

**TÜRKİYE MADENCİLİK BİLİMSEL
VE TEKNİK 5.KONGRESİ
14~18/2/1977.dısı salonu/ankara**

BİLGİSAYARLAR
VE
MADENCİLİK

**TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI**

BİLGİSAYARLAR VE MADENCİLİK

Hüseyin AÇIKGÖZ *

Özet:

Bu tebliğde, bilgisayar programlama dillerinden FORT-RAN-IV programlama dili iktillamlarak yapılan rezerv hesapları, tenor dağılımları ve açık işletme uygulanacak maden yataklarında işletme sınırının çizilmesine ışık tutacak bazı hesaplamalara yer verilmiştir.

Rezerv hesaplan bölümünde uygulanan programlardan bir tanesinin listesi ve her programın çıktıları tablo halinde verilmiş, tenor dağılımı bölümünde prensipler anlatılmış, örnek bir bilgisayar çıktısı verilmiş, açık işletme sınırlarının çizilmesi ile ilgili bölümde de prensipler anlatılarak, örnek bir uygulamaya yer verilmiştir.

Summary :

The purpose of this paper is to give an idea (using one of the computer programming language, FORTRAN-IV) about reserve calculation, grade distribution and plotting pit boundaries of ore bodies where open pit mining is applied.

Starting from data which are used in reserve calculation section, one of the list of programs which are applied and their outputs are given in tables. In the grade distribution section, principles of method are explained

{*) M.T.A. Enstitüsü Plân ve Koordinasyon Dairesi. Sistem Çözümleyicisi ve Bilgisayar programcısı.

and a sample output is given. Finally in the ore bodies where open pit mining method is applied, the principles are explained and an application procedure is discussed.

1. Giriş :

Bugün ülkemizde sayıları 111'e ulaşan bilgisayarlar, bir çok çözümlene yollarında daha kısa zamanda, doğruya daha yakın neticeler verdiği için bir çok devlet ve özel sektör kuruluşlarında kullanılmaktadır. Bunun yanında satış fiyatları ve kira ücretleri çok fazla olduğu için bilgisayarlardan maksimum yararlanma yollarını aramak ve uygulamak gerekmektedir. Dış ülkelerde bilgisayarlar hemen her alanda olduğu gibi madencilik alanında da geniş ölçüde kullanıldığı halde, ülkemizde bu alanda yeterli bir uygulama düzeyine henüz erişilememiştir.

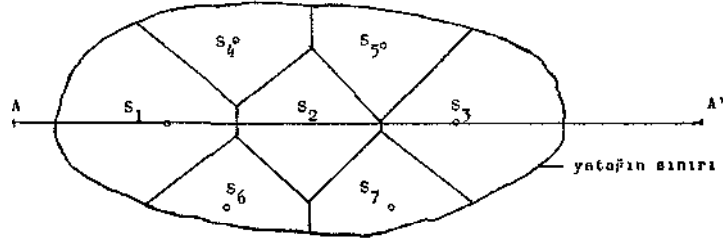
Yeraltı zenginliklerimizin gerektiği gibi değerlendirilmesinin ülkemizin kalkınmasında önde gelen faktörlerden biri olduğu herkes tarafından bilinmektedir. Bu konuda maden yataklarının aranmasından, çeşitli değerlendirme hesaplarına kadar her türlü çalışma M.T.A. Enstitüsü'nce yapılmaktadır. Bu tebliğde Enstitümüzde yapılan rezerv hesaplarında ve açık işletme sınırlarının çizilmesi konusunda yapılan çalışmalarda bilgisayarlardan nasıl faydalandığı açıklanmaya çalışılacaktır.

2. Rezerv Hesaplamaları :

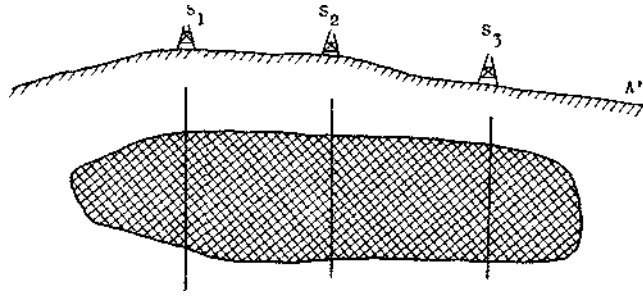
2.1. Uygulanan Metotü ve İşlem,' Sırası :

Uyguladığımız programlar «Poligon Metodu» ile rezerv hesaplama tekniği üzerine geliştirilmiştir. Şimdi bu metodun bir maden yatağında uygulanarak rezervinin nasıl hesaplandığını inceleyelim. Bu metodla maden yatağında sondaj arama çalışmaları devam ederken rezerv hesaplama işlemi gerçekleştirilebilir. Çünkü baz olarak rezerv hesabı için her sondaj ayrı ayrı ele alınır. Sondajlı aramaların bitiminde ise her sondaj için ayrı ayrı hesaplanan rezerv miktarları toplanarak bütün yatağın rezervi hesaplanabilmektedir.

Şekil - 1'de görüldüğü gibi sondajları birleştiren doğruların orta dikmeleri çizilerek her sondaj için poligonlar meydana getirilir.



(a)



(b)

Şekil — 1 : a) Bir maden yatağı rezerv hesabında oluşturulmuş poligon şebekesi
b) Yatağın A-A' kesidi

Her sondaj etrafında meydana getirilen bu poligonların alanları, sondajın tesir alanı olarak kabul edilmektedir. Bu alanlar, sondajın cevher kesen kalınlığı ve de yoğunluk ile çarpılarak her sondajın rezervi bulunur. Aynı yoldan bulunan bütün sondajların rezervleri toplamak sureti ile de maden yatağının toplam rezervi hesaplanır. Bir maden yatağında bazı hallerde birden fazla cevher minerali bulunabilir ve de bu cevher mineralinin ekonomik değerleri birbirinden çok

farklı olabilir. Hazırlanan programlar her iki durumda da uygulanabilmektedir. Rezerv hesaplamalarında kullandığımız veriler Tablo-1'de görülmektedir.

Tablo 1 — Bir Sondajdan Elde Edilen Yeriler

Derinlik	Manevra		\hat{i} Mineral	Terörler	
	boya	Karot boya		U Mineral	İÜ Mineral
109,50	$L_1=2,00$	$\hat{=}1,50$	$T_n=1,18$	$T_{21}=0,00$	$T_{31}=0,00$
111,50	$1^{\wedge}=1,75$	$K_2=1,75$	$T_{12}=0,75$	$T_{22}=0,22$	$T_a=1,85$
113,25	$1^*5=1,50$	$K_3=0,50$	$T_{13}=0,00$	$T_{23}=0,00$	$T_{33}=1,56$
114,75	$L_4=2,75$	$K_4=2,25$	$T_{14}=0,24$	$T_{24}=0,17$	$T_{34}=0,00$
117,50					

Tablo - 1'de kullanılan değişkenleri açıklayalım :

- L_1, L_2, h_1, h_2 : Manevra boyları
- K_1, K_2, K_3, K_4 : Manevra boylarında cevherli zon karot boyları
- $T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{14}$: Manevra boylarında I. cevher minerali için tenor
- $T_{21}, T_{22}, T_{23}, T_{24}$: Manevra boylarında II. cevher minerali için tenor
- $T_{31}, T_{32}, T_{33}, T_{34}$: Manevra boylarında III. cevher minerali için tenor

Eğer yoğunluk «d», poligon alanı «s» ise, Tablo - 1'deki değişkenleri kullanarak formüllerle I. cevher minerali için rezerv hesabı aşağıda görüldüğü gibi yapılır :

Cevher kalınlığı = $L_1 + L_2 + L_4 = L$ (L_3 aralığında cevher yok)

$$\text{Ortalama tenör} = \frac{T_{11} \times L_1 + T_{12} \times L_2 + T_{14} \times L_4}{L} = T$$

$$\text{Karot Randımanı} = \frac{K_1 + K_2 + K_4}{L} = K$$

$$\text{Rezerv} = L \times s \times d = R$$

$$\text{Metal içeriği} = R \times T$$

Bir tek cevher minerali ve bir tek sondaj için yapılan bu işlemler, her cevher minerali ve her sondaj için ayrı ayrı yapıp maden yatağının her değişik minerali için toplam rezervi, ortalama tenörü, karot randımanı ve metal içeriği hesaplanabilir.

2.2. Uygulanan Programlar ve Neticeler :

Bu bölümde birbirini izleyen ve değişik isteklere cevap veren 5 programın özellikleri anlatılmış ve neticeleri verilmiştir. Bu programlar Rize - Çayeli - Madenköy, İzmir - Bayındır - Sarıyurt, Trabzon - Sürmene - Kutlular Cu, Pb, Zn maden yataklarında uygulanmıştır.

İlk 4 programın kullandığı veriler Form-1'de görüldüğü sırada verilmektedir.

Form - 1'de görüldüğü gibi sondaj yerinin koordinatları (X,Y, Z), numune başlangıcı ve numune sonu (metre olarak), I. cevher mineralinin tenörü (yüzde olarak), yoğunluk, karot boyu, son kart işareti, II. ve III. cevher mineralinin tenör değerleri forma yazılır ve aynı formda görülen bu bilgiler kartlara (her satır bir kartta olmak üzere) delinir. 57. kolondaki son kart üç ayrı şekilde kotlanmaktadır. Eğer işleme giren veri kartı, her hangi bir sondajın ara kartı ise 0, son kartı ise 1, işleme giren son sondajın son kartı ise 2 olarak kotlanır.

**Tablo Z — Balıkesir - Dursunbey, Bakır - Kurşun » Çinko,
Yatağında Yapılan SoBjaajıara. Ait Bilgilerin Dökümü**

Sondaj No. 1		X Kor. (M.) 6763723		Y Kor. (M.) 37362.79		Z Kot (M.) 919.07	
Numune Başlangıcı	Arahğı Sonu	Tenor i	Yoğunl Ton/M»	Karot Boy	Son Kart	Tenor 2	Tenor 3
00.00	36.10	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
36.10	36.60	0.09	0.00	0.00	0	3.45	4.96
36.60	37.20	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
37.20	37.45	0.09	0.00	0.00	0	3.37	4.00
37.45	37.65	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
37.65	38.00	0.10	0.00	0.00	0	2.57	3.60
38.00	38.50	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
38.50	39.35	0.09	0.00	0.00	0	4.36	4.41
39.35	39.50	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
39.50	39.80	0.09	0.00	0.00	0	0.36	5.58
39.80	43.45	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
43.45	43.50	0.10	0.00	0.00	0	0.56	1.50
43.50	43.70	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
43.70	44.30	0.08	0.00	0.00	0	3.10	4.12
44.30	44.70	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
44.70	45.05	0.08	0.00	0.00	0	2.66	5.14
45.05	48.95	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
48.95	49.40	0.05	0.00	0.00	0	0.28	0.70
49.40	52.90	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
52.90	53.35	0.05	0.00	0.00	0	3.86	5.59
53.35	54.95	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
54.95	55.45	0.05	0.00	0.00	0	0.6	4.43
55.45	55.65	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
55.65	55.85	0.04	0.00	0.00	0	1.37	5.63
55.85	55.95	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
55.95	56.05	0.00	0.00	0.00	0	2.00	7.45
56.05	56.20	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
56.20	56.95	0.00	0.00	0.00	0	1.94	4.00
56.95	58.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
58.00	59.15	0.00	0.00	0.00	0	2.35	2.81
59.15	60.75	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
60.75	60.90	0.00	0.00	0.00	0	2.14	3.63
60.90	61.20	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
61.20	61.25	0.15	0.00	0.00	0	0.38	0.30
61.25	62.65	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
62.65	62.90	0.16	0.00	0.00	0	1.83	1.16
62.90	63.20	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
63.20	63.60	0.15	0.00	0.00	0	2.50	2.61
64.50	65.15	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
65.15	65.45	0.14	0.00	0.00	0	2.60	3.32
		0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00

İLİ Balıkesir
İLÇESİ Dursunbey
İS YERİ
PROJE No

SONDAJ AMALİZ SONUÇLARI

SONDAJ NO : 1

SONDAJ NO						SONDAJIN KOORDİNATLARI																	SONDAJIN KOTU								
						X								Y									Z								
						m				• cm				m				• cm					m		g		cm				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
					1	6	7	6	3	7	.	2	2	3	7	3	6	2	.	7	9	9	1	9	.	0	7				

DELGİ OPERATÖRÜ YUKARIDAKİ VERİLER AŞAĞIDAKİ HER KARTTA TEKRARLANACAKTIR.

KAROT BAŞLANGICI					KAROT SONU					TENOR—1 %					YOĞUNLUK gr./cm ³ .					KAROT BOYU %					İ SON KART	TENOR —2 %					TENOR —3 %									
m. • cm.					m. • cm.					•					•					•						mm														
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
		0		0	0	3	6	.	1	0	0		0	0														0	.	0	0	0		0	0					
		3	6	.	1	0	3	6	.	6	0	0		0	9														3	-	4	5	4		9	6				
		3	6	.	6	0	3	7	.	2	0	0		0	0														0		0	0	0		0	0				
		3	7	.	2	0	3	7	.	4	5	0		0	9														3		3	7	4		0	0				
																																				</				

Tablo 2 —«Temiz ve Kirli Havanın İçindeki Gazlar

Açık ve formülü	Temiz havadaki miktarı (% tecimi)	Özgül ağırlığı (Hava = 1)	Müsade edilebilir Maksimum Konsantrasyonu (%o haçta)	Müer fiziksel özellikleri	Zararlı tesirleri	Madendeki kaynağı
Oksijen O ₂	20,95	1,1056	19,5	Kokusuz, renksiz, tatsız,		Normal hava
Azot N ₂	78,09	0,9673	80	Kokusuz, renksiz, tatsız, boğucu	Boğulmağa sebebiyet	Normal hava, tabaka
Karbondioksit CO ₂	0,03	1,5291	0,5	Kokusuz, renksiz, hafif asit tadı, boğucu	Boğucu	Solunum, tabaka yangınlar, lâğım atma, organik çürüme
Karbonmonoksit CO	—	0,9672	0,01	Kokusuz, renksiz, tatsız,	Zehirleyici, patlayıcı	Tabaka, dizel motorlar, tamamlanmamış yanma
Metan CH ₄	—	0,5545	1,0	Kokusuz, renksiz, tatsız,	Patlayıcı, boğulmaya sebebiyet	Tabaka, lâğım, dizel motorlar, Organik çürüme
Azot oksitleri (en teklikelisi NO ₂)		1,5895	0,0005 ("NO _x)	Tahriş edici ıbir koku, kırmızı-kahverengi bir renk, acımtırak tad	Zehirleyici	Lâğım, dizel motorlar, tamamlanmamış yanma
Hidrojen Sülfid H ₂ S	—	1,1912	0,002	Çürük yumurta kokusu, renksiz, asit tadında	Zehirleyici, Patlayıcı	Tabaka, lâğım, çürüyen ağaç
Kükürt Dioksit SO ₂	—	2,2636	0,0005	Tahriş edici koku, renksiz, asit tadında	Zehirleyici	Kükürt yanması, dizel motorlar, yangın, lâğım
Hidrojen H ₂	—	0,0694		Kokusuz, renksiz, tatsız,	Patlayıcı, zehirleyici	Asidik su, lâğım akümülatör

Boksit Silis Modülü

	Tablo 2		Çeşitli Modilli ve Al ₂ O ₃ Tenörlerinde kostik						yısı	(Na ₂ O) (Kg. Na ₂ O/Ton			Alümina)		
	51	52	53	54	55	56	57	58		59	60	61	62	63	
5	171.11	169.00	167.37	165.49	163.90	162.56	161.41	160.44	1.63	158.94	158.37	157.89	157.50	157.17	156.90
6	135.14	133.44	131.96	130.72	129.68	128.79	128.04	127.42	5.89	126.45	126.08	125.75	125.49	125.29	125.09
7	112.13	110.82	109.70	108.77	107.99	107.33	106.77	106.30	5.89	105.55	105.26	105.02	104.80	104.63	104.47
8	96.34	95.27	94.37	93.61	92.98	92.44	91.98	91.59	1.25	90.96	90.71	90.49	90.30	90.13	89.99
9	84.83	83.92	83.15	82.50	81.95	81.49	81.08	80.74	0.45	80.18	79.96	79.75	79.57	79.41	79.26
10	76.05	75.25	74.57	73.99	73.51	73.09	72.72	72.41	2.14	71.89	71.68	71.48	71.31	71.15	71.01
11	69.14	68.41	67.80	67.27	66.83	66.44	66.10	65.81	5.55	65.32	65.11	64.92	64.75	64.59	64.46
12	63.58	62.89	62.32	61.83	61.41	61.05	60.73	60.45	0.21	59.98	59.78	59.60	59.43	59.27	59.13

2.2.1. Veri Kontrol Programı :

Sondaj analizlerinden gelen verileri hesaplamalarda kullanmadan önce doğru yazılıp yazılmadığını kontrol etmek gereklidir. Kontrolden amaç kartlara delinen veriler üzerinde göz kontrolü yapmaktır. Program, kartlardan alınan verileri Tablo - 2'de görüldüğü gibi uygun bir görünümde kâğıt üzerine sıralar. Yeni bir sondaja geçildiği zaman okunan veriler yeni bir sayfadan başlamak üzere yazılır.

2.2.2. Kısmi Rezerv Hesabı Programı :

Maden yatağında birden fazla cevher minerali olup da, her bir cevher minerali için ayrı ayrı rezerv hesabı yapılmak istenirse bu program kullanılır. Programda ayrıca numune aralarında her cevher mineralinin tenörü belirli parametrelerle (limit tenörler) kontrol edilir. Tenörleri her cevher minerali için verilen limit tenörden küçük olan numune aralıkları işleme dahil edilmez. Program veri olarak Form - 1'deki bilgileri kullanmaktadır.

Programın verileri işleme sonunda hesaplanan değerler Tablo-3 ve Tablo-4'de görülmektedir. Bir sondaj için hesaplanan değerler Tablo - 3'de, işleme giren bütün sondajlar için hesaplanan ortalama değerler ise, Tablo - 4'de görülmektedir. Bu değerler :

— Her sondajda her cevher minerali için ayrı ayrı cevherli zon uzunluğu, ortalama tenör, cevherli zonların ve tüm sondajın karot randımanları,

— Bütün sondajlarda her cevher minerali için toplam cevherli zon uzunluğu, ortalama tenör, cevherli zonların ve tüm sondajların karot randımanlarıdır.

Tablo 3 — Bilgisayar Çıktısı Mİnİmpmİ Ekonomik Tenörfer
' CU = 0.50 , PB = 1.50, ZN = 1.00

Sondaj No.	X Kor. (M.)	Y Kor. (M.)	Z Kot (M.)	Tenörter		(Ten¬um Boya)			Yogunl	Karot
4?	39625.69	87219.79	4.81	PB%	ZN{%	T1XBoy	T2XBoy	T3XBöy	Tom/M ³	Boyu
Numune Aralığı	Num. Uz.	Tenörter		(Ten¬um Boya)			Yogunl	Karot		
Başlangıcı Sona	(M.) Cu(°/o)	PB%	ZN{%	T1XBoy	T2XBoy	T3XBöy	Tom/M ³	Boyu		
0.00	91.20	91.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.40
91.20	96.60	5.40	0.17	0.30	1.20	0.00	0.00	6.48	0.00	4.95
96.60	99.45	2.85	0.44	0.40	2.43	0.00	0.00	6.93	0.00	2.85
99.45	100.10	0.65	0.53	5.50	6.41	0.34	3.57	4.17	0.00	0.35
100.10	104.35	4.25	0.37	1.88	3.66	0.00	7.99	15.55	0.00	4.25
104.35	106.85	2.50	0.13	0.30	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50
106.85	107.10	2.25	1.15	8.83	12.76	0.29	2.21	3.19	0.00	0.25
107.10	109.20	2.10	0.09	0.20	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10
109.20	109.35	0.15	3.60	7.50	6.51	0.54	1.12	0.98	0.00	0.15
109.35	115.45	6.10	0.18	0.30	1.13	0.00	0.00	6.89	0.00	6.10
115.45	116.20	0.75	0.65	3.92	7.78	0.49	2.94	5.83	0.00	0.73
116.20	120.10	3.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45

Sondajlara Ait Sonuçlar

		Ort.				
Top.	UzunL	T. Tenxiiz.	Tenor	Ce. Zo. Kr.	Bo. So. Kr	
CU =	1.80	1.66	0.92	83.33	67.53	
PB =	6.05	17.83	2.94	95.04	67.53	
ZN =	20.39	50.02	2.45	96.32	87.53	

Tablo 4 — Maden Yatağındaki 47. ve 68. No. ta Sondajlar İçin.

Cevheri kısım imfağ»	Cevherli kısmın «uzunluğu ve tenörler çarpımı toplana	Ortalama tenörler	Cevheri kısımların karot randımanı	Bütün yatağın karot randımanı
CU = 33.59	45.66	1.35	97.17	70.25
PB = 38.39	192.31	5.00	94.92	70.25
ZN = 67.54	330.78	4.89	93.56	70.25

2.2.3. Toplamı Rezerv Hesabı Programa :

Bir maden yatağında birden fazla cevher minerali bulunduğu zaman, bütün cevher minerallerini birarada düşünerek rezerv hesabını yapmak için bu programı kullanırız. Program yine Form - 1'deki verileri kullanır. Programdan elde edilen çıktılar Tablo - 5 ve Tablo - 6'da görülmektedir.

Verilerin bu programda değerlendirilmesinden sonra elde edilen bilgiler şunlardır :

— Her sondaj için cevherli zon uzunluğu, ortalama tenor, cevherli zonların ve tüm sondajın karot randımanı.

— İşleme giren bütün sondajlar için toplam cevherli zon uzunluğu, ortalama tenor, cevherli zonların ve tüm sondajların karot randımanları.

Tablo 5 — Rise - Çayeli - Madenköy, Bakır - Kurşun - Çinko Yatağına Ait Analizler
Minimim Ekonomik Tenörler CU = 0.30 , PB = 50 JO , ZN = 50.00

Y Kor. (M.) 43006.5@		Z Kot (M.) 248.82		X Kor. (M.) 4448122		Sondaj No. 45				
Numune Aralığı Başlangıcı	Sonu	Nam. Uz, (M.) Cu(°/o)	Tenörler PB(°/o)	ZN(°/o)	(TenömiHmı. T1 x Boy	Boy	Boy	Boy	Yonganl. Ton/M?	Karot Boy
12.35	12.70	0.35	0.78	14.60	29.20	0.27	5.11	10.22	0.00	0.00
55.80	56.80	1.00	0.46	0.08	0.39	0.46	0.08	0.39	0.00	0.00
59.05	61.00	1.95	0.38	0.01	2.70	0.74	0.02	5.26	0.00	0.00
92.50	92.95	0.45	0.48	0.00	12.55	0.22	0.00	5.65	0.00	0.00
101.75	103.85	2.10	0.47	1.14	22.25	0.99	2.39	46.72	0.00	0.00
103.85	106.00	2.15	0.50	0.11	25.95	1.07	0.24	55.79	0.00	0.00
106.00	108.75	2.75	0.40	0.24	16.60	1.10	0.66	45.65	0.00	0.00

Sondaja Ait Sonuçlar

Top. Uzunl.	T. Tenüz	Ort. Tenör	Ce,Zo.Kr.	Bu. So. Kr.
CU = 10.75	4.85	0.45	0.00	0.00
PB = 10.75	8.50	0.79	0.00	0.00
ZN = 10.75	169.60	15.78	0.00	0.00

Tablo 6 — Maden Yatağındaki 5 **104** 108 2000 No. lu Sondajların

Top. Uzanl.	T. Teaxttz	Ort. Tenor	Ce. Zo. Kr.	Bu. So. Kr.
OU = 91.50	703.19	7.69	18.70	20.88
PB = 91.50	10.10	0.11	18.70	20.88
ZN = 9L50	442.05	4.83	18.70	20.88

Bu programda bir maden yatağında en fazla üç tür cevher olduğu kabul edilmiştir. Program, her cevher için verilen limit tenörleri her numune aralığındaki tenörlerle kontrol eder ve tenörleri bu limit tenörlerden küçük olan numune aralıklarını işleme dahil etmez.

2.2.4. Ekonomik Değerleri Farklı Birden Fazla Mineral İçeren Yatakların Bezerv Hesaplarında Uygulanan Program) :

Bir maden yatağında ekonomik değerleri birbirinden çok farklı cevher bulunursa bütün bu cevherleri birarada düşünerek yatağın işletmeye elverişli olup olmadığını araştırmak için yapılan rezerv hesaplarında bu program kullanılır. Bu programda da maden yatağında üç ayrı cevher minerali bulunduğu kabul edilmiştir. Bu minerallerden hiçbirinin tek başına ekonomik olmaması durumunda, tenörler toplamı üzerinden değerlendirme yapılır, programın girişinde bu üç ayrı cevherin birarada işletilebilmesi için gerekli olan minimum bir tenor (limit tenor) parametre olarak verilir. Eğer işleme giren aralıktaki tenörler toplamı bu parametreden küçük ise bu numune aralıkları işleme dahil edilmez. Program veri olarak yine Form-1'deki değerleri kullanır. Programda elde edilen çıktılar Tablo-7 ve Tablo-8'de görülmektedir. Hesaplanan değerler :

— Her sondaj için cevherli zon uzunluğu, her cevher için ortalama tenor, cevherli zonların ve tüm sondajın karot randımanları,

— İşleme giren bütün sondajlar için toplam cevherli zon uzunluğu, her cevher için ortalama tenor, cevherli zonların ve tüm sondajların karot randımanları.

Tablo 1 – İzmir - Bayındır - Sanyurt, Bakır - Kurşun. - Çinko Yatağına Alt Analizler
Mmmpm Ekonomik Tenörler, CU = 0.01, PB = 0.01, ZN = 0.01

Sondaj No. 47		X Kor. (M.) 4002740		Y Kor. (M.) 60994.44		Z Kot (M.) 501.60				
Numune Aralığı Başlangıcı Son«		Nam. Uz, (M.) Ca{%		Tenörler PB(%) ZN(°/o>		{TeBÖranım Boyu) T1xBoy T2xBoy T3xBoy			Yongan!. Ton/M ³	Karot Boya
40.45	40.60	0.15	0.00	5.24	2.87	0.00	0.79	0.73	0.00	0.00
47.55	48.35	0.80	0.00	0.30	0.82	0.00	0.24	0.66	0.00	0.00
48.35	48.70	0.35	0.01	3.88	1.62	0.00	1.36	0.36	0.00	0.00
48.70	49.12	0.42	0.01	6.87	2.57	0.00	2.89	1.08	0.00	0.00

Sondajın Bütün CU Tenörleri Düşük
Sondaja Ait Sonuçlar

Top. Uzıml. .	T. Tenxiiz	CM. Tenor	Ce.Zo.Kr.	<u>Bo.So.Kr.</u>
Cü = 1.71	0.00	0.00	0.00	0.00
PB = 1.71	5.27	3.07	0.00	0.00
ZN = 1.71	2.62	2.65	0.00	0.00

**TaWo 8 —. Maden Yatağındaki I 2 3 4 5 6 7 10 13 15 26
Sondajların Sonuçları**

Top. Usanlı.	T. Temxisz	Ort. Tenor	Ce.Zo.Kr.	Bu.	So.	Kr.
CU = 112.70	121	0.01	0.00		0.00	
PB = 112.70	363.06	3.22	0.00		0.00	
ZN = 112.70	233.69	2.07	0.00		0.00	

**2.2.5. Oraima Tenor, Toplamı Rezerv ve Metal İçeriği
Hesabında Kullanılan Program :**

Bu program veri olarak Tablo-3 veya Tablo-5 veya Tablo - 7'deki değerleri ve bunlara ilâve olarak (Şekil -1 a) daki her sondaj için hesaplanan görünür ve muhtemel rezerv alanlarını kullanır. Bilgisayara veriler Form - 2'de görüldüğü düzende verilir.

Programın Listesi :

- C BU PROGRAM ORTALAMA TENOR, TOPLAM REZERV
C VE METAL HESABINDA KULLANILIR.
WRITE (6,8)
- 8 FORMAT (1H1,6) (İH*), 'RİZE - ÇAYELİ - MADEN-
• KÖY, BAKIR - KURŞUN - ÇİNKO
• YATAĞI İÇİN TOPLAM REZERV, ORTALAMA TENOR
• VE METAL MUHTEVASI' 6 (İH)
WRITE (6,0)
- 9 FORMAT (36X, 'CU=0.01, PB=0.Q1, ZN=Q.01 MİNİ-
• MUM TENÖRLERİ İÇİN')
WRITE (6,11)
- 11 FORMAT (50X, 'YOĞUNLUK=2.50 TON/M²)
WRITE (6,12)

```

12 FORMAT (10X, 'SONDAJ KALINLIK TESİR HACMİ
• REZERV ORTALAMA TENÖRLER (%) METAL
• MUHTEVASIV29X, 'ALANI', 29X '1', 6X, '(M)', 5
• X,'M2), 6X, '(M3)', 6X, (TON), 7X, 3 (5(1H-), 2X),
• 3(8(1H-), 2X)) WRITE (6,13)
13 FORMAT (10X,6 (1H-), 2X,8 (1H-), 2X,5 (1H-), 2X,U
• (1H-),
TRG=0.
TRM=0.
TSM1G=0.
TSM2G=0.
TSM3G=0.
TSM2M=0.
TSM3M=0.
30 READ (5,10) NS, SK, ITAG, ITAM,,T1, T2, T3
10 FORMAT (17, F6, 2, 2I5, 3F5.2)
IF (NS) 21, 20, 21
21 HG=ITAG*SK
HM=ITAM*SK
RG=HG*2.5
RM=HM*2.5
SM1G=RG*T1/100.
SM2G=RG*T2/100.
SM3G=RG*T3/100.
SM1M=RG*TL/100.
SM2M=RM*T2/100.
SM3M=RM*T3/100.
TSM1G=KSIG + SM1G
TSM2G=TS2G+SM2G
TSM3G=TS3G+SM3G
TSM1M=TS1M+SM1M
TSM2M=TS2M+SM2M
TSM3M=TS3M+SM3M
TRG=TRG+RG
TRM=TRM+RM
WRITE (6,14) NS, SK, ITAG, HG, T1, T2, T3, SM1G,
• SM2G, SM3G

```

; Batar - Kurşun - Çinko Yal
CU = OJİ , PB = 0.01 , IN =
Yoğunluk =

Sondaj No.	Sondaj No.	Kalınlık (M)	Tesir Alanı (M ²)	HACMİ (M ³)	REZE (Ton)
Görünür =	4	42.98	2800	120343.98	30085S
Muhtemel =	4	42.98	2600	111747.98	27886İ
Görünür =	5	13.57	2400	32568.00	8142(
Muhtemel =	5	13.57	2000	27140.00	6785(
Görünür =	6	49.35	3820	188517.00	47129!
Muhtemel =	6	49.35	1300	64154.99	16038'
Görünür =	7	11.45	1750	20037.50	5009.
Muhtemel =	7	11.45	700	8015.00	2003'
Görünür =	8	45.05	2920	131546.00	32886
Muhtemel =	8	45.05	1000	45049.99	11262


```

14 FORMAT (IX, GÖRÜNÜR=', 14,5X, F6.2, 3X, 14, 3X,
F9.2, 2X, 2X, F11.2, 3X, 2(F5.2, 2X), 4X,3 (F8.2, 2X))
WRITE (6,15) NS, SK, ITAM, HM, RM, T1, T2, T3, SMIM,
SM2M, SM3M

15 FORMAT (IX, <MUHTEMEL=', 14, F6.2, 3X, 14, 3X,
F9.2, 2X, F11.2, 3X,2 • (F5.2, 2X), 4X,3 (F8.2, 2X))
GOTO 30

20 ORT1G=TSM1G/TRG*100.
ORT2G=TSM2G/TRG*100.
ORT3G=TSM3G/TRG*100.
ORT1M=TSM1M/TRM*100.
ORT2M=TSM2M/TRM*100.
ORT3M=TSM3M/TRM*100.
TR=TRG+TRM
WRITE (6,16)

16 FORMAT (İHI, 'TOPLAM REZERV ORTALAMA TENÖR-
LER (%) METAL
• MUHTEVA SF/23X, '(TON)', 9X '1', 6X, '2',
'11X, '1', 10X, '2', 10X, '3',/20X, 13 (1H-), 3X, 3(5
(1H-), 2X), 3X, 3(9(1H-), 2X)/)
WRITE (6,17) TRG, ORT1G, ORT2G, ORT3G, TSM1G,

17 FORMAT (10X, 'GÖRÜNÜR', IX, F11.2, 4X 2 (F5.2,
2X), 3X, 3(F9.2, 2X))
WRITE (6,18) TRM, ORT1M, ORT2M, ORT3M, TSM1M,
TSM3M,

18 FORMAT (10X, 'MUHTEMEL=', IX, F11.2, 4X,2 (F5.2,
2X), 3X, 3(F9.2, 2X))
WRITE (6,19) TR

19 FORMAT (20X, '(GÖRÜNÜR + MUHTEMEL) TOPLAM
REZERV=', F11.2, 'TON')
STOP
END

```

Yukarıdaki program Form - 2'deki verileri değerlendirdikten sonra bulunan sonuçlar Tablo - 9 ve Tablo 10'da görülmektedir.

Tablo — 10

Toplam	Rezerv (TOİl)	Ortalama Tenörler (%)			Metal Muhtevası		
		1	2	3	1	2	S
Görünür =	22833256.04	2.39	0.10	3.19	544411.37	22926.63	728023.62
Muhtemel =	7361430.01	1.72	0.09	İ.98	12670420	6349.54	145409.21

(Görünür + Muhtemel) Toplam Rezerv = 30194694.05 Ton

Elde Edilen Değerler :

- Her sondajın görünür ve muhtemel tesir hacmi, rezervi ve her cevher minerali için metal içeriği,
- Bütün sondajların toplam rezervi, her cevher için metal içeriğidir.

3. Açık İşletme Sınırının Çizilmesi :

Bu bölümde gerek yatay kesitler, gerekse düşey kesitler kullanılarak açık işletme sınırının çizilmesinde bilgisayarlar-
dan nasıl faydalandığı özet olarak incelenecektir.

S.İ. Yatay Kesitlerden Faydalanılarak İşletme Sınırının Çizilmesi :

Bu metotta maden yatağı kalınlığı işletmenin basamak yüksekliğine tekabül eden yatay dilimlere ayrılır ve her dilim üzerinde eştenör eğrileri çizilerek yatağın işletme sınırı nı saptanmağa çalışılır.

Bu metod için bir dizi bilgisayar programı geliştirilmiştir (*).

Bilgisayarlara veri olarak, ilk önce From - l'de görülen sondaj analiz sonuçları ve dilim aralıkları verilir. Geliştirilen program, bu verileri bir ön işlemde geçirip her sondajın her dilimdeki tenor değerleri için $(Tenor = A_1 + A_2X + A_3Y + A_4X^2 + A_5XY + A_6Y^2 + A_7X^3 + A_8XY^2 + A_9Y^3)$ şeklin-

(*). Bu programlar Dr. Tuncer YEGÜLALP tarafından hazırlanmıştır.

deki üçüncü derece yüzey denklemini çözerek $A_1A_2A_3, \dots, A_n, A_w$ regresyon katsayılarını bulur. Program daha sonra bu katsayıları ve ilâve olarak da tenor dağılımı çizilecek paftanın köşe koordinatlarını (X, Y) veri kabul ederek Şekil - 2'de görülen tenor dağılımı dökümünü yapar. Şekil - 2'deki her harfin karşılığı olan tenor değerleri Tablo -11'de görüldüğü gibi programın son etabında veri olarak verilmiştir.

Bu aşamadan sonra yapılacak iş, minimum işletilebilir tenor karşılığı olan harfleri birleştirerek ele alınan yatay dilim için işletme sınırını çizmektir. Bu işlem her dilim için tekrar edilerek, maden yatağının sınırları (üç boyut gözönüne alınarak) ortaya çıkarılır. Tablo - 11'de görülen tenor aralık miktarları ve Şekil - 2'deki deseni meydana getiren harfler kullanıcının isteğine göre değiştirilebilir.

Tablo — 11

A : 0.100 ve Daha Az
B : 0.100 ve 0.200 Arası
C : 0.200 ve 0.300 Arası
D : 0.300 ve 0.400 Arası
.
.
.
.
.
.
Z : 2.500 ve 2.600 Arası
+ : 2.600 ve 2.700 Arası
+ : 2.700 ve Daha Fazla

Yukarıda prensipleri anlatılan metotta tenorun yersel dağılımı, iki boyutlu üçüncü dereceden bir polinom olarak kabul edilmiştir. Eğer dağılım üç boyutlu bir üçüncü derece polinomu olarak kabul edilirse, tenorun herhangi bir doğrultudaki dağılımı elde edilebilir.

Bu durumda teaaör dağılımını ifade eden polinom denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Tenor} = & A_1 + A_2X + A_3Y + A_4X^2 + A_5XY + A_6Y^2 + A_7X^3 + A_8X^2Y + \\ & A_9XY^2 + A_{10}Y^3 + AMZ + A_{12}Z^2 + A_{13}Z^3 + A_{14}XZ + A_{15}YZ + \\ & A_{16}XZ^2 + A_{17}YZ^2 + A_{18}ZX^2 + A_{19}ZY^2 + A_{20}XYZ \end{aligned}$$

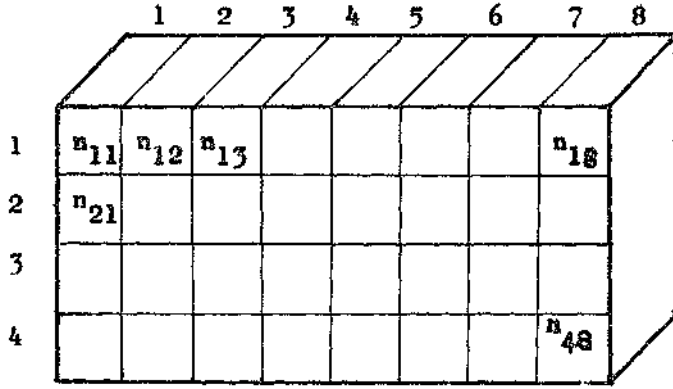
şeklindedir.

Program aynı şekilde bu polinomu çözümleyerek regresyon katsayılarını hesaplar. Gerekirse dilim aralığı yerine Z kotları verilerek istenilen aralıklarla da eştenör eğrileri elde edilebilir.

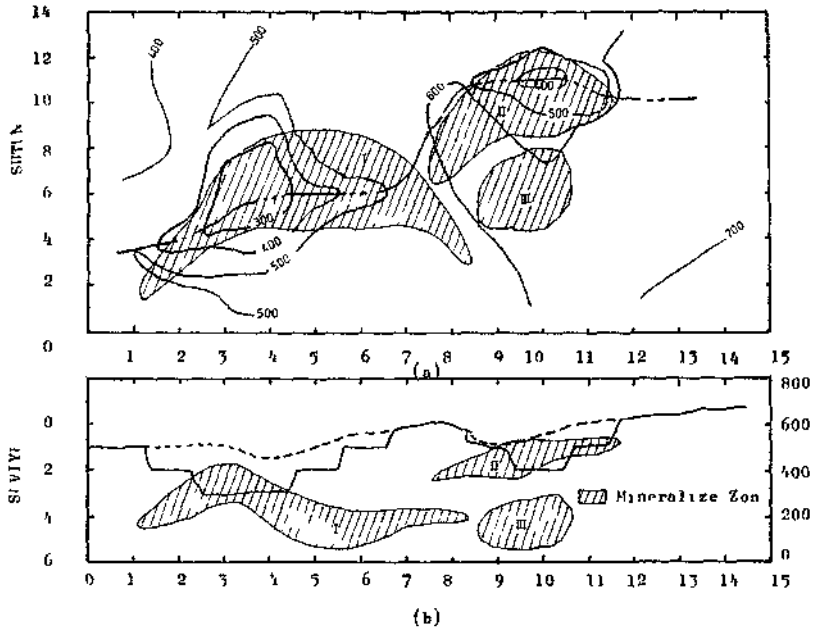
Şekil - 2'de bilgisayarlardan elde edilen ve her birinin eni 0.1905 m boyu ise 0.0254 m olan paflardan birinin örneği görülmektedir. Bir pafta üzerinde enine 100, boyuna ise 60 harf vardır. Buna göre bir pafta üzerindeki harf sayısı 6000 dir. Ele alman paftanın ölçeği bilindiğine göre, bilgisayarlardan elde edilen paftalardaki her harfin gerçek alanı rahatlıkla hesaplanabilir. Bu alanlar dilim kalınlığı ile çarpılarak her dilim için bu harflerin karşılığı olan hacımlar bulunur. Elde edilen bu hacımlar da yoğunluk ile çarpılarak her dilimde her harfin karşılığı olan rezerv miktarları hesaplanır.

3.2. Düşey Kesitlerden Faydalanarak İşletme Sınırının Çizilmesi :

Bu bölümde, rezerv hesapları bitirilmiş olan ve açık işletme düşünülen maden yataklarında, düşey kesitler yardımı ile işletme sınırının çizilebilmesi için bilgisayarlardan nasıl yararlanıldığı özetlenmiştir. Kullanılan teknik ve programlar ülkemizde henüz uygulanmamaktadır. Kullanılan metodun ana hatları kısaca şöyledir. Maden yatağından istenilen aralıklarda düşey kesitler geçirilir (Sondaj şebekesinin olanak verdiği ölçüde). Bu kesitler arasında kalan dilimler Şekil - 3'de görüldüğü gibi birim hacımdaki bloklara ayrılır. Her blok için, cevher satış fiyatından, işletme maliyeti çıkarılarak $n_u, n_{12}, \dots, n_{46}, n_{\leftarrow}$ değerleri bulunur. Bu değerler bilgisayara veri olarak verilir. Bilgisayarlar bu verileri bir dizi işleminden (dinamik programlama işlemleri) geçirerek Tablo - 12'de görüldüğü gibi işletme sınırlarının çizimine yarayacak değerleri hesaplar.



Şekil-3 : Kesitler arasında meydana getirilen blok



Şekil - 4 a) Yatayın Planı

b) A-A' Kesiti

Kesit		j											
1		-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0
	i	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
		-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3
		-2	-3	-3	-4	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
		-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4

Kesit		j										
2		-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	i	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2
		-2	3	5	4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
		-3	-3	1	-4	-4	-3	-3	-3	-4	-4	-4
		-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4

Kesit		j										
3		0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0
	i	-2	-2	-2	-1	-1	0	1	-2	-2	-2	-2
		-3	-3	-3	-3	4	6	5	-4	-4	-4	-4
		-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
		-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4

Kesit		j										
4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	i	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-2	-2	-2	-2
		-2	-2	-2	-2	3	4	5	4	1	-4	-4
		-3	-4	-4	-4	-2	-2	1	-2	-4	-4	-4
		-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4

Kesit		j										
5		-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	i	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-1	-1
		-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
		-3	-3	-3	-3	-3	3	4	-4	-4	-3	-3
		-4	-4	-4	-4	1	3	6	-3	-1	-2	-4

Kesit		j										
6		-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0
	i	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2
		-3	-2	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-3	-4	-4
		-4	-4	-4	-4	0	3	5	2	-4	-4	-4
		-4	-4	-4	-4	0	3	5	2	-4	-4	-4

ŞeMİ – S ŞeMİ - 4'den elde edilen kesitlerden 6 tanesi

Uygulanan program, üç boyutlu dinamik programlama teğüğünden faydalanarak hazırlanmış ve baz olarak iki boyutlu dinamik programlamayı kullanmıştır (*). Program Enstitümüzde şu anda her hangi bir maden yatağına uygulanabilecek aşamaya getirilmiştir.

Program, Şekil-4'deki örnek yatağı uygulanmış ve Şekil - 5'deki değerleri kullanarak, Tablo - 12'de görülen sonuçları vermiştir.

Tablo 12 — Uygun İşletme Aralığı

Sütün:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sonuç	
Kesit :														
1.....	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.....	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	- 2	
3.....	Ö	0	1	2	3	3	3	2	1	0	0	0	1 2	
4.....	0	0	1	2	3	3	3	3	2	1	0	0	9	
5.....	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	- 1	
6.....	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
7.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
1 0.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	5	
1 1.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	
1 2.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1 3.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1 4.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Seviye														
1.....	—————												4	
2.....	—————												9	
3.....	—————												31	
İşletme sınırı	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26

(*) Bu metod için programlar 1971 yılında Thys, B. Johnson ve William R. Sharp tarafından geliştirilmiştir.

4. Sonuç :

Yukarıda bahsedilen hesaplama işlemlerinin bir çoğu elle yapılabilir. Ancak, rezerv hesapları yapılırken sondaj analiz sonuçlarının ard arda bir dizi rutin işlemde geçirildiğini biliyoruz. Bütün bu işlemlerin elle yapılmasının çok daha fazla vakit alacağı ortadadır. Bunun yanında hesaplama işleminde herhangi bir aşamada yapılan bir hatadan dolayı çok yanlış sonuçlar elde edilebileceği de bir gerçektir. Bütün bunlar gözönünde tutulursa rezerv hesaplarının, olanakların elverdiği ölçüde bilgisayarlarla yapılmasının yararlı olduğu anlaşılır.

Diğer taraftan, istatistiksel yöntemler çok eskiden beri bilinmesine rağmen, bu yöntemleri el ile uygulamak zor olduğu için, bunlar eştenör eğrileri çiziminde kullanılmıyor ve eştenör eğrileri başka metodlar kullanarak elle çiziliyordu. Halbuki bilgisayarların bu alanda da kullanılması, daha kısa zamanda daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca işletme sınırları çiziminde jeolojik kesit bilgileri ve hattâ fay gibi tektonik oluşum bilgileri bilgisayar programları kapsamına alınarak, daha kesin ve daha kapsamlı sonuçlar elde etmek mümkün olmaktadır.

Bilindiği gibi bir maden işletmeciliğine girişmek, uzun yıllar devam edecek bir çalışma için büyük sermaye yatırımı gerektiren bir işe girmek demektir. Böyle bir yatırıma girmeden önce ise, sözkonusu yatağın, rezervinin, tenor dağılımının ve işletme sınırlarının kesinlik kazanması zorunludur.

Kaynak Listesi :

- 1 — AÇIKGÖZ, Hüseyin : Maden Yatakları Rezervinin Hesaplanmasında Bilgisayarlardan Yararlanılması, M.TA Enstitüsü Raporu 1975, Ankara.
- 2 — VEIS, Alfred : A Decade of Digital Computing in the Mineral Industry 1969, New-York.
- 3 — The Canadian Institute of Mining and Metallurgy. Ore Reserve Estimation and Grade Control. Special Volume 9, 1968

- 4 – M.TA Enstitüsü, Murgul Bakır Raporları Cilt -1 1972, Ankara.
- 5 – Bureau of Mines, Report of Investigation, 1971.
A Three-dimensional Dynamic Programming Method for Optimal ultimate Open Pit Design 1971.
- 6 – CANER, Güneş : Açık İşletmelerde Optimum İşletme Sınırlarının Tâyin Edilmesi ve Maksimum Karın Elde Edilmesi Amacı ile Kullanılan Matematiksel Teknikler. M.T.A. Snstitüsü 1974 Ankara.