

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ  
DERGİSİ



SERİ B. CİLT V. SAYI I. 1955

## KAZI VE DOLDURULARIN HESABINDA KULLANILAN BAZI METOTLAR

Yazan: Dr. Orhan UZUNSOY

Bu yazının hazırlanmasında H. Threlfall'un «A Text-Book on Surveying and Levelling» isimli eserinde «Cuttings and Embankments» başlığı<sup>1)</sup> altında verdiği izahat esas alınmış, fakat formüller ve metodların izahı eserde sadece bazı hususî hallere münhasır bırakıldığından, bunların umumileştirilmesi maksadile geniş ölçüde tadilat ve ilâvelerde bulunmuştur.

Metinde yol inşa projelerinin tanzimi için enine profillerin çizilmek-sizin hesabına ait formüllerin çıkarılmasında yol sathı ve sandığının meyilsiz ve bombesiz olması, banketler ve su hendeklerinin yol genişliğine ithal olunarak su hendekleri alanlarının hesaplardan hariç tutul-ması, arazi hattının bir doğru veya sadece eksen kazığında bir kırıklı, kazı ve dolduru şiv nisbetlerinin aynı olduğu farzı gibi arazi ve proje hatlarına ait bazı sadelikler kabul edilmiştir. Bu itibarla bu formüllerin, neticelerde geniş ölçüde sıhhatin esas tutulduğu kesin projelerden zi-yade, işlerde sür'at ve sadeliğin, neticelerde kâfi bir takribiyetin kabul edildiği avan projelerin tanzimi için elverişli olduklarını ilâve etmeliyiz.

### GENEL DÜŞÜNCELER

Tasarlanan bir yol güzergâhına ait uzunluk profili çizildiği zaman bu profil üzerinde yol ekseninin (kırmızı hat) seyri, a) tahrik edilecek kazı toprağı, lâzım gelen dolduruya mümkün olduğu kadar eşit, ve b) meyil-ler önceden tâyin edilen âzami meyilden küçük olacak şekilde doğrular-la gösterilir.

Bir yolun meyli, yol ekseninin ufukla teşkil ettiği açının tanjanı ola-rak verilir ve genel olarak 1/100, 3/100 gibi bir nisbet (orantı) ile ifade edilir. Bu meyil nisbetleri, yol sathının her 100 m. yatay mesafede 1 veya 3 m. yükseldiğini veya alçaldığını gösterir.

1) H. Threlfall: A Text-Book on Surveying and Levelling. London 1945. London: Charles Griffin and Company, Limited, 42 Drury Lane, W.C.2. Sahife: 158 - 183 d.

Yol sandık zemini seviyesi, yol sathının genel olarak 60 sm., orman yollarında 30 - 40 sm. aşağısındadır.

Verilen bir yol ekseninde ilk noktanın kotu ve eksenin meyli bilindiği takdirde, arazi hattı (siyah hat) üzerindeki başka herhangi bir noktada kırmızı hattın kotu, bu noktanın meylin başladığı ilk noktadan olan yatay mesafesini meyil nispeti ile çarpmak ve böylece elde edilen miktarla ilk noktanın kotunun cebirsel toplamını almak suretile bulunur.

Bu suretle eğer ilk noktanın kotu 37,60 m. ve meyil %2 çıkış ise, meylin başladığı bu ilk noktadan 75 m mesafede bulunan bir noktada kırmızı hattın yâni yol ekseninin kotu:

$$+ \frac{2}{100} \cdot 75 + 37,60 = 39,10 \text{ m ;}$$

meyil %3 iniş ise bu ilk noktadan 150 m. mesafedeki bir noktada kırmızı hattın kotu:

$$- \frac{3}{100} \cdot 150 + 37,60 = 33,10 \text{ m olur.}$$

Tabiidir ki, herhangi bir noktada yol eksenini arazi hattının altında kaldığı takdirde bir kazı, üzerinde kaldığı takdirde ise icap eden seviyeye kadar bir dolduru lâzım gelecektir. Buna göre de herhangi bir noktadaki kazı derinliği veya dolduru yüksekliği, o noktada arazi hattına ait kot'tan kırmızı hatta ait kotun çıkarılmasıyla elde edilir. Çıkan neticenin negatif olması bir dolduruya, pozitif olması ise bir kazıya delâlet eder.

### ŞİV KAZIKLARININ ARAZİDE İŞARETLENMESİ

Yolun inşasına girişmeden önce, dolduru şivi ayaklarının ve kazı şivi uçlarının (şiv hatlarının arazi hatlarını kestiği noktalar, yâni şiv kazıkları) arazi üzerinde işaretlenmesi mühendisin vazifesidir.

Bu iş, genel olarak, herbir enine profilede yol proje genişliğinin yol ekseninin iki tarafında kalan kısımlarını (kısmî genişlikler) araziye geçirmek suretile yapılır<sup>1)</sup>. Bu kısmî genişlikler, herbir enine profil için,

<sup>1)</sup> Yol proje genişliği, herbir enine profilede E ve D şiv kazıkları arasındaki mail veya yatay mesafelerdir (Şekil 2 a, b de ED veya ES + PD). Bunun eksen kazığı C nin sol ve sağında kalan kısımlarına yolun mail veya yatay kısmî genişlikleri (EC ve CD, veya ES ve PD) yahut kısaca, kısmî genişlikler diyeceğiz. Bunlar da ait oldukları şiv kazıklarının eksen kazığından yukarıda veya aşağıda bulunmasına göre yukarıdaki veya aşağıdaki kısmî genişlikler olarak tarif edilecek; ve enine profile ait kısmî genişlikler için de aynı tâbirler kullanılacaktır.

enine profil tersimatı üzerinde yapılacak ölçmelerle veya hesap yolu ile veyahut bizzat arazide belirli bir ölçme metodu ile tâyin edilir.

Yol ekseninin iki tarafındaki kısmî genişliklerin toplamına, şivler boyunca yapılacak koruma çitleri (Şekil: 1) için bırakılacak ihtiyat paylarının (2f) ilâvesi ile herbir enine profilde yolun inşası için gerekli arazi genişliği, ve bu genişliklerden de yolun inşası için tahsisi lâzım gelen arazi sathı (alanı) hesaplanabilir. Bu gerekli arazi genişliği, a) yol genişliğine (su hendekleri dahil), b) kazının derinliğine veya doldurunun yüksekliğine, c) seçilen şiv meyline, d) çitler için ayrılacak ihtiyat payına (f) tâbi olacaktır.

Bunlardan yolun genişliği, yolun inşasında gözetilen maksada göre kararlaştırılır.

Hesaplarda kolaylık olmak üzere, şiv meylini (r), kazı veya dolduru şiv sathlarının ufukla teşkil ettiği açının kontanjani olarak  $1\frac{1}{2} : 1$ ,  $2 : 1$ ,  $3 : 1$  gibi bir orantı ile ifade edelim. Bu suretle şiv sathı  $1\frac{1}{2}$ , 2 veya 3 metrelik herbir yatay mesafe için 1 m yükselir veya alçalır demektir<sup>1)</sup>. Şiv meylinin miktarı, kazılan kitlenin veya dolduru materyalinin mahalindeki tabii duruşunda kendi kendisini daimî olarak tutabildiği âzami meyline tâbidir ve ondan azdır. Şehirlerde olduğu gibi, arazinin pahalı olduğu yerlerde şivler, yerlerini istinat duvarlarına; ve doldurular çok defa viadüklere bırakırlar.

### A) Kısmî Genişliklerin Hesap Yolu İle Bulunması

Enine profillerdeki arazi hattının az çok bir doğru olduğu farzedilirse yol boyunca bütün enine profillerin çizilmesine lüzum kalmaksızın<sup>2)</sup> bu profillere ait kısmî genişliklerin ve alanların hesabı mümkündür. Bu usul, aşağıda gösterilen muhtelif hallere göre izah edilecektir. Bunlarda:

- w = Yol genişliği (kazıda su hendekleri dahil)
- d = Kazı derinliği veya dolduru yüksekliği
- r = Şiv meyli
- h/l = Enine profilde arazi hattının meyli
- f = Enine profil kenarlarında yapılacak çit için ayrılan ihtiyat payıdır.

**I. HAL:**  $h=0$  yani arazi hattı yatay, ve  $d=0$  yani yol proje hattı arazi hattına muntabık olduğu takdirde:

1) Şiv nisbetleri, bilindiği üzere, umumiyetle bunun aksi olarak ifade edilir.

2) Metnin başında da belirtildiği üzere bu keyfiyet, sadece avan projeler için varit olabilir.

$$\text{Yolun herbir kısmi proje genişliği} = \frac{w}{2} \quad (1)$$

$$\text{Enine profilin herbir kısmi genişliği} = \frac{w}{2} + f \quad (2)$$

$$\text{ve enine profilin genişliği} = 2 \left( \frac{w}{2} + f \right) = w + 2f \quad \text{olur.} \quad (3)$$

**2. HAL:** Sadece  $h = 0$  olduğu takdirde, şekil: 1 a, b nin tetkikinden görüleceği üzere:



Şekil: 1 a, b

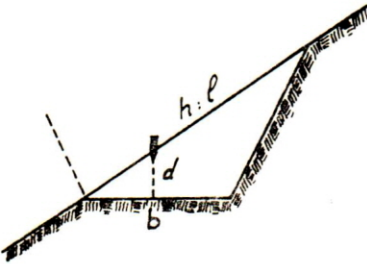
$$\text{Yolun herbir kısmi proje genişliği} = \overline{HF} + \overline{FC} = \frac{w}{2} + r \cdot d \quad (4)$$

$$\text{Enine profilin herbir kısmi genişliği} = \overline{HF} + \overline{FC} + f = \frac{w}{2} + r \cdot d + f \quad (5)$$

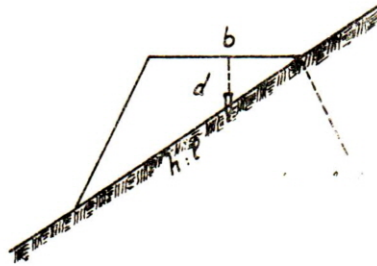
$$\text{ve enine profilin genişliği} = 2 \left( \frac{w}{2} + r \cdot d + f \right) \text{ olur.} \quad (6)$$

**3. HAL:** Arazi hattı şekil: 2 a, b de görüldüğü gibi mail bir doğru, ve enine profil sadece bir kazı (Şekil: 2 a) veya sadece bir dolduru (Şekil: 2 b) profili olduğu takdirde<sup>1)</sup>:

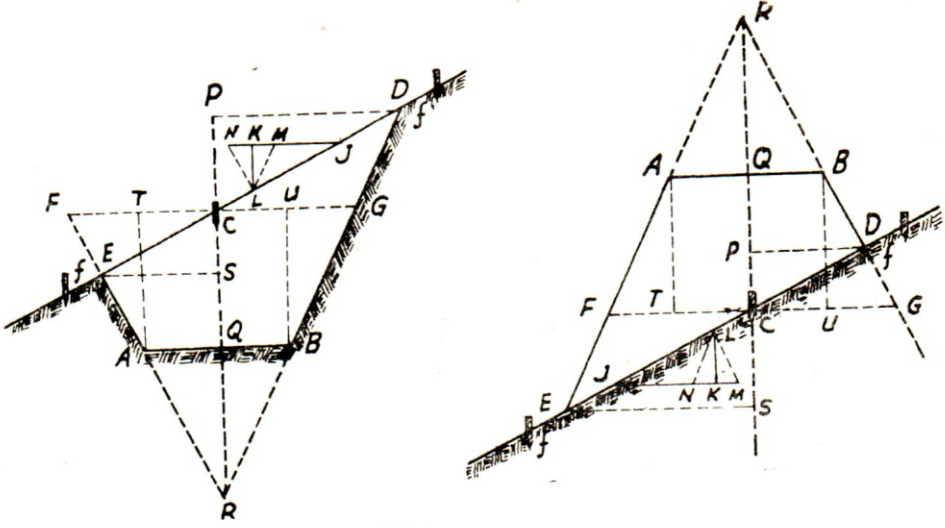
<sup>1)</sup> Bu durumun mevcudiyeti,  $\frac{h}{l} \leq \frac{2d}{b}$  olması ile anlaşılır (Şekil: I, II). Burada:  $b$  = su hendekleri hariç yol genişliğidir.



Şekil: I



Şekil: II



Şekil: 2 a, b

Bunun için arazi hattının herhangi bir J noktasından lâalettayın uzunlukta bir yatay JK doğrusu çizelim. K noktasından çizilen bir düşey doğru, arazi hattı DE yi bir L noktasında kessin. L noktasından BD ve EA şiv hatlarına LM ve LN paralellerini çizerek  $JK = l$ ,  $KL = h$  ve  $LJ = S$  diyelim. Buna göre:

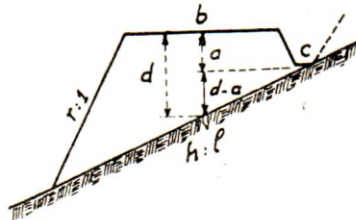
$$\overline{LJ} = \sqrt{h^2 + l^2} = S \text{ olur.}$$

Tetkik ettiğimiz durumda mail kısmî genişlikler CD ve CE, yatay kısmî genişlikler ise ES ve PD dirler.

Dolduru profillerinde profilin dağ tarafında bir su hendeği ve dolayısıyla bir kazının icap etmeyeceği haller ise

$$\frac{h}{l} \leq \frac{d-a}{\frac{b}{2} + r \cdot a + c}$$

olduğu hallerdir (Şekil: III). Burada: a = Yol eksenini ile hendek tabanı arasındaki kot farkı, c = hendeğin taban genişliğidir.



Şekil: III

Bunlardan evvelâ yukarı tarafa ait mail ( $\overline{CD}$ ) ve yatay ( $\overline{PD}$ ) kısmî genişlikleri hesap edelim. Bunun için  $CDG$  ve  $LJM$  üçgenlerinin benzerliğinden (Şekil: 2 a, b):

$$\frac{\overline{CD}}{\overline{CG}} = \frac{\overline{LJ}}{\overline{MJ}} ; \overline{CD} = \frac{\overline{CG} \cdot \overline{LJ}}{\overline{MJ}} \quad (7)$$

yazılarak,  $\overline{CG} = \overline{CU} + \overline{UG} = \frac{w}{2} + r \cdot d$ ;  $\overline{LJ} = S$

ve şekil: 2 a daki gibi bir profil için

$\overline{MJ} = \overline{KJ} - \overline{KM} = l - r \cdot h$  konulmak suretile sadece kazıdan ibaret böyle bir enine profil için yukarı tarafa ait mail kısmî genişlik:

$$\overline{CD} = \frac{\left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right)}{l - r \cdot h} \quad \text{olarak bulunur.} \quad (8)$$

Diğer cihetten,  $PDC$  ve  $KJL$  üçgenlerinin benzerliğinden, yolun yukarı tarafa ait yatay kısmî proje genişliği:

$$\overline{PD} = \overline{CD} \cdot \frac{\overline{KJ}}{\overline{LJ}} = \frac{\left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right) S}{l - r \cdot h} \cdot \frac{l}{S} = \frac{\left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right) l}{l - r \cdot h} \quad (9)$$

olarak bulunur. Bu genişliğe koruma çitleri için ayrılacak  $f$  payının ilâvesile enine profilin yukarı tarafta yatay kısmî genişliği

$$E_y = \frac{\left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right) l}{l - r \cdot h} + f \quad \text{bulunur.} \quad (10)$$

Sadece doldurudan ibaret bir enine profilde ise (7) numaralı ifadede  $\overline{MJ} = \overline{KJ} + \overline{KM} = l + r \cdot h$  olduğu cihetle (Şekil: 2 b),  $\overline{CD}$ ,  $\overline{PD}$  ve  $E_y$  nin eşitliklerinde paydalarına  $l - r \cdot h$  yerine  $l + r \cdot h$  yazmak kâfidir.

Aşağı tarafa ait kısmî genişliklere gelince: Şekil: 2 a ve 2 b de  $CEF$  ve  $JLM$  üçgenlerinin benzerliğinden

$$\frac{\overline{CE}}{\overline{CF}} = \frac{\overline{LJ}}{\overline{NJ}} ; \overline{CE} = \frac{\overline{CF} \cdot \overline{LJ}}{\overline{NJ}} \quad (11)$$

yazılarak  $\overline{CF} = \overline{CT} + \overline{FT} = \frac{w}{2} + r \cdot d$ ;  $\overline{LJ} = S$

ve şekil: 2 a gibi bir profil için

$$\overline{NJ} = \overline{JK} + \overline{KN} = l + r \cdot h \quad \text{konulmak suretile sırf}$$

kazıdan ibaret böyle bir enine profil için aşağı tarafa ait mail kısmı genişlik:

$$\overline{CE} = \frac{\left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right) S}{l + r \cdot h} \quad \text{olarak bulunur.} \quad (12)$$

Diğer cihetten ESC ve KJL üçgenlerinin benzerliğinden

$$\overline{ES} = \overline{CE} \cdot \frac{\overline{KJ}}{\overline{LJ}}$$

yazılıp değerleri yerine konularak böyle bir profilde yolun aşağı tarafa ait yatay kısmı genişliği:

$$\overline{ES} = \frac{\left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right) l}{l + r \cdot h} \quad \text{bulunur.} \quad (13)$$

Bu genişliğe koruma çitleri için ayrılacak f payının ilâvesi ile enine profilin aşağı taraftaki yatay kısmı genişliği

$$E_a = \frac{\left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right) l}{l + r \cdot h} + f \quad \text{olur.} \quad (14)$$

Sadece doldurudan ibaret bir enine profilde ise (11) numaralı ifadede  $\overline{NJ} = \overline{KJ} - \overline{KN} = l - r \cdot h$  olduğu cihetle (Şekil: 2 b),  $\overline{CE}$ ,  $\overline{ES}$  ve  $E_a$  nin eşitliklerinde paydalarına  $l + r \cdot h$  yerine  $l - r \cdot h$  koymak kâfidir.

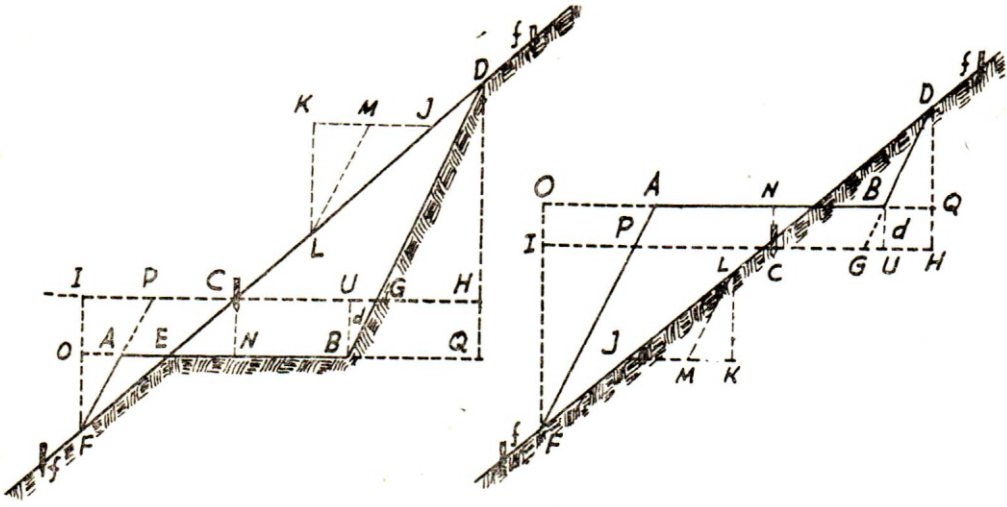
Son olarak, enine profilin ve dolayısıyla yolun inşası için tahsisi yerrekli arazinin yatay tam genişliği:

$$\begin{aligned} E = E_y + E_a &= \frac{\left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right) l}{l - r \cdot h} + \frac{\left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right) l}{l + r \cdot h} + 2f = \\ &= \frac{2l^2 \left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right)}{l^2 - r^2 \cdot h^2} + 2f \end{aligned} \quad (15)$$

olmuş olur.

**4: HAL:** Arazi hattı kırksız mail bir doğru, ve enine profilin bir kısmı kazı, bir kısmı dolduru olduğu takdirde:





Şekil: 3 a, b

$d > 0$  ise: yani C noktasında arazi hattının kotu, kırmızı hattın kotundan yüksek ise (Şekil: 3 a), bu vaziyette yukarı taraf sadece kazıdan ibaret olur ve bu tarafa ait  $\overline{CD}$ ,  $\overline{CH}$  ve  $\overline{CH} + f$  kısmî genişlikleri 3 üncü halin Şekil: 2 a durumundaki, yine yukarı tarafa ait kısmî genişlikler gibi, yâni sırasıyla 8, 9 ve 10 numaralı formüllerle hesap edilebilir.

Aşağı tarafa ait kısmî genişlikler ise, CPF ve JML üçgenlerinin benzerliğinden

$$\frac{\overline{CF}}{\overline{CP}} = \frac{\overline{JL}}{\overline{JM}}; \quad \overline{CF} = \frac{\overline{CP} \cdot \overline{JL}}{\overline{JM}} \quad \text{yazılıp}$$

$$\overline{CP} = \overline{GP} - \overline{GC}, \quad \overline{GP} = w, \quad \overline{GC} = \overline{GU} + \overline{UC} = \frac{w}{2} + r \cdot d$$

$$\overline{CP} = w - \left( \frac{w}{2} + r \cdot d \right) = \frac{w}{2} - r \cdot d, \quad \overline{JL} = S, \quad \overline{KJ} = l, \quad \overline{KL} = h$$

$$\overline{JM} = \overline{KJ} - \overline{KM} = l - r \cdot h \quad \text{konulmak suretile}$$

Aşağı tarafta yolun mail kısmî genişliği

$$\overline{CF} = \frac{\left( \frac{w}{2} - r \cdot d \right) S}{l - r \cdot h}; \quad (16)$$

ICF ve KJL üçgenlerinin benzerliğinden yine bu tarafta yolun yatay kısmî genişliği

$$\overline{CI} = \overline{CF} \cdot \frac{\overline{JK}}{\overline{JL}} = \frac{\left(\frac{w}{2} - r \cdot d\right) S}{1 - r \cdot h} \cdot \frac{l}{S} = \frac{\left(\frac{w}{2} - r \cdot d\right) l}{1 - r \cdot h}; \quad (17)$$

Enine profilin yatay kısmî genişliği

$$E_a = \overline{CI} + f = \frac{\left(\frac{w}{2} - r \cdot d\right) l}{1 - r \cdot h} + f; \quad (18)$$

ve enine profilin yatay tam genişliği ise

$$E = \overline{CI} + \overline{CH} + 2f = \frac{\left(\frac{w}{2} - r \cdot d\right) l}{1 - r \cdot h} + \frac{\left(\frac{w}{2} + r \cdot d\right) l}{1 - r \cdot h} + 2f$$

$$E = \frac{w \cdot l}{1 - r \cdot h} + 2f \text{ olarak bulunur.} \quad (19)$$

$d < 0$  ise: yani C noktasında arazi hattının kotu kırmızı hattın kotundan aşağı ise (Şekil: 3 b), bu vaziyette profilde aşağı taraf tamamen doldurudan ibaret olur. Ve bu tarafa ait  $\overline{CF}$ ,  $\overline{CI}$  ve  $\overline{CI} + f$  kısmî genişlikleri 2 inci halin şekil: 2 b durumundaki aşağı tarafa ait kısmî genişlikler gibi 12, 13 ve 14 numaralı formüllerde  $1 + r \cdot h$  yerine  $1 - r \cdot h$  koymak suretile, yani sırasile yine 8, 9 ve 10 numaralı formüllerle hesap edilebilir.

Yukarı taraf ise kazı ve doldurudan teşekkül eder ve bu tarafa ait  $\overline{CD}$ ,  $\overline{CH}$  ve  $\overline{CH} + f$  kısmî genişlikleri, Şekil: 3 a daki aşağı tarafa ait kısmî genişlikler için verilen 16, 17 ve 18 numaralı formüllerle; enine profilin yatay tam genişliği de yine 19 numaralı formülle hesap edilebilir.

$d = 0$  olması halinde ise (Boyuna profilde kırmızı hattın siyah hattı kestiği noktalar, yani geçit profilleri) kısmî genişlikler, 8, 9, 10 ve 16, 17, 18 numaralı formüllerde  $d = 0$  konulmak suretile hesap edilebilir. Bu halde burada farzettığımız gibi, kazı ve dolduru şiv nisbetleri aynı olduğu takdirde, yukarı ve aşağı tarafa ait kısmî genişlikler birbirine eşit olurlar.

NOT: Kazı ve dolduru şiv nisbetleri aynı olmadıkları takdirde 15 ve 19 numaralı formüller kullanılmayarak, enine profilin yatay tam genişliği, profilin yukarı ve aşağı tarafa ait yatay kısmî genişliklerini ayrı ayrı hesap etmek ve bunların toplamını almak suretile bulunmalıdır.

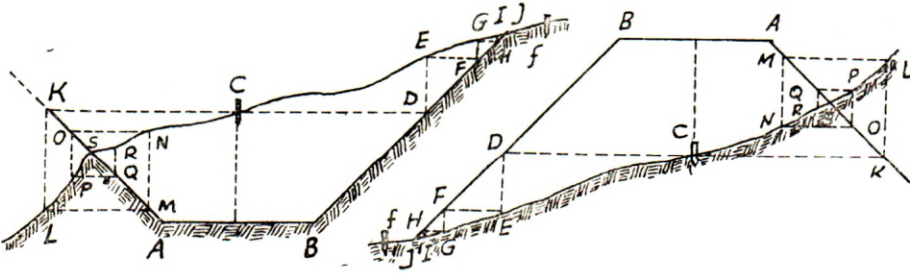
### B) Kısmî Genişliklerin Ölçme Yolu İle Bulunması

Enine profilde arazi hattı çok kırıklı ve gayrimuntazam olduğu takdirde kısmî genişlikler, evvelden verilebilecek formüllerle doğrudan doğruya hesaplanamazlar. Böyle bir halde bunlar ya enine profil çizildikten

sonra tersimat üzerinden ölçülerek, yahut ölçme lâtaları veya bir nivo kullanarak tatbik olunacak bir yaklaşma metodu veya tecrübi metod ile bizzat arazide tâyin olunur.

**1. Enine profil tersimatı üzerinde:** Bunun için evvelâ enine profil seçilen bir ölçkle çizilerek şiv hatlarının arazi hattını kestiği noktalar bulunur. Sonra bunların eksen noktasına olan mesafeleri tersimat üzerinden ölçkle araziye geçirilecek şiv kazıkları tesbit olunur.

**2. Yaklaşma metodu ile:** Bu maksatla, evvelâ, arazi hattının yatay bir doğru olduğu farzı ile 2. hal için verilen 4 No. lu formül ile yol için takribî değerde bir yatay kısmî genişlik ( $\overline{KC} = \overline{CD}$ ) hesap olunur. Bu kısmî genişlikler ölçme lâtaları ile eksenin iki tarafında araziye geçirilerek L ve E noktaları (Şekil: 4 a, 4 b), ve bunların eksen kazığı C ile olan kot farkları ( $\overline{ED}$  ve  $\overline{KL}$ ) bulunur. Bu E ve L noktalarına ilk röperler diyelim. Görüldüğü üzere bunlar, yolun şiv hatları (veya uzantıları) üzerinde C ile aynı seviyede olan D ve K noktalarının arazi hattındaki iz düşümleridir (Şekil: 4 a).



Şekil: 4 a, b

Buna göre E ve L ilk röperlerinden birinin C ile aynı seviyede olması halinde bu ilk röper, arazi hattındaki izdüşümü olduğu şiv hattına ait noktaya intibak eder; yani bulunduğu tarafta şiv hattının arazi hattını kestiği nokta (şiv kazığının yeri) olur.

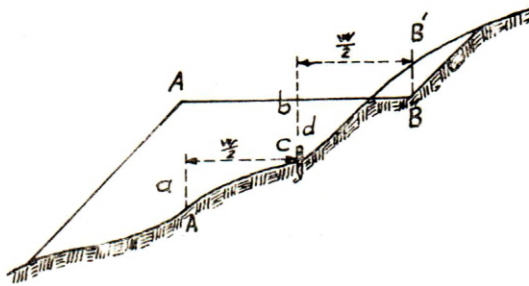
E ve L ilk röperleri C ile aynı seviyede olmadıkları takdirde bunların şiv hatları üzerinde kendileriyle aynı seviyede bulunan F ve M noktalarına olan mesafeleri, sırasıyla,  $\overline{EF} = r \cdot \overline{ED}$  ve  $\overline{LM} = r \cdot \overline{KL}$  dir. Burada  $r =$  şiv nispeti, ED ve KL ise E ve L'nin C den olan kot farklarıdır. Bu mesafeler ait oldukları ilk röperden itibaren ölçme lâtaları ile yatay olarak araziye geçirildikte G ve N noktaları, ve herbirinin kendisinden evvelki ilk röperden olan kot farkı bulunur.

İkinci röperler diyebileceğimiz bu noktalar, şiv hatları üzerinde E ve L ilk röperleri ile aynı seviyede olan sırasıyla F ve M noktalarının arazi hattındaki izdüşümlerdir.

Aynı surette, şayet bu ikinci röperlerden biri enine profilin aynı tarafındaki ilk röperle aynı seviyede ise, bu ikinci röper, yukarıda anlatıldığı üzere, profilin bu tarafında arazi hattının şiv hattını kestiği nokta (şiv kazığının yeri) olur. Aksi halde aralarındaki  $\overline{GF}$  ve  $\overline{NM}$  kot farkına, ve şiv meyline ( $r$ ) dayanarak arazide bu ikinci röperlerden itibaren itibaren  $\overline{GH} = r \cdot \overline{GF}$ ,  $\overline{NO} = r \cdot \overline{NM}$  alınarak, şiv hatları üzerinde ikinci röperlerle aynı seviyede olan H ve O noktalarının arazi hattındaki izdüşümleri, yani I ve P üçüncü röperleri ve bunların herbirinin kendisinden evvelki röperden olan kot farkı bulunur. Ve böylece, **ameliyeye, enine profilin aynı tarafında kendisinden evvelki röperle aynı seviyede olan röperi buluncaya kadar devam olunur**; bu röper, profilin bu tarafına ait şiv kazığının yerini gösterir.

Bu kaide, enine profilin sadece kazı veya sadece doldurudan, veya kısmen kazı ve kısmen doldurudan mürekkep olabildiği her hali için kabili tatbiktir. Bununla beraber, 2 inci, 3 üncü ilâh... röperlerin bulunması için hesap edilen yatay mesafelerin bir evvelki röperden itibaren ölçme lâtalarile araziye hangi cihette geçirileceği hususu, a) enine profilin yukarıda bahsedilen durumuna, ve b) röperin bir evvelki röperden olan kot farkının negatif (iniş) veya pozitif (çıkış) olmasına göre kararlaştırılır<sup>1)</sup>. Şöyle ki, profilin evvelâ bir tarafında, sonra diğer tarafında olmak

1) Kazı derinliği veya dolduru yüksekliğine  $d$  dersek, bir enine profilin yukarıda sayılan durumlardan hangisine uyduğu, arazide şöylece tahkik olunabilir: Bunun için önce enine profilin alındığı istikamette olmak üzere eksen kazığı C nin iki tarafında yolun nısıf genişlikleri  $\left(\frac{w}{2}\right)$  ölçme lâtalarile araziye geçirilerek A' ve B' noktaları ve bunların C ile olan kot farkları ( $a$  ve  $b$ ) bulunur (Şekil: IV).



Şekil: IV

Eğer ( $d$ ) nin işareti bir dolduruva delâlet ediyorsa bu kot farklarının C den kenara doğru bir iniş gösterdiği A tarafı profile sadece dolduru alanından; bir çıkış gösterdiği B tarafı ise, mutlak değerce  $b \leq d$  olması halinde yine sadece dolduru,  $b > d$  olması halinde kısmen kazı ve kısmen dolduru alanından mürekkep olduğu kabul edilir. Arazi hattının yol genişliği AB yi kestiği D noktası (ve-

üzere mesafe ölçmeleri eksen kazığından ilk röperde, ilk röperden ikinci röperde doğru, ilâh... yapıldığına göre, ölçmede takip edilen bu seyre «Ölçme Ciheti», profilin sol veya sağ kenarından eksen kazığı C ye doğru olan cihete «içeri», aksi cihete ise «dışarı» dersek:

sadece kazıdan ibaret bir enine profile, bir röperden bir sonraki röperde bulmak için hesap edilen yatay mesafe, bulunulan röperin bir evvelki röperden olan kot farkının ölçme cihetinde negatif (iniş) olması halinde içeri (C ye) doğru, pozitif (çıkış) olması halinde ise dışarı doğru;

Sadece doldurudan ibaret bir enine profile ise, tersine olarak, bu yatay mesafeler, kot farkının ölçme cihetinde negatif olması halinde dışarı doğru, pozitif olması halinde içeri (C ye) doğru olan cihette araziye geçirilmelidir.

Kısmen kazı ve kısmen doldurudan mürekkep olan enine profillere gelince: profilin eksen kazığı C den itibaren sadece kazıdan veya sadece doldurudan ibaret olan tarafında sadece kazı veya sadece doldurudan ibaret olan profiller için anlatıldığı şekilde hareket olunur. Profilin kısmen kazı ve kısmen doldurudan mürekkep olan tarafında ise, eksen kazığı C den itibaren bu tarafa doğru yolun kısmî genişliği yerine sadece yol genişliği yatay olarak araziye geçirilip ilk röper bulunduğundan sonra, ameliyeye sadece kazıdan ibaret profiller için anlatıldığı şekilde devam olunur.

Misâl: Şekil: 4 a daki gibi sadece kazıdan ibaret bir profile yolun genişliği  $w = 9 \text{ m}$ , kazı derinliği  $d = 3,60 \text{ m}$  ve şiv nispeti  $r = 2/1$  olsun. Buna göre arazi hattının yatay olduğu farzı ile yolun takribî kısmî genişliği  $\overline{CD} = \overline{CK} = \frac{w}{2} + r \cdot d = \frac{9}{2} + 2 \times 3,60 = 11,20 \text{ m}$ , eksen kazığı C den itibaren sola ve sağa doğru araziye yatay olarak araziye tatbik olunmak suretile L ve E ilk röperleri ve bunların C ile olan kot farkları bulunur.

E nin kotu C nin kotundan  $0,90 \text{ m}$  fazla olsun. Buna göre arazide  $\overline{EF} = 0,90$ .  $r = 0,90 \times 2 = 1,80 \text{ m}$  mesafesi E den itibaren yatay olarak dışarı doğru alınmak suretile G röperi; ve bunun kotu E nin kotundan  $0,30 \text{ m}$  fazla ise G den itibaren yatay  $\overline{GH} = 0,30 \times 2 = 0,60 \text{ m}$  mesafesi yine

ya noktaları) ise arazide AB doğrusu boyunca C ye olan yatay mesafesi  $\left(\frac{w}{2}\right)$  den küçük ve kotu C den  $d$  kadar büyük olan noktanın tespiti ile bulunur. (d) nin işareti bir kazıya delâlet ediyorsa a ve b kot farklarının C den kenara doğru bir çıkış gösterdiği B tarafı profile sırf kazı alanından; iniş gösterdiği A tarafı ise  $a \leq d$  olması halinde yine sırf kazıdan,  $a > d$  olması halinde ise kısmen kazı ve kısmen doldurudan mürekkep olduğu kabul edilir. Arazi hattının AB yi kestiği nokta ise arazide AB boyunca C ye olan yatay mesafesi  $\left(\frac{w}{2}\right)$  den küçük, ve kotu C den  $d$  kadar az olan noktanın tespiti suretile bulunur.

dışarı doğru alınarak I röperi; ve bunun kotu G den 0,08 m fazla ise arazide I den itibaren yatay  $\overline{IJ} = 0,08 \times 2 = 0,16$  m mesafesi yine dışarı doğru alınarak J noktası bulunur. J noktası kendisinden bir evvelki röper olan I ile aynı seviyede olsun. Buna göre şiv kazığı J noktasında; ve yolun enine profilin bu tarafındaki yatay kısmi genişliği  $= 11,20 + 1,80 + 0,60 + 0,16 = 13,76$  m bulunur.

Profilin sol tarafında L nin kotu C nin kotundan 1,20 m küçük ise, — dışarı doğru alınacak mesafelere pozitif, içeri doğru alınacaklara negatif işaret verildikte —, arazide L den itibaren  $\overline{LM} = -1,20 \times 2 = -2,40$  m mesafesi yatay olarak içeri (C ye) doğru alınmak suretiyle N röperi; ve bunun kotu L den 0,60 m büyük ise N den itibaren  $\overline{NO} = +0,60 \times 2 = +1,20$  m yatay mesafesi dışarı doğru alınarak P röperi; bunun kotu N den 0,30 m küçük ise,  $\overline{PQ} = -0,30 \times 2 = -0,60$  m içeri doğru alınarak R röperi; ve bunun kotu P den 0,09 m fazla ise  $\overline{RS} = +0,09 \times 2 = +0,18$  m dışarı doğru alınarak S noktası bulunur. Ölçme sonunda S noktası R ile aynı seviyede bulunmuş olsun. Buna göre profilin bu tarafına ait şiv kazığının yeri S noktası; yolun yatay kısmi genişliği  $= 11,20 - 2,40 + 1,20 - 0,60 + 0,18 = 9,58$  m; ve enine profilin yatay tam genişliği:  $E = 13,76 + 9,58 + 2 f = 23,34 + 2 f$  olur.

**3. Tecrübî metot ile:** Enine profile ait şiv kazıklarının yerlerini, bir nivo ile şeritmetre kullanarak, arazide tecrübî bir ölçme metodu ile bulmakta kabildir. Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da umumiyetle demiryolu inşaatında kullanılan bu metot, bundan evvelkinin daha müttekâmil bir şeklidir:

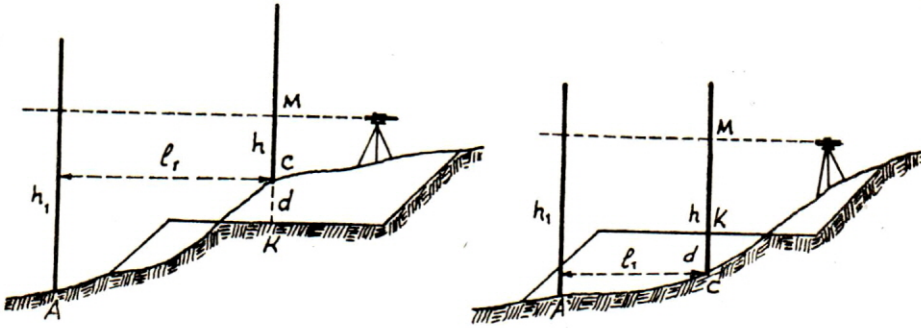
Metodun tatbikinde nivo, enine profile hâkim bir yere kurulup tesviye edilerek, arazi hattındaki eksen noktası C de tutulan bir miraya rasat yapılır ve mira okuması ( $h = \overline{MC}$ ) kaydolunur.

Diğer cihetten, boyuna profilden kırmızı ve siyah hatların bu enine profil noktasındaki kotları, aralarındaki kot farkı (d), ve bunun işareti tesbit edilir.

Sonra, işaretinin (+) olması, yani eksen kazığı C de bir kazıya delâlet etmesi halinde bu d kot farkı, C deki mira okuması h ya ilâve olunarak; veya işaretinin (—) olması, yani C de bir dolduruyu icap ettirmesi halinde h mira okunmasından çıkarılarak; kısaca, h ile d nin cebirsel toplamı alınarak, miranın C yerine kırmızı hatta ait eksen noktası K da tutulabilmesi halinde mirada okunması lâzım gelen miktar ( $h+d$ ) elde olunur (Şekil: 5 a da  $\overline{MK} = \overline{MC} + \overline{CK}$ , Şekil: 5 b de  $\overline{MK} = \overline{MC} - \overline{KC}$ ).

Bunu müteakip, mira, enine prof'ıl alınan istikamette olmak üzere şiv hattının arazi hattını kestiği tahmin edilen A gibi bir noktada tutula-

rak yapılan mira okuması ( $h_1$ ) kaydedilir ve bu A noktasının eksen kazığı C ye olan yatay mesafesi ( $l_1$ ) arazide şerit metre ile ölçülür.



Şekil: 5 a b

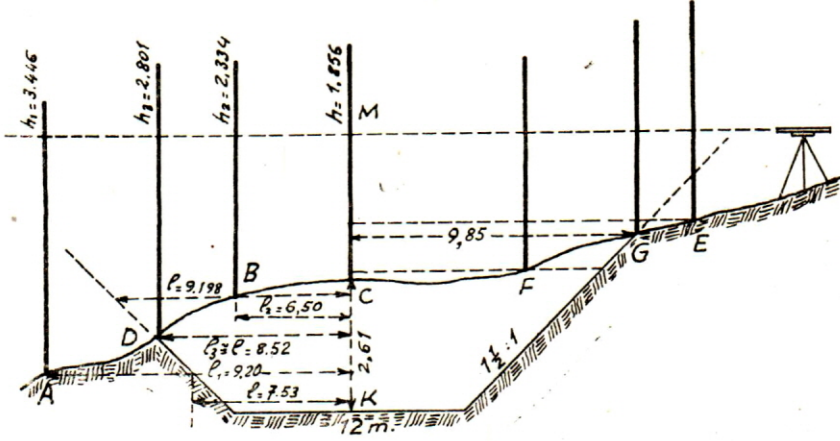
Nihayet, bu A noktasının kırmızı hatta ait eksen noktası K dan olan kot farkı  $d_1 = (h + d) - h_1$ ; ve buna göre hakikaten arazi hattının şiv hattını kestiği nokta olması halinde A noktasının C ye olması icap eden yatay mesafesi  $l = \frac{w}{z} + r \cdot d_1$  hesap edilir. Şu halde A nın C ye olan ve arazide ölçülerek bulunan  $l_1$  mesafesi, hesapla bulunan bu  $l$  mesafesine yeter bir takribiyetle eşit olmalıdır. Aksi halde, yani  $l_1 > l$  olması halinde A daki mira, C ye daha yakın,  $l_1 < l$  olması halinde ise daha uzak başka bir noktaya gönderilerek, ameliyeye  $l_1 = l$  olan noktayı buluncaya kadas devam, ve bu nokta şiv kazığının yeri olarak tesbit olunur.

**NOT: 1** — İşlerde beyhude vakit kaybına meydan vermemek için, şiv kazıklarının yerlerini ararken mira noktaları olarak, sırf kazıdan ibaret enine profillerde mira okuması  $h + d$  den fazla; sırf doldurudan ibaret profillerde mira okuması  $h + d$  den az olan noktalar seçilmemelidir.

**NOT: 2** — C deki mira okuması  $h$ , dolduru yüksekliği  $d$  den daha küçük olduğu takdirde, kırmızı hatta ait eksen noktası K ile, mira okuması  $h_1$  olan A noktası arasındaki kot farkı,  $(h - h_1)$  ile  $d$  nin cebirsel toplamını almak suretile,  $d_1 = d + (h - h_1)$  olarak bulunur. Burada  $d$  nin işareti negatif olduğundan,  $(h - h_1)$  değerinin negatif olduğu takdirde  $d$  ye ilâve edileceği, pozitif olduğu takdirde ise  $d$  den çıkarılacağı tabiidir.

**Misâl:** Şekil: 6 daki gibi bir enine profilde yol genişliği  $w = 12$  m , şiv nispeti  $1\frac{1}{2} : 1$ , arazi hattına ait eksen noktası C de tutulan miradaki okuma  $h = 1,856$  m , ve boyuna profilden alınan bu enine profil mevkiinde kırmızı ve siyah hatlar arasındaki kot farkı  $d = 2,61$  m olsun.

Buna göre kırmızı hatta ait eksen noktası K da tutulabildiği farzedilen miradaki okuma:



Şekil: 6

$$h + d = 1,856 + 2,61 = 4,466 \text{ m} \quad \text{olur.}$$

A noktası arazi hattının şiv hattını kestirdiği nokta olarak tahmin edilmiş, bu noktadaki mira  $h_1 = 3,446 \text{ m}$  okunmuş, ve bu noktanın C ye (dolayısıyla K ya) olan yatay mesafesi arazide şeritmetre ile  $l_1 = 9,20 \text{ m}$  olarak ölçülmüş olsun. O halde A noktasının K dan olan kot farkı:  $d_1 = (h + d) - h_1 = 4,466 - 3,446 = 1,02 \text{ m}$  ve enine profilde yolun bu kazı derinliğine tekabül eden yatay kısmî genişliği, yani, şiv kazığının yeri olması halinde A noktasının C ye olması icap eden yatay mesafesi

$$l = \frac{w}{2} + r \cdot d_1 = \frac{12}{2} + 1\frac{1}{2} \cdot 1,02 = 6 + 1,02 + 0,51 = 7,53 \text{ m} \text{ olarak}$$

bulunur ki, arazide A nın C ye olan yatay mesafesi  $l_1 = 9,20 \text{ m}$  olarak ölçülmüş olup bu mesafe hesapla bulunan  $l$  mesafesinden çok fazla olduğu cihetle mira, bu defa C ye daha yakında bulunan bir B noktasına gönderilecektir.

B deki mira okunması  $h_2 = 2,334 \text{ m}$  ve bunun C ye olan yatay mesafesi arazide  $l_2 = 6,50 \text{ m}$  olarak ölçülmüş olsun. Buna göre B nın K dan olan kot farkı  $d_2 = (h + d) - h_2 = 4,466 - 2,334 = 2,132 \text{ m}$ , ve buna tekabül eden yatay kısmî genişlik

$l = \frac{w}{2} + r \cdot d_2 = 6 + 2,132 + 1,066 = 9,198 \text{ m}$  olarak bulunur ki, arazide ölçülen  $l_2 = 6,50 \text{ m}$  yatay mesafesi bundan kısa olduğu cihetle, mira, bu defa B den de kaldırılarak ondan daha uzakta fakat A dan daha yakın bir D noktasına gönderilecek demektir.



D deki mira okuması  $h_3 = 2,801$  m, ve bunun C ye olan yatay mesafesi arazide  $l_3 = 8,52$  m olarak ölçülmüş ise, D noktasının K dan olan kot farkı  $d_3 = (h + d) - h_3 = 4,466 - 2,801 = 1,665$  m, ve buna tekabül eden yatay kısmî genişlik

$l = \frac{w}{2} + r \cdot d_3 = 6 + 1,665 + 0,833 = 8,498$  m olarak bulunur ki, bu uzunluk, D nin C ye olan ve arazide ölçülerek bulunan yatay mesafesine ( $l_3 = 8,52$  m) yeter bir takribiyetle eşit olduğundan aranan şiv kazığının yeri D noktasından ibaret olur.

Enine profilin sağ tarafa ait şiv kazığı G ise E, F, ... gibi noktalarda yapılan tecrübi ölçme ve hesaplar sonunda, yine yukarıdaki gibi bulunur. G nin K dan olan kot farkı  $3,204$  m, ve bu noktaya (yani arazide C ye) olan yatay mesafesi  $9,85$  m olarak bulunmuş olsun.

Buna göre enine profilin yatay tam genişliği, yani yolun inşası için tahsisi icap eden arazinin yatay genişliği

$$E = 8,52 + 9,85 + 2 f = 18,37 + 2 f \text{ m. olur.}$$

Enine profile ait bu noktalar böylece bulunduktan sonra bunlar ölçme karnesine aşağıdaki tarzda kaydolunurlar.

Sol Şiv kazığı	Eksen kazığı	Sağ Şiv kazığı
$\frac{+ 1,665}{8,52}$	$\frac{+ 2,61}{1 + 416}$	$\frac{+ 3,204}{9,85}$

Burada şiv kazıklarına ait hanelerde orantıların paylarındaki sayılar, m cinsinden olarak, şiv kazıklarının kırmızı hatta ait eksen noktası K dan olan kot farklarını, paydalarındaki sayılar şiv kazıklarının yine bu noktaya olan yatay mesafelerini; eksen kazığına ait hanede ise paydaki sayı boyuna profile bu enine profil mevkiindeki kırmızı ve siyah hatların kot farkını, yani C deki kazı derinliği veya dolduru yüksekliğini, paydadaki ise enine profilin yolun baş noktasına olan mesafesini (km cinsinden) göstermektedir.

Nivo ile ölçmenin güç veya imkânsız olduğu fazla meyilli, ârızalı ve kapalı arazide, yukarıda anlatılan tecrübi metod, ölçme lâtaları ile tatbik olunur. Bunun için arazide, yine aynı şekilde şiv kazığı olduğu tahmin edilen noktaların kırmızı hatta ait eksen noktası K dan olan kot farkları ve bu noktaya olan yatay mesafeleri ölçülür. Şiv kazığının yeri, ölçülen mesafesi bu kot farkına göre hesap edilen yatay kısmî genişliğe eşit olan noktadır.

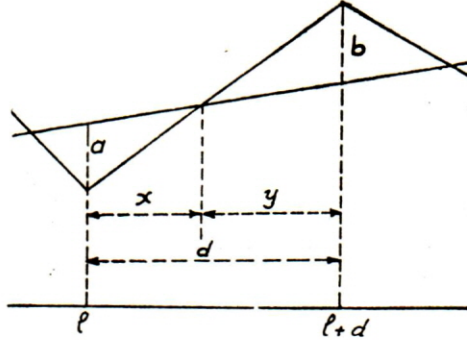
## GEÇİT NOKTALARININ BULUNMASI

Boyuna profilde yol eksenini boyunca kırmızı hattın arazi hattını (siyah hat) kestiği noktaların yerleri, bir evvelki ve bir sonraki enine profil mevkilerinde siyah ve kırmızı hatlar arasındaki kot farklarına (a, b) ve bu iki profil mevkii arasındaki yatay mesafeye (d) göre (Şekil: 7):

$$\frac{y}{x} = \frac{b}{a} ; \frac{x+y}{x} = \frac{a+b}{a}$$

ve  $x + y = d$  konularak

$$x = \frac{a \cdot d}{a + b} ; y = \frac{b \cdot d}{a + b}$$



Şekil: 7

ifadeleri ile tâyin olunur. Bu noktaya, yol eksenine ait **geçit noktası** diyeceğiz. Bu nokta enine profil alınması icap eden bir nokta olup, **geçit profili** diyebileceğimiz bu profilin yolun baş noktasına olan yatay mesafesi  $l+x$  olarak; ve kırmızı hattın meyli  $\%p$ , ve bunun bir evvelki profildeki kotu  $A$  ise, bu hattın geçit profilindeki kotu  $= A + x \cdot \frac{p}{100}$  olarak bulunur.

Birçok hallerde kırmızı hattın arazi hattını yol eksenini boyunca kestiği geçit noktalarından başka, birbirini takip eden enine profiller arasında yolun kenar noktalarını birleştiren ve yolun sol kenar hattı ve sağ kenar hattı diyebileceğimiz hatların arazi hattını kestiği noktaların da tesbiti istenebilir.

Yolun sol veya sağ kenar hattına ait bu geçit noktaları, enine profilin ait oldukları tarafında kazıdan dolduruya veya doldurudan kazıya geçtiği noktalardır ve yerleri, araziye daha önce çakılmış olan şiv kazıklarının seyirinden kaba olarak istihraç edilebilir. Fakat tam olarak yerleri ancak tecrübî bir ölçme yolu ile tâyin olunabilir.

Bunun için, arazide, yol eksenine yolun nısıf genişliği kadar mesafede olmak üzere, aranan noktanın yeri olduğu tahmin edilen bir noktaya mira tutulur. Bu noktadaki okuma  $h_1$  olsun. Bu noktaya yolun nısıf genişliği kadar yatay mesafedeki eksen kazığında yapılan mira okuması  $h$ , ve bu eksen kazığındaki kazı derinliği veya dolduru yüksekliği  $\pm d$  ise, tecrübe edilen noktanın hakikaten aranan geçit noktası olması için  $h_1 = h \pm d$  olması icap eder. Aksi halde, hem yol ekseninden yolun yarı genişliği kadar yatay mesafede; ve hem de mira okuması, yolun sandık zeminindeki eksen noktasında tutulabildiği farzedilen mira okumasına eşit olan noktayı buluncaya kadar tecrübeye devam olunur. Yolun bombeli veya çukur kesitli olması halinde sandık zeminine ait eksen noktası ile kenar noktası arasındaki kot farkı  $\pm a$  ile gösterildikte, tahakkuku aranan eşitlik  $h_1 = h \pm d \pm a$  şeklini alır.

Birbirini takip eden iki enine profil arasında yolun kenar hattı boyunca bir boyuna profil alındığı farzedilirse, bu profilde arazi hattı bir doğru olduğu takdirde yolun kenar hatlarına ait geçit noktalarının yerleri hesap yolu ile de bulunabilir.

Meselâ 16 m genişliğinde ve sandık zemini yatay olan bir yolun 300 ve 400 üncü metrelerindeki iki profil mevkiini nazarı itibara alalım. Boyuna profilde 300 üncü metredeki noktada arazi hattının kotu 24,40 m, kırmızı hattın kotu 22,99 m, ve arazinin enine profil istikametindeki meyli sola doğru  $h/l = 1/2$  (yani %50) iniş; 400 üncü metrede boyuna profilde arazi hattının kotu 27,27 m, kırmızı hattın kotu 23,40 m, ve arazinin enine profil istikametindeki meyli sola doğru  $h/l = 1/4$  (yani %25) iniş olarak tesbit edilmiş olsun. Buna göre:

300 üncü metredeki enine profil mevkiinde sol tarafta eksen kazığından  $\frac{16}{2} = 8$  m yatay mesafede yol sandık zemininin kotu, bu zemine ait eksen noktasının kotuna eşit, yani 22,99 m; arazi hattının kotu ise  $24,40 - 8 \times 0,50 = 20,40$  m; ve o halde yolun sol kenar hattı boyunca alındığı düşünülen boyuna profilde bu mevkiide siyah ve kırmızı hatlar arasındaki kot farkı:  $a = 20,40 - 22,99 = -2,59$  m dir.

400 üncü metredeki enine profil mevkiinde yine sol tarafta eksen kazığından  $\frac{16}{2} = 8$  m yatay mesafede yol sandık zemininin kotu, bu zemine ait eksen noktasının kotuna eşit, yani 23,40 m; arazi hattının kotu ise  $27,27 - 8 \times 0,25 = 25,27$  m; ve o halde yolun sol kenar hattı boyunca bu mevkiide siyah ve kırmızı hatlar arasındaki kot farkı:  $b = 25,27 - 23,40 = +1,87$  m dir.

Görülüyor ki siyah ve kırmızı hatlar arasındaki kot farkı müteakip iki profilin birinde (+), diğesinde (—) işaretlidir. O halde bu iki profil arasında yolun sol kenar hattına ait bir geçit noktası vardır, ve bu hat

boyunca arazi hattının bir doğru olmaması halinde bu geçit noktası 1 den fazla da olabilir. O takdirde bu noktalar yukarıda anlatılan tecrübî ölçme yolu ile bulunur.

Arazi hattı bir doğru olsun. Bu halde aralarında  $d=400-300=100$  m yatay mesafe bulunan bu iki enine profil arasında bir tane geçit noktası mevcut olup, bu nokta 300 üncü metredeki profile

$$x = \frac{a \cdot d}{a + b} = \frac{2,59 \times 100}{2,59 + 1,87} \cong 58 \text{ m mesafede,}$$

ve dolayısıyla yolun baş noktasından itibaren  $300 + 58 = 358$  inci metrede-  
dir. Bu noktada kırmızı hattın kotu ise

$$22,99 + \frac{23,40 - 22,99}{100} \times 58 = 23,23 \text{ m dir.}$$

### MEYİL KIRIKLIKLARININ DÜZELTİLMESİ

Boyuna profilde kırmızı hattın meyil değişme noktalarında arzettiği kırıklıklar, bir evvelki ve bir sonraki meylin cebirsel farkının kabul edilebilen bir haddi aştığı hallerde bu iki meyli parabol şeklinde düşey bir kavisle birleştirmek suretile düzeltilir. Bu had, yolun cinsine ve derecesine göre, inşaatı yaptıran müessese tarafından önceden tayin edilir. Meselâ orman karayolları için yüzde 2 kabul edilebildiği gibi; H. Threlfall'a göre demiryolları için binde 2 dir.

Aksi meyillerde inişten çıkışa intikal halinde bu düşey kavisler, umumiyetle, çıkıştan inişe intikal halindeki nazaran daha uzun alınmakla beraber, kolaylık olmak üzere güzergâh boyunca bütün düşey kavisler için boyuna profilde standard bir yatay uzunluk (orman karayolları için meselâ 50 m) kabul edilir. Sonra bu meyil hatlardan biri uzatılarak kavse ait noktaların bu hattan olan kot farkları, bu farklara göre kotları, ve nihayet arazi hattından olan kot farkları hesap edilir.

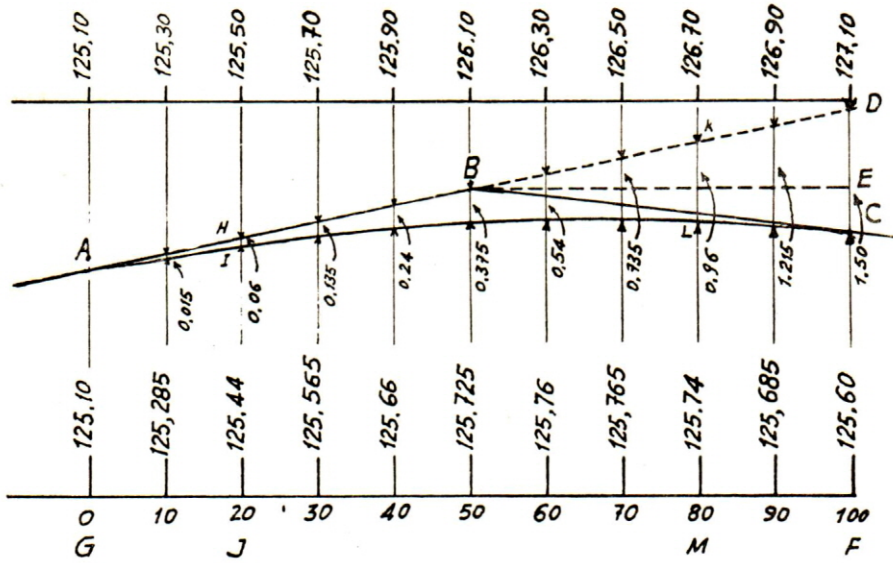
Meselâ  $\% + 2$  ve  $\% - 1$  meyilli iki hattın 100 m uzunluğunda bir kavisle birleştirilmesi istensin (Şekil: 8). Bu iki meylin cebirsel farkı  $= + \frac{2}{100} - \left[ - \frac{1}{100} \right] = \frac{3}{100}$  dür. Birleşen bu iki meyil hattından ilki olan  $\% + 2$  meyilli AB hattını uzatalım ve B den bir yatay doğru çizelim. C tanjan noktasından çizilen ordinat, bunları D ve E noktalarında keser. Burada  $\overline{BE}$ , kavsın yatay uzunluğunun yarısı olup

$$\overline{DE} = \overline{BE} \times AB \text{ nin meyli; } \overline{CE} = \overline{BE} \times BC \text{ nin meyli}$$

$$\overline{CD} = \overline{DE} + \overline{CE} = \overline{BE} \times \text{meyillerin cebirsel farkı} = \frac{100}{2} \cdot \frac{3}{100} = 1,5$$

m dir. Bundan sonra kavsın ara noktalarının AB tanjanı üzerinde teka-bül ettikleri noktalardan olan kot farkları

$$\overline{HI} = \frac{\overline{CD} \cdot \overline{GJ}^2}{\overline{GF}^2} ; \quad \overline{KL} = \frac{\overline{CD} \cdot \overline{GM}^2}{\overline{GF}^2} \quad \text{..... şeklinde; yani meselâ}$$



Şekil: 8

30 uncu metrede  $1,5 \cdot \frac{30^2}{100^2} = 0,135 \text{ m}$ ,

60 ncı metrede  $1,5 \cdot \frac{60^2}{100^2} = 0,54 \text{ m}$  olarak bulunur.

AB hattının bu noktadaki kotu ise sırasile

$125,10 + 30 \times 0,02 = 125,70 \text{ m}$  ve  $125,10 + 60 \times 0,02 = 126,30 \text{ m}$  olduğundan, bu ara noktalarının kotları, sırasile

$125,70 - 0,135 = 125,565 \text{ m}$  ve  $126,30 - 0,54 = 125,76 \text{ m}$  olur.

Nihayet kırmızı hatta ait bu kotların siyah hatta ait kotlardan olan farkları alınarak bu noktalardaki kazı derinlikleri ve dolduru yükseklikleri bulunur.

### ENİNE PROFİL ALANLARININ HESABI

**1. HAL:** Yolun sandık zemini arazi hattına muntabık olduğu takdirde enine profil olanı tabiatıyla sıfırdır. Yolun sadece sandık alanı arazi hattının altında kalıyorsa, bu takdirde  $S = w \cdot d$  olur.

**2. HAL:** Şekil: 1 a ve 1 b deki gibi bir durum için:

$$S = \left( \frac{\overline{AB} + \overline{DC}}{2} \right) d = \frac{w + 2 \left( \frac{w}{2} + r \cdot d \right)}{2} \cdot d = (w + r \cdot d) d \quad \text{olur.}$$

3. HAL: Şekil: 2 a ve 2 b deki gibi bir durum için:

$$S = \frac{ES \cdot \overline{CR}}{2} + \left[ \frac{\overline{CR} \cdot \overline{CG}}{2} + \left( \frac{\overline{PD} + \overline{CG}}{2} \cdot \overline{PC} - \frac{\overline{PD} \cdot \overline{PC}}{2} \right) - \frac{\overline{AB} \cdot \overline{QR}}{2} \right]$$

olup bu ifadenin ıslahı ve  $\overline{CG} = \overline{PD} \cdot \frac{\overline{CR}}{\overline{PR}}$  konulması suretile

$$S = \left( \frac{\overline{ES} + \overline{PD}}{2} \right) \overline{CR} - \frac{\overline{AB} \cdot \overline{QR}}{2} \text{ bulunur.}$$

Burada  $\overline{ES}$  ve  $\overline{PD}$  nin evvelki bahislerde verilen eşitlikleri; ve

$$\overline{CR} = \overline{CQ} + \overline{QR}, \overline{CQ} = d, \overline{QR} = \frac{\overline{AQ}}{r} = \frac{w}{2r} \text{ yani}$$

$$\overline{CR} = d + \frac{w}{2r} \text{ ve } \frac{\overline{AB} \cdot \overline{QR}}{2} = \frac{w^2}{2r}$$

konulup gerekli ıslahat yapıldıkta

$$S = \frac{\left( \frac{w}{2} + r \cdot d \right)^2 l^2}{r(l^2 - r^2 \cdot h^2)} - \frac{w^2}{2r} \text{ bulunur.}$$

4. HAL: Şekil: 3 a ile gösterilen vaziyette, yani  $d > 0$  iken profilin kazı kısmının alanı:

$$S_k = \frac{\overline{EB} \cdot \overline{QD}}{2} = \frac{(\overline{EN} + \overline{NB})(\overline{QH} + \overline{HD})}{2} \text{ olup burada}$$

$$\overline{EN} = \frac{d \cdot l}{h}, \overline{NB} = \frac{w}{2}, \overline{QH} = d, \text{ ve 9 numaralı formülden}$$

$$\overline{HD} = \overline{CH} \cdot \frac{h}{l} = \frac{\left( \frac{w}{2} + r \cdot d \right) l}{l - r \cdot h} \cdot \frac{h}{l} = \frac{\left( \frac{w}{2} + r \cdot d \right) h}{l - r \cdot h} \text{ konularak}$$

$$S_k = \frac{(w \cdot h + 2d \cdot l)^2}{8h(l - r \cdot h)} \text{ bulunur.} \quad (20)$$

Profilin dolduru kısmının alanı ise

$$S_d = \frac{\overline{AE} \cdot \overline{OF}}{2} = \frac{(\overline{AN} - \overline{EN})(\overline{IF} - \overline{IO})}{2} \text{ olup burada da}$$

$$\overline{AN} = \frac{w}{2}, \overline{EN} = \frac{d \cdot l}{h}, \overline{IO} = d \text{ ve 17 numaralı formülden}$$

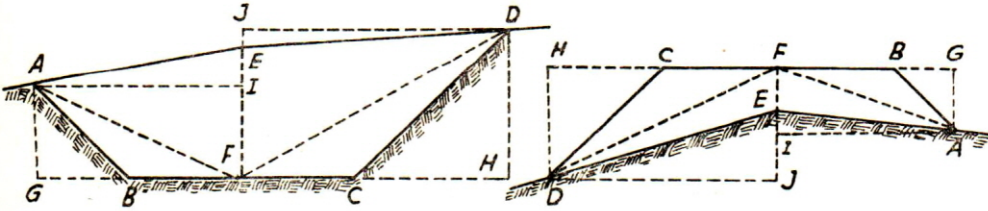
$$\overline{IF} = \overline{IC} \cdot \frac{h}{l} = \frac{\left(\frac{w}{2} - r \cdot d\right) l}{l - r \cdot h} \cdot \frac{h}{l} = \frac{\left(\frac{w}{2} - r \cdot d\right) h}{l - r \cdot h} \quad \text{konularak}$$

$$S_d = \frac{(w \cdot h - 2d \cdot l)^2}{8h(l - r \cdot h)} \quad \text{bulunur.} \quad (21)$$

$d < 0$  olduğu takdirde ise yine yukarıdaki gibi yapılacak bir ameliye ile, kazı kısmının alanı için 21 numaralı formülün, dolduru kısmının alanı için de 20 numaralı formülün kullanılacağı anlaşılır.

**5. HAL:** Arazi hattı bir doğru, veya sadece eksen kazığında bir kırıklı bir doğru ise, ve şiv kazıkları arazide evvelce anlatılan tecrübi ölçme metodu ile bulunmuşlarsa bu takdirde şu üç durum göz önüne alınabilir.

Hem  $d$  nin işareti, ve hem de her iki şiv kazığının kırmızı hatta ait eksen noktası  $F$  den olan kot farkları pozitif, yani enine profil sadece kazıdan ibaret; veya bunların üçü de negatif, yani enine profil sadece doldurudan ibaret ise bu takdirde enine profilin alanı (Şekil: 9 a, b) her iki halde de:



Şekil: 9

$$S = \text{alan ABF} + \text{alan AFE} + \text{alan DFE} + \text{alan FCD} \quad \text{dir.}$$

Burada:

$$\text{alan ABF} = \frac{\overline{BF} \cdot \overline{AG}}{2}; \quad \text{alan AFE} = \frac{\overline{EF} \cdot \overline{AI}}{2} = \frac{\overline{EF} \cdot \overline{GF}}{2}$$

$$\text{alan DFE} = \frac{\overline{EF} \cdot \overline{JD}}{2} = \frac{\overline{EF} \cdot \overline{FH}}{2}; \quad \text{alan FCD} = \frac{\overline{FC} \cdot \overline{DH}}{2}$$

Konulduktaki

$$S = \frac{\overline{BF} \cdot \overline{AG}}{2} + \frac{\overline{FC} \cdot \overline{DH}}{2} + \frac{\overline{EF}}{2} (\overline{GF} + \overline{FH})$$

$$S = \frac{w}{4} (\overline{AG} + \overline{DH}) + \frac{d}{2} (\overline{GF} + \overline{FH}) \quad \text{olur.}$$

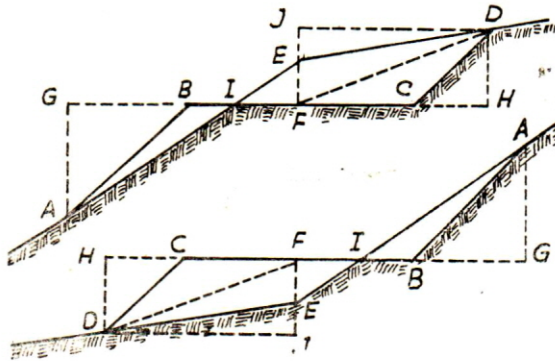
Misâl olarak, aşağıda bir profil için tutulan kayıtlara bakalım: Yol genişliği  $w = 10$  m ise bu profilin alanı:

Sol şiv kazığı	Eksen kazığı	Sağ şiv kazığı
$\frac{+ 4,45}{14,85}$	$\frac{+ 2,54}{3 + 221}$	$\frac{+ 3,08}{11,55}$

$$S = \frac{10}{4} (4,45 + 3,08) + \frac{2,54}{2} (14,85 + 11,55) = 52,353 \text{ m}^2 \text{ (kazi) olur.}$$

$d$  nin işareti ve şiv kazıklarından birinin kırmızı hatta ait eksen noktasından olan kot farkı pozitif iken diğer şiv kazığının kot farkı negatif (veya bunun aksi) ise (Şekil: 10 a, b), bu takdirde arazi hattı üzerinde kotu eksen noktasının kotuna eşit bir geçit noktası vardır. Arazi hattı kıraksız bir doğru olduğuna göre bu geçit noktasının eksene olan yatay mesafesi  $IF = \frac{EF(GI + IF)}{AG + EF} = \frac{d \cdot GF}{d + AG}$  olarak<sup>1)</sup> hesaplanır.

Sol şiv kazığı	Eksen kazığı	Sağ şiv kazığı
$\frac{- 2,10}{12,80}$	$\frac{+ 1,26}{1 + 453,5}$	$\frac{+ 1,88}{11,20}$



Şekil: 10

<sup>1)</sup> Bu noktalar, eksen noktasında tutulabildiği farzedilen mira okumasına eşit mira okumaları yapılan noktalar olarak doğrudan doğruya arazide de tâyin olunabilirler.



Buna göre profilde kazı ve dolduru alanları:

$$S_1 = \frac{\overline{EF} \cdot \overline{IF}}{2} + \frac{\overline{EF} \cdot \overline{FH}}{2} + \frac{\overline{FC} \cdot \overline{DH}}{2} = \frac{d}{2} (\overline{IF} + \overline{FH}) + \frac{w}{4} \cdot \overline{DH}; \text{ ve}$$

$$S_2 = \frac{\overline{AG} \cdot \overline{BI}}{2} = \left( \frac{w}{4} - \frac{\overline{IF}}{2} \right) \overline{AG} \text{ olur.}$$

Meselâ yukarıdaki ölçülere göre profilin sol tarafında bir geçit noktası mevcut olup, bunun eksene olan yatay mesafesi

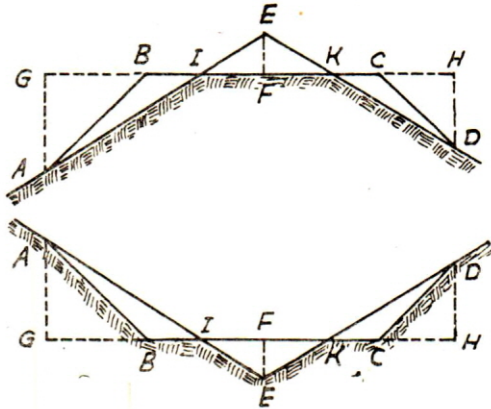
$$\overline{IF} = \frac{d \cdot \overline{GF}}{d + \overline{AG}} = \frac{1,26 \times 12,80}{1,25 + 2,10} = 4,18 \text{ m ; ve buna göre profilin alanı,}$$

$$S_1 = \frac{1,26}{2} (4,18 + 11,20) + \frac{10}{4} \cdot 1,88 = 14,389 \text{ m}^2 \text{ (kazı),}$$

$$S_2 = \left( \frac{10}{4} - \frac{4,18}{2} \right) 2,10 = 0,861 \text{ m}^2 \text{ (dolduru) dur.}$$

Eğer  $d$  nin işareti pozitif iken şiv kazıklarının eksen noktası  $F$  den olan kot farkları negatif — veya aksi — ise, bu takdirde arazi hattı üzerinde eksen noktasının sol ve sağ tarafında olmak üzere iki geçit noktası vardır (Şekil: 11 a, b). Bunların eksen noktasına olan yatay mesafeleri ( $\overline{IF}$  ve  $\overline{KF}$ ) yine yukarıdaki gibi  $\frac{d \cdot l}{d + h}$  olarak hesap edilir ve sonra da alanları:

Sol şiv kazığı	Eksen kazığı	Sağ şiv kazığı
$\frac{-1,66}{8,52}$	$\frac{+0,60}{0 + 822}$	$\frac{-1,20}{7,10}$



Şekil: 11 a, b

$$S_1 = \frac{\overline{AG} \cdot \overline{BI}}{2} = \left( \frac{w}{4} - \frac{\overline{IF}}{2} \right) \overline{AG}; S_2 = \frac{\overline{EF} (\overline{IF} + \overline{FK})}{2} = \frac{d}{2} (\overline{IF} + \overline{FK})$$

$$S_3 = \frac{\overline{CK} \cdot \overline{DH}}{2} = \left( \frac{w}{4} - \frac{\overline{FK}}{2} \right) \overline{DH} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Meselâ yukarıda kaydı gösterilen enine profilde

$$\overline{IF} = \frac{0,60 \times 8,5^0}{0,60 + 1,66} = 2,26 \text{ m}; \overline{FK} = \frac{0,60 \times 7,10}{0,60 + 1,20} = 2,37 \text{ m} \quad \text{olup,}$$

$w = 10 \text{ m}$  ise

$$S_1 = \left( \frac{10}{4} - \frac{2,26}{2} \right) 1,66 = 2,274 \text{ m}^2 \quad (\text{dolduru})$$

$$S_2 = \frac{0,60}{2} (2,26 + 2,37) = 1,389 \text{ m}^2 \quad (\text{kazı})$$

$$S_3 = \left( \frac{10}{4} - \frac{2,37}{2} \right) 1,20 = 1,578 \text{ m}^2 \quad (\text{dolduru}) \text{ olarak bulunur.}$$

**6. HAL:** Arazi hattı gayrimuntazam veya çok kırıklı olduğu takdirde enine profil alanları plânimetre ile ölçülerek de bulunabilir<sup>1)</sup>.

Bunlardan başka enine profil alanları, bizzat profil tersimatı üzerinde tatbik edilecek muhtelif grafik ve hesap metotlarıyla de tâyin olunabilir<sup>2)</sup>.

### TOPRAK HACMINİN HESABI

Güzergâh boyunca kazı ve dolduruların teşkili için lâzım gelecek toprak işleri, bilindiği üzere, gerekli yerlerde alınacak enine profiller arasındaki hacımlar, ve bunların toplamı alınarak, tahrikî lâzım gelen toplam hacmin bulunması suretile hesap edilir.

Toprak hacımlarının hesabını takribî olarak, süratle ve kolaylıkla yapabilmek için J. Macneill, Bidder ve daha başka müellifler tarafından hazırlanıp neşredilmiş toprak hacim tabloları mevcuttur<sup>3)</sup>.

1) Bilhassa küçük alanlar için plânimetre elverişli olmayıp memleketimizde Nafia işlerinde kullanılmamaktadır.

2) Bu metotlar muhtelif olup, burada izahlarına girilmemiştir. Bunlardan, enine profil tersimatında kırmızı ve siyah hatlara ait kırılma ve geçit noktalarının kot farklarını, ve aralarındaki yatay mesafeleri hesaplayarak profil alanını sahih bir şekilde bulmaya yarayan metot, halen memleketimizde kat'î projelerin tanziminde kullanılmaktadır. Bunlardan başka, profili birim alanının ağırlığı sahih olarak bilinen bir kâğıda çizdikten sonra kesip hassas terazi ile tartarak sahasını hesaplamak ta kabildir.

3) Prof. Dr. Faik Tavşanoğlu'nun «Belgrad Ormanı Yol Şebekesi ve Bu Ormanda Rasyonel Nakliyat Şekilleri» isimli eserinin sonunda böyle bir tablo mevcuttur.

Bu tablolar, yol genişliği ( $w$ ) şiv meyli ( $r$ ) ve enine profillerin eksen kazıklarındaki ( $d$  ve  $d'$ ) kazı derinlikleri veya dolduru yükseklikleri bilindiğine göre, ya ortalama bir profil alanını veya onunla orantılı bir sayıyı verirler. Bu sayı veya ortalama alan, iki uç enine profilleri arasındaki mesafe ile çarpılarak aranan hacim elde edilir.

Toprak hacminin hesabı için kullanılacak formüllerde, tetkik edilen arazi durumuna tatbiklerinde mevcut olabilen veya olmayan bazı kabullerde bulunulmuştur. Kullanılacak olan formülün seçilmesinde karar, istenilen sıhhat derecesine ve eldeki malümlara göre verilmelidir.

**1. HAL:**  $S_0$  ve  $S_1$  alanları büyüklükçe birbirine yakın ve  $L$  mesafesi kadar aralıklı iki enine profil arasındaki takribî hacim:

$$V = L \cdot \frac{S_0 + S_1}{2} \quad \text{formülü ile bulunur}^1).$$

**2. HAL:** Arazi hattı yatay bir doğru olduğu ve uç enine profilleri arasındaki mesafenin ortasındaki farazi enine profilin alanı  $S$  ile gösterildiği takdirde hacim:

$$V = \frac{L}{6} (S_0 + 4 S + S_1) \quad \text{formülü ile bulunur.}$$

Prizmoid formülü ismi ile tanınan bu formül, J. Macneill'in hacim tablolarının esasını teşkil eder. Burada uç profillerindeki kazı derinlikleri veya dolduru yükseklikleri  $d$  ve  $d'$  ile gösterildikte

$$S_0 = (w + r \cdot d) d ; \quad S_1 = (w + r \cdot d') d' ; \quad S = \left( w + r \cdot \frac{d+d'}{2} \right) \left( \frac{d+d'}{2} \right)$$

dir.

Meselâ yol genişliği  $w = 6$  m, şiv nisbeti  $r = 2/1$ , müteakip iki enine profil arasındaki mesafe  $L = 72$  m ; ve bu iki profil sadece kazıdan ibaret olup eksen kazığındaki kazı derinlikleri sırasıyla  $d = 3,5$  m ve  $d' = 5$  m olsun. Arazi hattı yatay farzedildikte bu uç profillerinin alanları:

1) Buna göre toplam toprak hacmi:

$$\sum V = \frac{S_0 + S_1}{2} \cdot L_1 + \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot L_2 + \frac{S_2 + S_3}{2} \cdot L_3 + \dots \quad \text{olup bu ifade}$$

$$\sum V = S_0 \cdot \frac{L_1}{2} + S_1 \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} + S_2 \cdot \frac{L_2 + L_3}{2} + \dots \quad \text{şeklinde yazıl-}$$

dıkta herbir seksiyonun hacmi, genel olarak,  $V = S \cdot \frac{L_1 + L_2}{2}$  şeklinde hesaplanabilir demektir. Bu hesap şekli, toprak dağıtımında kullanılan Terasman epürü ve Lalanne metodlarının halihazır tatbik tarzına uygun bulunmaktadır.

$$S_0 = (w + r \cdot d) \quad d = (6 + 2 \times 3,5) \quad 3,5 = 45,5 \text{ m}^2,$$

$$S_1 = (w + r \cdot d') \quad d' = (6 + 2 \times 5) \quad 5 = 80 \text{ m}^2 ;$$

Bu profiller arasındaki mesafenin ortasındaki profilin alanı:

$$S = \left( w + r \cdot \frac{d+d'}{2} \right) \left( \frac{d+d'}{2} \right) = \left( 6 + 2 \cdot \frac{3,5 + 5}{2} \right) \left( \frac{3,5 + 5}{2} \right) = 61,625 \text{ m}^2;$$

ve buna göre bu iki profil arasındaki hacim:

$$V = \frac{L}{6} (S_0 + 4S + S_1) = \frac{72}{6} (45,5 + 4 \times 61,625 + 80) = 4464 \text{ m}^3 \text{ olur.}$$

Bu formül, uç profillerinde arazi hattının ma'âl bir doğru olduğu hal-lerde de kullanılabilir; ve şayet bu profillerde arazi hattının meyli aynı değilse, ortadaki farazî enine profile ait arazi hattının meyli, bu iki meylin takribi ortalaması olarak; kazı derinliği veya dolduru yüksekliği ise iki uç profildekilerin aritmetik ortalaması olarak alınır.

**3. HAL:** Alanları  $S_0, S_1, S_2$ , ve aralıkları eşit ( $L_1 = L_2$ ) olan 3 enine profil verilmiş olsun. Uç profilleri  $S_0$  ve  $S_2$  arasındaki mesafe  $L$  ile gösterildikte eşit mesafeli bu üç profil arasındaki hacim için en büyük takribiyeti sağlayan formül:

$$V = \frac{L}{6} (S_0 + 4S_1 + S_2) \quad \text{dir.}$$

**4. HAL:** Aralıkları birbirine eşit ve  $d$  olan  $n$  sayıda enine profil ( $S_0, S_1, \dots$ ) verilmiş olsun.

Eğer bu profillerin sayısı ( $n$ ) çift bir sayı ise, ilk ve son profiller ( $S_0$  ve  $S_n$ ) arasındaki hacim:

$$V = d \left[ \frac{S_0 + S_n}{2} + S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} \right]$$

$n$  sayısı tek ise

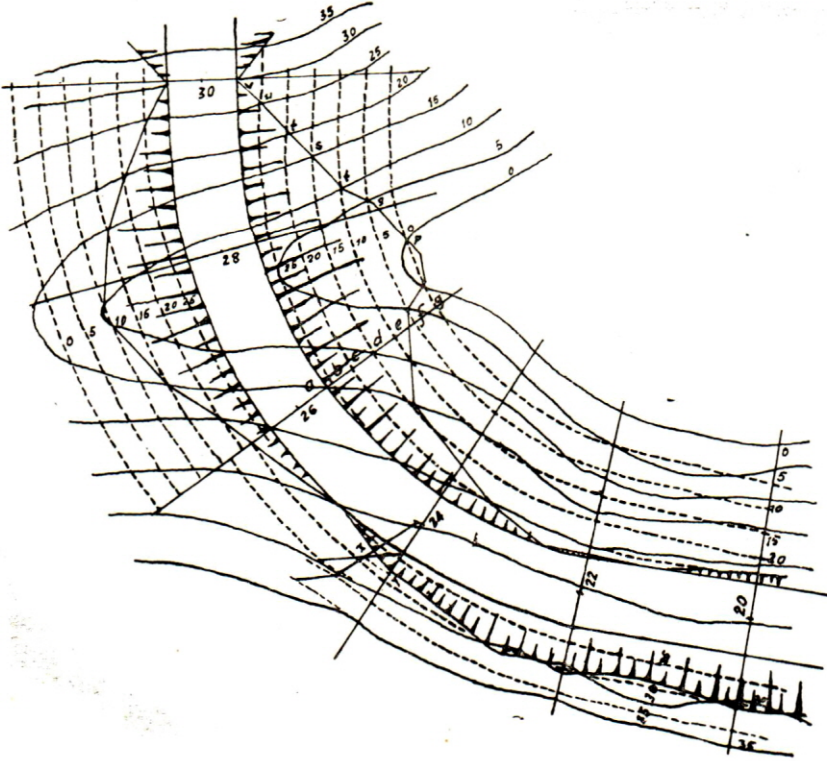
$$V = \frac{d}{3} \left[ S_0 + S_n + 2(S_2 + S_4 + S_6 + \dots + S_{n-2}) + \right. \\ \left. + 4(S_1 + S_3 + S_5 + \dots + S_{n-1}) \right] \quad \text{olur.}$$

### TESVİYE EĞRİLERİ YARDIMİLE KAZI VE DOLDURU PLÂNLARININ TANZİMİ

Bazı hallerde kazı ve dolduru şivlerinin yolun vaziyet plânı üzerindeki seyrinin belirtilmesi icap eder. Bu takdirde vaziyet plânında her bir enine profil mevkiinde yolun evvelce anlatıldığı şekilde bulunan yatay

kısmî genişlikleri işaretlenir, ve böylece elde olunan noktalar birleştirilerek şivlerin vaziyet plânındaki seyri belli edilmiş olur. Bununla beraber elde maksada uygun tesviye eğrili bir harita varsa, bu işi, her bir profil için yatay kısmî genişlikleri ayrıca bulmağa lüzum kalmaksızın yapmak ta kabildir.

Bunun için, tesviye eğrili vaziyet plânında evvelâ her bir enine profil mevkiinde enine profil istikametinde olmak üzere yolun kenarından itibaren kazı ve dolduru şivleri üzerindeki tasavvurî tesviye eğrilerine ait noktalar tesbit olunarak, bunlardan aynı kotlu olanları birleştirmek suretile kırmızı eğriler diyebileceğimiz eğriler çizilir. sonra bu kırmızı eğrilerle siyah eğriler diyebileceğimiz arazi sathına ait mevcut tesviye eğrilerinden aynı kotlu olanların kesiştiği noktalar bulunarak müteakip kesişme noktaları birleştirilir. Ve böylece şivlerin vaziyet plânındaki seyri elde olunur.



Şekil: 12

Şekil: 11 de şivlere ait tesviye eğrileri (kırmızı eğriler) nokta nokta, ve arazi sathına ait tesviye eğrileri (siyah eğriler) ise devamlı hatlar

halinde gösterilmiş; ve bunlardan aynı kotlu olanların kesiştiği noktalar p, q, r ilâh... harflerle işaretlenmiştir. v noktasında ise 30 kotunu gösteren siyah tesviye eğrisi bu noktada 30 kotunda olan yol kenar hattı ile kesişmektedir; yani bu v noktası yolun kenar hattına ait bir geçit noktasıdır.

Yolun şiv satırlarına ait tesviye eğrileri şöyle çizilir: Şiv nispetine r, ve iki siyah tesviye eğrisi arasındaki kot farkına h diyelim. Nazarı itibara alınan enine profil mevkiinde, yol kenar noktalarından kotu arazi hattının o noktadaki kotundan fazla olan taraf, enine profilin dolduru, az olan taraf ise kazı tarafıdır. Buna göre, evvelâ, yolun kenar noktasının kotuna bakılarak, dolduru tarafında kotu buna en yakın, fakat daha küçük, kazı tarafında ise daha büyük olan siyah tesviye eğrisi arasındaki kot farkı (x) bulunur. Sonra, enine profil alınan istikamette kenar noktasından itibaren dışarı doğru ölçekle r . x taşınarak bu noktadan itibaren ilk, r(x+h) taşınarak 2 inci, r(x+2h) taşınarak 3 üncü, r(x+3h) taşınarak 4 üncü kırmızı eğriye ait nokta ilâh... bulunur. Her enine profil mevkiinde enine profil istikametinde bu noktalar bulunduktan sonra, aynı tarafta bulunan ve aynı kotu haiz olan müteakip noktalar uygun kavislerle birleştirilerek kırmızı eğriler elde edilir.

Meselâ: Şekil: 11 de 26 m kotundaki enine profili göz önüne alalım: Siyah tesviye eğrileri arasındaki kot farkı h = 5 m , şiv nispeti r = 1½ : 1 ve yol sathı bombesiz olsun. Buna göre bu profilde yolun sol ve sağ kenar noktalarının kotları da 26 m olup, şekilde görüldüğü üzere arazi hattının kotu sağ kenarda 15 m sol kenarda takriben 20 m , yani enine profilin her iki tarafı da doldurudan mürekkeptir. O halde her iki tarafta da kotu 26 m den aşağı olan kırmızı eğriler çizilecektir. Burada, kotu 26 m ye en yakın olan ilk kırmızı eğri 25 m kotlu olup, bunun yol kenar noktalarından olan kot farkı x=26-25=1 m, ve bu noktaya olan yatay mesafesi r . x = 1,5 × 1 = 1,5 m; ikinci eğri 20 m kotlu olup mesafesi r(x + h) = 1,5 (1 + 5) = 9 m ; 3 üncü eğri 15 m kotlu olup mesafesi r(x + 2 h) = 1,5 (1 + 10) = 16,5 m ilâh... dir. Bu mesafeler yolun kenar noktasından itibaren vaziyet plânının ölçeği ile taşınarak sırasıyla 25, 20, 15, ..... 0 kotlu kırmızı eğrilere ait b, c, ..... g noktaları bulunur. Sonra 28 ve 30 m kotlu enine profiller için de aynı ameliyelerle bu eğrilere ait diğer noktalar bulunup bunlardan kotları aynı olan müteakip noktalar birleştirilerek nokta nokta ile gösterilen kırmızı eğriler; ve bunlarla aynı kotu haiz olan siyah eğrilerin kesişme noktaları birleştirilerek şivlerin seyri p, q, r ..... elde edilmiş olur.

20 m kotundaki enine profilde, yolun sol ve sağ kenar noktalarının kotu yine 20 m , ve siyah eğrilere nazaran bu noktalarda arazi hattının kotu sırasıyla 27 ve 21,8 m ; yani enine profilin her iki tarafı da kazıdan mürekkeptir. O halde her iki tarafta da kotu 20 m den yukarı olan kır-

mızı eğriler çizilecektir. Bunlardan 20 kotuna en yakın olan ilki 25, ikincisi 30, üçüncüsü 35 ..... kotlu olup, yolun kenar noktasından olan kot farkları sırasile  $x = 25 - 20 = 5$  m,  $x + h = 5 + 5 = 10$  m...; ve bu noktadan olan mesafeleri yine sırasile  $r \cdot x = 1,5 \times 5 = 7,5$  m, ve  $r(x + h) = 1,5(5 + 5) = 15$  m.... olup ameliyeye yukarıdaki gibi devam olunacaktır.

24 kotundaki enine profilde ise yolun kenar noktalarının kotu, sağ tarafta arazi hattının kotundan daha büyük, sol tarafta ise daha küçüktür. Buna göre sağ tarafta 24 kotundan daha küçük, sol tarafta ise daha büyük kotlu kırmızı eğrilere ait noktaların tesbiti icap eder.

Yolun bir doğru olduğu hallerde, şiv tesviye eğrileri de birbirine paralel doğru hatlardır; bunların yol eksenine de paralel olmaları, ancak yolun meyilsiz yani yatay olması takdirindedir. Yol kavisli ise ve kavis de bir daire kavsi ise, bu kırmızı eğriler, yolun meyilsiz olması halinde aynı merkezli daire kavisleridir; yolun meyilli olması halinde ise, bunlar, meylin tevlit ettiği hissedilir derecede olmayan hatadan âri olarak yine aynı merkezli daire kavisleri gibi çizilebilirler.

Şekil: 11 in aşağı kısımlarında görüldüğü gibi, arazi sathına ait tesviye eğrileri yani siyah eğriler yola paralel oldukları takdirde, siyah ve kırmızı eğrilerin kesişmeleri ve kesişme noktalarının tesbiti güçleşir. Bu vaziyette şivlerin seyrini gösteren bu noktalar, ya yine aynı kotlu siyah ve kırmızı eğrilerin kesişme noktaları olarak ve bunun için lüzumu halinde enterpolasyonla yardımcı siyah ve kırmızı eğriler alınarak, veya bu maksatla vaziyet plânı üzerinde kâfi sayıda enine profil çizilerek tesbit edilir. Meselâ, profilin alındığı doğru baz hattı olmak üzere şekilde 24 kotundaki enine profilin nasıl çizildiği görülmektedir. Burada arazi hattı ile şiv hattının kesiştiği x noktası profilin alındığı baz hattı üzerine izdüşümlenirse, bulunan y noktası aranan nokta olur.

Tatbikatta bir çok mühendisler, genişlik profillerine ait kısmî genişlikleri elde etmek için bu metodu tercih ederler.

Vaziyet plânında arazi sathına ait tesviye eğrileri yani siyah eğriler mevcut olmadığı takdirde bu eğriler enine profillere ait arazi hatlarına dayanarak çizilebilirler.