

ÜRETİM SİSTEMLERİNDE NEGATİF SAPMALI HEDEF PROGRAMLAMA UYGULAMASI

*Hayrettin Kemal SEZEN**

Özet

Bu çalışmada mağaza ekipmanları üreten bir firmanın üretim süreci analiz edilmiş, seçilmiş nihai ürün ve yarı ürünler ile nihai ürünlerin yarı ürün bileşimleri ortaya konulmuş, ürün ağaçları ve makine varlığı belirlenip, geçmiş satış değerlerinden hareketle geleceğe yönelik talep kestirimleri yapılmıştır. Bu verilerden hareketle firma için makine aylaklıklarını minimize eden bir Tamsayılı Doğrusal Hedef programlama modeli geliştirilmiştir. Bu modelle aynı zamanda üretim düzeyi enbüyüklenmiş, her bir yarı üründen ve nihai üründen ne miktarda üretilmesi gerektiği belirlenip, kapasite kullanım oranları, atıl kapasiteler ve gereksinim duyulan işgücü saati belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: hedef programlama, çok amaçlı karar verme, iş atölyesi, talep kestirimi.

1. Giriş

Modüler tip ürünler, nihai ürünlerin; birden fazla yarı ürünün atölye yada teslim noktasında birleştirilmesi yoluyla elde edilen ürünlerdir. Bu tür süreçlere ilişkin yapılan tedarik ve üretim planlama çalışmaları ağırlıklı olarak yarı ürün üretimi ve girdilerin tedarikçilerden sağlanmasına yönelik olacaktır. Yine bu tür süreçlerde müşteri ilişkileri nihai ürün düzeyinde sağlanmakta, satış düzeyleri, talep kestirimleri nihai ürünler üzerinden yapılmaktadır. Bu çalışmada market-mağaza reyonları üretimi yapan firmanın önce üretim süreci ve satışları analiz edilecek daha sonra bir Tamsayılı Doğrusal Hedef Programlama modeli oluşturulacaktır.

* Prof. Dr.: Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü,
kemal@uludag.edu.tr

2. Üretim Süreci

Araştırmada sekiz farklı türde nihai ürün ve bu ürünlerin bileşiminde yeralan onsekiz yarı ürünün üretimi üzerine odaklanılmıştır. Nihai ürünlerin (sütunlar) yarı ürün bileşimleri (satırlar) Tablo 1’de verilmiştir.

Montaja bağlı olarak nihai ürün başına düşen yarı ürün sayıları değişmektedir. Bu nedenle her bir nihai ürün bileşiminde bu yarı ürünlerin ne miktarda bulduklarına ilişkin değerler, geçmiş satış verilerinden hareketle belirlenmiştir. Örneğin yapılan araştırmada ortalama 100 adet 2 numaralı nihai ürün olan Düzduvar reyonu montajı için 110 adet 1 numaralı yarı ürün Ayak kullanıldığı belirlenmiştir. Ortalama onlu gruplar şeklinde montaj nedeniyle başta ve sonda birer, reyon aralarında birer olmak üzere onluk bir reyon kümesinde on bir adet Ayak kullanılır.

Tablo 1. Nihai Ürünlerin Yarı Ürün Bileşimleri

Yarı Ürün Kodu ve Adı	Nihai Ürün Kodu ve Adı							
	2 Gıda Duvar Reyonu	5Florasan Işıklı Duvar Reyonu	7Işıksız Şapkalı Duvar Reyonu	9 Spot Işıklı Reyon	12Telli Şapkalı Duvar Reyonu	18 Züccaciye Reyonu	19 Çift Yönlü Orta Reyon	22 Tek Yönlü Orta Reyon
1 Ayak	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	2
2 Işıklı Ön Alın		1		1	1	1		
3 Işıksız Ön Alın			1		1		2	
4 Şapka Köprüsü		1	1	1	1	1	2	
5 Şapka Üst Sacı		1	1	1	1	1	2	
6 Şapka Yan Sacı		1	1	1	1	1	2	
7. Şapka Yanağı		2	2		2		4	
8 Yanak	12	10	10	10	10	12	20	8
9 Arka Sac	3	4	3	3			6	4
10 Orta Üst Kapak							1	1
11 Alt Ön Alın	1	1	1	1	1	1	2	1
12 Dokuzluk Raf	2	2	2	2	2		4	2
13 Ondörtlük Raf	9	7	7	7	7	2	14	5
14 Etiketli Raf	6	5	5	5	5	1	10	4
15 Raf Köprüsü	6	5	5	5	5	1	10	4
16 Ayna Çıtası						1		
17 Telli Arka		3	3		3		1	
18 Cam çerçevesi						5		

Yarı ürünlere ilişkin hazırlanan; işlem sırası, işlem süresi, kullanılan makine ve eleman sayısı bilgilerini içeren ürün ağaçları Tablo 2’deki gibidir. Üretim süreci; atölye türü bir süreçtir.

Tablo 2. Yarı ürünlere ilişkin ürün ağaçları

Tablo 2.1.1. Ayak				Tablo 2.1.2. Tek Yönlü Ayak			
İS ¹	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES ²	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	12.2	3	1	3 M Makas	10.60	3
2	60 T Pres	72.60	1	2	60 T Pres	94.40	1
3	120 T Abgant	79.43	1	3	120 T Abgant	79.43	1
4	Elektrik kaynağı	503.50	1	4	Elektrik kaynağı	372.50	1
5	Sulu testere	110.40	1	5	Sulu testere	110.40	1
6	Tel makası	4.40	1	6	Tel makası	4.40	1
7	Gazaltı kaynağı	124	1	7	Gazaltı kaynağı	124	1
8	80 T Pres	10.40	1	8	80 T Pres	10.40	1

1 IS; İşlem sırasını göstermektedir

2 MKES: Makineyi kullanan eleman sayısını göstermektedir

Tablo 2.1.3. Çift Yönlü Ayak				Tablo 2.2. Işıklı Şapka Ön Alın			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	10.60	3	1	3 M Makas	52.20	2
2	60 T Pres	94.40	1	2	60 T Pres	44.20	1
3	120 T Abgant	79.40	1	3	15 t. press	17.10	1
4	Elektrik kaynağı	455.40	1	4	15 t. Press	23.15	1
5	Sulu testere	220.80	1	5	30 t. Abgant	28.37	1
6	Tel makası	248	1	6	Kollu press	33.50	1
7	Gazaltı kaynağı	4.40	1	7	Punta	185	2
8	80 T Pres	20.80	1	8	Eğeleme - Temizleme	72	1

Tablo 2.3. Işıksız Şapka Ön Alın				Tablo 2.4. Şapka Köprüsü			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	52.20	2	1	1.3 M Makas	52.20	2
2	15 t. press	17.10	1	2	30 t. Abgant	25.33	1
3	15 t. press	23.15	1				
4	30 t. Abgant	28.37	1				
5	Kollu press	27.77	1				
6	Punta	114	1				
7	Eğeleme ve temizleme	72	2				

Tablo 2.5. Şapka Üst Sacı				Tablo 2.6. Şapka Yan Sacı			
IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES	IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	1761	2	1	1.3 M Makas	11.90	2
2	15 t. press	32	1	2	30 t. press	7.60	1
3	30 t. Abgant	1338	1	3	30 t. press	19	1
4	Kollu press	3730	1	4	15 t. press	23.15	1
				5	30 t. Abgant	10.70	1

Tablo 2.7 . Şapka Yanağı

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	0.20	2
2	1.3 M Makas	2.81	2
3	60 t. press	4.60	1
4	30 t. press	5.36	1

Tablo 2.9. Arka Sac

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	23.97	2
2	15 t. press	20.50	1
3	15 t. press	28.90	1
4	30 t. Abgant	27.27	1
5	Kollu press	36.58	1

Tablo 2.11. Alt Ön Ahn

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	1.3 M Makas	7.13	2
2	15 t. press	9.60	1
3	15 t. press	21	1
4	30 t. Abgant	33.20	1
5	Kollu press	28.75	1

Tablo 2.13. Ondörtlük Düz Raf

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	3.60	2
2	1.3 M Makas	4.33	2
3	30 t. press	23.50	1
4	90 t. Abgant	12.97	2
5	90 t. Abgant	9.56	2
6	60 t. press	14.46	1

Tablo 2.15. Etiketli Raf Köprüsü

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	7.20	2
2	80 t. press	9.18	1
3	80 t. press	9.67	1
4	120 t. Abgant	21.10	1
5	Punta	35	1

Tablo 2.17. Telli Arka

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	7.20	2

Tablo 2.8. Yanak

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	1.11	2
2	1.3 M Makas	3.80	2
3	60 t. press	5.37	1
4	30 t. press	7.05	1
5	1.3 M Makas	5.15	2

Tablo 2.10. Orta Reyon Üst Kapak

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	1.3 M Makas	11.90	2
2	15 t. press	19	1
3	30 t. Abgant	24.07	1

Tablo 2.12. Dokuzluk Düz Raf

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	3.59	2
2	1.3 M Makas	3.79	2
3	30 t. press	23.50	1
4	90 t. Abgant	12.97	2
5	90 t. Abgant	9.56	2
6	60 t. press	14.46	1

Tablo 2.14. Etiketli Raf

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	4.88	2
2	1.3 M Makas	4.20	2
3	60 t. press	23.32	1
4	90 t. Abgant	12	2
5	30 t. Abgant	6.99	2
6	60 t. press	14.46	1

Tablo 2.16. Ayna Çıtası

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	7.20	2

Tablo 2.18. Züccaciye cam çerçevesi

IS	Kullanılan makine	İşlem süresi	MKES
1	3 M Makas	7.20	2

3. Satış Verileri ve Talep Kestirimleri

Firmaya ilişkin gerçekleşen satış verileri nihai ürünler temel alınarak derlenmiştir ve sekiz farklı nihai ürünün satış değerleri aylık olarak belirlenmiştir (bkz. Tablo 3). Her bir nihai ürünle ilgili satış verilerinin altında, bu verilere ilişkin hesaplanmış olan aritmetik ortalama (AO) ve standart sapma (SS) değerleri de yer almaktadır.

Tablo 3. Satış Verileri

Tarih	Gıda Duvar Reyonu	Florasana Işıklı Duvar Reyonu	Işıksız Şapkalı Duvar Reyonu	Spot Işıklı Reyon	Telli Şapkalı Duvar Reyonu	Züccaciye Reyonu	Çift Yönlü Orta Reyon	Tek Yönlü Orta Reyon
2003-01	68	21	18	-	5	-	44	10
2003-02	115	12	21	10	14	-	21	12
2003-03	172	101	15	35	-	7	18	16
2003-04	140	110	41	42	20	1	61	24
2003-05	191	98	18	44	18	5	58	26
2003-06	163	77	17	68	41	19	44	12
2003-07	81	45	21	104	65	10	55	14
2003-08	103	122	15	121	11	-	71	22
2003-09	171	134	19	90	19	21	120	18
2003-10	210	87	24	71	45	3	164	36
2003-11	460	34	12	18	8	5	322	74
2003-12	390	68	81	45	71	16	181	46
2004-01	220	101	64	151	43	-	196	28
2004-02	90	132	19	192	10	34	24	10
2004-03	134	123	25	124	12	40	72	14
2004-04	245	87	27	132	61	4	64	18
2004-05	371	124	74	154	24	13	71	16
2004-06	334	121	87	187	30	2	146	34
2004-07	161	245	64	171	51	18	154	36
2004-08	245	89	28	160	44	15	179	42
2004-09	466	68	19	192	50	21	271	118
2004-10	421	91	54	170	71	3	169	64
2004-11	272	234	71	230	84	17	234	140
2004-12	360	141	92	211	71	5	293	162
2005-01	440	89	103	267	14	4	271	130
2005-02	220	126	114	140	80	7	257	146
2005-03	193	181	121	254	91	6	341	186
Σ	6436	2861	1264	3383	1053	276	3901	1454
AO	238	106	47	125	39	10	144	54
SS	121	53	34	75	27	10	99	53

Firmanın geçmişteki satış verilerinden hareketle gelecek bir yıllık döneme ilişkin talep değerleri aylık olarak kestirilmiştir. Yıllık talep değerleri; aylık kestirimlerin toplamı alınarak belirlenmiştir. Kestirim için Trend Ayarlamalı Üssel Düzeltme (Exponential Smoothing With Trend Adjustment (ET)) tekniği (bkz Vollmann 1992) kullanılmıştır. Kestirim değerleri Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 4. Talep kestirimleri

Tarih	Gıda Duvar Reyonu	Floraslan Işıklı Duvar Reyonu	Işıksız Şapkahlı Duvar Reyonu	Spot Işıklı Reyon	Telli Şapkahlı Duvar Reyonu	Züccaciye Reyonu	Cift Yönlü Orta Reyon	Tek Yönlü Orta Reyon
2005-04	339	156	99	240	72	15	288	147
2005-05	345	159	104	248	75	15	300	156
2005-06	351	163	108	257	78	16	311	164
2005-07	357	167	113	265	80	16	323	173
2005-08	362	170	118	273	83	17	337	181
2005-09	368	174	122	282	86	17	347	189
2005-10	374	177	127	290	89	18	359	198
2005-11	380	181	131	299	91	18	371	206
2005-12	385	184	136	307	94	19	383	215
2006-01	391	188	140	315	97	19	394	223
2006-02	397	192	145	324	99	20	406	232
2006-03	403	195	150	332	102	20	418	240
Alt Sınır	1392	645	424	1010	305	62	1222	640

4. Çalışma Sürelerinin Belirlenmesi

Programlama modellerine ilişkin analiz döneminin belirlenmesinde; yeni ürünlerin üretime girip girmeyeceği, makine kapasitesindeki değişiklikler, satış kestirimleri gibi etmenler etkilidir. Söz konusu etmenler göz önünde tutularak çalışmada analiz döneminin 1 yıl alınması uygun görülmüştür.

Firmanın elindeki makineler için belirlenen çalışma süreleri (makine kapasiteleri); makine kısıtlayıcılarına ilişkin sağ taraf sabitleri (RHS) olarak modelde yer alacaktır. Makine kapasitesi; makine sayısı ile sözkonusu dönemde çalışılacak zaman değerinin çarpımı şeklinde belirlenir. Buna bağlı olarak modelde kullanılacak makine kısıtlayıcılarına ilişkin sağ taraf sabitleri;

$$\text{Sağ Taraf Sabiti (RHS)} = [\text{Makine sayısı} * \text{Yıllık çalışma süresi}]$$

$$\text{Yıllık çalışma süresi} = [\text{Yılda çalışılan hafta sayısı (52)} * \text{Haftalık çalışma süresi}]$$

$$\text{Haftalık çalışma süresi (saniye)} = [(45 \text{ saat} * 3600) * \text{Çalışılacak vardiya sayısı (3)}]$$

şeklinde belirlenebilir. Belirlenen çalışma süreleri Tablo 5'te verilmiştir.

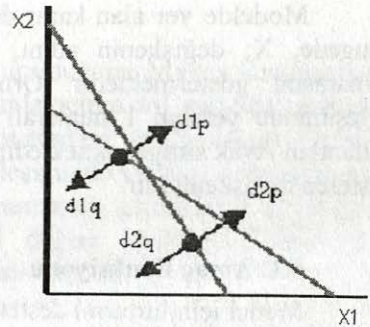
Tablo 5. Makineler için elverişli çalışma süreleri

Makineler	Çalışma Süresi (Saniye) (RHS)	Makineler	Çalışma Süresi (Saniye) (RHS)
Makas (3m+1.3m)	50544000	Kollu Pres	75816000
Pres (80 ton)	25272000	Punta	101088000
Pres (60 ton)	25272000	Eğeleme-Temizleme	101088000
Pres (30 ton)	50544000	Elektrik Kaynağı	50544000
Pres (15 ton)	101088000	Sulu Testere	50544000
Abgant (120 ton)	25272000	Tel Makası	50544000
Abgant (90 ton)	25272000	Gazaltı Kaynağı	50544000
Abgant (30 ton)	50544000		

5. Hedef programlama

Süreçte karar vericiden öncü bilgi isteyen, çok amaçlı karar verme yaklaşımlarından (bkz. Evren 1992) olan Hedef Programlama; çelişen amaçların bulunması durumunda çok sayıda amaç arasında tatmin edici (uzlaştırıcı) bir çözüm (optimal çözüme karşın) araştırır (bkz Atlas 2000). Hedef programlama modelleri hedeften sapmaların enküçüklenmesi için oluşturulmuş modellerdir (bkz. Spronk 1984).

Hedef programlamada kullanılan temel kavramlar şöyle sıralanabilir (Schniederjans 1984): Amaç; isteklerin genel ifadesi, hedef; isteklerin sayısal olarak ifadesi, karar değişkenleri; değeri belirlenmeye çalışılan bilinmeyenler kümesi, sistem (teknoloji) kısıtları; karar sürecine ilişkin sınırlamalar (katı), hedef kısıtları; hedeflerin tanımlandığı kısıtlar (katı değil), ağırlıklar; belli bir hedef için tercihlerin sıralanması ve tartılabilirilmesi, hedeften sapma; ulaşılmak istenilen hedefle, gerçekleştirilen arasındaki fark (bkz Şekil 1), öncelik faktörleri; ulaşılmak istenilen hedeflere ilişkin önceliklere göre sıralama yapma olanağı veren tartılar olarak tanımlanabilir.



Şekil 1. Hedeften Sapma

Şekilde d1p; birinci hedeften pozitif sapmayı, d1q; birinci hedeften negatif sapmayı göstermektedir. Hedef programlama türleri; hedeften sapmaların ağırlıklı toplamının enküçüklenmesi (Archimedian), en kötü (en fazla, maksimum) sapmanın küçüklenmesi (Chebyshev) ve önem sırasına göre sıralanmış vektörlerin en küçüğünün araştırılması (Non-Archimedian) (bkz Ignizio 1985) olmak üzere üç grupta ele alınabilir. Oluşturacağımız model Archimedian modele uymaktadır. Hedef Programlama genel modeli aşağıdaki gibi yazılabilir (Hillier 1995)

$$\text{Amaç Fonksiyonu ; EnküçükZ} = \sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^m P_k(diq + dip)$$

$$\text{Kısıtlayıcılar; } \sum_{j=1}^n a_{ij}X_{ij} + diq - dip = bi \quad \forall i$$

$$\text{ve } X_j, diq, dip \geq 0 \quad \forall i, j$$

Burada X, karar değişkenini, Pk; k. hedefin önceliğini, diq; hedeften negatif sapmayı, dip; hedeften pozitif sapmayı, aij; teknoloji katsayılarını, bi; sağ taraf sabitlerini göstermektedir. Modelimiz için hedef kısıtı oluşturulurken hedefin üstüne çıkılmaması durumu geçerli olacaktır. Bu durumda amaç fonksiyonu $EnküçükZ = pk \ diq$ ve hedef kısıtlayıcısı $\sum a_{ij}X_j + diq = bi$ şeklinde yazılabilir. Hedef programlama modelleri için çözüm yöntemleri; grafik yöntem, yineleme (ardışık doğrusal hedef programlama) yöntemi ve değiştirilmiş Simpleks yöntem olarak sıralanabilir (bkz Milan 1982).

6. Tamsayılı Doğrusal Hedef Programlama Modeli

Modelde yeralan karar değişkenleri nitelikleri gereği tamsayılı değerler almalıdırlar. Amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılara ilişkin değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olması nedeniyle, model bir Tamsayılı Doğrusal Hedef Programlama modeli olmalıdır (Tamsayılı Programlama için bkz Halaç 2001, Sezen 2004, Tulunay 1980, Winston 1991).

Modelde yer alan karar değişkenler $X_{i,j}$ simgesi ile tanımlanmıştır. Simgede, X; değişkenin adını, i; nihai ürün numarasını, j; yarı ürün numarasını göstermektedir. Örneğin $X_{2,1}$ ile 2 numaralı nihai ürün birleşiminde yeralan 1 numaralı yarı ürün olan Gıda Duvar reyonu için kullanılan Ayak simgelenmektedir. $diq(i=2,3,\dots,16)$ hedeften negatif sapmayı gösteren değişkenlerdir.

6.1. Amaç Fonksiyonu

Model için birbirini destekler nitelikte iki amaç fonksiyonu (H1, H2) tanımlanmıştır. Bunlardan birincisi atıl kapasiteyi enküçükleme, ikincisi

ise üretim miktarını ençoklamaya yöneliktir. İlk fonksiyonda yeralan sapma değişkenlerinin katsayıları her bir makinenin gelecek 1 yıl için amortisman değerleri ağırlığına karşılık gelmektedir. Ağırlıklı (tartılı) toplam atıl kapasiteye ilişkin amaç fonksiyonun yönü enküçüklemedir. Öncelikli olarak katsayı değeri yüksek olan makinenin atıl kapasitesi enküçüklenecektir.

Enküçük H1

$$18d1q+13d2q+16d3q+14d5+7d6+20d7+8d8+7d9+5d10+3d11+3d12+3d13+3d14+2d15+1d16$$

Enbüyükleme yönündeki fonksiyonda tüm karar değişkenlerinin parametre değerleri eşit ve 1 olarak alınmıştır. Bu durum ençoklamada herhangi bir ürün tercihi yapılmadığı anlamındadır.

Enbüyük H2

$$1X2,1+1X5,1+1X7,1+1X9,1+1X12,1+1X18,1+1X19,1+1X22,1+1X5,2+1X9,2+1X12,2+1X18,2+1X7,3+1X12,3+1X19,3+1X5,4+1X7,4+1X9,4+1X12,4+1X18,4+1X19,4+1X5,5+1X7,5+1X9,5+1X12,5+1X18,5+1X19,5+1X5,6+1X7,6+1X9,6+1X12,6+1X18,6+1X19,6+1X5,7+1X7,7+1X12,7+1X19,7+1X2,8+1X5,8+1X7,8+1X9,8+1X12,8+1X18,8+1X19,8+1X22,8+1X2,9+1X5,9+1X7,9+1X9,9+1X19,9+1X2,9+1X19,10+1X22,10+1X2,11+1X5,11+1X7,11+1X9,11+1X12,11+1X18,11+1X19,11+1X22,11+1X2,12+1X5,12+1X7,12+1X9,12+1X12,12+1X19,12+1X22,12+1X2,13+1X5,13+1X7,13+1X9,13+1X12,13+1X18,13+1X19,13+1X22,13+1X2,14+1X5,14+1X9,14+1X12,14+1X18,14+1X19,14+1X22,14+1X2,15+1X5,15+1X7,15+1X9,15+1X12,15+1X18,15+1X19,15+1X22,15+1X18,16+1X5,17+1X7,17+1X12,17+1X19,17+1X18,17+1X7,14+1X18,18$$

6.2. Kısıtlayıcılar

Hedef kısıtları makinelere ilişkindir. Modelde 15 adet makine (dolayısıyla hedef), 91 adet yarı ürün denge (sistem) olmak üzere toplam 106 kısıtlayıcı vardır. Ek olarak değişkenlerin negatif olmama ve tamsayılı değerler alma kısıtı modele eklenmiştir.

6.2.1. Hedef Kısıtlayıcıları

Hedef kısıtlayıcılarının nasıl oluşturulduğunu Makas kısıtlayıcısını (ilk kısıtlayıcı) ele alarak açıklayalım. Kısıtlayıcının sol yanında; makasda işlem görmesi gereken yarı ürünler ve işlem süreleri yer almaktadır. Örneğin 1220X2,1 ifadesi; 2 numaralı nihai ürün bileşiminde yeralan 1 numaralı yarı ürünün makasda 12,20 saniyelik işlem zamanına gereksinim duyduğunu göstermektedir. (1220 ifadesinin orjinal değeri 12.2'dir. Çözüm için kullanılan program kısıtlayıcı katsayılarını tamsayıya dönüştürmektedir. Tüm değerlerin tamsayılı olması için kısıtlayıcının her iki yanı 100 ile çarpılmıştır).

Makas kısıtlayıcısının sağ tarafında ilgili dönem için elverişli çalışma zamanı yer almaktadır. Makas kapasitesi belirlenirken; bir yıl içindeki toplam çalışma zamanı ile firmadaki Makas sayısı (2) çarpılmıştır.

Kısıtlayıcının solunda bulunan yarı ürünlere ilişkin işlem sürelerinin toplamı, eşitsizliğin sağındaki Makas kapasitesinden küçük ya da ona eşit (\leq) olmalıdır. Eşitsizlik negatif sapma değişkeni $d2q$ kısıtlayıcıya eklenerek eşitlik biçimine dönüşür. Bu durumda $d2q$ sifıra eşit ya da sıfırdan büyük bir değer alacaktır. Diğer hedef kısıtlayıcıları da aynı yöntem izlenerek oluşturulmuştur.

Makas

$$1220X2,1+1220X5,1+1220X7,1+1220X9,1+1220X12,1+1220X18,1+1060X19,1+1060X22,1+5220X5,2+5220X9,2+5220X12,2+5220X18,2+5220X7,3+5220X12,3+5220X19,3+5220X5,4+5220X7,4+5220X9,4+5220X12,4+5220X18,4+5220X19,4+1761X5,5+1761X7,5+1761X9,5+1761X12,5+1761X18,5+1761X19,5+1190X5,6+1190X7,6+1190X9,6+1190X12,6+1190X18,6+1190X19,6+301X5,7+301X7,7+301X12,7+301X19,7+1006X2,8+1006X5,8+1006X7,8+1006X9,8+1006X12,8+1006X18,8+1006X19,8+1006X22,8+2397X2,9+2397X5,9+2397X7,9+2397X9,9+2397X19,9+2397X22,9+1190X19,10+1190X22,10+718X2,11+718X5,11+718X7,11+718X9,11+718X12,11+718X18,11+718X19,11+718X22,11+738X2,12+738X5,12+738X7,12+738X9,12+738X12,12+738X19,12+738X22,12+793X2,13+793X5,13+793X7,13+793X9,13+793X12,13+793X18,13+793X19,13+793X22,13+908X2,14+908X5,14+908X9,14+908X12,14+908X18,14+908X19,14+908X22,14+720X2,15+720X5,15+720X7,15+720X9,15+720X12,15+720X18,15+720X19,15+720X22,15+720X18,16+720X5,17+720X7,17+720X12,17+720X19,17+720X18,17+908X7,14+720X18,18+1d2q=5,0544E+09$$

Pres 60T

$$7260X2,1+7260X5,1+7260X7,1+7260X9,1+7260X12,1+7260X18,1+9440X19,1+9440X22,1+4420X5,2+4420X9,2+4420X18,2+460X5,7+460X7,7+460X12,7+460X19,7+537X2,8+537X5,8+537X7,8+537X9,8+537X12,8+537X18,8+537X19,8+537X22,8+1446X2,12+1446X5,12+1446X7,12+1446X9,12+1446X12,12+1446X19,12+1446X22,12+1446X2,13+1446X5,13+1446X7,13+1446X9,13+1446X12,13+1446X18,13+1446X19,13+1446X22,13+3778X2,14+3778X5,14+3778X9,14+3778X12,14+3778X18,14+3778X19,14+3778X22,14+1d3q=2,5272E+09$$

Abgant 120T

$$7943X2,1+7943X5,1+7943X7,1+7943X9,1+7943X12,1+7943X18,1+7943X19,1+7943X22,1+2110X2,15+2110X5,15+2110X7,15+2110X9,15+2110X12,15+2110X18,15+2110X19,15+2110X22,15+1d4q=2,5272E+09$$

Abgant 90T

$$2253X2,12+2253X5,12+2253X7,12+2253X9,12+2253X12,12+2253X19,12+2253X22,12+2253X2,13+2253X5,13+2253X7,13+2253X9,13+2253X12,13+2253X18,13+2253X19,13+2253X22,13+699X2,14+699X5,14+699X9,14+699X12,14+699X18,14+699X19,14+699X22,14+1d5q=2,5272E+09$$

Abgant 30T

$$2837X5,2+2837X9,2+2837X12,2+2837X18,2+2837X7,3+2837X12,3+2837X19,3+2533X5,4+2533X7,4+2533X9,4+2533X12,4+2533X18,4+2533X19,4+1338X5,5+1338X7,5+1338X9,5+1338X12,5+1338X18,5+1338X19,5+1070X5,6+1070X7,6+1070X9,6+1070X12,6+1070X18,6+1070X19,6+3320X2,9+3320X5,9+3320X7,9+3320X9,9+3320X19,9+3320X22,9$$

$9+2407X19,10+2407X22,10+3320X2,11+3320X5,11+3320X7,11+3320X9,11+3320X12,11+3320X18,11+3320X19,11+3320X22,11+1,00d6q=5,0544E+09$

Pres 80T

$1040X2,1+1040X5,1+1040X7,1+1040X9,1+1040X12,1+1040X18,1+2080X19,1+1040X22,1+1885X2,15+1885X5,15+1885X7,15+1885X9,15+1885X12,15+1885X18,15+1885X19,15+1885X22,15+1d7q=2,5272E+09$

Pres 30T

$2660X5,6+2660X7,6+2660X9,6+2660X12,6+2660X18,6+2660X19,6+5360X5,7+5360X7,7+5360X12,7+5360X19,7+705X2,8+705X5,8+705X7,8+705X9,8+705X12,8+705X18,8+705X19,8+705X22,8+2350X2,12+2350X5,12+2350X7,12+2350X9,12+2350X12,12+2350X19,12+2350X22,12+2350X2,13+2350X5,13+2350X7,13+2350X9,13+2350X12,13+2350X18,13+2350X19,13+2350X22,13+699X2,14+699X5,14+699X9,14+699X12,14+699X18,14+699X19,14+699X22,14+1d8q=5,0544E+09$

Pres 15T

$4250X5,2+4250X9,2+4250X12,2+4250X18,2+4250X7,3+4250X12,3+4250X19,3+3200X5,5+3200X7,5+3200X9,5+3200X12,5+3200X18,5+3200X19,5+2315X5,6+2315X7,6+2315X9,6+2315X12,6+2315X18,6+2315X19,6+4940X2,9+4940X5,9+4940X7,9+4940X9,9+4940X19,9+4940X22,9+1900X19,10+1900X22,10+3060X2,11+3060X5,11+3060X7,11+3060X9,11+3060X12,11+3060X18,11+3060X19,11+3060X22,11+1,00d9q=1,01088E+10$

Punta

$18500X5,2+18500X9,2+18500X12,2+18500X18,2+11400X7,3+11400X12,3+11400X19,3+3500X2,15+3500X5,15+3500X7,15+3500X9,15+3500X12,15+3500X18,15+3500X19,15+3500X22,15+1d10q=1,01088E+10$

Sulutestere

$1104X2,1+1104X5,1+1104X7,1+1104X9,1+1104X12,1+1104X18,1+2208X19,1+1104X22,1+1d11q=5,0544E+08$

Kollupres

$3350X5,2+3350X9,2+3350X12,2+3350X18,2+2777X7,3+2777X12,3+2777X19,3+3730X5,5+3730X7,5+3730X9,5+3730X12,5+3730X18,5+3730X19,5+3658X2,9+3658X5,9+3658X7,9+3658X9,9+3658X19,9+3658X22,9+2875X2,11+2875X5,11+2875X7,11+2875X9,11+2875X12,11+2875X18,11+2875X19,11+1d12q=7,5816E+09$

Gazaltı

$124X2,1+124X5,1+124X7,1+124X9,1+124X12,1+124X18,1+248X19,1+124X22,1+1d13q=5,0544E+07$

ElektrikKaynağı

$5035X2,1+5035X5,1+5035X7,1+5035X9,1+5035X12,1+5035X18,1+4554X19,1+3725X22,1+1d14q=5,0544E+08$

Telmakası

$44X2,1+44X5,1+44X7,1+44X9,1+44X12,1+44X18,1+44X19,1+44X22,1+1d15q=5,0544E+08$

Eğelemetemizleme

$72X5,2+72X9,2+72X12,2+72X18,2+72X7,3+72X12,3+72X19,3+1d16q=1,01088E+08$

6.2.2. Sistem Kısıtlayıcıları

Dengeli miktarlarda yarı ürün üretimi; üretilen tüm yarı ürün parçalarının nihai ürün üretiminde kullanılmasını gerektirir. Örneğin Tablo 1'deki bilgilere bağlı olarak 10 adet Gıda Duvar reyonu üretebilmek için 11 adet ayak (X2,1), 120 adet Yanak (X2,8), 30 adet Arka Saç (X2,9), 10 adet Alt Ön Alın (X2,11), 20 adet Dokuzluk Raf (X2,12), 90 adet Ondörtlük Raf (X2,13), 60 adet Etiketli Raf (X2,14), 60 adet Raf Köprüsü (X2,15) üretilmesi gerekmektedir. Gıda Duvar reyonu için üretilmiş olan Ayak miktarından (X2,1), elde edilebilecek nihai ürün adedi $(X2,1)/(1.1) = 0.91 X2,1$ şeklinde belirlenir. Benzer olarak, Gıda duvar reyonu için üretilmiş olan Yanak miktarından (X1,8) elde edilebilecek ürün sayısı $(X2,8) / 12 = 0.08 X2,8$ şeklinde belirlenir. Bu iki denklemden hareketle $(X2,1)/(1.1) = (X2,8) / (12)$ denklemi yazılabilir. Denklemın anlamı şöyle açıklanabilir: Gıda duvar reyonu elde etmek için üretilcek her 1.1 adet Ayağa karşılık 12 adet Yanak üretilmelidir. Dolayısıyla sözkonusu denklem yarı ürünlerin dengesiz olarak üretilmesini engelleyecektir. Denklem; $(X2,1)/(1.1) - (X2,8) / (12) = 0$ ya da $0.91 X2,1 - 0.08 X2,8 = 0$ şeklinde de yazılabilir. Gıda Duvar reyonu bileşiminde yer alan diğer yarı ürünler (X2,j) için sistem kısıtlayıcıları benzer şekilde oluşturulur (bkz. Tablo 6: C16,...,C21 kısıtlayıcılar). Diğer nihai ürünlere ilişkin sistem kısıtlayıcıları (C22,..., C105) da aynı mantıkla oluşturulmuştur.

Tablo 6. Sistem (yarı ürün denge) Kısıtlayıcıları

C16	$91X2,1-8X2,8=0$	C60	$91X12,1-100X12,6=0$
C17a	$91X2,1-33X2,9=0$	C61	$91X12,1-50X12,7=0$
C17	$91X2,1-100X2,11=0$	C62	$91X12,1-10X12,8=0$
C18	$91X2,1-50X2,12=0$	C63	$91X12,1-100X12,11=0$
C19	$91X2,1-11X2,13=0$	C64	$91X12,1-50X12,12=0$
C20	$91X2,1-17X2,14=0$	C65	$91X12,1-14X12,13=0$
C21	$91X2,1-17X2,15=0$	C66	$91X12,1-20X12,14=0$
C22	$91X5,1-100X5,2=0$	C67	$91X12,1-20X12,15=0$
C23	$91X5,1-100X5,4=0$	C68	$91X12,1-33X12,17=0$
C24	$91X5,1-100X5,5=0$	C69	$91X18,1-100X18,2=0$
C25	$91X5,1-100X5,6=0$	C70	$91X18,1-100X18,4=0$
C26	$91X5,1-50X5,7=0$	C71	$91X18,1-100X18,5=0$
C27	$91X5,1-10X5,8=0$	C72	$91X18,1-100X18,6=0$
C28	$91X5,1-33X5,9=0$	C73	$91X18,1-8X18,8=0$
C29	$91X5,1-100X5,11=0$	C74	$91X18,1-100X18,11=0$
C30	$91X5,1-50X5,12=0$	C75	$91X18,1-50X18,13=0$
C31	$91X5,1-14X5,13=0$	C76	$91X18,1-100X18,14=0$
C32	$91X5,1-20X5,14=0$	C77	$91X18,1-100X18,15=0$
C33	$91X5,1-20X5,15=0$	C78	$91X18,1-100X18,16=0$
C34	$91X7,1-100X7,3=0$	C79	$91X18,1-20X18,18=0$
C35	$91X7,1-100X7,4=0$	C80	$77X19,1-50X19,3=0$
C36	$91X7,1-100X7,5=0$	C81	$77X19,1-50X19,4=0$
C37	$91X7,1-100X7,6=0$	C82	$77X19,1-50X19,5=0$

C38	91X7,1-50X7,7=0	C83	77X19,1-50X19,6=0
C39	91X7,1-10X7,8=0	C84	77X19,1-25X19,7=0
C40	91X7,1-33X7,9=0	C85	77X19,1-5X19,8=0
C41	91X7,1-100X7,11=0	C86	77X19,1-17X19,9=0
C42	91X7,1-50X7,12=0	C87	77X19,1-100X19,10=0
C43	91X7,1-14X7,13=0	C88	77X19,1-50X19,11=0
C44	91X7,1-20X7,14=0	C89	77X19,1-25X19,12=0
C45	91X7,1-20X7,15=0	C90	77X19,1-7X19,13=0
C46	91X9,1-100X9,2=0	C91	77X19,1-10X19,14=0
C47	91X9,1-100X9,4=0	C92	50X22,1-133X22,8=0
C48	91X9,1-100X9,5=0	C93	50X22,1-25X22,9=0
C49	91X9,1-100X9,6=0	C94	5X22,1-10X22,10=0
C50	91X9,1-10X9,8=0	C95	5X22,1-10X22,11=0
C51	91X9,1-33X9,9=0	C96	5X22,1-5X22,12=0
C52	91X9,1-100X9,11=0	C97	50X22,1-20X22,13=0
C53	91X9,1-50X9,12=0	C98	50X22,1-25X22,14=0
C54	91X9,1-14X9,13=0	C99	50X22,1-25X22,15=0
C55	91X9,1-20X9,14=0	C100	91X12,1-100X12,2=0
C56	91X9,1-20X9,15=0	C101	91X5,1-33X5,17=0
C57	91X12,1-100X12,3=0	C102	91X12,1-100X12,2=0
C58	91X12,1-100X12,4=0	C103	77X19,1-10X19,15=0
C59	91X12,1-100X12,5=0	C104	1X19,10-5X22,10 \geq

Sistem sınır değerleri (Bkz. Tablo 7) olarak kullanılmak üzere nihai ürün talep kestirimlerinden hareketle alt sınır değerleri belirlenmiştir. Alt sınır değeri herhangi bir nihai üründen üretilmesi gereken en az miktarı göstermektedir. Modelde nihai ürün sınır değerlerini göstermek üzere yarı ürünler kullanılmıştır. Örneğin 2 numaralı nihai ürün bileşiminde 11 numaralı yarı üründen yalnızca 1 adet kullanılmaktadır (bkz. Tablo 1). Dolayısıyla bu yarı ürüne ilişkin karar değişkeni için $X_{2,11} \geq 1392$ biçiminde yapılan bir sınırlandırma aynı zamanda 2 numaralı nihai üründen en az 1392 adet üretilmesi gerektiği anlamını taşımaktadır.

Tablo 7. Sistem (talep alt sınır) Sınırlayıcıları

Ürün Adı	Alt Sınır	Karar Değişkeni
Gıda Duvar Reyonu	1392	X2,11
Florasın Işıklı Duvar Reyonu	645	X5,11
Işıksız Şapkalı Duvar Reyonu	424	X7,11
Spot Işıklı Reyon	1010	X9,11
Telli Şapkalı Duvar Reyonu	305	X12,11
Züccaciye Reyonu	36	X18,11
Çift Yönlü Orta Reyon	28	X19,10
Tek Yönlü Orta Reyon	640	X22,11

Tablo 8. Karar Değişkenleri Çözüm Değerleri

Değişken Adı	Çözüm Değeri
X2,1	694
X7,1	99.690
X7,3	90.718
X7,4	90.718
X7,5	90.718
X7,6	90.718
X7,7	181.436
X2,8	7.903
X7,8	907.183
X2,9	1.916
X7,9	274.904
X2,11	632
X7,11	90.718
X2,12	1.264
X7,12	181.436
X2,13	5.748
X7,13	647.988
X2,14	3.719
X2,15	3.719
X7,15	453.591
X7,17	854.242

Tablo 9. Nihai Ürün Çözüm Değerleri

Ürün Adı	Üretim Miktarı
Gıda Duvar Reyonu	632
Florasana Işıklı Duvar Reyonu	
Işıksız Şapkalı Duvar Reyonu	90718
Spot Işıklı Reyon	
Telli Şapkalı Duvar Reyonu	
Züccaciye Reyonu	
Çift Yönlü Orta Reyon	
Tek Yönlü Orta Reyon	
Toplam	91350

6.2.3. Negatif Olmama Kısıtlayıcısı

Modelde yer alan tüm karar değişkenlerinin negatif değerli olmaları ekonomik olarak anlamlı değildir ve aynı zamanda tamsayı değerler almalıdırlar. Sapma değişken değerleri de sıfır veya pozitif olabilir.

$$X_{i,j} \geq 0 \text{ ve tamsayı, } diq \geq 0$$

7. Çözüm

Oluşturulan model; amaç fonksiyon sayısı ve değişkenlere ilişkin altsınır değeri tanımlanmasına bağlı olarak üç ayrı durum (senaryo) için çözümlenecektir.

i. Model H2 hedef fonksiyonu ve sistem sınır değerlerini (talep alt sınır değerleri) içermez.

ii. Model H2 hedef fonksiyonunu içerir, sınır değerlerini içermez.

iii. Model H2 hedef fonksiyonunu içermez, sınır değerlerini içerir.

i. duruma ilişkin makinelerin atıl kapasitelerini enküçükleyen model için yarı ürün cinsinden elde edilen çözüm değerlerinden hareketle üretilmesi gereken tamsayıli nihai ürün miktarları Tablo 9'da sunulmuştur. Çözümle elde edilen karar değişken ($X_{i,j}$) değerleri (bkz. Tablo 8); bir yıl içinde i nihai ürününe ilişkin J yarı ürününden kaç adet üretilmesi gerektiğini göstermektedir. Değişken değerlerinin tamsayıli olması gerektiğinden kesirli değerler sözkonusu ise bu değerler, kendilerinden küçük en yakın tamsayıli değere yuvarlanmalıdır (yuvarlama yaklaşımı konusunda bkz. Kara, 1986). Örneğın $X_{2,1}=694$ değeri; 2 numaralı nihai ürün olan Gıda Duvar reyonu için, 694 adet 1 numaralı yarı ürün olan Ayak üretilmesi gerektiğini göstermektedir. Diğer değişkenlere ilişkin değerler de benzer şekilde yorumlanabilir.

Sapma (d_{2q}, \dots, d_{22q}) değerleri Tablo 10'da verilmiştir. Bu değerler makinelere ilişkin kullanılmayan kapasiteleri (atıl kapasite) göstermektedirler. Örneğın i. durum (senaryo) için modeldeki üçüncü kısıtlayıcıya (Abgant 120T) karşılık gelen sapma değişkeni d_{4q} 'nın değeri 764.913.280'dir. Bu değer bir yıl boyunca kullanılmayacak Abgant 120T kapasitesini (aylak, atıl) göstermektedir.

Tablo 10. Sapma Değişkenleri ($i=2, \dots, 22$) Çözüm Değeri

<i>Sapma(d_{iq})</i>	<i>i.durum</i>	<i>ii.durum</i>	<i>iii.durum</i>
D2q	0	0	0
D3q	0	0	0
D4q	764.913.280,00	763.174.592,00	1.589.862.400,00
D5q	640.106.624,00	638.421.632,00	1.198.052.224,00
D6q	3.126.466.048,00	3.115.743.744,00	3.848.851.968,00
D7q	1.560.768.000,00	1.559.053.056,00	1.927.403.520,00
D8q	1.227.224.448,00	1.212.958.848,00	2.630.252.288,00
D9q	7.575.911.424,00	7.562.480.640,00	8.558.553.088,00
D10q	7.474.022.400,00	7.461.507.584,00	8.553.990.144,00
D11q	394.614.624,00	394.190.880,00	422.233.344,00
D12q	5.716.054.528,00	5.706.975.232,00	6.488.365.568,00
D13q	38.096.224,00	38.048.628,00	41.198.324,00
D14q	0	0	308.518.720,00
D15q	501.023.040,00	501.021.568,00	503.480.768,00
D16q	94.556.280,00	94.492.672,00	97.472.232,00

Tablo 11. Kapasite Kullanım Değerleri				
<i>Makine</i>	<i>Gereksinim duyulan makine zamanı(saat)</i>	<i>Kapasite Kullanım oranı</i>	<i>Ağırlık</i>	<i>Ağırlıklı Kapasite kullanım oranı</i>
Makas	4.439.345.664,00	87.83%	18	1580.96%
Pres 60T	2.511.100.160,00	99.36%	13	1291.72%
Abgant 120T	1.762.286.720,00	69.73%	16	1115.72%
Abgant 90T	1.887.093.376,00	74.67%	14	1045.40%
Abgant 30T	1.927.933.952,00	38.14%	7	267.01%
Pres 80T	966.432.000,00	38.24%	20	764.82%
Pres 30T	3.827.175.424,00	75.72%	8	605.76%
Pres 15T	2.532.888.576,00	25.06%	7	175.39%
Punta	2.634.777.600,00	26.06%	5	130.32%
Sulutestere	110.825.376,00	21.93%	3	65.78%
Kollupres	1.865.545.216,00	24.61%	3	73.82%
Gazaltı	12.447.776,00	24.63%	3	73.88%
ElektrikKaynağı	264.070.208,00	52.25%	3	156.74%
Telmakas	4.416.960,00	0.87%	2	1.75%
Eğelemetemizleme	6.531.720,00	6.46%	1	6.46%
		44,37%	123	59.80%

Yine i. durum için her bir makineye ilişkin kapasite kullanım değerleri Tablo 11'de verilmiştir. Tüm makinelere ilişkin genel kapasite kullanım oranı % değerlerin ortalaması olarak %44,37'dir. Makine amortisman değerlerini içeren ağırlıklı kapasite kullanım oranı %59,80'dir. Benzer şekilde ağırlıklı atıl kapasite oranı da; $(1-0,598) = \% 40,20$ olarak hesaplanabilir.

8. Sonuç

Makine kapasite kullanımını ençoklamaya (atıl kapasiteyi enküçükleme) yönelik oluşturulan modelin i. durum için matematiksel çözümü; 632 adet Gıda Duvar ve 90718 adet Işıksız Şapkalı Duvar olmak üzere toplam 91350 adet reyon üretilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu değerler planlama çalışmalarında gelecek dönem ana üretim planı için temel alınabilir. Talep alt sınır değerlerinin gözardı edildiği iki hedef fonksiyonlu ii. durum için çözüm yapıldığında; 91.062 adet Işıksız Şapkalı Duvar ve 539 Çift Yönlü Orta olmak üzere toplam 91601 adet reyon üretilmesi gerektiği görülmektedir. Üretim ençoklanması hedefinin modele eklenmesi reyon sayısında 249 birimlik bir artışa yol açmıştır. iii durum için (tek hedefli, alt sınır dahil) çözüm yapıldığında Gıda duvar Reyonu 1.392, Florasan Işıklı Duvar Reyonu 645, Işıksız Şapkalı Duvar Reyonu 424, Spot Işıklı Reyon

1.010, Telli Şapkalı Duvar Reyonu 305, Züccaciye Reyonu 36, Çift Yönlü Orta Reyon 47.494, Tek Yönlü Orta Reyon 4.749 olmak üzere toplam 56055 adet ürün üretilmesi olanaklı olmaktadır.

Makine aylaklıkları incelendiğinde i ve ii. senaryolar arasında önemli bir farkın olmadığı ($(\sum(diq-djq)/djq)=0,029266$), iii senaryo ile i ve ii. senaryolar arasında farkın ise önemli olduğu ($(\sum(diq-djq)/djq) = 4,20523105$) görülmüştür. Yine ii, iii senaryolar için kapasite kullanım oranları %43.3888, %25.3768, ağırlıklı kapasite kullanım oranları ise %59,551 ve %32.5696 olarak hesaplanmıştır. Kapasite kullanımını ençoklayan ya da atıl kapasiteyi enküçükleyen üretim bileşimi birinci duruma (senaryoya) ilişkindir. Modelin çözümü sonucu; gereksinim duyulan işgücü miktarı her bir senaryo için sırasıyla 98286, 98351 ve 56413 saat olarak belirlenmiştir.

Kaynaklar

- ATLAS M. ve G. KEÇEK, “Hedef Programlama ve Bir Seramik İşletmesinde Uygulama Denemesi”, Anadolu Üniversitesi İİBF Dergisi, Cilt:16, Sayı, 1-2, 2000.
- DEMİR M. H, Üretim Yönetimi, 1. cilt, 3. Baskı, Er matbaası, İstanbul, 1988.
- EVREN R. ve F. ÜLENGİN, Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İTÜ basım, İstanbul, 1992.
- HALAÇ O., Kantitatif Karar Verme Teknikleri: Yöneylem Araştırması, 5.baskı, Alfa Basım Yayım dağıtım, İstanbul, 2001.
- HILLIER F.S ve G. J. LİEBERMAN Introduction to Operations Research, San Fransisco, Holden-Day,1995.
- IGNIZIO J. Introduction to Linear Goal Programming, SagePub., CA,1985.
- KARA İ., Yöneylem Araştırması: Doğrusal Olmayan Modeller, Anadolu üniversitesi Basımevi, Eskişehir, 1986.
- MILAN Z. Multiple Criteria Decision Making McGraw Hill, New York,1982.
- SCHNIEDERJANS J.M., Linear Gola Programming, Petrocelli Books, New Jersey, 1984.
- SEZEN H.K., Yöneylem Araştırması: Sayımlama Yöntemleri, Ekin Kitabevi, Bursa, 2004.
- SPRONK J., Interactive Multiple Goal Programming, Martinus Nijhoff Publishing, Boston, 1984.
- TULUNAY Y., Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları, Sermet Matbaası, 1980.
- VOLLMANN E.T. ve diğerleri, Manufacturing Planning and control Systems, Third Edition, Business One Irwin, Illinois, 1992.