişkenleri Tablo 3’teki gibi verilmiştir.

**Tablo 3. Problemin Karar Değişkenleri**

Karar Değişkeni	Malzeme Tanımı
X <sub>1</sub>	6 Kişilik Mor Kahve Makinesi (El Baskı)
X <sub>2</sub>	4 Kişilik Mor Kahve Makinesi (Makine Baskı)
X <sub>3</sub>	4 Kişilik Kırmızı Kahve Makinesi (Makine Baskı)
X <sub>4</sub>	6 Kişilik Kırmızı Kahve Makinesi (El Baskı)
X <sub>5</sub>	4 Kişilik Siyah Kahve Makinesi (Makine Baskı)
X <sub>6</sub>	6 Kişilik Siyah Kahve Makinesi (El Baskı)
X <sub>7</sub>	6 Kişilik Beyaz Kahve Makinesi (El Baskı)
X <sub>8</sub>	4 Kişilik Beyaz Kahve Makinesi (Makine Baskı)
X <sub>9</sub>	6 Kişilik Leylak Kahve Makinesi (El Baskı)
X <sub>10</sub>	Cezve Sapı
X <sub>11</sub>	Cezve Adaptörü

Modeldeki karar değişkenleri türüne göre farklı bölümlerde kullanılan makinelerde işlem görmektedir. Üretimde kullanılan bu makineler Tablo 4’te verilmiştir.

**Tablo 4. Karar Değişkeni Türüne Göre Kullanılan Makineler**

Bölümler	Bölüm Makineleri
Enjeksiyon	250 ton
	300 ton
	500 ton
	650 ton
Boyama	Boyama İşlemi
	El Baskı
Serigrafi	Makine Baskı
Paketleme	Ambalaj Makinesi

Ürün talep kısıtları oluşturulurken firmanın 2021 yılı için oluşturmuş olduğu talep tahminleri ürün bazında aylara göre Tablo 5’te gösterilmiştir.

**Tablo 5. 2021 Yılında Aylara Göre Talep Miktarı**

K.D.	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
X <sub>1</sub>	1100	982	1128	1136	1142	1356	948	1456	1642	1883	1357	1449
X <sub>2</sub>	1682	1562	1872	1679	2003	2220	2189	2789	2973	3014	2457	2198
X <sub>3</sub>	2980	2900	2800	2698	2576	2400	2376	2678	3005	3265	2749	2481
X <sub>4</sub>	2000	2980	2000	2138	2256	2020	1987	2250	2432	2693	1956	1874
X <sub>5</sub>	3020	2987	3100	3200	3100	3156	3214	3657	4200	4351	3114	2886
X <sub>6</sub>	3000	2500	2978	2712	2619	2856	3002	3359	3698	4000	2821	2876
X <sub>7</sub>	2100	2116	2126	2346	2448	2569	1994	2800	2997	3756	2346	2346
X <sub>8</sub>	2132	2256	2075	2489	2257	2185	1743	2012	2372	2589	1726	2023
X <sub>9</sub>	1000	986	872	908	1020	798	823	1258	1324	1432	880	760
X <sub>10</sub>	19014	19269	18951	19306	19421	19560	18276	22259	24643	26983	19406	18893
X <sub>11</sub>	19014	19269	18951	19306	19421	19560	18276	20600	20600	20600	19406	18893

2021 yılının her bir karar değişkeni için aylık talep tahminleri toplanarak Tablo 6’daki gibi talep kısıtları elde edilmiştir. Talep kısıtlarının yönü en az olarak belirlenmiştir. Modelde makinelerin günlük çalışma saati 7 saat olarak değerlendirilmiştir.

**Tablo 6. Talep Kısıtları**

Karar Değişkeni	İşareti	Miktarı (Adet)
X <sub>1</sub>	≥	15.579
X <sub>2</sub>	≥	26.638
X <sub>3</sub>	≥	32.908
X <sub>4</sub>	≥	26.586
X <sub>5</sub>	≥	39.985
X <sub>6</sub>	≥	36.421
X <sub>7</sub>	≥	29.944
X <sub>8</sub>	≥	25.859
X <sub>9</sub>	≥	12.061
X <sub>10</sub>	≥	245.981
X <sub>11</sub>	≥	233.896

Çalışmada, karar değişkenlerini ifade eden ürünlerin üretiminde kullanılan makineler farklılık göstermektedir. Bu makinelerde işlem gören ürünler Tablo 4’te gösterildiği gibi kendi içerisinde enjeksiyon, boyama ve serigrafi aşamalarından geçmektedir. Üretilen her bir ürünün makinelerdeki işlem süresi farklılık göstermektedir. Bu makinelerin kullanımında çalışan işçi sayıları Tablo 7’de verilmiştir. Üretimde kullanılan makinelerin aylık çalışma günü, yıllık çalışma zamanı, işçi sayısı ve

yıllık çalışma süreleri hesaplanarak Tablo 8’de gösterilmiştir. Üretimde sürecinde çalışma süreleri saniye cinsinden alınmıştır.

**Tablo 7. Makinelerin Çalışma Zamanı ve Makinelerde Çalışan İşçi Sayısı (Yıllık)**

Makine	Çalışma Günü (Aylık)	Çalışma Zamanı (sn) (Yıllık)	Çalışan Sayısı	İşçi Çalışma süresi(sn)
250 ton	24	7.257.600	3	21.772.800
300 ton	24	7.257.600	4	29.030.400
500 ton	24	7.257.600	6	43.545.600
650 ton	24	7.257.600	7	50.803.200
Boyama İşlemi	24	7.257.600	3	21.772.800
El Baskı	24	7.257.600	2	14.515.200
Makine Baskı	24	7.257.600	3	21.772.800
Ambalaj Makinesi	24	7.257.600	1	7.257.600
<b>Toplam</b>		58.060.800	29	210.470.400

Tablo 8’de her bir ürünün birim üretimi için işlem gördüğü makineler ve bu makinelerde gerekli olan işlem süresi verilmiştir.

**Tablo 8. Makinelerde Geçen Süre (sn) (Bir Adet Ürün Üretiminde Kullanılan)**

Makineler	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>
250 ton										26	
300 ton											46
500 ton		60	60		60			60			
650 ton	63			63		63	63		63		
Boyama İşlemi	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
El Baskı	17				17		17		17		
Makine Baskı		10	10	10		10		10			
Paketleme	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
<b>Toplam</b>	100,5	90,5	90,5	93,5	97,5	93,5	100,5	90,5	100,5	31,5	51,5

Adet cinsine göre ürün üretimi için makinelerde geçen süreler belirlendikten sonra ikinci bir hedef kriteri olan makine kısıtları Tablo 9’daki gibi gösterilir.

**Tablo 9. Makine Kısıtları**

Karar Değişkeni	İşareti	Miktarı (sn)
26 X <sub>10</sub>	≤	7.257.600
46 X <sub>11</sub>	≤	7.257.600
60 X <sub>2</sub> + 60 X <sub>3</sub> + 60 X <sub>5</sub> + 60 X <sub>8</sub>	≤	7.257.600
63 X <sub>1</sub> + 63 X <sub>4</sub> + 63 X <sub>6</sub> + 63 X <sub>7</sub> + 63 X <sub>9</sub>	≤	7.257.600
15 X <sub>1</sub> + 15 X <sub>2</sub> + 15 X <sub>3</sub> + 15 X <sub>4</sub> + 15 X <sub>5</sub> + 15 X <sub>6</sub> + 15 X <sub>7</sub> + 15 X <sub>8</sub> + 15 X <sub>9</sub>	≤	7.257.600
17 X <sub>1</sub> + 17 X <sub>5</sub> + 17 X <sub>7</sub> + 17 X <sub>9</sub>	≤	7.257.600
10 X <sub>2</sub> + 10 X <sub>3</sub> + 10 X <sub>4</sub> + 10 X <sub>6</sub> + 10 X <sub>8</sub>	≤	7.257.600
5,5 X <sub>1</sub> + 5,5 X <sub>2</sub> + 5,5 X <sub>3</sub> + 5,5 X <sub>4</sub> + 5,5 X <sub>5</sub> + 5,5 X <sub>6</sub> + 5,5 X <sub>7</sub> + 5,5 X <sub>8</sub> + 5,5 X <sub>9</sub> + 5,5 X <sub>10</sub> + 5,5 X <sub>11</sub>	≤	7.257.600

Firmalar, kaynaklarını en verimli şekilde kullanarak maliyetleri en aza indirebilmeyi istemektedir. Bunu gerçekleştirirken firmalar planlama ile belirlenen hedeflerine ulaşırken kârın maksimum olmasını amaçlamıştır. Bu bağlamda makine kısıtları oluşturduktan sonra maliyet kısıtları için Tablo 10’da firmada üretilen ürünlerin ham madde maliyetleri verilmiştir.

**Tablo 10. Hammadde Maliyetleri (₺) (Bir Adet Ürünün Üretiminde Kullanılan)**

Ürün	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>
<b>Granül</b>											
<b>Hammadde</b>	83,81	76,75	76,75	83,81	75,26	84,58	84,58	75,26	83,81	1,96	2,93
<b>Cezve</b>											
<b>Boyası</b>	2,47	2,47	2,47	2,47	1,38	1,38	1,38	1,38	2,47	0	0
<b>Serigrafi</b>											
<b>Boyası</b>	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	0	0
<b>Karton Kutu</b>	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,09	0,19
<b>Etiket</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0
<b>Toplam</b>	90,37	83,31	83,31	90,37	80,73	90,05	90,05	80,73	90,37	2,05	3,12

Her bir ürünün ham madde maliyeti hesaplandıktan sonra işçilik maliyetleri elde edilmiştir. Bunun için işçinin; saniye, saat ve günlük çalışma durumlarına göre hesaplamalar yapılır. Örneğin işçilerin 2021 yılında aldıkları asgari brüt ücret 3.578 ₺'dir. Bu tutar, iş gününe bölüldüğünde her iş günü için yaklaşık 149 ₺ düşmektedir. Bu tutar, normal mesai saatine bölüldüğünde ise saatte 19 ₺, saniyede 0,005 ₺ düşmektedir. Fazla mesai (FM) saat hesaplamasına göre yapıldığında normal mesai (NM) saatinde elde edilen değer 1,50'ye katlanarak 0,0075 ₺ elde edilmiştir.

**Tablo 11. Normal ve Fazla Mesai İşçilik Saati (Bir Adet Ürünün Üretiminde Kullanılan)**

K.D.	Malzeme	Üretim Süresi (sn)	İşçi Sayısı	NM Maliyeti	İşçilik Maliyeti	FM İşçilik Maliyeti
X <sub>1</sub>	6 Kişilik Mor Kahve Makinesi	100,5	3	1,51	2,11	
X <sub>2</sub>	4 Kişilik Mor Kahve Makinesi	90,5	3	1,36	1,90	
X <sub>3</sub>	4 Kişilik Kırmızı Kahve Makinesi	90,5	3	1,36	1,90	
X <sub>4</sub>	6 Kişilik Kırmızı Kahve Makinesi	93,5	3	1,40	1,96	
X <sub>5</sub>	4 Kişilik Siyah Kahve Makinesi	97,5	3	1,46	2,05	
X <sub>6</sub>	6 Kişilik Siyah Kahve Makinesi	93,5	3	1,40	1,96	
X <sub>7</sub>	6 Kişilik Beyaz Kahve Makinesi	100,5	3	1,51	2,11	
X <sub>8</sub>	4 Kişilik Beyaz Kahve Makinesi	90,5	3	1,36	1,90	
X <sub>9</sub>	6 Kişilik Leylak Kahve Makinesi	100,5	3	1,51	2,11	
X <sub>10</sub>	Cezve Sapı	31,5	1	0,16	0,22	
X <sub>11</sub>	Cezve Adaptörü	51,5	1	0,26	0,36	

Firmanın genel üretim maliyetinin hesaplanabilmesi için yıllık giderlerin hesaplanması gerekmektedir. İdari çalışan maaşları, sigorta, elektrik, su, yemek vb. dolaylı maliyetlerinin tutarına göre hesaplamalar yapıldığında toplam giderler yıllık 674.748 ₺ ve aylık 56.229 ₺ olacaktır. Genel üretim maliyeti Tablo 12'deki gibi olacaktır. Hesaplanan bu tutara göre genel üretim maliyetini hesaplamak için 56.229 ₺ tutarını iş gününe bölerek 2.343 ₺ tutarı elde edilir. Bu tutarı normal mesai saatine bölünerek saatlik 293 ₺ tutarı elde edilir. Daha sonra saniye cinsine çevrildiğinde tutar 0,081 ₺ olarak elde edilir.

**Tablo 12. Genel Üretim Maliyeti (Bir Adet Ürünün Üretiminde Kullanılan)**

K.D.	Malzeme	Üretim süresi (sn)	Maliyet Miktarı
X <sub>1</sub>	6 Kişilik Mor Kahve Makinesi	100,5	8,14
X <sub>2</sub>	4 Kişilik Mor Kahve Makinesi	90,5	7,33
X <sub>3</sub>	4 Kişilik Kırmızı Kahve Makinesi	90,5	7,33
X <sub>4</sub>	6 Kişilik Kırmızı Kahve Makinesi	93,5	7,57
X <sub>5</sub>	4 Kişilik Siyah Kahve Makinesi	97,5	7,90
X <sub>6</sub>	6 Kişilik Siyah Kahve Makinesi	93,5	7,57
X <sub>7</sub>	6 Kişilik Beyaz Kahve Makinesi	100,5	8,14
X <sub>8</sub>	4 Kişilik Beyaz Kahve Makinesi	90,5	7,33
X <sub>9</sub>	6 Kişilik Leylak Kahve Makinesi	100,5	8,14
X <sub>10</sub>	Cezve Sapı	31,5	2,55
X <sub>11</sub>	Cezve Adaptörü	51,5	4,17

Genel üretim maliyetinin hesaplanmasından sonra her bir ürününün satış fiyatı, maliyeti ve kâr miktarının hesaplanması Tablo 13'te verilmiştir. Firma kârını artırmak için talep edilen ürünleri fazla mesai saati olmaksızın, normal mesai zamanında üretmeyi hedeflemiştir. En az maliyetle maksimum kârı hedefleyen firma için kâr hesaplaması; "Kâr= Toplam Gelir - Toplam Maliyet" şeklinde hesaplanır.

**Tablo 13. Bir Adet Ürünün Satış Fiyatı, Maliyeti ve Elde Edilen Kârı (₺ Cinsinden)**

K.D.	Malzeme	Satış Fiyatı	NM Toplam Maliyeti	FM Toplam Maliyeti	NM Birim Kârı	FM Birim Kârı
X <sub>1</sub>	6 Kişilik Mor Kahve Makinesi	140	100	101	40	39
X <sub>2</sub>	4 Kişilik Mor Kahve Makinesi	130	92	93	38	37
X <sub>3</sub>	4 Kişilik Kırmızı Kahve Makinesi	130	92	93	38	37
X <sub>4</sub>	6 Kişilik Kırmızı Kahve Makinesi	140	99	100	41	40
X <sub>5</sub>	4 Kişilik Siyah Kahve Makinesi	102	90	91	12	11
X <sub>6</sub>	6 Kişilik Siyah Kahve Makinesi	110	99	100	11	10
X <sub>7</sub>	6 Kişilik Beyaz Kahve Makinesi	110	100	100	10	10
X <sub>8</sub>	4 Kişilik Beyaz Kahve Makinesi	102	89	90	13	12
X <sub>9</sub>	6 Kişilik Leylak Kahve Makinesi	140	100	101	40	39
X <sub>10</sub>	Cezve sapı	8	5	5	3	3
X <sub>11</sub>	Cezve adaptörü	10	8	8	2	2

**Tablo 14. 2021 Yılı Talep Tahmin Verilerine Göre Kâr Hesaplaması**

K.D.	Aylık Talep Miktarı	İşareti	NM Birim Kâr	Miktar
X <sub>1</sub>	15.579	*	40	622.880
X <sub>2</sub>	26.638	*	38	1.012.297
X <sub>3</sub>	32.908	*	38	1.25.0570
X <sub>4</sub>	26.586	*	41	1.080.827
X <sub>5</sub>	39.985	*	12	476.221
X <sub>6</sub>	36.421	*	11	399.684
X <sub>7</sub>	29.944	*	10	308.483
X <sub>8</sub>	25.859	*	13	325.358
X <sub>9</sub>	12.061	*	40	482.223
X <sub>10</sub>	245.981	*	3	797.224
X <sub>11</sub>	233.896	*	2	573.279

Tablo 14'ten hareketle firmanın hedeflediği kâr miktarı 7.329.047 ₺ dir. İşçilik kısıtı ise şu şekilde hesaplanmıştır: Tablo 11'den hareketle firmada bulunan toplam kişi sayısı, 12 aylık dönem, normal mesai saati ve gün sayısının çarpımı sonucunda işgücü miktarı 240.537.600 sn olacaktır.

**Kâr Kısıtı;**

$$40 X_1 + 38 X_2 + 38 X_3 + 41 X_4 + 12 X_5 + 11 X_6 \\ + 10 X_7 + 13 X_8 + 40 X_9 + 3 X_{10} + 2 X_{11} \geq 7.329.047 \text{ ₺}$$

**İş gücü Kısıtı;**

$$3 X_1 + 3 X_2 + 3 X_3 + 3 X_4 + 3 X_5 + 3 X_6 + 3 X_7 \\ + 3 X_8 + 3 X_9 + 1 X_{10} + 1 X_{11} \leq 240.537.600 \text{ sn}$$

Firmanın talep tahmini sürecinin ardından firmanın yönetim kadrosunun belirlemiş olduğu hedef kısıtları aşağıdaki gibidir:

**Ürün Talebi:** Firmanın tahmin ettiği talep miktarının üretilmesi.

**Üretim Maliyeti:** Firmanın tahmini hedeflerine göre, maliyetin minimum tutularak kârın maksimum edilmesi.

**Makine Kısıtı:** Planlama süreci için firmanın alet ve teçhizatının istenilen anda ve yeterli miktarda hazır olması, makinelerin maksimum verimle minimum düzeyde kullanılması.

Hedef programlama modeli LINGO Paket Programı eğitim versiyonu ile çözümlenmiştir. Modelde çözümlenme yapılırken sapma değişkenlerine simgeler tanımlanmıştır. Bunlar;

AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklar amaç fonksiyonuna ve kısıtlara eklendiğinde model aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$\text{Min } z = 0.5559 * ((d_2^-) + (d_3^-) + (d_4^-) + (d_5^-) + (d_6^-) + (d_7^-) + (d_8^-) + (d_9^-) + (d_{10}^-)) \\ + 0.3537 * (d_1^-) + 0.0904 * ((d_{11}^+) + (d_{12}^+) + (d_{13}^+) + (d_{14}^+) + (d_{15}^+) + (d_{16}^+) + (d_{17}^+) + (d_{18}^+))$$

**Üretim Maliyeti Kısıtı;**

$$40 X_1 + 38 X_2 + 38 X_3 + 41 X_4 + 12 X_5 + 11 X_6 + 10 X_7 \\ + 13 X_8 + 40 X_9 + 3 X_{10} + 2 X_{11} + d_1^- - d_1^+ = 7.329.047$$

**Ürün Talebi Kısıtı;**

$$X_1 + d_2^- - d_2^+ = 15579$$

$$X_2 + d_3^- - d_3^+ = 26638$$

$$X_3 + d_4^- - d_4^+ = 32908$$

$$X_{4+} d_5^- - d_5^+ = 26586$$

$$X_{5+} d_6^- - d_6^+ = 39985$$

$$X_{6+} d_7^- - d_7^+ = 36421$$

$$X_{7+} d_8^- - d_8^+ = 29944$$

$$X_{8+} d_9^- - d_9^+ = 25859$$

$$X_{9+} d_{10}^- - d_{10}^+ = 12061$$

$$X_{10} = 245981$$

$$X_{11} = 233896$$

### **Makine Kapasite Kısıtı;**

$$26 * X_{10} + d_{10}^- - d_{11}^+ k = 7257600$$

$$46 * X_{11} + d_{12}^- - d_{12}^+ = 7257600$$

$$60 * X_2 + 60 * X_3 + 60 * X_5 + 60 * X_8 + d_{13}^- - d_{13}^+ = 7257600$$

$$63 * X_1 + 63 * X_4 + 63 * X_6 + 63 * X_7 + 63 * X_9 + d_{14}^- - d_{14}^+ = 7257600$$

$$15 * X_1 + 15 * X_2 + 15 * X_3 + 15 * X_4 + 15 * X_5 + 15 * X_6$$

$$+ 15 * X_7 + 15 * X_8 + 15 * X_9 + d_{15}^- - d_{15}^+ = 7257600$$

$$17 * X_1 + 17 * X_5 + 17 * X_7 + 17 * X_9 + d_{16}^- - d_{16}^+ = 7257600$$

$$10 * X_2 + 10 * X_3 + 10 * X_4 + 10 * X_6 + 10 * X_8 + d_{17}^- - d_{17}^+ = 7257600$$

$$5.5 * X_1 + 5.5 * X_2 + 5.5 * X_3 + 5.5 * X_4 + 5.5 * X_5 + 5.5 * X_6$$

$$+ 5.5 * X_7 + 5.5 * X_8 + 5.5 * X_9 + 5.5 * X_{10} + 5.5 * X_{11} + d_{18}^- - d_{18}^+ = 7257600$$

### **İşgücü Kısıtı;**

$$3 * X_1 + 3 * X_2 + 3 * X_3 + 3 * X_4 + 3 * X_5 + 3 * X_6$$

$$+ 3 * X_7 + 3 * X_8 + 3 * X_9 + 1 * X_{10} + 1 * X_{11} \leq 240.537.600$$

Yukarıdaki modelin LINGO programı ile elde edilen çözüm sonuçları incelendiğinde modelin çözümüne 36. adımda ulaşılmıştır ve amaç fonksiyonu 326.596 değerini almıştır. Amaç fonksiyonun toplam değerinde ürünler; adet (aylara göre belirlenen talepler için), saniye (iş gücü-çalışma saati-kullanılan makineler), ₺ (maliyet-kâr) ölçü birimlerini içermektedir. Çözüm sonuçlarına göre talep miktarlarında meydana gelen 4 kişilik mor kahve makinesindeki ( $X_2$ ) artış, 4 kişilik siyah kahve makinesindeki ( $X_5$ ) azalış ve 6 kişilik beyaz kahve makinesindeki ( $X_7$ ) azalış ile firmanın belirlemiş olduğu 7.329.047 ₺'lik maliyet hedefinin altında bir değer almayarak 7.471.364 ₺ kâr ile firma istenilen



amaca ulaşmıştır. Makine hedefi incelenirken sapma değerlerine bakıldığında cezve adaptörünün ( $X_{11}$ ) üretildiği makine çalışma saatinde bir artış gözlemlenmektedir. Diğer bir ifadeyle bu makinede fazla mesai söz konusudur.

#### 4. YÖNETİMSEL ÇIKARIMLAR

Makine hedefi sapma değerlerine bakıldığında cezve adaptörünün ( $X_{11}$ ) üretildiği makine çalışma saatinde bir artış gözlemlenmektedir. Makinedeki çalışma saati artışının sebebi, cezve adaptörü karar değişkeninin ( $X_{11}$ ) üretimi için gereken sürenin yüksek olmasıdır. Bu durumda firma için iki seçenek vardır: Birinci seçenek 300 tonluk yeni bir makine satın almak, ikinci seçenek mevcut düzende fazla mesai ile aradaki farkı kapatmak. Firmanın üretim ve talep istatistikleri göz önünde bulundurulduğunda yeni alınacak makine tam kapasite çalıştırılmayacağı için yeni makine satın alınması akılcı olmayacaktır. Dolayısıyla üretime fazla mesai ile devam etme kararı almak daha akılcıdır.

Analizde, üretilen ürünleri ifade eden karar değişkenlerinin tahmini talep değerleri ile HP çözüm değerleri arasında bazı farklılıklar meydana gelmiştir. Ancak firmanın kâr tahmini değerinde bir azalış olmamıştır. HP çözüm sonuçlarına göre, üretilen  $X_2$ ,  $X_5$ ,  $X_7$  ürünlerinin dağılımında bir değişme olmakla birlikte kâr rakamı hedeflenen değer üstünde gerçekleşmiştir. HP yöntemi firma kârını hedeflenen değer altına düşürmeden ürünlerin farklı miktarlarda üretilmesini içeren bir üretim planı ortaya koymuştur. Yöntem farklı çözüm setleri sunması bakımından esnek niteliktedir. Bu durum değişkenlerin alacağı farklı değerlerin çözüm üzerindeki etkisini görmeye ve duyarlılık analizi yapılmasına imkân sağlamaktadır.

Hedef programlama, çok sayıda çelişen hedefi karar vericinin belirlediği hedef değerlerine göre aynı anda gerçekleştirerek etkin çözümler sunan bir yöntemdir. Karar vericinin hedef kısıtlarının değerlerini belirlemesi, kısıtların öncelik ve önem değerlerinin belirlenmesi bakımından hedef programlama çok sayıda çözüm seçeneği sunabilen esnek bir karar verme yöntemidir. Bu esneklik hedef programlamada yönteminin tercih edilmesinde ve kullanılmasında önemli bir avantaj sunmaktadır.

#### 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada AHP ve HP yöntemleri ile bir plastik kalıp ve enjeksiyon firmasının üretim planlaması yapılmıştır. AHP yöntemi ile üretim planında kullanılan kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiş ve HP yöntemi ile üretim planı hazırlanmıştır. AHP ve HP yöntemleri bütünsel olarak üretim planlamasında kullanılmıştır.

HP amaç fonksiyonu önceliklerinin belirlenmesi için firmada çalışan endüstri mühendisinin uzman görüşlerine başvurulmuştur. İkili karşılaştırmalarda Saaty'nin 1-9 ölçeği kullanılmıştır. Hesaplamalarda Microsoft Office Excel programından yararlanılmıştır. Analiz sonucunda önem

ağırlıkları, 0,5559 ile "Talep", 0,3537 ile "Maliyet" ve 0,0904 ile "Makine" olarak belirlenmiştir. Yapılan ikili karşılaştırmalar 0,03 oranı ile tutarlı bulunmuştur.

AHP ile amaç fonksiyonu önem ağırlıkları belirlendikten sonra Plastik Kalıp ve Enjeksiyon firmasının üretim planı için HP modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde üretim planına ait 11 karar değişkeni ve karar değişkenin türüne göre kullanılan makineler tanımlanmıştır. Çözüm incelendiğinde firmanın belirlemiş olduğu 7.329.047 ₺'lik kâr hedefinin altında bir değer almayarak 7.471.364 ₺ kâr ile istenilen amaca ulaşılmıştır. Aynı zamanda sapma değişkenleri incelendiğinde cezve adaptörü ( $X_{11}$ ) üreten makinenin çalışma süresinde bir artış gözlenmektedir. Diğer bir ifadeyle bu makinede fazla mesai söz konusudur. Firmanın üretim planı analizi sonucunda, yeni bir makine alınması durumunda, bu makinenin tam kapasite ile kullanılmayacağı için kapasitesi üretime mevcut makinede fazla mesai ile devam etme kararı alınmıştır.

Uygulama sonucunda AHP ve HP yöntemlerinin üretim planlaması karar problemlerinde uygulanabilir yöntemler olduğu değerlendirilmiştir. AHP ikili karşılaştırmalarda tutarlılık analizine imkân sağlaması nedeniyle önemli bir ağırlıklandırma yöntemidir. HP yöntemi çok sayıda amacı birlikte ele alıp analiz edebilen bir ÇKKV yöntemidir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda hedef programlama ile elde edilen sonuçlar farklı karar verme yöntemleri ile birlikte ele alınarak farklılıklar incelenmelidir. Yapılacak çalışmalarda hedef programlamada kullanılan kriter ağırlıkları AHP dışında farklı yöntemlerle belirlenerek sonuçlar üzerindeki etkisinin incelenmesi yararlı olacaktır.

## KAYNAKÇA

- Altın, K., Atan, M. ve Atan, S. (2008) "İnsan Kaynakları Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanımı ve Bir Yazılım Önerisi", Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10 (3): 143-162.
- Arıkboğa, Ş., "Yönetim ve Organizasyon", <http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/kok/yonetimveorgau242.pdf>, (15.02.2022)
- Arsu, T. ve Özdemir, A. (2019) "Hedef Programlama ve Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile Yeniden Üretim Sistemlerinin Stok Kontrolünün İncelenmesi", Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, 21(4): 1230-1245.
- Arunraj, N. S. ve Maiti, J. (2010) "Risk - Based Maintenance Policy Selection Using AHP and Goal Programming", Safety Science, 48(2): 238-247.
- Atsan, N. ve Kuruüzüm, A. (2001) "Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları", Akdeniz İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 1(1): 83-105.
- Ayan, T. Y. (2010). "Toplam Üretim Planlaması Problemi İçin Bir Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı". Erciyes Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (34), 69-90.

- Aydemir-Karadağ, A. (2019). Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi İçin Birleştirilmiş Hedef Programlama ve AHP Yaklaşımı. *International Journal Of Engineering Research And Development*, 11(1), 211-225.
- Broz, D., Vanzetti, N., Corsano, G., & Montagna, J. M. (2019). "Goal programming application for the decision support in the daily production planning of sawmills". *Forest Policy and Economics*, 102, 29-40.
- Chan, S. SW. ve Leung, S. CH. (2009) "A Goal Programming Model for Aggregate Production Planning with Resource Utilization Constraint", *Computers & Industrial Engineering*, 56(3): 1053-1064.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Ferguson, R. O. (1955). Optimal estimation of executive compensation by linear programming. *Management science*, 1(2), 138-151.
- Çetin, E., Güven, S. ve Ünal Z. (2019) "Otel İşletmelerinin Tedarikçi Seçiminde Bulanık AHP ile Ağırlıklandırılmış Hedef Programlama Uygulaması", *Hitit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(1): 188- 204.
- Dündar, A. O., & Zerenler, M. (2011). "Bir Un Fabrikasında Hedef Programlama Uygulaması". *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 11(21), 73-94.
- Gülenç, İ. F., & Karabulut, B. (2005). "Doğrusal hedef programlama ile bir üretim planlama probleminin çözümü". *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (9), 55-68.
- Gür, Ş., Hamurcu, M. ve Tamer, E. (2017) "Ankara'da Monoray Projelerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemleri İle Seçimi", *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4): 437-443.
- Jones, D., & Tamiz, M. (2010). "Practical goal programming" (Vol. 141). New York: Springer.
- Ignizio, J. P. ve Romero, C. (2003) "Goal Programming", *Encyclopedia of Information Systems*, 2: 489-500.
- Karaatlı, M., Ömürbek, N. ve Yılmaz, H. (2014) "Mobilya Sektöründe Bulanık Doğrusal Programlama Tekniği İle Üretim Planlaması Uygulaması", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 10(22): 95-118.
- Karadağ, A. (2019) "Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi için Birleştirilmiş Hedef Programlama ve AHP Yaklaşımı", *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 11 (1): 211-225.
- Koçel, T. (2010), "İşletme Yöneticiliği", Beta yayınevi, İstanbul.
- Komsiyah, S., & Centika, H. E. (2018). A fuzzy goal programming model for production planning in furniture company. *Procedia Computer Science*, 135, 544-552.

- Lai, K. K., Leung, S., CH. ve Wu, Y. (2003) "Multi - Site Aggregate Production Planning with Multiple Objectives: A Goal Programming Approach", *Production Planning & Control*, 14(5): 425-436.
- Özgül, Ö. (2006) "Bir İşletme İçin TOPSIS ve AHP Yöntemleri ile ERP Yazılımının Seçimi", Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Öztürk, A. (2016) "Yöneylem Araştırması", Bursa: Ekin Yayınevi.
- Render, B., Stair R. M. ve Hanna M. E. (2012). "Quantitative Analysis for Management", Eleventh Edition, Prentice Hall.
- Saaty, T. L. (1986) "Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process", *Management Science*, 32: 841-855.
- Sarıaslan, H., Karacabey, A. A., & Gökgöz, F. (2017). "Nicel Karar Yöntemleri". Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Taha, H. A. (2000) "Yöneylem Araştırması", (Çev: Baray Alp Ş. ve Esnaf Şakir), İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Thengane, S. vd. (2014) "Cost - Benefit Analysis of Different Hydrogen Production Technologies Using AHP and Fuzzy AHP", *International Journal of Hydrogen Energy*, 39(28): 15293-15306.
- Timor, M. (2011) "Analitik Hiyerarşi Prosesi", İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Tyas, P. K. A., Bakhtiar, T., & Silalahi, B. P. (2021, March). "Analysis of Aggregate Production Planning Problem with Goal Programming Model". In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1863, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.
- Ünal, Ö. F. (2012) "Performans Değerlemede Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Uygulamaları". *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 7(1): 37-55.
- Ünal, Z., Güven, S., & Çetin, E. İ. (2019). "Otel İşletmelerinin Tedarikçi Seçiminde Bulanık AHP İle Ağırlıklandırılmış Hedef Programlama Uygulaması". *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 188-204.
- Vargas, L. G. (1990) "An Over view of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications", *European Journal of Operational Research*, 48(1): 2-8.
- Vinsensia, D., Utami, Y., Simanjuntak, M. S., & Tarigan, A. R. (2021). "Study Of Fuzzy Goal Programming Model To Production Planning Problems Approach". *Jurnal Teknik Informatika CIT Medicom*, 13(2), 75-81.
- Yücesan, M. (2017). "Çekyat Üretiminde Öncelikli Hedef Programlama İle Bütünleşik Üretim Planlaması". *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 184-196.

<b>KATKI ORANI / CONTRIBUTION RATE</b>	<b>AÇIKLAMA / EXPLANATION</b>	<b>KATKIDA BULUNANLAR / CONTRIBUTORS</b>
Fikir veya Kavram / <i>Idea or Notion</i>	Araştırma hipotezini veya fikirini oluşturmak / <i>Form the research hypothesis or idea</i>	Hacer ŞENGÜL Dr. Öğr. Üyesi Engin KARAKIŞ
Tasarım / <i>Design</i>	Yöntemi, ölçeği ve deseni tasarlamak / <i>Designing method, scale and pattern</i>	Hacer ŞENGÜL Dr. Öğr. Üyesi Engin KARAKIŞ
Veri Toplama ve İşleme / <i>Data Collecting and Processing</i>	Verileri toplamak, düzenlenmek ve raporlamak / <i>Collecting, organizing and reporting data</i>	Hacer ŞENGÜL Dr. Öğr. Üyesi Engin KARAKIŞ
Tartışma ve Yorum / <i>Discussion and Interpretation</i>	Bulguların değerlendirilmesinde ve sonuçlandırılmasında sorumluluk almak / <i>Taking responsibility in evaluating and finalizing the findings</i>	Hacer ŞENGÜL Dr. Öğr. Üyesi Engin KARAKIŞ
Literatür Taraması / <i>Literature Review</i>	Çalışma için gerekli literatürü taramak / <i>Review the literature required for the study</i>	Hacer ŞENGÜL Dr. Öğr. Üyesi Engin KARAKIŞ

---

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Teşekkür:** -

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

**Acknowledgement:** -

---