

# DOĞRUSAL PROGRAMLAMAMANIN İŞLETMELERDE ÜRETİM PLANLAMASI ARACI OLARAK KULLANILMASINA İLİŞKİN KARABÜK DEMİR ÇELİK İŞLETMESİNDE BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI \*

Dr. Nazif GÜRDOĞAN

## 1. GİRİŞ

İşletmelerin ana sorunlarından biri, kıt kaynakların işletme amacına uygun olarak en verimli bir biçimde kullanılmasıdır. Bunun için özellikle İkinci Dünya Savaşından sonra matematiksel teknikler geliştirilmiştir. Bunlar arasında Doğrusal Programlama önemli bir yer tutmaktadır. Çünkü değişik alanlarda pek çok işletme sorununa başarıyla uygulanmış ve büyük tasarruflara yol açmıştır.

Bu çalışmada, Karabük Demir Çelik İşletmesinin önemli bir ünitesi olan Kesiksiz (Kontinü) Hafif Profil Haddehanesinin üretim planlaması sorunu ele alınmıştır. Doğrusal Programlamadan yararlanarak kullanılmıyan kapasiteyi azaltan, toplam kârı maksimum yapan üretim planları bulunmuş ve ne ölçüde tasarruf sağlanabileceği hesaplanmaya çalışılmıştır.

Uygulama alanı olarak demir çelik endüstrisinin seçilmesinin nedeni demir çelik ürünlerinin hemen hemen her alandaki üretimin ana girdisini oluşturmalarıdır. Bu yüzden demir çelik sektörü sanayileşme sürecinde, yatırım ve dayanıklı tüketim mallarının üretimine geçişte çok önemli bir yer tutar. Geleneksel tarım ekonomisinden çıkıp sanayileşme yolunda olan ülkemiz için, bu alanda yapılması gerekli yatırımlar yanında, kurulu işletmelerin verimliliğini artıracak çalışmaların yapılması da vazgeçilmez bir ihtiyaçtır.

Karabük Demir Çelik İşletmesi, uzun hadde ürünleri üreten en yeni haddehanelerden birine sahiptir. Uzun hadde ürünlerine olan

---

(\*) İzmir'de 23 - 25 Mayıs 1977 de düzenlenen Yöneylem Araştırması 3. Ulusal Kongresinde sunulan tebliğdir.

istek özellikle yapı sektöründeki gelişmelere paralel olarak hızla artmaktadır. Bu yüzden üretim devamlı olarak talebin altında kalmakta ve yurtiçi ihtiyacı karşılamamaktadır. Üretimi artırıcı yönde olan her çalışma, ithalatı azaltacak, ihtiyaçların yurtiçi üretimle karşılanmasını sağlayacak ve ülke ekonomisine katkıda bulunacaktır.

## 2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE METODU

Araştırmanın amacı, öncelikle D.P.nın endüstride üretim planlamasında karşılaşılan sorunların çözümünde kullanılmasına ilişkin bir örnek vermektir. Ayrıca, bilimsel araştırmaların endüstriye uygulanmasında gerekli olan endüstri ve üniversite işbirliğinin gerçekleşmesi yolunda küçük bir katkıda bulunmaktır.

Kesiksiz hafif profil haddehanesi, teknolojisi ve kapasitesiyle Karabük'teki haddehaneler arasında önemli bir yer tuttuğu için seçilmiştir. Bunun yanında üretim konusu ve yapısı D.P. uygulamasına oldukça uygundur. Eldeki imkanlarla pazarın ihtiyaçlarını karşılamak, kapasiteden en yüksek oranda yararlanarak, dağıtımını aksatmadan kârı maksimumlaştıracak üretim planlarının hazırlanması sözkonusu ünitenin temel sorunudur. Çünkü, 13 değişik boyutta hadde ürünü üretilmekte ve her birinin saatteki üretim miktarı en küçük boyutlu ile en büyük boyutlu arasında iki katına yakın bir değişme göstermektedir. Buna ek olarak her ürünün satış miktarı ve sağladığı kâr da değişmektedir. Bu şartlar altında sorun, D.P. ile kolaylıkla ele alınabilir. Çünkü bu teknikle, daha önce sağduyuya dayanarak çözülmeye çalışılan benzer sorunlar, matematiksel olarak kolaylıkla çözülebilmektedir.

Çalışmada önce araştırmaya konu olan ünitenin iş akımı şeması çıkarılmıştır. Yerleşme düzenine bağlı olarak ana üretim üniteleri belirlenmiş, bunu her ürünün değişik ünitelerdeki saatteki üretim miktarları, üretim esnasındaki kayıplar, ürünlerin satışlarının tahmini ve maliyetlerinin hesaplanması izlemiştir. Bulunan değerlere dayanılarak sınırlayıcı denklemlerin ve amaç fonksiyonunun katsayıları hesaplanmıştır. Kurulan D.P. modelleri bilgisayarla çözümlenerek en uygun üretim planları bulunmuştur.

## 3. GENEL DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ VE UNSURLARI

Uygulama çalışmasına geçmeden önce, genel bir D.P. modeli-

nin ve unsurlarının ve çözüm yollarının kısaca ortaya konması izlenen yolun anlaşılması açısından yararlı olacaktır.

Genel bir D.P. modeli, verilmiş  $r$  değişkenli doğrusal eşitlikler ya da eşitsizliklerin, bir kısım değişkenlerin doğrusal fonksiyonu olan sınır şartlarını aşmadan, maksimize ya da minimize eden pozitif değerlerin bulunmasıdır<sup>1</sup>.

İşletme söz konusu olursa, malzeme, makina, işgücü gibi unsurların değişik sınırlayıcı etkenler altında amaca en uygun olarak kullanılmasını sağlayan teknik olarak tanımlanabilir.

Bütün D.P. modellerinde genellikle üç ana öge vardır<sup>2</sup>. D.P. modellerinden beklenen yararın sağlanabilmesi için bu öğelerin açıkça ortaya konması ve matematiksel olarak dile getirilmesi gerekir.

### 3.1. AMAÇ

Belirli bir amaca yönelik ve onu gerçekleştiren bir çözüm arandığından, birden fazla değişkenin doğrusal fonksiyonu olan bir amaç denklemi vardır.

Amaç işletmede incelenen probleme göre değişir. Üretim ve stok giderlerinin minimuma indirilmesi olduğu gibi eldeki imkanlarla kârın maksimize edilmesi de olabilir.

Doğrusal amaç fonksiyonu  $Z$ , değişkenler,  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  ve sabit katsayılar,  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$  ile gösterilirse amaç denklemi:  $Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_n X_n$  olacaktır.

Amaç  $Z$  yi maksimum ya da minimum yapacak  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  değerlerinin bulunmasıdır.

### 3.2. DOĞRUSAL SINIRLAYICI ŞARTLAR VE DEĞİŞİK ÜRETİM YOLLARI

Bir işletmede D.P. tekniğinin uygulanabilmesi için amaca ulaşmada değişik yolların bulunması gerekir. Sözelimi ele aldığı-

(1) G. Hadley, Linear Programming, Addison-Wesley Inc., Massachusetts, 1972, s. 4.

(2) Genel bir Doğrusal Programlama modeli ve unsurları için bkz. : A. Ching, Fundamental Methods of Mathematical Economics, McGraw-Hill, New York, 1967, s. 585-588. Earl C. Heady ve Wilfred Caddler, Linear Programming Methods, Iowa State University Press, 1958, s. 2-4.

mız haddehanede tek tip ürün üretiliyor ve başka bir ürünün üretilmesi söz konusu değilse, kârı maksimize etmek için doğrusal programlamaya gerek yoktur. İş değerlendirilmesi ve iş etüdü gibi yönetim teknikleriyle, üretim dolayısıyla kâr artırılmaya çalışılır. Böyle bir durumda, kullanılan kapasitenin artırılması, kayıpların azaltılması ve verimliliğin yükseltilmesi sözkonusu olabilir. Hangi üründen ne kadar üretilmeli ki, kâr maksimum olsun diye bir sorun yoktur.

Amaç fonksiyonunun belirli bir değerinde maksimum ya da minimum olabilmesi için  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  değerlerini kısıtlayıcı şartların olması gerekir. Yoksa doğrusal amaç fonksiyonu  $\pm \infty$  da maksimum ya da minimum olur ki bu işletme açısından bir anlam taşımaz. Çünkü  $X_1, X_2, X_3, X_n$  değerlerini sonsuza kadar artırmak imkansızdır. İşletme için bunlar ürünlerin üretim miktarlarını göstermektedirler. Bu yüzden üretim: Her ünitenin kapasitesiyle, her ürünün üretilmesi için gerekli minimum değerle, nitelik yönünden talep tahminleriyle, dağıtım imkanlarıyla, enerji sınırlamalarıyla, hammadde sağlamadaki kısıtlamalarla karşı karşıyadır<sup>3</sup>.

İşletmenin elindeki kaynaklar,  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  le gösterilirse, değişik üretim yolları ve tekniği de sınırlayıcı denklemlerin birinci yanını oluşturan  $a_{ij}$  katsayılarıyla belirlenecektir.

Sınırlayıcı denklemlerde,  $a_{11}$  birinci üründen,  $a_{12}$  ikinci üründen,  $a_{1n}$  de n inci üründen bir birim üretebilmek için  $b_1$  kaynağından gerekli miktarları göstermektedirler. Benzer durum  $b_2, b_i, b_n$  kaynakları için de sözkonusudur. Buna göre aşağıdaki eşitsizlikler, kaynakların sınırlarını ve her ürün için gerekli kaynak ya da kapasite miktarını vermektedirler.

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 \dots \dots \dots + a_{1j}X_j \dots \dots \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 \dots \dots \dots + a_{2j}X_j \dots \dots \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 \dots \dots \dots + a_{ij}X_j \dots \dots \dots + a_{in}X_n \leq b_i$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 \dots \dots \dots + a_{mj}X_j \dots \dots \dots + a_{mn}X_n \leq b_n$$

>

Burada  $n \geq m$  olabilir  $i=1, 2, 3, \dots, m$  ve  $j=1, 2, 3, \dots, n$  e kadar

<

değerler alabilirler. Eşitsizliklerin birinci tarafları birer doğrusal fonksiyondurlar. Her biri  $b$  değerlerinden  $\leq$  ya da eşit olabilirler.

(3) C. W. Churchman, R. L. Ackoff ve R. L. Arnoff, Introduction to Operations Research, John Wiley, New York, 1958, s. 279-280.

### 3. 3. DEĞİŞKENLERİN NEGATİF OLMAMA ŞARTI

Doğrusal programlama modelindeki  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  değişkenlerinin negatif değerler almasının işletme açısından bir anlamı yoktur. Çünkü üretimde ürünlerin sayısı ve üretim miktarları için sıfır ya da pozitif değerler söz konusudur. Bu yüzden matematiksel olarak D.P. modellerindeki değişkenlerin negatif değerler almaması gerekir.

Bu şart ya da öge :

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0 \text{ biçiminde gösterilir.}$$

Böylece genel bir D.P. modeli matematiksel olarak kısaca aşağıdaki biçimde gösterilebilir :

Amaç fonksiyonu,

$$Z = \sum_{i=1}^n x_i c_i$$

Sınırlayıcı denklemler,

$$a_{ij} x_j \leq b_j$$

Değişkenlerin negatif olmama şartı.

$$x_i \geq 0$$

D.P. modelinden anlamlı ve tutarlı sonuçlar almak varsayımlara bağlıdır. Varsayımlar istenen biçimde gerçekleşmezse model amaca uygun sonuç vermez. Varsayımları beş grupta toplayabiliriz. Bunlar : doğrusallık, pozitif olma, sınırlılık, bölünebilirlik ve amaç fonksiyonunun doğrusal olmasıdır<sup>4</sup>.

## 4. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİNİN ÇÖZÜM YOLLARI

Bir D.P. modelinde,  $x$  değişkenlerinin sınır şartlarını sağlayan

---

(4) Bkz. : G. B. Dantzig, Linear Programming and Extensions, Princeton University Press, 1963, s. 32-33. Heady ve Candler, A.g.e., s. 17-18. R. O. Ferguson ve L. F. Sargent, Linear Programming Fundamentals and Applications, McGraw-Hill Inc., New York, 1958, s. 8-9. H. M. Wagner, Principles of Operations Research with Applications to Managerial Decisions, Prentice Hall, Englewood, 1969, s. 38-39.

değerleri çözümü gösterir. D.P. problemlerini çözmede esas olarak iki yol vardır. Bunlar : grafik ve simplekstir.

#### 4. 1. GRAFİK ÇÖZÜM

İki ya da üç değişkenli olan D.P. problemlerini grafikte geometrik olarak çözmek mümkündür. Değişken sayısı üçü aşarsa grafikte çözüm bulunamaz.

İki değişkenli grafik çözüm, D.P. probleminin geometrik olarak açıklanması ve bazı tanımların yapılması yönünden oldukça önemlidir. Ancak burada üzerinde durulmuyacaktır<sup>5</sup>.

Üç değişkenli problemin grafikte çözümü biraz daha güçtür. Çünkü her sınırlayıcı denklem uzayda bir düzlem meydana getirir. Uygun çözüm bu düzlemlerin oluşturduğu çok yüzlü bir şekildir (polyhedran). Amaç fonksiyonu bir düzlemdir. Optimal çözüm  $x_1, x_2, x_3$  değişkenlerinin kombinasyonlarından en büyük değeri veren nokta olacaktır<sup>6</sup>. Optimal çözüm her noktanın verdiği değer ayrı ayrı hesaplanarak bulunur.

#### 4.2. SİMPLEKS ÇÖZÜM TEKNİĞİ

D.P. problemlerinde değişken sayısı arttıkça, uygun çözüm alanının oluşturduğu şeklin köşeleri hızla artar. Optimal uygun çözüme ulaşmak için her köşenin tek tek incelenmesi ve amaç fonksiyonunu maksimum ya da minimum yapıp yapmadığının araştırılması gerekir. İlk adımda çözüm veren bir yöntem yoktur. En çok uygulanan, iterasyonla optimalite bulan simpleks çözüm tekniğidir.

D.P. problemlerinin çözümünün düzenli bir biçimde araştırılmasında kullanılan simpleks çözüm tekniğinin üzerinde ilk çalışan ve esaslarını geliştiren G.B. Dantzig olmuştur. Daha sonra Charnes, Cooper ve diğerleri özellikle endüstri işletmelerinin sorunlarını çözmede öncü çalışmalar yapmışlardır.

(5) Genel bir D.P. probleminin grafikte çözümüne rakamlı örnek için bkz. : E. S. Buffa, Modern Production Management, John Wiley, New York 1965, s. 692-697.

(6) Üç değişkenli D.P. problemi için bkz. : W. J. Fabrycky ve P. E. Torgersen, Operations Economy, Industrial Applications of Operations Research, Prentice Hall, Englewood, 1966, s. 400-403.

Yöntem cebirsel iterasyona dayanır. Yöntemin özü, uygun çözüm alanının uç noktalarından birinden başlayıp adım adım optimal uygun çözümü veren noktanın aranmasıdır<sup>7</sup>. Bu yüzden «Optimal çözüm uygun çözüm alanının köşelerinden biridir» teoremi yöntemin özünü oluşturur. Hangi noktanın optimal çözüm olduğunu, incelemeye başlama noktası olan o noktadan sonra hangi noktanın geleceğini, yöntem amaç fonksiyonunun değerini değiştirerek verir.

Simpleks yönteminin kuramsal temelleri matriks ve vektörlerle açıklanır. Burada sınırsız çözüm, bozulma ve çözümde izlenen yol üzerinde durulmayacaktır<sup>8</sup>.

## 5. DOĞRUSAL PROGRAMLAMAMANIN İŞLETMELERDE UYGULAMA ALANLARI

D.P. tekniği değişik çözümler arasından, amaca en uygun olanı seçmede yararlanan bir yöntem olduğundan, değişik alanlarda başarıyla uygulanmıştır. Çünkü uygulamada karşılaşılan sorunlar çoğu kez bu tiptendir. Bilgisayarların D.P. modellerinin çözümünde kullanılması değişik alanlardaki uygulama çalışmalarını daha da hızlandırmış ve büyük ölçüde artırmıştır<sup>9</sup>. D.P. hem planlama hem de günlük programlama meselelerinde başarıyla kullanılmıştır ve gelecekteki tatbik sahasının daha da genişliyeceğine şüphe yoktur<sup>10</sup>. Geçen birkaç yılda bu uygulamalar hızla geliştirilmiş ve sayıları artmıştır. D.P. uygulamasında önem endüstri uygulamalarına geçmiştir<sup>11</sup>. Çünkü D.P. işletmelerde yöneticilere değişik yönlerden yararlı ve yardımcı olmaktadır<sup>12</sup>. İlk olarak işletmenin üretim tek-

(7) Hadley, A.g.e., s. 19.

(8) Simpleks yönetiminin Teorik temelleri için bkz. : Dantzig, A.g.e., s. 94-111, 120-123. Hadley, A.g.e., s. 71-104.

(9) Tarım kesiminde bir uygulama örneği için bkz. : İbrahim Aksöz, Lineer Programlama Metodunun Nebraska'da Bir Bölgeye Tatbiki, Erzurum, 1971. Ekonomide bir uygulama için bkz. : Erden Öney, Doğrusal Programlama ve Türk Ekonomisine Uygulama Denemesi, Ankara, 1971.

(10) J. W. Gavett, «Doğrusal Programlamaya Giriş», Çev. : Ömer Yağız, Modern İşletmecilik, Ankara, 1966, s. 130.

(11) Saul Gass, Linear Programming Methods and Applications, McGraw-Hill, New York, 1964, s. 180.

(12) G. B. Dantzig, «Linear Programming and Its Progeny», Applications of Mathematical Programming Techniques, Der., E.M.L. Beale, American Elsevier Publishing, 1970.

niği ve işlemleri hakkında önceden bilgi vermektedir. İkincisi endüstriyel sistemlerin yapısını matematiksel olarak incelemeye ve modeller kurmağa zorlamaktadır. Üçüncüsü de işletmede verimliliğin artırılması yönünde kullanılmak üzere yöneticiler elinde önemli bir araç olmaktadır.

D.P. tekniğiyle endüstride karşılaşılan bir çok sorun kolaylıkla ele alınabilmekte ve uygulanabilir çözümler bulunmaktadır. Ancak dikkat edilmesi gereken nokta, matematiksel ifadenin gerçek sorunu tam olarak yansıtmıyabileceğidir. Çünkü D.P. sözü edilen varsayımlara dayanılarak yapılan bir yaklaşımdır.

D.P. modellerinin uygulamaları değişik olarak gruplandırılmaktaysada<sup>13</sup> endüstridekileri üç ana grupta toplamak mümkündür.

a. Değişik konularda üretim ve stok planlaması amacıyla yapılan uygulamalar.

b. Petrol ve bazı üretim sektörlerinde en uygun karışımı ortaya çıkarmada yapılan uygulamalar.

c. D.P. tekniğinin özel bir hali olan ulaştırma modelinin değişik sektörlerde karşılaşılan taşıma sorunlarına uygulama çalışmaları.

Ele alınan uygulama çalışması birinci gruptandır. Diğerleri üzerinde durulmuyacaktır.

D.P. tekniği, üretim ve stok giderlerini en düşük düzeyde tutarak, mevsimlere göre değişen talebi karşılamak amacıyla, üretim planlamasında değişik modeller geliştirilerek uygulanmıştır. D.P. tekniğinin üretim planlaması sorunlarına uygulanabilmesi için satışların tahmini, hammadde imkanlarının ve fiyatların incelenmesi başka yöntemlerle yapılmalıdır<sup>14</sup>. Uygulama yapabilmek için satış tahminlerinin bilinmesi ve maliyet fonksiyonlarının doğrusal ola-

(13) Uygulama alanları için bkz.: Hadley, A.g.e., 429-463. S. Danø, Linear Programming in Industry, Teory and Applications, Springer-Verlag, 1963, s. 90-92. A. Henderson ve R. Schlaifer, «Mathematical Programming : Better Information for Better Decision Making», New Decision Making Tools for Managers, Der., E. C. Bursk ve J. F. Chapman, Mentor Books, 1963. A. Charnes ve W. W. Cooper, «Management Models and Industrial Applications of Linear Programming», Managerial Economics, Der., G.P.E. Clarkson, Penguin Books, London, 1968.

(14) N. Williams, Linear and Non-Linear Programming in Industry, Sir Isaac Pitman, London, 1967, s. 96.



rak ifade edilmesi gerekir. Ancak çoğu kez ne üretim ve satış tahminleri kesinlikle bilinebilir, ne de maliyet fonksiyonları doğrusaldır. Bu yüzden tahminlere yanılma payları eklenerek tutarlı değerler bulmaya çalışılır. Üretimde de değişken maliyet giderleri doğrusal olarak kabul edilir.

Talepteki değişmeler, üretimin planlamasında, kapasitenin kullanılmasında ve işgücünün ayarlanmasında, yöneticiler için oldukça önemli sorunlar doğururlar. Değişmeler, fazla çalışma saatleri ekleme, işgücünde uyarlama yapma, ürünlerin stoklarının seviyesini değiştirme, talebin miktarını ayarlamayla ya da bunlardan birkaçını birleştirerek karşılanmak zorundadır<sup>15</sup>. Bu düzenlemelerin her biri maliyeti büyük ölçüde değiştirerek, en uygun üretim planlaması programını gerçekleştirmeyi güçleştirirler. Bu yüzden belirli bir ürünün toplam maliyetlerini minimize ederek, talepteki değişmeleri zamanında karşılayabilecek bir biçimde üretiminin planlaması işletmeler için oldukça önemlidir. Bu konuda D.P. tekniğinin temellerinden hareketle modeller geliştirmede çok sayıda araştırmacı uğraşmış ve değişik modeller ortaya çıkarılmıştır<sup>16</sup>.

Çok sayıda birden fazla ürün üreten işletmelerde karşılaşılan üretim planlama sorunlarından biri, belirli pazar şartları altında, kapasiteden en yüksek oranda yararlanarak en yüksek kârı veren üretim programının bulunmasıdır. Böyle bir sorun D.P. la kolaylıkla ele alınabilir ve çözülebilir.

Benzer sorunlar hemen hemen her işletme için sözkonusu olduğundan çok sayıda uygulama çalışması yapılmıştır. Kontrplak üreten bir işletmede yapılan çalışmada, ürün sayısının 58 den 17 ye indirilerek aynı kârın sağlanabileceği gösterilmiştir. Yapılan üretim planıyla kâr iki katına çıkarılmıştır<sup>17</sup>. Tekstil endüstrisinde, çok sayıda değişik ürün aynı üretim ünitelerinden yararlanılarak üretildiğinden kapasitenin kullanımı ve maksimum kârın sağlanması yönünden hangi ürünün ne kadar üretileceği büyük önem taşır. Bu yüzden D.P. uygulamalarında önemli bir yer tutmuştur<sup>18</sup>.

(15) M. Anshen ve Diğerleri, «Mathematics for Production Scheduling», New Decision-Making Tools for Managers, A.g.e., s. 349.

(16) Bkz., F. Modigliani ve F. Hohn, «Production Planning Over Time and the Nature of Expectation and Planning Horizon», *Econometrica*, Vol. 23, 1955, s. 46-66. S. M. Johnson, «Sequential Production planning Over Time at the Minimum Cost», *Management Science*, Vol. 3, 1957.

(17) Bkz., K. D. Ramsing, «Application of Linear Programming to Plywood Industry», *Forest Product Journal*, Vol. 18, 1966.

(18) Bkz. G. Morton, «Linear Programming, Application in an Indian Textile

Matematiksel teknikler demir çelik endüstrisinde oldukça geniş uygulama alanına sahiptirler. Demir cevherinin çıkarılmasından, ingot üretimine kadar değişik işlemlerin dengelenmesi, yüksek fırınlara hammaddelerin yüklenmesi, farklı özelliklerdeki demir cevherlerinin değerlendirilmesi, düşük kaliteli cevherlerin paletlenmesi konularında ilgi çekici araştırmalar yapılmıştır<sup>19</sup>.

Bu çalışmada Karabük Demir Çelik İşletmelerinin Kesiksiz Haddehanesi ele alınmıştır. Haddehaneler demir çelik işletmelerinin son ünitesidirler. Çelikhanede üretilen ingotları, değişik kullanım yerlerine göre, istenen boyut ve biçimlerde şekillendirirler.

## 6. ARAŞTIRMAYA KONU OLAN ÜNİTENİN TANITILMASI

Karabük'teki haddehaneler 6 guruba ayrılabilirler. Bunlar: 34"lik blok, 28"lik düo profil, 28"lik düo kütük, 28"lik trio ve kesiksiz haddehanelerdir.

Çelikhane ve dökümhanede kalıplanan 4 ton ağırlığındaki ingotlar önce 34"lik blok haddehanesinde, 1,5 tonluk ingotlar haline getirilmektedir. Sonra bunlar, değişik haddehanelerde istenen boyutlarda blüm ve platina haline dönüştürülmektedir. Saç haddesi ve kesiksiz haddehane blüm ve platinaları son ürün haline gelecek biçimde haddelemektedir. Kesiksiz haddehane ülkemizin hızla artan yapı demirleri ihtiyacını karşılamak amacıyla 1965 yılında üretime geçirilmiştir. Kapasitesi ve üretim teknolojisiyle işletmede önemli bir yer tutmaktadır.

Bir haddehanede en az iki tezgah birbirine bağlı olarak aynı anda çalışıyorlarsa, buna kesiksiz haddehane denir<sup>20</sup>. Kesiksiz haddeleme işlemi için en az iki hadde tezgahı birbirlerine bağlı olarak

---

Mill», Operational Research Quarterly, Vol. 9. P. D. Podlar, «Optimum Product-Mix in a Cotton Yarn Mill-An Application of Linear Programming Technique», The Indian Textile Journal, Mayıs 1967. Aydın Aydıncıoğlu, Üretim Planlamasında Modern Metodlar ve Bir Örnek, Basılmamış tez, İ.T.Ü., 1973. Musa Şenol, Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Plânlaması ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama, Eskişehir, 1974.

- (19) Demir çelik endüstrisinde, yöneylem araştırması uygulama çalışmaları, guruplandırılması ve kapsamı için bkz., s. L. Cook. «Demir Çelik Endüstrisinde Yöneylem Araştırması Uygulama Çalışmaları» Çev. N. Gürdoğan, Demir Çelik, Sayı 10-11-12, 1977.
- (20) Zygmunt Wusatowsky, Fundamentals of Rolling, Pergamon Press, London, 1970, s. 610.

çalışmalıdır. Belirli bir zaman aralığında, her tezgahtan geçen malzeme miktarı üretim hattı boyunca sabittir<sup>21</sup>. Tamamen kesiksiz bir haddehanede biçimlendirme işlemi aynı anda bütün hadde tezgahlarında yapılır. Araştırma konusu olan haddehanede 25 tezgah bulunmaktadır. Kapasitesi ve teknolojiyle Karabük Demir Çelik İşletmelerinin olduğu kadar Türkiye'nin de en önemli uzun hadde ürünü üreten bir haddehanesidir.

### 6.1. KESİKSİZ HADDEHANENİN YERLEŞME DÜZENİ

Kesiksiz haddehanenin ana ve yardımcı üniteleri 4 geniş hole yayılmış ve 37.000 m<sup>2</sup> lik bir alanı kaplamaktadır.

Birinci hol, ana girdi olan kütüklerin toplandığı açık bir alandır. Taşıma işlemlerinde kullanılmak üzere 30 X 450 m. boyutlarında 10 ar tonluk iki tane vinç bulunmaktadır.

İkinci holde elektrik kumanda bölümü, elektrik motorları, boru bandı kısmı ve iki tane doğrultma tezgahı bulunmaktadır. İç taşıma işlemleri için biri 20, diğeri 8 tonluk 2 vinç vardır.

Üçüncü hol 128 X 370 m. boyutlarındadır. Hadde tezgahları, soğutma ızgarası ve makaslar yerleştirilmiştir.

Dördüncü holde, tornalar, yatak hazırlama tezgahları, yollukhane, tel kangal sarıcıları ve 8'er tonluk iki vinç bulunmaktadır.

Haddehanenin yerleşme planı, şemetik olarak verilmiştir. Makina ve teçhizat kesiksiz haddehanenin özelliklerine uygun aynı anda çalışabilecek biçimde düzenlenmiştir<sup>22</sup>.

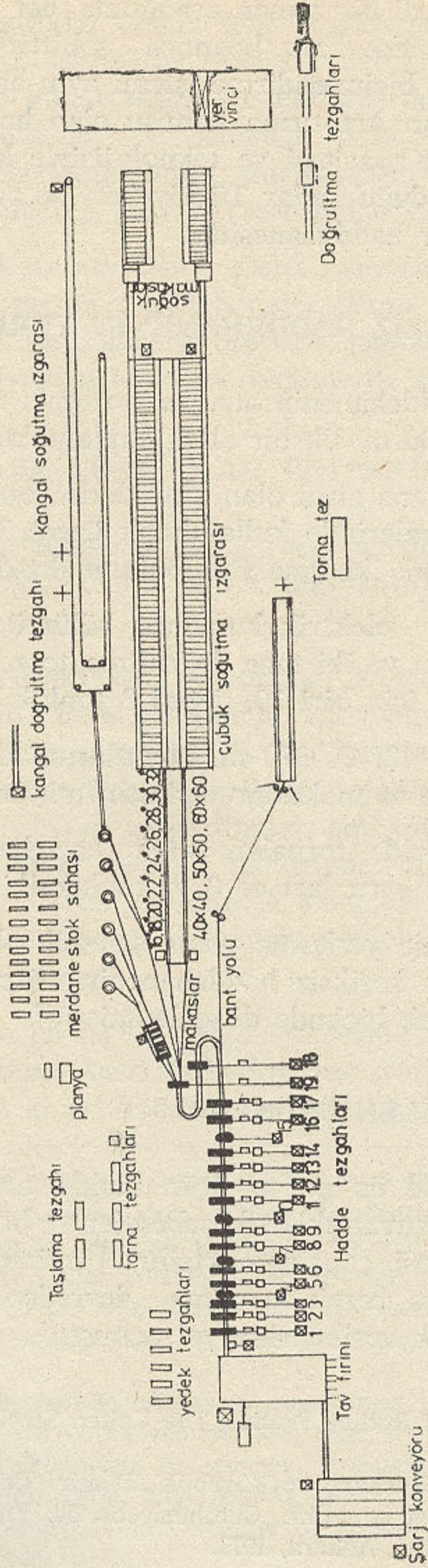
### 6.2. ÜRETİLEN ÜRÜNLER

Haddehanede üç gurup ürün haddelenmektedir. Bunlar, değişik kesitlerde yuvarlaklar, köşebentler ve boru bantlarıdır. Ancak boru bant ünitesi çalışmamaktadır. Üretimde ilk işlemler ortak olduğundan boru bandı kısmının devreden çıkarılması yuvarlak üretimine ağırlık verilmesine yol açmıştır.

(21) Elements of Rolling Practice, The United Steel Company, London, 1963, s. 9.

(22) Kesiksiz haddehane ve Karabük Demir Çelik İşletmeleri hakkında ayrıntılı bilgi için bkz., Cumhuriyetin 50. Yılında Türkiye Demir Çelik İşletmeleri, Ankara, 1973.

KONTİJNÜ HADDEHANE YERLEŞME PLANI



On değişik çapta yuvarlak yapı demiri üretilmektedir. Bunlar: 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 mm. çaplarındadır. Köşebentler ise 40 x 40, 50 x 50 ve 60 x 60 olmak üzere üç değişik boyuttadır. Ölçülerine göre, haddehanede 13 değişik ürün üretilmektedir.

### 6.3. İŞ AKIM ŞEMASI

Üretimde iş akış şemasının çıkarılması, her ürün için gerekli işlemlerin belirlenmesi yönünden zorunludur. Ayrıca kapasitenin bulunması, birim üretim için gerekli zaman ve makina bu işlemlere dayalı olarak hesaplanacaktır.

Ürünler ve üretim için gerekli işlemler iş akım şemasında görülmektedir. Ürünler, köşebentler, 8, 10 mm. lik tellik yuvarlaklar ve 12-26 mm. çaplı yuvarlaklar olmak üzere üç ana guruba ayrılabilirler.

Başlangıçtan 11 inci işleme kadar olan kısım bütün ürünler için ortaktır. Bu yüzden hangi üründen ne kadar üretileceğinin bulunması, kapasitenin kullanılması ve kârın maksimizasyonu açısından oldukça büyük önem taşır. Çünkü aynı anda birden fazla ürün üretilmemektedir.

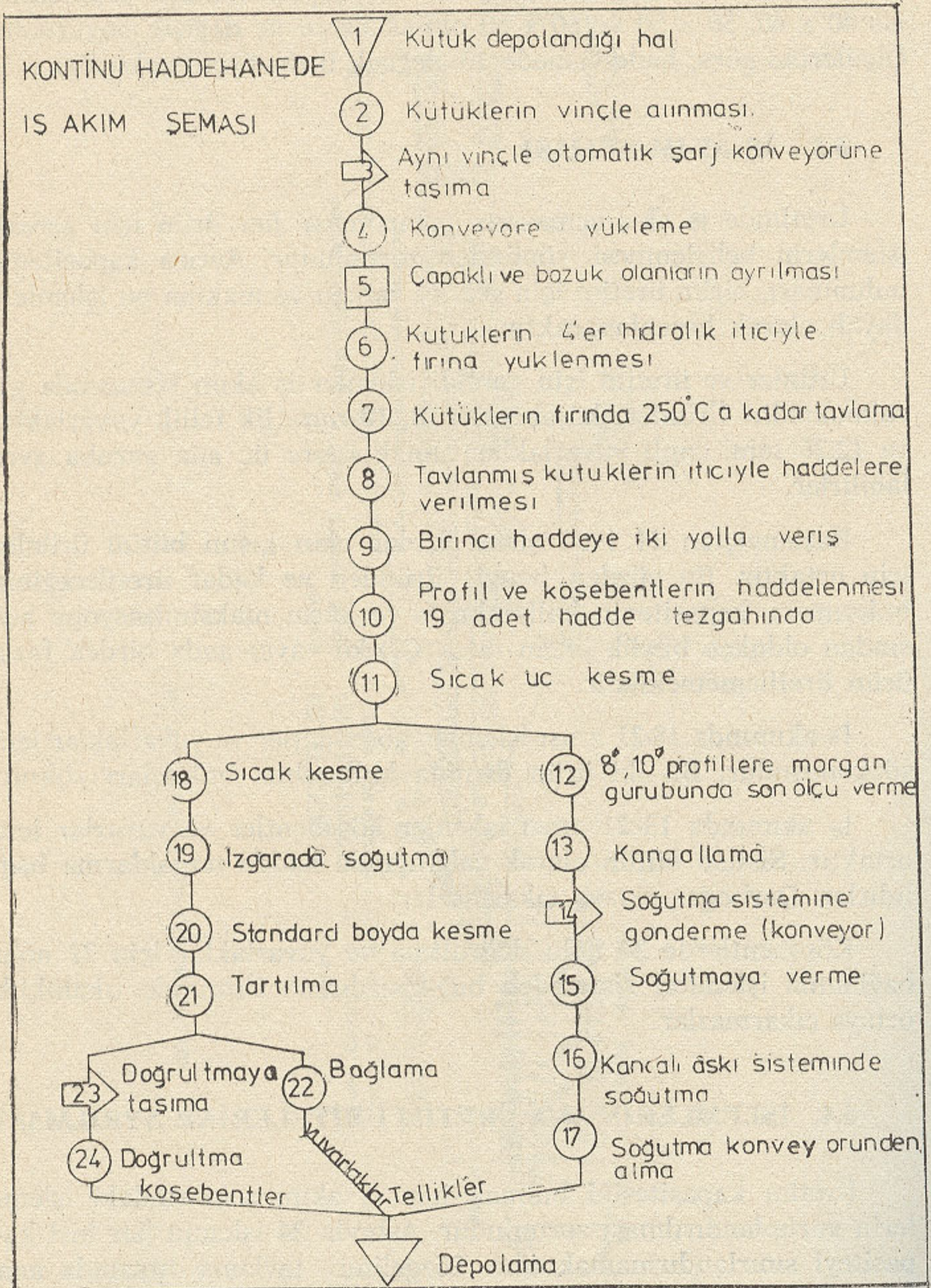
İş akımında 18-21 arası işlemler köşebentler ve yuvarlaklar için sözkonusudur. Bu iki ürün dışında kullanılma imkanları yoktur.

İş akımında 18-21 arası işlemler köşebentler ve yuvarlar için ortaktır. Sistem bütün olarak çalıştığında hadde tezgahlarına bağlıdır. Darboğaz ortaya çıkarmazlar.

Köşebentlerde 24 nolu doğrultma ve yuvarlaklar için 22 nolu bağlanma işlemleri sistemden bağımsızdır. Üretimde tıkanıklık ortaya çıkarmazlar.

### 6.4. İŞLEMLERİN ANA ÜRETİM ÜNİTELERİNE AYRILMASI

Üretim kapasitesini bulmak için iş akım şemasındaki işlemlerin guruplandırılması zorunludur. Aslında 24 işlemin her biri kapasiteyi sınırlandırmamaktadır. Sözelimi tavlama sırasında ana işlem fırında yapılan tavlama değildir. Diğer işlemler fırına bağlıdır. Onların işlem sürelerinin kısaltılması sonucu değiştirmeyecektir. Bu yüzden iş akımında darboğaz işlemler bulunarak bir guruplandır-



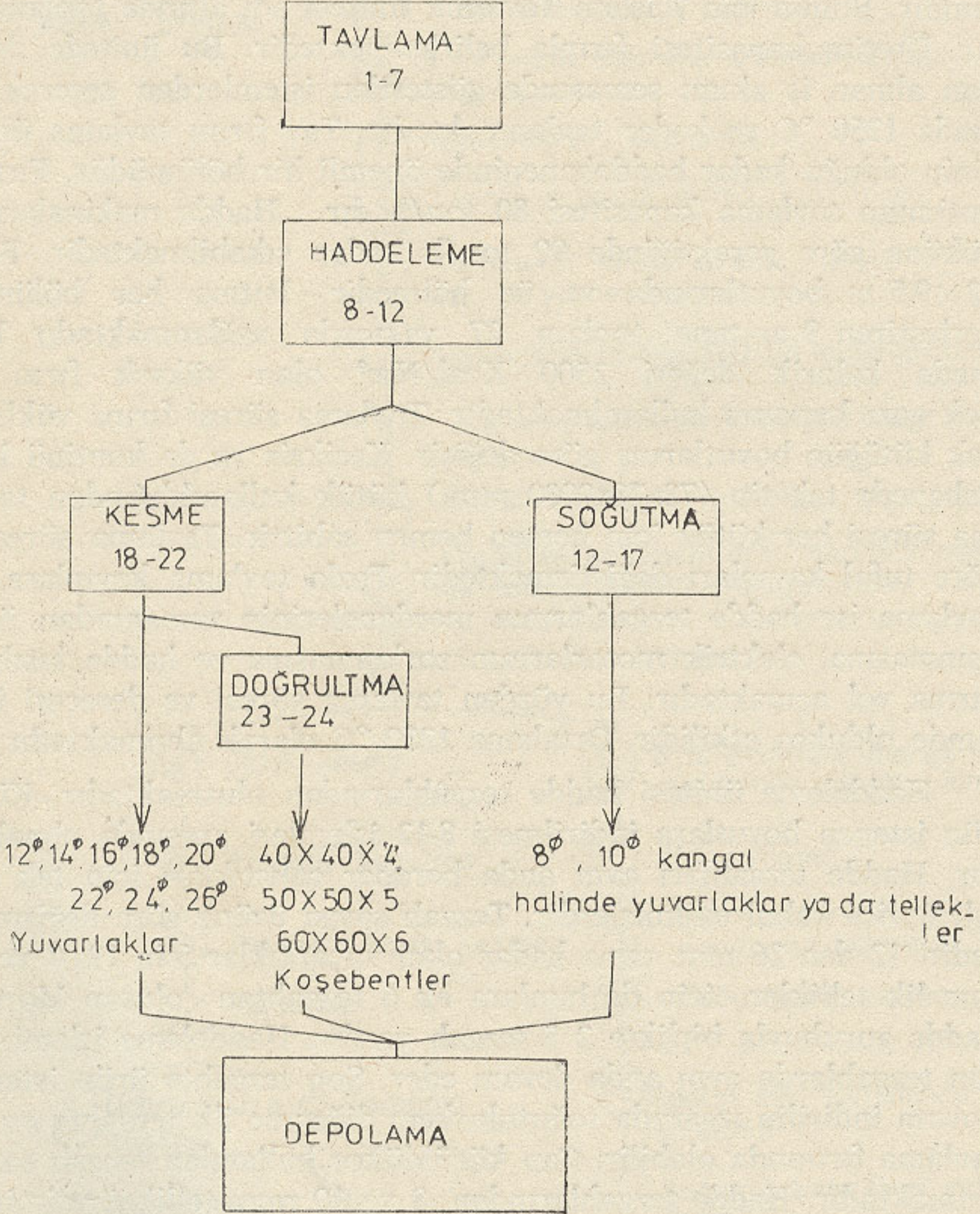
ma yapılmıştır. Böylece modeldeki kapasite sınırlamaları da azaltıldığından, uygulamada ve bilgi toplamada kolaylık sağlanmaktadır. Bu düşünceden hareketle üretimdeki işlemler şemada görüldüğü gibi beş ana guruba ayrılmıştır.

İş akımı şemasında 1-7 arası işlemlerde darboğaz tavlama fırınıdır. Bunun için 7 işlem Tavlama Ünitesi adı altında toplanmıştır. Üretim kapasitesi fırınla belirlenmektedir. Bu üniteye depodan alınan iş akımı şemasında gösterilen işlemlerden geçerek, fırında 1250 °C ye kadar tavlanamaktadır. Tav fırını tavlama ünitesinin olduğu kadar haddehanesinde önemli bir bölümdür. Fırının optimum tavlama kapasitesi 80 ton/h dır. Hadde makinalarının yüküne göre gerektiğinde 90 ton/h kadar çıkabilmektedir. Fırın 22×9,5 m. boyutlarında ve üç bölmedir. Isıtma her bölümün yerleştiren 9 ar tane toplam 27 yakıcıyla sağlanmaktadır. Isıtımda kalorik değeri 2500 Kcal/Nm<sup>3</sup> olan yüksek fırın ve kok gazı karışımı kullanılmaktadır. Tavlama süresi fırına yüklenecek kütüğün boyutlarına göre değişir. Kesiksiz ya da kontinü haddehanede tek tip (78x78x9000 mm.) kütük kullanıldığından tavlama süresi her kütük için hemen hemen sabittir. Tavlama süresine göre tufal kayıpları değiştirmektedir. Fazla tavlama kayıplara, az tavlama ise hadde tezgahlarının merdanelerinin zamanından önce aşınmasına, elektrik motorlarının zorlanmasına ve hadde kısımlarına yol açmaktadır. Bu yüzden tavlama süresi ve derecesi üretimde oldukça etkilidir. Ortalama 1250 °C olarak alınmaktadır.

Haddeleme ünitesi hadde tezgâhlarından oluşmaktadır. Kütüğün istenen boyutlara indirilmesi 8-12 işlemleri arasında olmaktadır. Hadde tezgahları aynı anda beraber çalışmaları için tek bir işlem gibi kabul edilmişlerdir. Tezgah sayısı ürüne göre değişmektedir. 12 den 26 mm. çapa kadar olan yuvarlaklar için 19, 8 ve 10 mm. lik tellikler için de bunlara ek 6 tezgahtan oluşan Morgan hadde gurubuyla birlikte 2 5 tezgah vardır. Haddeleme işlemi bütün tezgahlarda aynı anda devam eder. Son tezgahta ürün istenen boyuta indirilip ızgarada soğutulurken, diğer uc ilk tezgahta ya da tavlama fırınında olabilir. Çap küçüldükçe kullanılan tezgah sayısı artmaktadır. Hadde tezgahlarından, 8 ve 10 mm. tellik üretiminde 21 i, 10, 12, 14 lükte 15 i, 16, 18 likte 13 ü, 22, 24, 26 likte 11 i ve köşebentlerde de 12 si kullanılmaktadır.

Tellikler için olan 12-17 arası işlemler soğutma ünitesi adı altında toplanmışlardır. Bu üniteye teller kangal halinde sarılmakta ve soğutulmaktadır. Soğutma işlemi Morgan gurubuna bağlı kangal sarıcılardan sonra gelmektedir. Kangal sarıcılar 4 ü 250 kg/

## KONTINU HADDEHANEDE ANA ÜRETİM ÜNİTELERİ ŞEMASI





kangal, 2 si de 400 kg/kangal olmak üzere 6 tanedir. Son ikisi 10 ve 14 mm. lik yuvarlaklar kangal haline getirilirken kullanılmaktadır. Kangal sarıcıları hadde tezgahlarına bağlı olarak çalıştıklarından kapasiteyi belirlemeleri sözkonusu değildir. Bu yüzden ayrı bir ünite olarak düşünülmemişlerdir.

Kesme ünitesi 18-22 arası işlemlerden oluşmaktadır. Kesme işlemi 8 ve 10 luk dışındaki ürünler için gereklidir. Bu ürünler ızgarada soğutulduktan sonra makaslarda istenen boyda kesilmektedir. İşlem soğutma ızgarasının sonuna yerleştirilen 250 şer tonluk iki makasta yapılmaktadır. Herbirinin kesme alanı 5200 mm<sup>2</sup> dir.

Doğrultma ünitesi yalnızca köşebentler için sözkonusudur. Çünkü köşebentler soğuma sırasında düzgünlüklerini kaybetmektedirler. Düzeltilmeleri sistemden bağımsız iki doğrultma tezgahında yapılmaktadır. Tezgahların hızı 75 ile 150 m/dak. arasında değişmektedir. Hız malzemeye göre ayarlanabilmektedir.

## 7. SINIRLAYICI DENKLEMLERİN KATSAYILARININ BULUNMASI

Sınırlayıcı denklemlerin ilk yanındaki katsayılarını, her ürünün ana üretim ünitelerindeki üretim değerleri verecektir. Çoğu kez bu bilgiler hemen bulunmaz. Uygulamada bu bilgilerin toplanması, incelenmesi ve düzenlenmesi çalışmanın en güç olduğu kadar en yararlı yanını oluşturur. Ulaşılan sonuçlar bu bilgilere dayanacaktır. Sağlanan bilgiler ürünlere göre kapasitenin kullanımını, ürünlere bağlı zaman ve malzeme kayıplarını da ortaya çıkaracağından, yönetimin elinde, ileriye dönük kararlarda ana kaynak olacaktır.

Beş ana üretim ünitesinden ilk ikisi olan tavlama ve haddeleme bütün ürünler için ortaktır. Özellikle hadde tezgahları üretimin çekirdeğini oluşturmaktadırlar. Kapasite hadde tezgahlarıyla belirlenmektedir.

Kesiksiz ya da kontinü haddehanelerde haddeleme hızı, haddenin tipine, haddelenen malzemeye ve haddeleme işlemine bağlı olarak büyük oranda değişmektedir<sup>23</sup>. Bu yüzden kapasitenin hesaplanmasında, tam üretime geçilen 1970, 1971, 1972, 1973 yılların-

(23) Hadde tezgâhlarının işletmesine etki eden unsurlar hakkında ayrıntılı bilgi için bkz., Wusatowsky, A.g.e. S. 610-615.

daki üretim değerleri esas olarak alınmıştır. Saatte ton olarak ortalama net üretim değerleri aşağıda gibi olmaktadır.

Ürünler	Saatteki Üretim (ton)
8Ø	42,8
10Ø	44,6
12Ø	46,8
14Ø	60,2
16Ø	62,5
18Ø	73,5
20Ø	77,0
22Ø	79,6
24Ø	80,0
26Ø	81,5
40x40	49,2
50x50	58,5
60x60	65,7

Haddehanede saatlik üretimi en düşük olan 8 mm. liktir. Çünkü üretiminde 21 hadde tezgahı çalışmakta ve 78x78x900 mm. lik kütük çapı 8 mm. oluncaya kadar haddelenmektedir. Saatteki üretimi en yüksek olan 26 mm. lik yuvarlaktır. Diğerleride çaplarına göre bu iki değer arasında değişmektedir.

Üretim sırasında değişik ünitelerde ortaya çıkan kayıplar incelenmiştir. Kayıplar iki yönden etkili olmaktadır. İlki ana üretim ünitelerinin net kapasitelerini bulmak için gereklidirler. Böylece sınırlayıcı denklemlerin katsayıları daha sağlıklı olacaktır. İkincisi amaç fonksiyonunun katsayılarının bulunmasında, kullanılan hammaddenin değerinin hesaplanmasında yardımcı olacaklardır. Üretim sürecinde ortaya çıkan kayıplar, hurda, kırıntı, tufal ve diğerleri olmak üzere üç ana grupta toplanmışlardır. Kayıpların ana üretim ünitelerine dağıtılması tam kapasite üretime geçilen dört yılın yıllık çalışma raporlarından yararlanılarak yapılmıştır. Her ürün için ana üretim ünitelerindeki saatteki üretim değerleri Tablo-1 de görüldüğü gibi olmaktadır. Ayrıca özellikle sistemden bağımsız ünitelerin kapasiteleri incelenerek darboğaz olmadığı görülmüştür<sup>24</sup>.

(24) Ayrıntılı bilgi için bkz., Nazif Gürdoğan, D. P. nin Sanayi İşletmelerinde Üretim Plânlaması Aracı Olarak Kullanılması ve Karabük Demir Çelik Tesisleri Kontinü Haddehanesinde Uygulanması, Basılmamış Doktora Tezi, Erzurum, 1975, s. 74-104.

Tablo 1

Her ürün için ana üretim ünitelerindeki saatteki üretim değerleri (ton)

Ürünler	Ana üretim üniteleri				
	Tavlama	Hadde tezgahları	Kesme	Doğrultma	Soğutma
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
8Ø	45,4	45,3	—	—	42,8
10Ø	46,9	46,8	—	—	44,6
12Ø	51,7	51,6	46,8	—	—
14Ø	64,2	64,1	60,2	—	—
16Ø	67,6	67,5	62,5	—	—
18Ø	77,8	77,7	73,5	—	—
20Ø	81,4	81,3	77,0	—	—
22Ø	83,8	83,7	79,6	—	—
24Ø	84,4	84,3	80,0	—	—
26Ø	85,9	85,8	81,5	—	—
40x40	52,1	52,0	50,4	49,2	—
50x50	61,6	61,5	59,8	58,5	—
60x60	70,3	70,2	67,4	65,7	—

Ana üretim ünitelerindeki her ürünün saatteki üretim değeri her ünitenin oluşturduğu sınırlayıcı denklemin birinci yanının katsayılarını verecektir.

### 7.1. SINIRLAYICI DENKLEMLERİN İKİNCİ YANLARININ BULUNMASI

Modelde sınırlayıcı denklemlerin ikinci yanını ana üretim ünitelerinin yıllık net çalışma saatleri oluşturacaktır. Haddehanenin yıllık çalışma süresi teorik olarak  $365 \times 24 = 3760$  saattir. Ancak arızalar ve üretimin özelliği gereği programlanmış duruşlar yüzünden yıllık net çalışma saati bu değer oldukça altına düşmektedir.

Ortalama yıllık net haddeleme saatini bulmak için 1970, 1971, 1972 ve 1973 yılında ortaya çıkan arızalar ve programlanmış duruşların dağılımı bulunmuştur. Bu değerlerden hareketle dört yılın ortalaması alınarak yıllık net haddeleme saati hesaplanmıştır.

Haddehanede yılda ortalama olarak net 5.568 saat çalışılabilir. Yani yılda 8.760 saat olan teorik kapasitenin % 63,6 dan yararlanılmaktadır. Doğrultma ünitesinin dışındaki üniteler için

yıllık çalışma saatları 5.568 (232 x 24) i aşmıyacaktır. Doğrultma ünitesi sistemden bağımsız olduğu için yılda 7.200 (300 x 24) saata kadar çalışabilir.

## 8. AMAÇ FONKSİYONUNUN KATSAYILARININ BULUNMASI

D.P. uygulamasının tutarlılığı büyük ölçüde ürünlerin maliyetleriyle ilgili bilgilere bağlıdır. Bilgilerin doğruluğu ölçüsünde varılan sonuçlar anlamlı olacaktır. Amaç fonksiyonunun katsayıları olarak doğrudan doğruya ürünlerin birim kârlarının alınması, doğrusallık varsayımına uymaz. Bu yüzden, maliyetlerin sabit ve değişken masraflar olarak ayrılması gerekir. Amaç fonksiyonunun katsayıları olan kâra katkı değerleri, ürünlerin satış fiyatlarından değişken masrafların çıkarılmasıyla bulunur.

Kâra katkı değerleri 1973yılıının verilerine dayanılarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Daha önce de belirtildiği gibi, amaç uygulamada yöntemi ve modeli ortaya koymaktır. Model ortaya çıktıktan sonra amaç fonksiyonunun katsayıları değiştirilerek yeni duruma kolaylıkla ayarlanabilir.

## 9. ÜRÜNLERİN SATIŞ SINIRLARININ BULUNMASI

Satış kısıtlamaları olmadan, her üründen ne kadar üretilirse üretilsin satılabilir varsayımına dayalı model için gerekli bilgi toplanmıştır. Böyle bir modelin verdiği optimal çözümde, yıllık üretimin % 3 nü 8 lik, % 97 sinde 26 lık yuvarlak oluşturmakta ve toplam kâr bir önceki yıla göre % 97,8 oranında artmaktadır. Ancak geçmiş yıllardaki satışlar incelendiğinde, en çok 8, 12, 14 ve 16 lık yuvarlakların satıldığı görülmekte ve 26 lığın toplam üretimdeki payı hiçbir zaman % 3 ü aşmamaktadır<sup>25</sup>. Bu yüzden, çıkacak satış sorunlarını önlemek ve diğer ürünlere olan istekleri karşılayabilmek için modele satışlarla ilgili sınırlar ilave edilmiştir.

(25) Pazar sınırlamaları olmayan model, çözümünü ve bir önceki yıla karşılaştırılmasını bkz., Gürdoğan, A.g.t., s. 115-124 ve 138-140.

Tablo 2

## Amaç fonksiyonunun katsayıları (T.L.)

Ürünler	Satış fiyatları	Değişken masraflar	Sabit masraflar	Üretim maliyeti	Kâra katkı katsayıları
	(1)	(2)	(3)	(4) = (2) + (3)	(5) = (1) - (2)
8Ø	2.910	1.942	195	2.137	968
10Ø	2.680	1.945	131	2.076	915
12Ø	2.830	1.995	175	2.170	835
14Ø	2.820	1.900	141	2.041	920
16Ø	2.810	1.964	138	2.102	846
18Ø	2.810	1.796	121	1.918	1.014
20Ø	2.810	1.817	108	1.925	993
22Ø	2.810	1.813	101	1.914	997
24Ø	2.840	1.818	110	1.928	1.022
26Ø	2.840	1.751	113	1.874	1.079
40x40	2.960	2.144	272	2.416	816
50x50	2.940	2.047	213	2.260	893
60x60	2.930	2.069	223	2.292	861

Her ürünün satışlarının üst sınırını bulabilmek için ayrıntılı pazar araştırmalarının yapılması gerekmektedir. Çünkü ürünlerin satışlarıdaki üst sınır optimal programı kesinlikle bağlamaktadır. Yanlış yapılan tahminler stokların artmasına yol açacağı gibi, ayrıca daha kârlı ürünlerin programa alınmasını da önler. Ancak ele alınan haddehanenin ürünlerine olan talebi tek tek bulmak oldukça güçtür. Üretim talebin altında olduğundan şimdiye kadar böyle bir çalışmaya gidilmemiştir. Heddehanede üretim planlaması, alıcıların taleplerine ve karşılanmıyan siparişlere göre aylık olarak yapılmaktadır.

D.P.T. ve benzeri kuruluşlar, demir çelik ürünleri için toplam talebi bulmuşlardır. Her ürüne olan talep, ayrı olarak tahmin edilmiştir. Bu yüzden sözkonusu haddehanenin toplam tüketimdeki yeri ve bunda ürünlerin aldığı ortalama paydan hareket edilerek üst sınırlar tahmin edilmiştir.

Demir çelik ürünlerinin tüketimi, ülkede ekonominin genel seviyesi, endüstriyel üretimin toplam ekonomi içindeki yeri, inşaat,

ulaşım gibi sektörlerde kullanılan malzemeyle ilgilidir. Bunun için demir çelik ürünleri talebi araştırılırken, değişik tahmin yöntemleriyle tüketimin bazı ekonomik büyüklüklerle ilişkilerinin incelenmesi yanında, nüfus, milli gelir gibi genel ekonomik göstergelere de bakmak gerekir. Ancak burada ayrıntıya inilmeden yapılan tahminlerle yetinilecektir.

Kesiksiz haddehanenin toplam tüketimdeki ortalama payı (1970, 71, 72, 73 yılları için) % 35 olmaktadır. Yani sözkonusu haddehane, geçmiş yıllardaki yuvarlaklar ve köşebent tüketiminin sırasıyla % 32 ve % 3 nü karşılamıştır. Bu pazar payının değişmediğini varsayarsak, haddehane 1974 yılı talebinin % 35 ni karşılayacaktır. Buna göre 1974 yılının talebinin % 35 i toplam satılabilecek maksimum üretimi verecektir.

Uzun hadde ürünlerine olan talep özellikle yapı yatırımlarına paralel olarak hızla artmaktadır. Talep tahminlerinden her ürün için satılabilecek üst sınırı bulacağımızdan, bir yanılgıya yol açmamak için daha iyimser olan Ayyıldız Mühendislik Bürosünün değerleri esas olarak alınmıştır<sup>26</sup>. Böylece haddehanenin toplam üretimi:  $1.394.800 \times 0,35 = 488.180$  ton olacaktır.

Ürünlerin geçmiş yıllarda (1970, 71, 72, 73) haddehane üretimindeki ortalama payları bulunmuştur. En çok satılan % 22 payla 14Ø lük yuvarlaktır. Bunu sırasıyla, 8Ø, 12Ø, 16Ø, 18Ø, 10Ø, 40x40, 22Ø, 26Ø, 50x50, 20Ø ve 60x60 köşebent olmak üzere diğerleri izlemektedir. Geçmiş yıllarda en çok 14 lük satılmıştır. Çünkü yakın ölçülerdeki ürünler yerine de kullanılabilir. Böylece her ürünün satılabileceği üst sınır Tablo 3 de görüldüğü gibi olacaktır.

(26) Demir Çelik ürünlerinin talep tahminleri konusunda, değişik kuruluşlarca ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. Bkz., T. Candır ve A. Candır. Türkiye Demir Çelik Talep Tahminleri, D.P.T., Ankara, 1966, s. 24-65 B. Erdem ve T. Şener, Türkiye Demir Çelik Sanayi ve İkinci D.Ç. Tesislerinin Kuruluş Yeri Etüdü, D.Y.B., Ankara, 1968, s. 144-208. Ayyıldız Müh. ve Müş. Bürosu, Türkiye Demir Çelik Sektörü Orta Vadeli Üretim Plânlaması ile Tedbir ve Tavsiyeler, Cilt 1, Ankara, 1969.



Tablo 3

Her ürünün satılabileceği üst sınır

Ürünler	Üretimdeki ort. pay (%)	Toplam üretim (ton)	Üst satış sınırları (ton)
	(1)	(2)	(3) = (1) × (2)
8Ø	18	488.180	87.872
10Ø	5	»	24.409
12Ø	18	»	87.872
14Ø	22	»	107.400
16Ø	10	»	48.818
18Ø	7	»	34.173
20Ø	2	»	9.764
22Ø	3	»	14.645
24Ø	2	»	9.764
26Ø	3	»	14.645
40x40	5	»	24.409
50x50	3	»	14.645
60x60	2	»	9.764
	<u>100</u>		<u>488.180</u>

## 10. MODELİN KURULMASI

D.P. modelinin kurulması için gerekli bilgiler toplanmıştır. Bunlar modele uygun bir biçimde, ortaya konulacaktır.

Modelde kullanılan  $X_i$  değişkenleri, haddehanede üretilen 13 ürünün ton olarak yıllık üretimlerini göstermektedir.

### 10.1. AMAÇ FONKSİYONU

$$Z_{\max} = \sum_{i=1}^{13} X_i C_i = 968 X_1 + 915 X_2 + 835 X_3 + 920 X_4 + 846 X_5 +$$

$$1.014 X_6 + 993 X_7 + 997 X_8 + 1.022 X_9 + 1.079 X_{10} + 816 X_{11}$$

$$893 X_{12} + 861 X_{13}$$



### 10.2. ANA ÜRETİM ÜNİTELERİ YÖNÜNDEN SINIRLAYICI DENKLEMLER

#### Tavlama ünitesi

$$\begin{array}{cccccc}
 \frac{X_1}{45,4} + \frac{X_2}{46,9} + \frac{X_3}{51,7} + \frac{X_4}{64,2} + \frac{X_5}{67,6} + \frac{X_6}{77,8} + \\
 \frac{X_7}{81,4} + \frac{X_8}{83,8} + \frac{X_9}{84,4} + \frac{X_{10}}{85,9} + \frac{X_{11}}{52,1} + \frac{X_{12}}{61,6} + \\
 \frac{X_{15}}{70,3} \leq 5.568 \quad (232 \times 24)
 \end{array}$$

#### Haddeleme ünitesi

$$\begin{array}{ccccccccc}
 \frac{X_1}{45,3} + \frac{X_2}{46,8} + \frac{X_3}{51,6} + \frac{X_4}{64,1} + \frac{X_5}{67,5} + \frac{X_6}{73,5} + \frac{X_7}{81,3} + \frac{X_8}{83,7} + \\
 \frac{X_9}{84,3} + \frac{X_{10}}{85,8} + \frac{X_{11}}{52,0} + \frac{X_{12}}{61,5} + \frac{X_{13}}{70,2} \leq 5.568 \quad (232 \times 24)
 \end{array}$$

#### Kesme ünitesi

$$\begin{array}{cccccccc}
 \frac{X_3}{46,8} + \frac{X_4}{60,2} + \frac{X_5}{62,5} + \frac{X_6}{73,5} + \frac{X_7}{77,0} + \frac{X_8}{79,6} + \frac{X_9}{80,0} + \frac{X_{10}}{81,5} + \\
 \frac{X_{11}}{50,4} + \frac{X_{12}}{59,8} + \frac{X_{13}}{67,4} \leq 5.568 \quad (232 \times 24)
 \end{array}$$

#### Doğrultma ünitesi

$$\frac{X_{11}}{49,2} + \frac{X_{12}}{58,5} + \frac{X_{13}}{65,7} \leq 7.300 \quad (300 \times 24)$$

Soğutma ünitesi

$$\frac{X_1}{42,8} + \frac{X_2}{44,6} \leq 5.568 \quad (232 \times 24)$$

### 10.3. PAZAR YÖNÜNDEN SINIRLAYICILAR

$$X_1 \leq 87.872$$

$$X_2 \leq 24.409$$

$$X_3 \leq 87.872$$

$$X_4 \leq 107.400$$

$$X_5 \leq 48.818$$

$$X_6 \leq 34.173$$

$$X_7 \leq 9.764$$

$$X_8 \leq 14.645$$

$$X_9 \leq 9.764$$

$$X_{10} \leq 14.645$$

$$X_{11} \leq 24.409$$

$$X_{12} \leq 14.645$$

$$X_{13} \leq 9.764$$

### 10.4. NEGATİF OLMAMA ŞARTI

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13} > 0$$

Modelde 18 eşitsizlik vardır. Bunların eşitlik haline dönüştürülmesi için :

$$X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}, X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{25}, X_{26} \\ X_{27}, X_{28}, X_{29}, X_{30}, X_{31} \geq 0$$

olmak üzere 18 tane yapay (slack) değişken ilave edilmiştir. Böylece modelle ilgili bütün bilgiler toplanmış ve tabloda gösterilmiştir.

## 11. MODELİN ÇÖZÜMÜ

Çözümde D.S.İ. nin IBM 360-30 model bilgisayarı kullanılmıştır. Çözüm tablosundan alınan değerler aşağıdaki gibi olmaktadır.

$X_1$ ( 8Ø)	:	80.585 ton.
$X_2$ (10Ø)	:	0 »
$X_3$ (12Ø)	:	0 »
$X_4$ (14Ø)	:	107.400 »
$X_5$ (16Ø)	:	48.818 »
$X_6$ (18Ø)	:	34.173 »
$X_7$ (20Ø)	:	9.764 »
$X_8$ (22Ø)	:	14.645 »
$X_9$ (24Ø)	:	9.764 »
$X_{10}$ (26Ø)	:	14.645 »
$X_{11}$ (40×40)	:	0 »
$X_{12}$ (50×50)	:	14.645 »
$X_{13}$ (60×60)	:	9.764 »

Bulunan optimal üretim planına göre, toplam üretim 344.203 ton olmaktadır. Tavlama ve hadleme üniteleri yılda 5.568 saat çalışmaktadırlar. Kesme 3.939, soğutma 1878 ve doğrultma ünitesi 397 saat çalışmaktadır. Bunlarda kullanılmıyan kapasite olması üretimin bir özelliğidir. Aynı anda yalnızca biri çalışabilmektedir. D.P. modeli ile bulunan üretim planında, 13 üründen 10 u yer almaktadır. En çok üretilen ürün 14 lük olmaktadır. Bunu sırasıyla 8Ø, 16Ø, 18Ø, 26Ø, 50×50, 24Ø, 26Ø ve 60×60 olmak üzere diğerleri izlemektedir.

Optimal programın verdiği amaç fonksiyonunun değeri : 324.328.342 T.L. olmaktadır. Toplam kâr bulunurken, sabit masraflar düşülmelidir. Buna göre Modelin verdiği üretim planının sağladığı toplam kâr 272.088.188 T.L. olmaktadır. Bu değer 1973 yılında sağlanan kârdan 44.504.217 T.L. daha fazladır. Yeni üretim planında yer alan ürünler ve yıllık üretim değerleri 1973 yılıyla birlikte Tablo 4 de verilmiştir.

TABLO : 4

## Ürünlerin yıllık üretim değerleri (ton)

Ürünler	1973 yılı	Önerilen plan
8Ø	66.814	80.535
10Ø	17.478	0
12Ø	63.779	0
14Ø	61.065	107.400
16Ø	43.507	48.818
18Ø	26.705	34.173
20Ø	4.779	9.764
22Ø	1.940	14.645
24Ø	2.767	9.764
26Ø	3.455	14.645
40×40	269	0
50×50	2.430	14.645
60×60	6.641	9.764
	<b>301.829</b>	<b>344.203</b>

Önerilen üretim planında yıllık üretim, 1973 yılına göre 42.384 ton daha fazla olmaktadır.

## 12. NET HADDELEME SÜRESİNİN ARTIRILMASININ MODELE ETKİSİ

Kesiksiz haddehanelerde hadde tezgâhları birbirine bağlı olarak çalıştığından, merdanelerin dönüş hızları, her tezgâhtan aynı miktarda ürün geçecek şekilde ayarlanır. Bu yüzden bir üründen diğerine geçiş oldukça karışık ve güçtür. Bu, onların en büyük zorluğudur<sup>27</sup>. Ele alınan haddehane sözü edilen güçlüklerden dolayı, halen, yılda 232 gün net haddeleme yapabilmektedir. Zaman yönünden kapasitenin % 64 ünden yararlanılmaktadır. Ortaya çıkan kayıplar, daha çok arızalar ve üretimin özelliği gereği programlanmış duruşlardandır. Bunun için kayıplara yol açan duruşlar incelenmiştir. İş etüdüyle, bazı bakım işlemlerini hızlandırıp, bazılarını da kaldırmakla yıllık çalışma süresinin 5.816 saata çıkarılabileceği he-

(27) A. I. Tselikov ve V. V. Smirnov, Rolling Mills, Pergamon Press, London, 1965, s. 15.

saplanmıştır<sup>28</sup>. Benzer haddehanelerin yılda net çalışma günlerinin 312 ye kadar çıkarılabileceği<sup>29</sup> gözönüne alınırsa, 284 gün gerçekleştirilmeyecek bir değer değildir. Ayrıca kuruluş projesinde yılda 300 gün çalışabileceği belirtilmektedir. Çalışma süresinin 24 saat artırılması ortalama üretimi 1.517 ton artırmaktadır. Bu, günlük ortalama kazancın 1973 fiyatlarıyla 1.181.288 TL. yükselmesine yol açmaktadır.

Net haddeleme saati 5.568 den 5.816 ya çıkarıldığında model aşağıdaki üretim planını vermektedir.

X <sub>1</sub>	( 8Ø)	:	87.872	Ton/Yıl
X <sub>2</sub>	(10Ø)	:	0	»
X <sub>3</sub>	(12Ø)	:	56.066	»
X <sub>4</sub>	(14Ø)	:	104.700	»
X <sub>5</sub>	(16Ø)	:	48.818	»
X <sub>6</sub>	(18Ø)	:	34.173	»
X <sub>7</sub>	(20Ø)	:	9.764	»
X <sub>8</sub>	(22Ø)	:	14.645	»
X <sub>9</sub>	(24Ø)	:	9.764	»
X <sub>10</sub>	(26Ø)	:	14.645	»
X <sub>11</sub>	(40×40)	:	0	»
X <sub>12</sub>	(50×50)	:	14.645	»
X <sub>13</sub>	(60×60)	:	9.764	»
			<b>404.856</b>	»

Yeni üretim planına, haddehanenin üretim programında yer alan 13 üründen 11 i girmektedir. Yıllık toplam üretim, net çalışma süresi 52 gün daha artarsa, 404.856 tona ulaşmaktadır. Üretim 1973 yılına göre 103.037 ton daha fazla olmaktadır.

### 13. SONUÇ VE ÖNERİLER

Karabük Demir Çelik İşletmeleri, ülkemizde uzun hadde ürünleri üreten en yeni haddehanelerden birine sahiptir. Uzun hadde ürünlerine olan talep, özellikle yapı sektöründeki gelişmelere paralel olarak hızla artmaktadır. Bu yüzden, yurt içi üretim, talebin altında kalmaktadır. Bu alanda, üretimi artırıcı yönde yapılan her

(28) Bkz., Gürdoğan A.g.t., s. 125-136.

(29) P. Poluklin, N. Fedosav, A. Korolyev ve Y. Matveyer, Rolling Mill Practice, Peace Publishers, Moskow, 1966, s. 291, Tablo 18.

çalışma, ihtiyaçların ülke içinden karşılanmasını sağlayarak, ekonomimize katkıda bulunacaktır.

Ele alınan haddehanede, D.P. tekniğinden yararlanarak yıllık üretim planları önerilmiş ve uygulandığında ne ölçüde yarar sağlanacağı ortaya konulmuştur.

Üretim planlamasında D.P. tekniği uyguluyarak sağlanacak yararları, aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

1. Haddehanede üretim planlaması konusunda ayrıntılı ve düzenli bir çalışma yapılmamaktadır. Alıcıların istekleri ve karşılanamayan taleplere dayanılarak hazırlanan aylık üretim planlarıyla yetinilmektedir. Aylık planlar, ortalama üç defa üretimde ürün değişikliğine yol açmaktadır. Bu yüzden, bir ürünün üretim planına alınma sayısı, yılda 4 ile 22 arasında değişmektedir. Oysa bu ürün değiştirmeler, uzun duruşlara yol açtıkları için üretimi büyük ölçüde aksatmaktadırlar. Yıllık üretim plânları yapılarak, ebat değiştirme sayısı ve doğacak kayıplar büyük ölçüde azaltılmıştır. Ürünlerin yıllık üretim miktarları ve zamanı önceden belirlendiği için istekleri karşılama kolaylaşmış ve düzene girmiş olmaktadır.

2. Önerilen üretim planıyla, aynı işletme şartları altında, hiç değişiklik yapmadan, 1973 yılına göre, toplam üretimin 42.374 ton, kârın da 44.504.217 T.L. daha fazla olacağı hesaplanmıştır.

3. Söz konusu haddehanede, kullanılmıyan kapasite, teorik çalışma süresinin % 36 sıdır. Yani haddehane, yılda net 232 gün haddeleme yapabilmektedir. Buna karşılık diğer ülkelerde, benzer işletmeler çalışma sürelerini, yılda 312 güne kadar çıkarabilmektedirler. Bu yüzden üretimi aksatan duruşlar incelenmiştir. Kısa dönemde alınabilecek tedbirlerle, yıllık çalışma süresinin, 232 günden 284 güne çıkarılabileceği gösterilmiştir. Yeni çalışma süresine göre bulunan üretim planında, toplam üretimin, 1973 yılı üretiminden % 45 daha fazla olacağı hesaplanmıştır. Çalışma süresinin yükseltilmesi haddehane için büyük önem taşımaktadır. Bu alanda, yapılacak her çalışma üretimi artırma yönünde yüzde yüz etkili olacaktır.

4. Ürünlerin satış sınırlarının bulunması ve kâra katkı katsayılarının hesaplanması, bazı varsayımlara dayanılarak yapılmıştır. Bu yüzden toplanan verilerin doğruluğu kuşkusuz, kesinlikle savunulamaz. Ancak haddehane genel olarak değerlendirilmiş ve üretim planlamasında model ve yöntem ortaya konulmuştur. Bunlar, yö-

neticilerin değişik alanlarda karar ve politikalarını yönlendirmede ve biçimlendirmede yardımcı ve gerekli bilgileri taşımaktadırlar.

D.P. ve benzeri Yöneylem Araştırması tekniklerinin Karabük Demir Çelik İşletmelerinde kolaylıkla uygulanabilmesi için aşağıdaki çalışmaların yapılması yararlı olacaktır.

1. Önerilen üretim planı bir yıllık olarak hesaplanmıştır. Daha önceki yıllardaki aylık satışlar, istekler ve stok değerleri bulunmadığı için, hangi ürünün hangi ayda üretilmesi gerektiği ayrıca araştırılmamıştır. Bunun için, işletme geçmiş yıllardaki, satışları, karşılanamayan istekleri ve stokları düzenli bir biçimde tutarak, ürünlerin talebindeki mevsimlik dalgalanmaların hesaplanmasını kolaylaştırmalıdır.

2. Üretimle, satış birimleri arasında daha sıkı işbirliği kurulmalıdır. Tüm işletme içinde daha sağlıklı bilgi akışını sağlayacak bir düzenlemeye gidilmelidir.

3. İşletme arızalarının ve programlanmış duruşların azaltılması için, haddehane, elektrik ve makina bakım gurupları arasında işbirliği sağlanmalı, gerekirse birleştirilmelidirler.

4. İşletmede bulunan bilgi işlem merkezinden, matematiksel programlama için gerekli bilgilerin toplanmasını ve değerlendirilmesi yolunda yararlanılmalıdır.

5. Yönetim Muhasebesi, Endüstri Mühendisliği ve İstatistik ve Konjonktür Müdürlükleri, kantitatif teknikleri kullanmak için gerekli bilgileri sağlayacak ve uygulayacak biçimde güçlendirilmelidir.

6. Yöneylem Araştırması tekniklerini uygulayabilecek uzman yönünden Endüstri Mühendisliği Müdürlüğünün kadrosu genişletilmelidir.

7. Üniversiteler ve araştırma kurumlarıyla işbirliği sağlanarak karşılıklı bilgi alışverişi için ortam hazırlanmalıdır.

Bu tedbirler alındığında, gerek sözkonusu haddehanede gerekse diğer birimlerde, kantitatif analiz teknikleri, karşılaşılan değişik sorunların çözümünde başarıyla uygulanırlar ve büyük tasarruflar sağlayabilirler.