

# Numune Alma Teorisi Ve Uygulaması

Hüseyin SARIÇİMEN\*

## Özet

Bu makalede mineral dünyasında, rezerv tayinlerinden laboratuvar tahlillerine kadar, her safhada karşılaşılan numune alma problemi üzerinde durulmuştur. Laboratuvar tahlillerine tesir eden hataların niteliklerinden bahisle, bu hataların asgarî olması için alınması gerekli tedbirlere değinerek, numune almada halihazırda en geçerli ve güvenilir Gy denklemi izah edilmiştir. Denklem uygulamasını izah etmek için, krom cevheriyle ilgili çeşitli problemler çözümlenerek, denklemden nasıl faydalanılacağı gösterilmiştir. Son olarak denklemin dayandığı ön kabuller ve denklemin uygulanmasındaki limitlerden bahsedilmiştir.

Farklı özellikteki materyallerden numune alma üzerinde durarak, numune almada kullanılan aletler, numune alma usul ve sistemleri ve numune alırken dikkat edilmesi gerekli hususlar izaha çalışılmıştır.

## Abstract

In this article the problem of sampling which is being met in every stage in the mineral world, from estimation of mineral reserves to assay analysis in laboratory, has been considered. Discussing the kinds of errors which affect the assay results the precautions to be taken to render these errors minimum have been mentioned. Gy's sampling equation, the most commonly used and reliable formulae at the present, has been explained. To explain the application of the equation various problems con-

nected with chromite ore have been solved and thus how to make use of the equation have been shown. Finally the assumptions on which the equation is based and its limitations have been discussed.

Discussing sampling of materials of different physical properties, kinds of samplers, sampling systems and the points to be considered in sampling have been explained.

## 1. NUMUNE ALMA TEORİSİ

Sosyal veya teknik her alanda bir toplum, kütle veya yığının herhangi bir özelliğini ölçmek için toplum veya kütlenin bütünü tahlil yapmaktan, zorluk, tehlike veya pahalıya çıkması gibi çeşitli sebeplerle kaçınmak icab eder. Tahlil veya gözlem sözü konusu toplum veya kütleyi temsil eden numuneler üzerinde yapılır.

Neticelerin gerçek değerlere uygunluğu tahlili yapanın tecrübe ve dikkatine olduğu kadar, numunenin alınıp hazırlanmasında ve tahlil esnasında kullanılan metodun doğruluğuna, kütle ve numunenin özelliklerine de bağlıdır.

Mineral endüstrisinde, her safhada numune alma ve tahlilin önemi gayet barizdir. Depositlerin değerlendirilmesinde, proses tekamülünde, cevher hazırlama ünitelerinde kalite kontrolünde, cevher alım, satım işlerinde ve laboratuvarlarda rutin tahliller için her zaman numune alma işlemleriyle karşılaşmaktadır.

[\*] Dr. Metalürji Yük. Müh., Etibank, Üçköprü Maden İşletmeleri Müessesesi, Fethiye - Muğla.

Tahlil neticelerine bağılı olarak alım, satım ve yatırım kararlarıyla alâkalı kapitalin hacmi düşünülürken, numune almanın ehemmiyeti ve nasıl bir ihtimamla yapılması gerektiği daha da belirgin olur.

### 1.1. Tahlil Neticelerindeki Hatalar

Bir tahlil neticesindeki hata, esasen, tahlil hatası ve numune alma hatası olmak üzere iki kısımdır. Her iki kısımda da hata, istatistiksel ifadesiyle, random ve sistematik (bias) hatalardan meydana gelmiştir. Random hatalar sabit kalmayıp, numune adedi, tahlil adedi, veya numune miktarı artırıldıkça azalan hatalardır. Sistematik hatalar ise sabittir. Uygulanan metodların doğruluğuna, alet ve cihazların hassasiyetine ve tahlil yapanın tecrübe ve dikkatine bağılı olarak değişen bu hatalar, numune miktarını veya tahlil adedini arttırmakla değişmezler. Aynı şahsın, aynı metod, alet ve cihazları kullanarak bulacağı bütün tahlil neticelerinde aynı yönde ve hemen, hemen aynı miktarda tezahür ederler. Ancak her türlü biasın (tarafgirlik) ortadan kalkması halinde, bu hataların Sıfır olması söz konusu olabilir.

Numune almaya dönersek, şayet numunesi alınan kütle, bir alaşım kütüğü, cevher yığını veya sıvı karışımı vs. ne olursa olsun, tamamen homojen olsaydı, yani taayin edilecek özellikler kütlenin her yanında sabit bir değerde kalsaydı, numune almak mesele olmaktan çıkardı. Hakikatte durum tamamen bunun aksi olduğu ve özellikler bakımından bir kütle heterojen nitelik arzettiğinden numune almak büyük ehemmiyet taşıyan bir mesele olmaktadır.

Heterojen bir kütleden hangi usulle numune alınır alınsın, kütleyi tam temsil etmesi mümkün değildir. Numune almada hata olmaması imkânsızdır. Bununla beraber, gayenin tahakkuku için, bu hata gereken küçüklükte olmalıdır. Numune alırken ve analiz yaparken sistematik hataların (biasın) mümkün olduğu kadar sifıra yakın olmasına çalışılır. Numune almada sistematik hataların sifır olabilmesi için numunele-

rin tamamen random alınması şarttır. Bu, geliş güzel bir numune alma değildir. Aksine tamamen objektif olmayı gerektirir. Numunesi alınan kütlenin her zerresinin eşit alınma şansına sahip olması ancak random şartlarda sağlanabilir.

Random numune almayı ve biası daha iyi izah etmek için, kamyonlarla nakledilen konsantre krom cevherinden kürekle, daima kamyonun arka kapağına yakın kısmına küreği daldırmak suretiyle numune alındığını düşünelim. Bu tarzda alınan numune hiçbir surette kamyonun muhtevasını temsil edemez. Çünkü;

a: Kürekle ancak küreğin battığı derinlikteki daneleri almak mümkündür. Sadece o derinlikteki daneler numuneye girme şansına sahiptir. Daha derinde kalan cevher daneleri, numune alma usulünün yetersizliği yüzünden, bu işlemin dışında kalmaktadır. Neticede numuneler biaslı olmaktadır.

b. Numuneler random alınmamaktadır. Sadece kamyonun arka kapağı yakınındaki danelerin numuneye girme şansı vardır. Yükleme veya hareket esnasında daneler arasında meydana gelebilecek sınıflama, birikme gibi haller sonucu, arka kapak yakınındaki cevherin özelliği diğer kısımlardakinden farklı olabilir. Yalnız bir kısımdan numune almakla böyle bir farklılaşmaya yer verilmemiş olur.

Numunelerin temsili olabilmesi için, kürekle numune almak hatalı olduğundan, numune alma usulü değiştirilmelidir. Numune arabasının bir köşesinden alınmamalıdır. Kamyonun değişik yerlerinden alınmış küçük numunelerin birleştirilmesinden meydana getirilmelidir. Tatbik edilecek numune alma metodunda, numune almanın random olması ve bias olmaması için, kütlenin her danesinin numuneye girme şansının eşit olması sağlanmalıdır. Aksi halde biasdan kurtulmak mümkün olmaz.

Bazı hallerde, meselâ bütün neticelerde sabit olması durumunda neticelerin biaslı olmasına göz yumulabilir. Bazı hallerde de biastan doğan hata numune alma meto-

dunun getireceği hata yanında o kadar küçüktür ki, yok etmek için sarfedilen gayret lüzumsuz olur.

Biasın önlenmesinden başka numune alma hatasını küçültmek için baş vurulacak ilk çare numune miktarını büyütmektir. Bu yazımızda farklı<sup>1</sup> ebatlarda danelerden oluşan, konsantre yığınları gibi, kütlelerden numune almada ve laboratuvar numunesinin hazırlanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar ve numune miktarlarını hesaplamada kullanılan Oy (Ci) numune alma denklemi üzerinde durulacaktır.<sup>4</sup>

## 1.2. Gy Denklemi

Bir Fransız mineralogu olan Gy'nin uzun yılların tecrübesine dayanarak ileri sürdüğü numune alma denklemi halihazırda bu sahada en kullanışlı ve güvenilir netice veren bir formüldür. Denklem standard hata, numune miktarı ve mineralin özelliği arasında bir bağlantı ifade eder, ve esas şekli şöyledir;

$$s^2 = d/p' - 1/p) cd^3 \dots \dots \dots (D)$$

Denklemden;

ş = numune alma işlemindeki istatistik! nata ölçüsüdür. Kabul edilebilecek hatanın sınırını gösterir,

p' = numune miktarı,,gm.

p = numunesi alınan yığının miktarı, gm.

Ç, = numune alma sabitesi. Cevher yığınının, cevherin ve mineralin özelliklerine bağlıdır Ve = fgml, gm/cm<sup>3</sup>, olarak ifade edilir.

d = yığın içindeki en büyük dane ebadı. Yani cevher elendiğinde ağırlıkça cevherin % 5-10 kadarını geçirmeyen elek aralığıdır. Cm olarak ifade edilir.

Yığın Özelliği	«g» Değeri
— Sınıflandırılmış cevher yığını	0.10-0.35
— Üzerinin iri parçaları alınmış cevher yığını (tırmıklanmış)	0.15-0.40
— Sılamı alınmış cevher yığını	0.20 - 0.50
— Sılamı alınmış ve sınıflandırılmış yığın	0.30 - 0.80

C = fmgI eşitliğinde; ..,-...

f = şekil katsayısı. Yığını meydana getiren cevher danelerinin şekline bağlıdır.

g = ebad katsayısı, yığındaki dane ebad dağılımına bağlıdır.

m = mineral indeksi, cevher içindeki kıymetli mineral miktarına, kıymetli ve gang minerallerinin yoğunluklarına bağlıdır.

I = serbesti eşme indeksidir,

Numune alma sabitesindeki (C) faktörleri daha detaylı olarak inceleyerek cevherin, yığının ve mineralin özelliklerinin değişmesiyle ne gibi değerler aldığını görelim.

### 12.1. Şekil Katsayısı (f)

«f» nin değeri 0 ile 1 arasında değişir. Mika gibi yassı mineraller için f = 0.1 olur. Pratikte karşılaşılan hallerde çoğu , kere \*f» nin değeri .0.3 ile 0.7 arasında değişir. Normal hallerde f = 0.5 alındığı takdirde hata çok küçük olur. Altın cevherleri için \* = G.2dir.

Aşağıda değişik şekillere göre hesaplanmış «f » nin değerleri görülmektedir.

Dane Şekli	«f» Değeri
Tetrahedron	0.38
Prizmatik	0.47
Dar Açılı	0.51
Küremsi	0.54

### 1.2.2. Ebad Katsayısı, (g)

Pratikte, sınıflanmamış cevher yığını için g = 0.25 alınır. Çok dar sınırlı dane ebadı dağılımı gösteren cevher yığınları için g = 0.5 dir.

Aşağıda çeşitli özellikteki cevher yığınları için «g»nin değerleri verilmiştir.

### 12.3. Mineral İndeksi, (m)

Mineral indeksi şu formüle göre hesaplanır;

$$m = (1-a)/a[(1-a)r + at] \dots \dots (2)$$

Formülde r ve t kıymetli mineralin ve gangin ortalama yoğunlukları, a = cevherin ortalama kıymetli mineral muhtevasıdır. Ondalık olarak ifade edilir. Meselâ 10 % Fe O. O<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (kromit) ihtiva eden cevher için a = 0.10 olur. «a» nın değeri tenor analiz neticelerinden hesaplanır.

Serbestleşme Faktörü «i»  
Tüvenan Cevher ve  
Miks için  
Konsantre  
Pasa

0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02
1	4	10	40	1000	
Heterojen	Heterojen	Heterojen	Heterojen	Heterojen	Heterojen

Tablo. 1.

d = cevher yığını içindeki en büyük dane ebadı. (90-95 % cevherin geçeceği elek ebadı), cm.

### 1.3. Gy Denkleminin Uygulanması

Numune miktarı, numunesi alınan cevher yığınının miktarından çok küçükse (1) de ifade edilen denklem sadeleşerek ;

$$s^2 = Cd^3/p' \dots \dots \dots (3)$$

şeklini alır. Denklem bu şekliyle uygulandığı değişik durumları önce kısaca izah edip, daha sonra çözümlü tatbikatlara geçilecektir. Denklem değişik uygulamalarını şöyle Özetleyebiliriz;

a. Analiz hatasını tayin etmede kullanılır, özellikleri belli bir cevher yığınının alınan numuna üzerinde yapılan analizdeki hatanın hesaplanmasını sağlar.

b. Belirli özellikteki cevher yığınının, önceden tayin edilmiş hata nisbetini aşmamak için alınması gereken numune miktarı hesaplamada kullanılır.

c. Belli nisbette hatayı aşmaksızın ve belli miktarda numune almak için cevher

Mineral indeksi 90 % konsantre için 0.03 den, 0.1 % tenörlü pasa için 10 000'e kadar değişir. Bu yüzden mineral indeksi diğer katsayı ve indekslerden çok daha önemlidir.

### 1.2.4. Serbestleşme İndeksi, (I)

Serbestleşme indeksi 0 ile 1.0 arasında değişir. Tamamen homojen cevher yığınları için I = 0, tamamen heterojen hallerde ise I = 1.0 olur. Pratikte aşağıdaki tablo-ban faydalanarak «I» nin değerini bulmak kolay olur.

L = kıymetli mineralin serbestleşme ebadı, cm.

yığınının hangi ebatta olması gerektiğini (veya hangi ebada kadar kırılması gerektiğini) hesaplamaya yarar.

d. Gy denkleminin aynı zamanda laboratuvarında analiz için numune miktarının küçültülmesinde kırma, öğütme ve numuna alma işlemlerinin her kademedede ne gibi hususlara dikkat edilerek yapılması gerektiğini tayine yarar.

### 1.4. Çözümlü Uygulamalar

1. Problem Serbestleşme ebadı 0.5 mm kromit (FeOC<sup>0</sup>O<sub>i</sub>) ihtiva eden, 34.00% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü bir cevher yığınının alınan numuneyle yapılan analizde hata ne olur? Cevher yığınınındaki en büyük dane ebadı 2.5 cm ve alınan numune miktarı 10 kgm dir.

Çözümü : Verilen bilgilere göre d=2.5 cm ve P' = 10 000 gm dir. Bunları denklem (3) de yerine koyup çözümü yapmak için «C» nin bilinmesi gerekir. Bunu da C = fgm<sup>3</sup> eşitliğinden hesaplarız.

$f = 0.5$  normal şartlarda en uygun değerlerini

$g = 0.25$  alırsak,

$d/L = 25/0.5 = 50$  ( $L = 0.5$  mm olduğundan)

Bu orana göre Tablo. 1. den serbestleşme indeksi  $I = 0.08$  bulunur, «m» nin değeri, denklem (2) den hesaplanır. Yani

$m = (1 - a/a [(1 - a) r + at])$  denkleminde  $a$ ,  $r$ , ve  $t$  nin değerleri yerine konur. Cevher tenörü  $34.00\%$   $Cr^*$  olduğuna ve  $FeOCr_2O_3/Cr_2O_3$  oranı  $1.47$  olduğuna göre cevher içindeki  $\%$  kromit minerali

$34.00 \times 1.47 = 50.00\%$  olur. Bu neticeye göre  $a = 0.50$  olur.

$r = 3.5$  kromitin ortalama özgül ağırlığı,

$t = 2.5$  yantaşın ortalama özgül ağırlığı olarak alındığında

$m = 3.5$  gm/cm<sup>3</sup> bulunur. Neticede

$C = 0.030$  gm/cm<sup>3</sup> olur.

Denklem (3) de bütün bilinenler yerine konursa,

$s^2 = 0.030 \times 2.5710^4 = 4.7 \times 10^4$  ve

$s = 6.5 \times 10^{-3}$  bulunur.

«s» analiz standard hatasıdır. Hataların random olduğunu ve normal (Gaussian) dağılıma eğrisine uyduğunu kabul ederek, analiz hatası =  $s$  alınır. Analizimizin «s» den küçük hatalı olma ihtimali (probabilitesi)  $65\%$  dir. Analiz hatası  $2s$ 'e eşit alınır. Bu ihtimal  $95\%$ ,  $3s$ 'e eşit alınır. Bu ihtimal  $99\%$  olur. Yani analiz  $99\%$  ihtimalle  $3s$  den daha küçük hatalı olur. Normal hallerde  $95\%$  lik bir ihtimal kâfi olduğundan analiz hatası  $2s$ 'e eşit alınır.

Misâlimizdeki hatanın da  $2s$  olması halini kabul edersek;

$s = 6.5 \times 10^{-3}$  olduğundan  $2s = 1.3 \times 10^{-2}$  olur.

Bu durumda tenor hatası  
 $\pm 34.00 \times 1.3 \times 10^{-2}$  ( $H\%$   $Cr_2O_3$ ), yani  
 $\pm 0.44\%$   $Cr_2O_3$  olur.

Bu durumda cevherimizin tenorunu ( $34.00 \pm 0.44$ ) %  $Cr^*$  olarak yazmak gerekir. Analiz neticesi  $95\%$  ihtimalle ( $33.56 - 34.44$ ) %  $O_2O_3$  sınırlarını aşmaz. Başka bir ifadeyle, aynı şartlara sadık kalarak  $100$  numune alınıp  $100$  analiz yapılırsa, neticelerin  $95$ 'i bu sınırlar dahilinde bulunur.

2. Problem : Birinci problemi dikkate alarak numunenin yine  $10$  kgm olduğunu düşünelim. Hatanın  $95\%$  ihtimalle  $\pm 0.1\%$   $Cr_2O_3$  den büyük olmaması için cevher yığınındaki en büyük dane ebadı ne olmalıdır?

Çözümü : Verilenler,

$p' = 10$  kgm

$5 = 1.47 \times 10^{-3}$

...(34.00 x 2s % = 0.1 % eşitliğinden)

$C = fgmf$

$f$ ,  $g$  ve  $m$  1. problemdeki değerlerini muhafaza ederlerse de  $T_{in}$  değeri  $d$ 'ye bağlı olduğundan, problemi  $d$ 'ye değişik değerler vererek deneme ve yanılma metoduyla çözmek mümkün olur.

Meselâ  $d = 7$  mm kabul edip denklem (3) de bilinenleri yerine koyup eşitliği sağlamaya çalışırsak;

$2.16 \times 10^{-6} = C \times 0.7^3 / 10000$  den,

$= 0.07 \times 0.7^3 / 10000$  olur.

$= 2.4 \times 10^{-6}$

( $d = 7$  mm olduğundan,  $d/L = 15$  ve Tablo. 1. den  $Z = 0.18$  bulunur. Bu değer  $C = fgml$  de yerine konarak  $C = 0.07$  gm/cm<sup>3</sup> bulunur.)

Eşitliğin iki tarafı, görüldüğü gibi birbirine çok yakındır. Fakat emniyeti elden bırakmamak için en büyük dane ebadını ( $d$ )  $6$  mm olarak kabul etmek yerinde olur.  $d = 6$  mm olduğuna göre hesap yapılırsa eşitliğin sağ tarafı  $C \times (f/p' = 1.6 \times 10^{-6})$  bulunur.

3. Problem : Yine 1. problemi dikkate alalım. Cevher, serbestleşme ebadı olan  $0.5$  mm'ye ( $95\% - 65$  meş) öğütülmüş olsun. Analiz sonucu tenor hatasının  $95\%$  ihtimalle  $\pm 0.1\%$   $Cr^*$  olması için numune miktarı ne olmalıdır.

Çözümü : Verilenler,

$$\begin{aligned} s &= 1.47 \times 10^{-3} \\ \dots (34.00 \times 23\% &= 0.1\% \text{ eşitliğinden}) \\ s^2 &= 2.16 \times 10^{-6} \\ d &= 0.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

d'nin değeri değiştiğinden l ve C'nin de değerleri değişir. Yani, d/L = 1 ve l = 0.8 (Tablo. 1. den) olur.

f, g ve m nin değerleri 1. problemde olduğu gibidir. C'nin değeri, C = 0.3 gm/cm<sup>3</sup> olur.

Bilinenleri denklem (3) de yerine koyarak alınması gereken numune miktarı hesaplanırsa p' = 1.73 gm bulunur. Neticeden emin olmak için numune miktarının 3 gm olması daha uygundur.

Devamlı akmakta olan bir pulpten numune alındığını düşünürsek, pulpte zamanla meydana gelecek seğregasyon, tenor farklılaşması ve dane boyu dağılımı farklılaşması olacağından bir defaya mahsus alınan 3 gm'lık numune hatalı sonuç verir.

Mamafih bu miktar periyodik olarak pulpten alınması gereken asgari numune miktarı hakkında bir ön fikir vermede faydalıdır. Her defasında 5-10 gm kadar numune almak ve numune alma periyodunu pu lpte meydana gelmesi muhtemel periyodik farklılaşmaları dikkate alarak ayarlamak gerekir.

4. Problem : 3. problemdeki en büyük dane ebadının 0.5 mm yerine, cevher yığnında 5-10 % oranında + 10 cm ebadında daneler olduğunu düşünelim. Bu durumda analiz sonuçlarının aynı hassasiyette olması için alınması gereken numune miktarını hesaplayalım.

Çözümü : Verilenler,

$$\begin{aligned} s &= 1.47 \times 10^{-3} \\ s^2 &= 2.16 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d/L &= 200, l = 0.02 \dots (\text{Tablo. 1. den}), f, g \\ &\text{ve } m \text{ 'nin değerleri aynıdır,} \\ C &= 0.0075 \text{ gm/cm}^3 \end{aligned}$$

Bilinenler yerine konarak denklem (3) çözüldüğünde numune miktarı, p' = 3.47

ton bulunur. Bu netice madenden, maden arabalarından, oluklardan veya primer kırıcıya cevher nakleden bantlardan alınan numunelerin güvenilebilir olmalarının güçlüğünü gösterir.

5. Problem : 1. problemde özellikleri belirtilmiş olan 2.5 cm ebadda daneler ihtiva eden cevher yığnından alınan ana numuneyi, laboratuarda analiz numunesi hazırlamak için kademeli bir şekilde küçültmek gerekir. Küçültme işleminin üç kademede yapıldığını ve her kademede dane ebadının sıra ile 1.0 cm, 10 meş, ve 100 meşe kadar indirildiğini kabul edelim. Analiz neticesinde toplam hatanın 95 % ihtimalle  $\pm 0.2\%$  Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> den büyük olmaması için her kademede ne kadar numune alınmalıdır?

Çözümü : Ana numunenin alınışı da dahil edilirse, numune alma işlemleri dört kademede tamamlanmaktadır. Kademelerdeki en büyük dane ebatları 2.5 cm, 1.0 cm, 10 meş ve 100 meş'dir.

Standard hatanın bir özelliği; birbirine bağlı olarak ard ardına yapılan bu gibi işlemlerde, toplam standard hatanın karesi, her kademede yapılan standard hataların kareleri toplamına eşittir. Bu istatistiksel bir kuraldır. Diğer bir ifadeyle, eğer s<sub>1</sub> toplam standard hata ve s<sub>2</sub>, s<sub>3</sub>, s<sub>4</sub> vs. kademelerde yapılan standard hata ise,

$$\begin{aligned} s_1^2 &= s_2^2 + \\ &+ s_3^2 + s_4^2 \dots \dots \dots (4) \text{ olur.} \end{aligned}$$

Her kademede hatanın aynı miktarda olduğunu kabul edersek,

$$\begin{aligned} s_1^2 &= s_2^2 = \\ s_3^2 &= s_4^2 \text{ ve} \\ s_1^2 &= 4s_2^2 \text{ olur.} \end{aligned}$$

Buradan S<sub>1</sub><sup>2</sup> = s<sub>2</sub><sup>2</sup>/4 bulunur. Problemimize dönersek s<sub>1</sub> = 0.2/68 ... (0.2% = 34.00x 2s<sub>1</sub> % eşitliğinden)

$$\begin{aligned} s_1 &= 3.0 \times 10^{-3} \text{ ve } S_1^2 = 9.0 \times 10^{-6} \text{ olur.} \\ s_1^2 &= s_2^2 = \\ s_3^2 &= s_4^2 = \\ s_1^2/4 &= 2.25 \times 10^{-6} \text{ ve} \\ S_1 &= S_2 = S_3 = s_4 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ olur.} \end{aligned}$$

1. Kademe:

$$S_1 = 1.5 \times 10^{-3} \quad S_1^2 = 2.25 \times 10^{-6}$$
$$d/L = 50, \quad l = 0.08 \dots (\text{Tablo. 1. den})$$
$$d = 2.5 \text{ cm}$$
$$C = fgmZ$$
$$f = 0.5$$
$$g = 0.25$$
$$m = 3.0 \text{ gm/cm}^3$$
$$C = 0.03 \text{ gm/cm}^3$$

Verilenler denklem (3) de yerine konarak,  
 $P_1' = 208 \text{ kgm}$  bulunur.

2. Kademe :

$$s_2 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ ve } s_2^2 = 2.25 \times 10^{-6}$$
$$d = 1.0 \text{ cm}$$
$$d/L = 20, \text{ ve } l = 0.15 (\text{Tablo. 1/cten})$$
$$f, g \text{ ve } nr^{\wedge}\text{'nin de\u011ferleri aynıdır.}$$
$$C = 0.056 \text{ gm/cm}^3$$

Verilenler denklem (3) konarak \u00e7\u00f6z\u00fcm yapılırsa alınacak numune miktarı,  
 $P_2' = 25 \text{ kgm}$  bulunur.

3. Kademe :

$$s_3 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ ve } S_3^2 = 2.25 \times 10^{-6}$$
$$d = 0.165 \text{ cm (10 me\u015f)}$$
$$d/L = 3.3, \text{ ve } l = 0.5 (\text{Tablo. 1/den})$$
$$f, m \text{ ve } g\text{'nin de\u011ferleri de\u011fi\u015fmedi\u011finden}$$
$$C = 0.2 \text{ gm/\u00e7m}^3 \text{ olur.}$$

Verilenleri denklem (3) de yerine koyarak \u00e7\u00f6z\u00fcm yapılırsa, numune miktarı,  
 $P_3' = 399 \text{ gm}$  bulunur.

4. Kademe :

$$s_4 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ ve } S_4^2 = 2.25 \times 10^{-6}$$
$$d = 0.0147 \text{ cm (100 me\u015f)}$$
$$d/L = 0.3 \text{ ve } l = 0.8 (\text{Tablo. 1.*den})$$
$$f, m \text{ ve } g\text{'nin de\u011ferleri de\u011fi\u015fmedi\u011finden}$$
$$C = 0.3 \text{ gm/cm}^3 \text{ olur.}$$

Verilenleri denklem (3) de koyup \u00e7\u00f6z\u00fcm yapılırsa numune miktarı,  
 $p_4' = 0.43 \text{ gm}$  bulunur.

Bu numune miktarlarına g\u00f6re bir numune alma sistemi planlanacak olsa, bilinmeyen fakt\u00f6rleri de hesaba katmak ve neticeden daha emin olmak i\u00e7in, a\u015fa\u011fıda belirtildi\u011fi gibi, her kademe fazlaca numune almak gerekir.

1. kademe, 2.5 cm'ye kadar kırılmış cevherden, 500 kgm/vardiye,

2. kademe, 2.5 cm'den 1.0 cm'ye kırıldıktan sonra, 50 kgm,

3. kademe, 1.0 cm'den 10 me\u015fe \u00f6\u011f\u00fct\u00fcl\u00fcd\u00fckten sonra, 1 kgm,

4. kademe, 10 me\u015f'den 100 me\u015fe \u00f6\u011f\u00fct\u00fcl\u00fcd\u00fckten sonra, 50 gm, numune alınmalıdır.

Numunelerin bu miktarlarda alınmasının pratik olarak m\u00fcmk\u00fcn olup olmayaca\u011fı da d\u00fc\u015f\u00fcn\u00fclmelidir. İcab ederse aralara ba\u015fka kademeler sokulabilir, \u00f6yle bir durumda hesapların yeniden yapılması lâzımdır.

#### 1.5. Gy Denkleminin Limitleri

a. Denklem, numune almanın random yapıldığını kabul eder. Yani numunesi alınan cevher yığınının her danesi aynı seçilme \u015fansına sahiptir. Numune alma aleti veya metodunda bias olmadığı kabul edilir. Bundan dolayı Gy denklemi en iyi, akıntı halindeki pulplere, bandla nakil halindeki cevherlere ve \u00e7ok iyi karışmış daneli materyale uygulanır.

b. Denklem sadece random numune alma esnasında meydana gelen istatistik hataları dikkate alır. Bunların normal dağılım (Gauslan) eğrisine uyduğunu kabul eder. Numune alma metodunun yanlış uygulanmasından veya biasdan doğacak hatalar dikkate alınmadığından, Gy denkleminde bulunan numune miktarı teorik asgari miktardır. İyi \u00e7alışmayan numune alma makinası veya yanlış usuller neticenin biaslı olmasına sebep olur. Dolayısıyla Gy denkleminin kullanılması analiz neticelerinden emin olmak için yeterli değildir. K\u00f6t\u00fc numune alma metodları yok edilmeli, do\u011fru ve otomatik \u00e7alışan numune alıcılara ve do\u011fru numune hazırlama usullerine yer verilmelidir.

c. Gy denklemi sadece alınması gereken asgari numune miktarını belirtir. Numunenin nasıl alınacağını, pulp veya cevher akımından alırken ne kadar sık olarak

alınması gerektiğini bildirmez. Yatay ve dikey segregasyona göre bunların ayarlanması icab eder.

d. Kimyasal analizden başka bir gaye için numune alınması halinde Gy denklemi geçerli olmayabilir. Dane ebadı dağılımını tayin için alınması gerekli numune miktarını hesaplamada kullanılacak Gy'nin geliştirdiği başka bir denklem mevcuttur. Genellikle tenor analizleri için alınan numunelerle diğer özellikler, meselâ dane ebadı dağılımı, mineral muhtevası, yoğunluk vs. gibi, tayin edilecek olursa gerçek değerlerden farklı sonuçlar bulunur.

Netice olarak denebilir ki Gy denklemi ustalıkla kullanıldığında, tenor tayinleri için numune almada çok fayda sağlar. Halen geçerli olan bütün denklemlerin en gelişmiş ve en çok kullanılanı olarak kabul edilir. Kullanan şahıs cevherin özelliklerine göre denklemi ayarlayabilen, ve gerektiğinde görünmeyen hataların telâfisi için denklemin vereceği numune miktarının iki veya üç katı numune alınmalıdır. Maliyete fazla tesir edeceğinden lüzumsuz yere gereğinden fazla miktarda numune almaktan kaçınılmalıdır.

## 2. NUMUNE ALMA UYGULAMASI

Numune almanın teorik yönü ve çeşitli şartlarda alınması gerekli numune miktarının hesaplanması birinci bölümde incelendikten sonra bu bölümde ise numune almanın tatbikatı ele alınmıştır. Şüphesiz fiziksel özellikleri farklı cevher yığın veya kütlelerinden numune almada kullanılan sistem ve aletler birbirlerinden farklı olacaktır. Fakat hepsinde numunenin mümkün olduğu kadar random alınması ve temsili olması gayeleri güdülür. Hatta numune miktarının çok fazla olması, numune alma işlemlerinin fazla ameliye ve masraf gerektirmesi halinde meselenin iktisadî yönünün de düşünülmesi icab eder. Bunu da neticeye bağlı olarak verilecek kararların ehemmiyeti tayin eder.

Cevherlerin özelliklerine göre kâğıt üzerinde yapılan hesapların tatbikatta doğru

şekilde yerine getirilmesinde büyük güçlüklerle karşılaşılır. En uygun numune alma usulünün ve aletlerin düşünülmesi yanısıra, bunları biasa yer vermeksizin kullanıp, temsili numune hazırlamak, diğer bir deyişle meselenin tatbikî yanında, çok önemli bir safhayı teşkil eder.

### 2.1. Tanımlar :

Numune : Bir kütleden, kütlenin herhangi bir özelliğini tayin etmek için alınan ve tahlile tâbi tutulan kütlenin bir bölümüne numune denir.

#### Temsilî Numune :

Bir numunenin tahlil edilmesi ile elde edilen netice kütleye şamil edilirse, o numune kütlenin temsili numunesi olur. Temsili numunenin neticesi, bütün kütle tahlil edildiğinde bulunacak neticeye eşittir.

#### Numune Alma Sistemi (Frame) :

Numuneyi meydana getiren ünitelerin nasıl alınacağını izah eden talimat veya talimatlardan meydana gelmiştir. Mineral endüstrisinde en bilineni karelaj sistemidir. Bir konsantre yığınının meselâ karelaj sistemine göre kütlenin belirli yerlerine açılan sondaj deliklerinden alınan ünitelerin birleştirilmesiyle temsili ana numune meydana getirilir.

#### Random Numune Alma :

Bu, kütleleri meydana getiren bütün ünitelerin numuneye seçilme şansları eşit olacak şekilde numune almaktır.

#### Sistematik Numune Alma :

Sistematik usulde numune belirli bir periyoda uygun olarak alınır. Meselâ bir pulp akımında yoğunluğun her saat başı ölçülmesi veya nakliye esnasında her 20. arabanın numuneye ayrılması gibi. Bir cevher yığını veya kütesinden numune alırken karelaj sisteminin uygulandığı gibi. Numune alma periyodu ve cevher özelliğinin değişme periyodu arasında bir münasebet olmadığı



takdirde sistematik alınan numuneler çok doğru neticeler verir, Mineral endüstrisinde çok yaygın olarak kullanılan sistematik usul zamana, mekâna veya her ikisine göre devri (cyclic) olabilir.

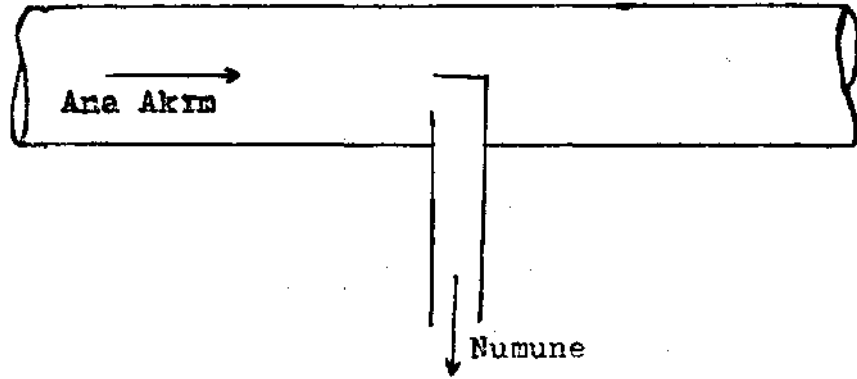
Gruplandırarak Numune Alma :

Cevher yığını önce küçük gruplara ayrılır. Grupların özelliklerinin çakışmadığı, hepsinin birleşimi ana yığının özelliğini meydana getirdiği kabul edilir. Her gruptan alınan numunelerle yapılan tahlillerden ana yığının özelliği hakkında bir netice çıkarılır. Şayet grup özelliği yığın özelliğinden daha homojen ise gruplandırarak alınan numuneler, basitçe alınan numuneden daha doğru netice verir. Endüstride sık, sık uygulanan gruplandırma usullerinden biri cevheri elemek suretiyle belirli dane ebadlarına ayırmaktır.

## 2.2. Numune Alma Usulleri

Materyalin fiziki durumuna en müsait numune alma usulü uygulanmalıdır. Fiziki özelliklerine göre materyalleri şöyle sınıflandırmak mümkündür.

- i. Saf sıvıları,
- ii. Süspansiyon veya pulpier,
- iii. Islak katılar,
- iv. Kuru katılar.



Seki 1.1.

2.3.2. Pulp, Islak ve Kuru Katılar  
Bu materyallerin özellikleri akım yö-

Hareketlilik yönündende materyaller akan ve duran (statik) üzere iki kısımda incelenebilirler.

## 2.3 Akan Materyallerden Numune Alma

### 2.3.1. Saf Sıvılar

Genellikle akan saf sıvıların (misibil sıvı karışımları ve eriyikler de dahil) kompozisyonları sıvının her yanında sabit kaldığı kabul edilebilir. Bu yüzden sıvının akış yönüne dik kesitin herhangi bir kısmını numune olarak almakda bir mahzur olmaz. Şekil. 1. de görüldüğü gibi bu, sıvı içine bir yan boru sokarak yapılabilir. Boru yerleştirilirken etrafında durgun alan meydana gelmemesini dikkat etmelidir. Aksi halde zamanla sıvıda olacak değişimler gözden kaçabilir. Ana numune biraz fazlaca alınarak küçültmeye tâbi tutulur. Fazla kısmı geri ilâve edilir. Bu şekilde alınan numuneler daha iyi netice verir.

Numuneler hacimsel olarak alınmış olacakları için, sıvı yoğunluğunda zamanla değişme hasıl olursa, periyodik alınan numunelerin ağırlıkları farklı olur. Bu sebepten sabit hacim artışı şeklinde numune almak, sabit ağırlık artışı şeklinde almaktan daha yaygındır.

nüne dik kesit alanı içinde farklı değerler alabilir. Dolayısıyla kesitin bir kısmını de-

ğil, tamamını numuneye almak gerekir. Materyal özelliklerinin akım yönünden random olarak değiştiği kabul edilirse, numune giriş ağızı sabit açıklıkta tutulan bir numune alma aleti akan materyal içinden, sabit hızla akım yönüne dik geçirilerek güvenilir bir numune almak mümkün olur. Numune alma aletini sabit hızla hareket ettirmekle materyalin belli kalınlıktaki bir diliminin her elemanı eşit zaman artışı ile alınmış olur. Böylece numunenin bütün hacimsel elemanlarının eşit seçilme şansı ile alınması sağlanır.

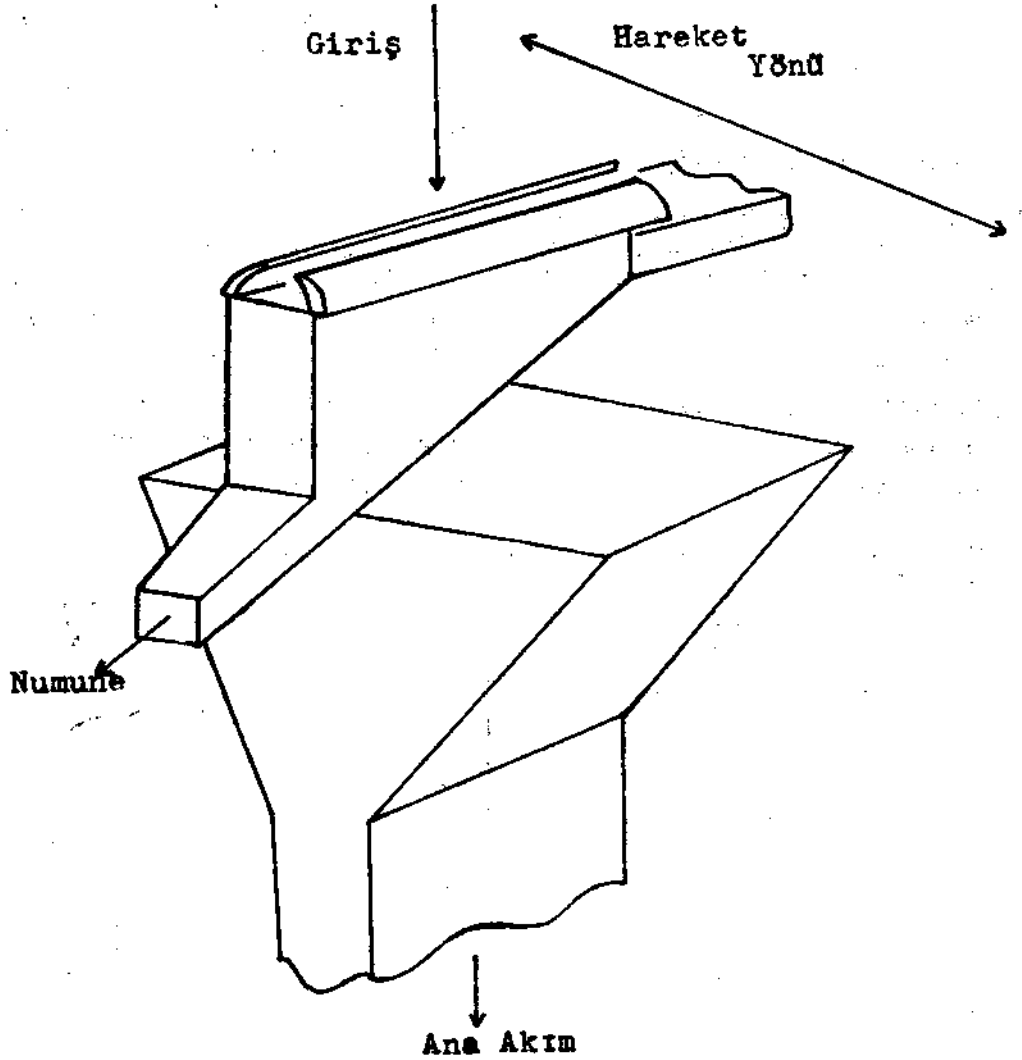
Materyal özelliklerinin büyük farklılaşmaları göz önünde tutularak, ana numune

fazlaca alınır ve bilâhère küçültülür. Yavaş akan materyallerden fazla miktarda numunenin alınması, bunun için de numune alma aletinin giriş ağzının geniş aralıklı yapılması gerekir.

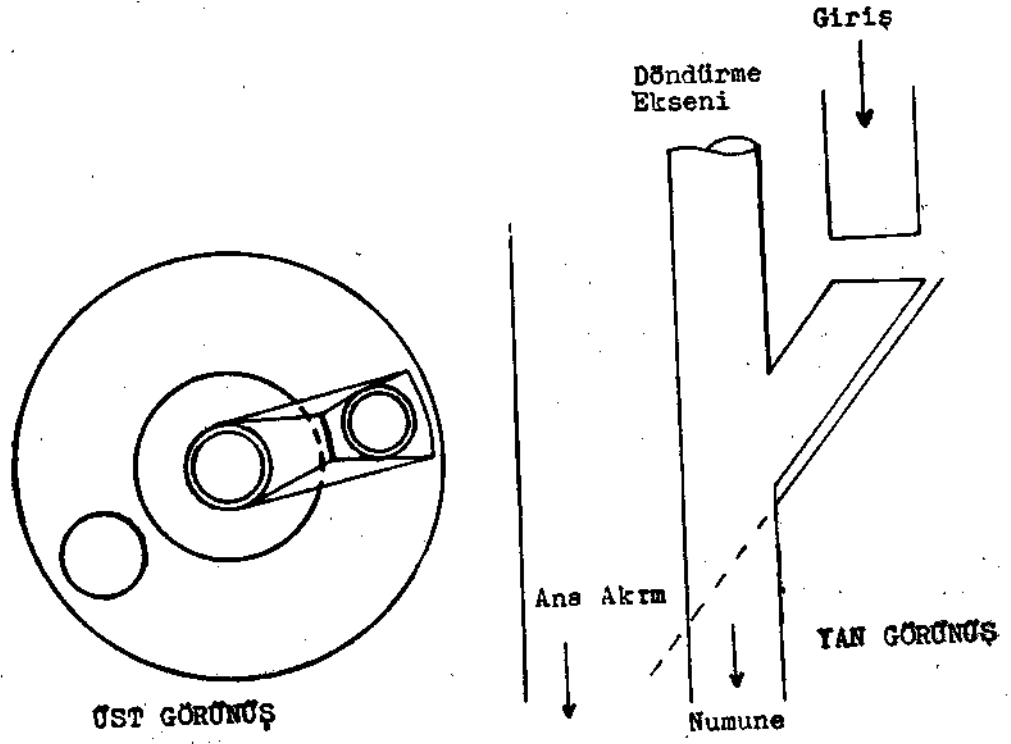
### 2.3.3. Numune Alma Aletleri

#### i. Liner Numune Alma Aleti

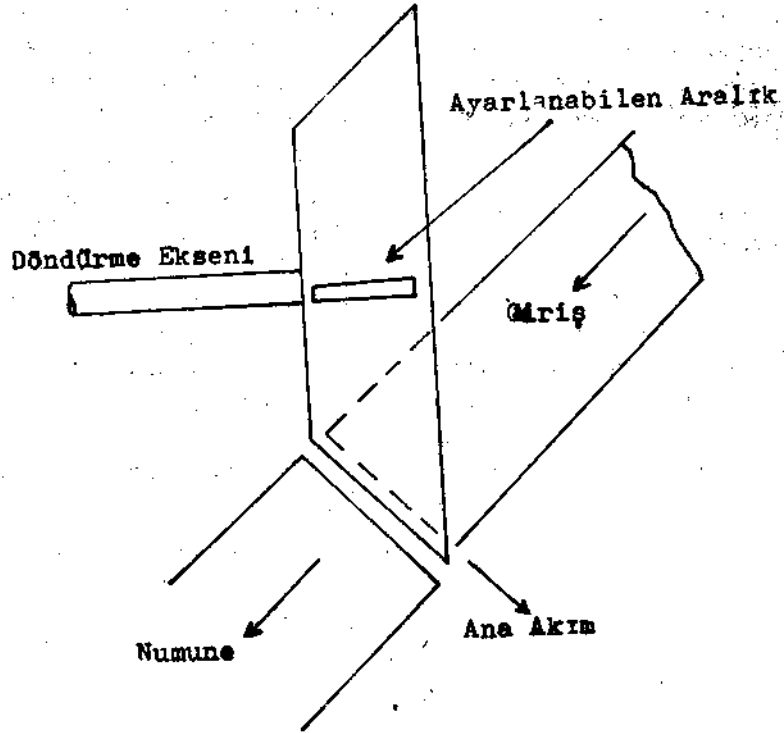
Şekil. 2. de görülen bu tip numune alıcılar, geniş kesitli akıntılardan numune almada kullanılır. Numune alma aletinin ağız genişliği akıntı içindeki en büyük danenin geçebileceği şekilde ayarlanır. Aletin akıntı içinden geçişi gerekli numune miktarını



**Şekil.2.**



Sekil.3.



Sekil.4.

alacak şekilde olmalıdır. Aralık dar olursa, küçük danelerin geçme şansı büyük danelerinkinden fazla olacağından numune hatalı olur.

#### ii. Döner Numune Alma Aletleri

a. Vezin Tipi : Bunlar pulp ve ıslak katı materyallerden numune almada kullanılırlar, Şekil. 3. Aletin numuneyi kesen ağız genişliği materyalin aktığı boru genişliğindedir. Kesici döndüğünde akmakta olan materyalin bütün bir dilimini numune olarak keser. Kesicinin frekansı gerekli numune miktarına göre ayarlanır.

b. Snayder Tipi : Bu alette yatay bir eksene bağlı olarak dönen, yan yüzünde ayarlanabilen aralıklar bulunan bir koni kullanılır. Geniş dane boyu dağılımı veya değişen yoğunluğu olan materyaller için uygun değildir.

#### iii. Konveyör Banddan Numune Alma

Konveyör bandın giriş ve çıkışları numune almak için en uygun yerlerdir. Bu mümkün değilse bandın münasip bir yerinden, belirli uzunlukta bir dilimin hepsini numune kâbına sıyırmak gerekir. Çok çukur bandlar için kullanışlı olmayan bu tür numune alma usulü endüstride pek yaygın değildir.

#### iv. Numune küçültme Aleti (Jone's Riffle)

Miktarı değişmeyen yığınlar veya akan materyaller için kullanışlıdır. Alete akıtılan materyal, birbirinden ayrılmış oluklar vasıtasıyla ikiye ayrılır. Çok yaygın olan bu aletin kullanılışında, her küçültme safhasında materyalin aynı kısmının ayrılan numuneye gitmemesine dikkat etmelidir. Materyal alete çok muntazam şekilde akıtılmalıdır. Akıntı kesiti içinde her türlü birikim numunenin biaslı olmasına sebep olur.

#### 2.3.4. Akan Materyallerden Numune Almada Mühim Hususlar

Akan materyallerden numune alırken dikkat edilecek hususlardan biri, materyal

özelliklerinin periyodik değişmesi ile numune alma frekansı arasında bir çakışma olmamasıdır. Meselâ vezin tipi numune aletin devri, vibrasyonlu besleyici frekansının bir as katı veya katı ise numuneye sadece hep iri veya hep küçük danelerin girmesine sebep olur. Yine meselâ konveyör banda akan materyal periyodik olarak bandın bir yanında daha fazlaca yığılıyorsa, liner numune aletin devri, bu periyodla çakışmayacak şekilde ayarlanmalıdır.

i. Numune Miktarı : Tahliller statik numuneyle yapılıyorsa, alınacak numune ölçüsü tahlile giren numune hacmi ve numune alma denkleminin verdiği toplam numune miktarına bağlıdır. Lüzumundan fazla numune almaktan kaçınmak için cevher özelliklerinin farklılaşması iyi bilinmelidir. Hareket halindeki materyal içinde otomatik aletlerle periyodik olarak devamlı tahlil yapılması durumunda, ise tahlil yapan aletin tesirli numune hacmi (effective volume) bilinmelidir. Meselâ \*— ışınları ile çalışan otomatik bir cihazın tesirli materyal hacmi, cihazın bir tahlil yapışı esnasında tahlil haznesinden geçen materyal miktarıdır. Bu miktar tahlil haznesinin hacminden çok fazla olacağından ve dolayısıyla tahlil esnasında materyalin özelliği değişeceğinden, netice ayrıca hatalı olur.

ii. Numune Alma Frekansı : Bazı Hâllerde tahlile giren numune hacmi sabit kaldığından ve sınırlayıcı faktör olduğundan, sık, sık numune almak mümkündür. Numune adedi artırılmasına rağmen standard sapma ve numune alma hatası, uzun zaman boyunca alınan tek bir numune nin hatasından büyük olur.

#### 2.4. Statik (duran) Materyallerden Numune Alma

Cevher kütleleri ve cevher yığınlarından numune alma hususunda çok çalışma yapılmıştır, özel haller için literatüre başvurmak gerekir.

Çoğu kere sondajla karelâj sistemine göre numune alınır. Bu gibi hallerde sondajın özelliklerine ve çalışılan zemine dik-

kat etmek lâzımdır. Sondaj deliği suyla yıkamaya tâbi tutulursa segregasyon olabilir. Eğer zemin yumuşak, gevrek veya ıslaksa, alt seviyelerde kalan numune yukarıdan gelecek döküntü ile kirlenebilir.

Yığınlarda segregasyon olağandır ve dolayısıyla numune almak güç olur. Büyük parçalar tabana yuvarlanmış, ufaklar ise su ile aşağı kısımlara veya daha ötelere taşınmış olabilir. Bazı yığınlarda kimyasal reaksiyon sonucu kütle içinde yer, yer kompozisyon değişmesi mümkündür. Böyle hallerde yapılacak en doğru şey, pahalı olsa da, yığının her yerini tahlil etmektir. Numune miktarı Gy denkleminde hesaplanmışsa şayet, bu miktar yığın veya kütleli sistemli bir şekilde her yerinden küçük numuneler alarak meydana getirilmelidir.

Konsantre veya küçük daneli cevher stoklarından numune alırken özel şekilde yapılmış borular kullanılır. Karelâj sistemiyle tayin edilen yerlere numune alma borusunu stok kalınlığına çakarak alınan numuneler birleştirilir. Gerekirse konileme ve dörtleme usulüyle küçültülür.

Yükleme sırasında numune almak zorunluğu varsa, loderin her kamyon yükleyişinden sonra yükleme yapılan kısımdan, ağız düz bir kürekle, kesit yüksekliğince sıyrarak almak doğru olur.

iri parçalı roş cevher stoklarından numune alırken, numune miktarı yine Gy denk-

leminden hesaplanabilir. Konsantre stoklarından numune alırken yapıldığı gibi karelâj sistemi uygulanır. Karelâj sistemiyle tayin edilen yerlere bir insan girebilecek genişlikte kuyular açılarak numune alınır. Gerekirse kuyulara tahkimat yapılır. Roş cevher stoklarından numune almada uygulanan diğer bir usul de kuyu açmak yerine, stok boyunca hendekler açarak numuneyi hendeklerden almaktır. Elde loder gibi bir vasıta varsa bu usulle numune almak daha kolay olur.

#### 2.4.1. Küçük Yığınlardan Numune Alma

Konsantreden alınan ana numunenin küçültülmesi veya laboratuarda tahlil numunesinin hazırlanması buna iyi misâl teşkil eder. Yığın içindeki her danenin eşit seçilme şansını garanti etmek için yığının tamamen karışmış olması gerekir. Miktarına göre saç levha veya kâğıt üzerinde iki tarafa yuvarlamakla, kürek, kaşık veya spetula ile aktarmakla materyal iyice karışırsa da segregasyonun önüne geçilemez. Bu yüzden yığın konik şekle getirilir. Dairesel simetri hakim olacağından dörtleme usulüyle numune almak mümkün olur. Veya, koni şeklindeki yığının çevresinden eşit aralıklarla alınan küçük numuneler merkezden alınan numuneyle birleştirilerek yığının temsili numunesi hazırlanır.

#### KAYNAKLAR:

1. Ottley, D. J., Gy's Sampling Slide Rule, World Mining, August, 1966.
2. William G. Cochran, Sampling Techniques, Published by J. Wiley, 1953.
3. A. Bekişoğlu, K., Maden İşletmeciliği, Cilt, 1., sf: 129-156 Neşreden : Etibank, 1959.
4. Pantony, D. A., A Chemist's Introduction to Statistics, Theory of Errors, and Design of Experiment, Published by Royal Inst, of Chem., London, England, (1961).
5. Read, D. R., Statistical Methods with Special Reference to Analytical Chemistry, Published by ibid, 1950.
6. Mr. Beaven'in Ders Notları, Dept. of Mineral Technology, Imperial College, London, 1968.
7. Gy, P. M., Revue de l'Industrie Minerale, No: 607, Vol. 35, April, 1959.