
SERİ		CİLT		SAYI		
SERIES		VOLUME	30	NUMBER	2	1980
SERIE	B	BAND		HEFT		
SÉRIE		TOME		FASCICULE		

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL
ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



ORMAN YOLLARININ SIFIR HATTINA GÖRE İNŞA EDİLMELERİ DURUMUNDA UYGULANACAK STANDART ENKESİTLER VE HACİM TABLOLARI

Prof. Dr. Selçuk BAYOĞLU¹

1. GİRİŞ

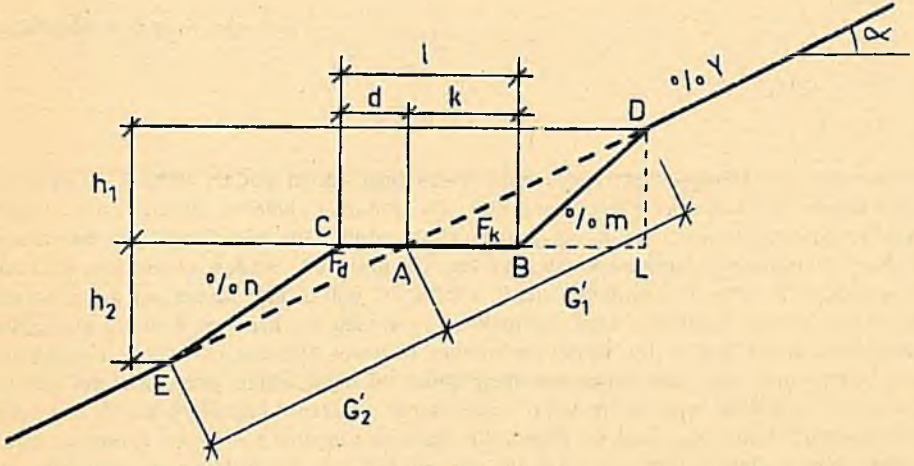
Orman yol gebekelerini oluşturmak üzere inşa edilen yolları yüksek su seviyelerinin hemen üzerinde seyreden dere yolları ile yamaçları bölerek sürütme mesafelerini kısaltan yamaç yolları olarak iki grupta toplanabilir. Bu her iki grupta da kazı ve dolduru alanlarından meydana gelen ve karışık kesit adı verilen enkesitler söz konusu olmaktadır. Bugün memleketimizde bütün bu yollar angledozerden yararlanarak ve yamaç kazısı yapılarak inşa edilmekte, bu sırada da kazı ve dolduru alanlarının dengelenmesinde, başka bir ifade ile kazılan hacimle lüzumlu doldurunun sağlanmasına çalışılmaktadır. Zira böyle bir dengeleme ile arzu edilen genişlikte yol platformu asgari ölçüdeki kazı ile ve uzun mesafelerde materyal taşımaya gerek kalmadan gerçekleştirilebilmekte, yani en ekonomik çözüme ulaşabilmektedir. Şüphesiz hacim dengelemesine dayalı bir inşa tarzı ile güzergâhın araziye intibakı da mümkün olabilmekte ve dolayısıyla inşa alanı sınırlı tutulduğu için tabiatta mevcut düzenin bozulması da en düşük seviyede olmaktadır. Böylece yol inşa çalışmalarının yeni erozyon alanları ortaya çıkarma ve toprak taşınmalarını artırma şeklindeki zararları önemli ölçüde azalmaktadır. İşte bir taraftan yol yapım masraflarında tasarruf bir taraftan da toprak erozyonu zararlarından kaçınabilmek amaçlarıyla yamaç meyillerinin yaklaşık olarak üniform bir şekilde seyrettiği hallerde, sıfır hattının esas alınması sonucu elde edilen standart enkesitlerden yararlanılmaktadır. Böyle bir uygulama bir taraftan projelendirme, diğer taraftan da tahrik edilecek toprak hacminin hesabı bakımından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Gerçekten dozerlerle inşa edilen orman içi yollarda boyuna tesviyeye başvurmadan enine hacim dengelemesini esas alan bu uygulama ile belli yol genişlikleri ile kazı ve dolduru şev eğimleri yardımıyla değişik yamaç eğimleri için kazı ve dolduru alanları ile şev uzunlukları ve yapı alanı genişliklerini standart enkesitlerden yararlanarak kolaylıkla hesaplamak mümkün olabilmektedir.

2. GEOMETRİK ESASLAR

Sıfır hattı esas alınarak inşa edilecek orman yollarında sağlam zemin üzerinde bulunması gereken platform genişliğinin hesabı, söz konusu olan zeminde kalıcı kabarma değerini de gözönüne alarak, yamaç tarafından yapılacak kazı ile elde edilecek toprak hacmiyle dere tarafındaki dolduru hacminin birbirine eşit olacağı noktasından hareket edilerek gerçekleştirilmektedir. Böylece hafriyat çalışmaları sırasında

¹ I.O. Orman Fakültesi Orman İşletme İnşaatı Kürsüsü, Bahçeköy - İstanbul.

meydana gelen kabarmanın bir kısmının inşaat makinalarının sıkıştırması ve bir kısmının da zamanla oturmalar sonucu kalıcı kabarma adı verilen bir değere indiği kabul edilmekte ve bu değer esas alınarak tam bir enine hacim dengelemesinin gerçekleştirileceği kabul edilmektedir. Bu amaçla yüzde olarak kazı sevi (m) ve dolduru sevi (n) ile arazi enine eğimlerinin (y) bilindiği kabul edilerek önce enine hacim dengelemesinin sağlanması halinde meydana gelecek kazı ve dolduru yükseklikleri (h_1 ve h_2) daha sonra da, sağlam zemin üzerindeki kazı genişliğinden yararlanmak suretiyle, kazı kesit yüzeyi hesabedilmektedir (Şekil 1) (Bayoğlu 1965 ve 1966).



Şekil 1.

Şekilden görüldüğü gibi :

$$\frac{y}{100} = \frac{h_1}{AL} = \frac{h_1}{AB+BL} = \frac{h_1}{k+BL} \text{ dir.}$$

Diğer taraftan $\frac{m}{100} = \frac{h_1}{AL}$ ve dolayısıyla $BL = \frac{100 h_1}{m}$ dir.

BL nin bu değeri yukardaki eşitlikte yerine konursa,

$$\frac{y}{100} = \frac{h_1}{k + \frac{100 h_1}{m}}$$

elde edilir.

Bu eşitlik h_1 için çözümlürse :

$$h_1 = \frac{m \cdot y \cdot k}{100(m-y)} \quad (1)$$

elde edilir.

Aynı bağıntı h_2 için de şu şekilde bulunur :

$$h_2 = \frac{y \cdot n \cdot d}{100(n-y)} \quad (2)$$

Hacim dengelemesinin sağlanması halinde kazı ve dolduru kesit yüzeyleri (F_k ve F_d)

kalıcı kabarma dikkat nazarına alınmadığı takdirde ve platform genişliği 1 olduğuna göre aşağıdaki şekilde birbirine eşit olacaktır :

$$F_d = \frac{d \cdot h_2}{2} \quad \text{ve} \quad F_k = \frac{(1-d) h_1}{2}$$

Buradan da $d \cdot h_2 = (1-d)h_1$ olacaktır.

Yukarıda h_1 ve h_2 için elde edilen değerler burada yerlerine konursa :

$$d \cdot \frac{y \cdot n \cdot d}{100(n-y)} = (1-d) \frac{m \cdot y (1-d)}{100(m-y)}$$

elde edilir.

Buradan,

$$\begin{aligned} \frac{d^2 y n}{100(n-y)} &= \frac{(1-d)^2 \cdot m \cdot y}{100(m-y)} \\ \frac{d^2}{(1-d)^2} &= \frac{100 m y (n-y)}{100 n y (m-y)} \\ \frac{d^2}{(1-d)^2} &= \frac{m (n-y)}{n (m-y)} \end{aligned}$$

bulunur.

İki tarafın karekökü alınır ve eşitlik d için çözümlürse ;

$$\frac{d}{1-d} = \sqrt{\frac{m (n-y)}{n (m-y)}}$$

ve

$$d = \frac{1}{\sqrt{\frac{n (m-y)}{m (n-y)} + 1}} \quad (3)$$

elde edilir.

Ancak görüldüğü gibi burada kazı kesit yüzeyinin (F_k) kendine eşit dolduru yüzeyini (F_d) meydana getirdiğini kabul ediyoruz. Halbuki kalıcı kabarmanın bu çözümden gözönüne alınması, kazı hacminin bundan θ_k kadar fazla bir dolduru hacmi meydana getireceğinin hesaba katılması gerekmektedir. Diğer bir ifade ile

$$(1 + \theta_k) F_k = F_d$$

olmalıdır.

O halde (3) nolu formülün

$$d = \frac{1}{\sqrt{\frac{n (m-y)}{m (n-y)} + 1}} \quad (4)$$

şeklinde düzeltilmesi gereklidir.

Görüldüğü gibi yol platform genişliği (1) bilindiğine göre, hesapla bulunan dolduru genişliği (d) den yararlanarak kazı genişliği (k) yı da kolaylıkla bulmak mümkündür.

Yukarıda elde edilen formüller yardımıyla kazı kesit yüzeyini ve dolayısıyla metre tulde kazılacak toprak miktarını veren formül şöylece çıkarılabilir :

$$F_k = \frac{k^2 \cdot y \cdot m}{200(m-y)} \quad (5)$$

Aynı şekilde sıfır hattı kazığı ile kazı ve dolduru sevi kazıklar arasındaki eğik mesafeler G_1' ve G_2' de sırasıyla ;

$$G_1' = \frac{h_1}{\sin \alpha} \quad (6)$$

$$G_2' = \frac{h_2}{\sin \alpha} \quad (7)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Bu unsurları sırasıyla aşağıdaki şekilde de hesaplamak mümkündür :

$$G_1'^2 = \overline{AL}^2 + h_1^2$$

ve buradan $\frac{h_1}{AL} = \frac{y}{100}$ eşitliğinden yararlanarak ;

$$AL = \frac{h_1}{y} \cdot 100 \quad \text{yerine konunca}$$

$$G_1'^2 = h_1^2 + \left[\frac{h_1}{y} \cdot 100 \right]^2$$

dolayısıyla

$$G_1' = h_1 \sqrt{1 + \frac{100^2}{y^2}} \quad (8)$$

bulunur.

Aynı şekilde,

$$G_2' = h_2 \sqrt{1 + \frac{100^2}{y^2}} \quad (9)$$

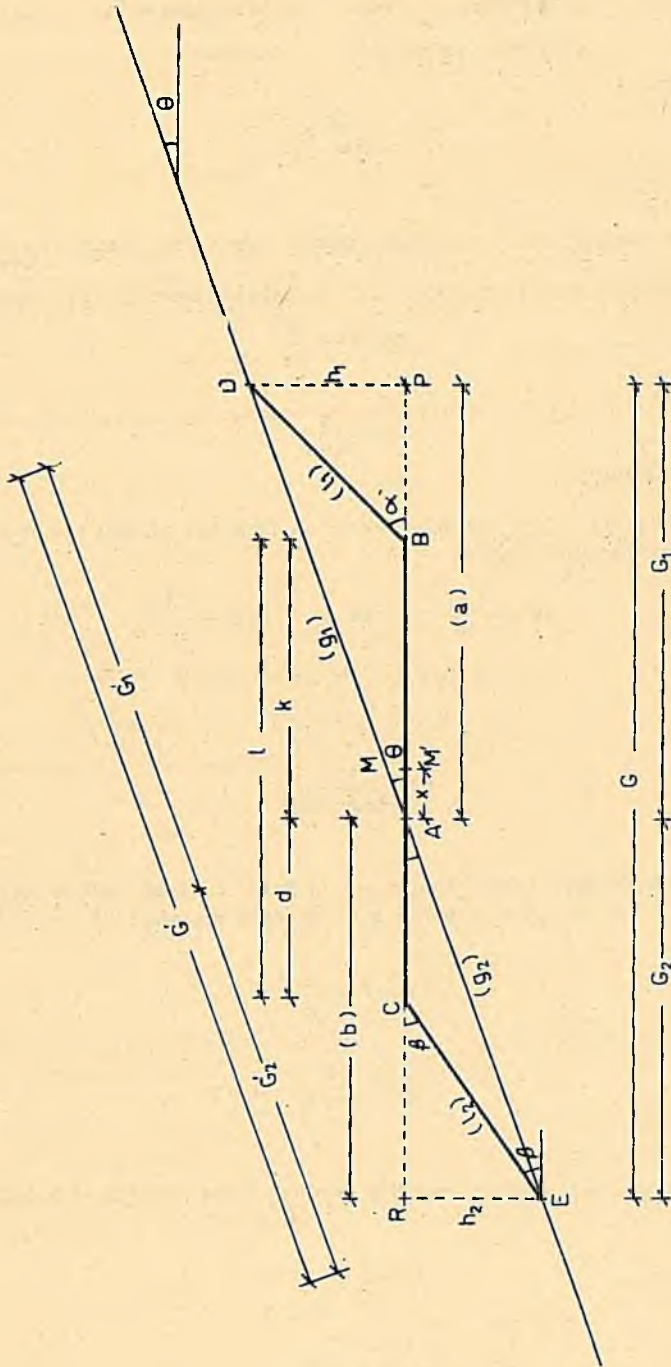
elde edilir.

Elde edilen bu bağıntılardan yararlanmak suretiyle enine hacim dengelemesinin sağlanması durumunda platformun kazı ve dolduru üzerine isabet edecek genişlikleri (k ve d) ile sıfır hattı kazığı ile kazı ve dolduru sevi kazığı arasındaki eğik mesafeler (G_1' ve G_2') kolaylıkla hesabedilebilir.

Sıfır hattı esas alınarak gerçekleştirilecek bir yol inşaatında enkesitler ile ilgili unsurları farklı şekillerde hesaplamak mümkündür. Gerçekten yamaç eğim açısı θ , kazı ve dolduru şev eğim açıları da sırası ile α ve β ile ifade edilir ve kazı genişliği $k=1$ m olarak kabul edilirse (MEGAHAN, 1976) Şekil 2 yardımıyla bu unsurlar aşağıdaki şekilde hesabedilebilir :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h_1}{a} \quad \text{ve} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{h_1}{a-1}$$

olduğuna göre bu iki eşitlik h_1 e göre çözümlürse :



Şekil 2.

$$a \cdot \operatorname{tg} \theta = h_1 \quad \text{ve} \quad a \cdot \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha = h_1$$

$$a \cdot \operatorname{tg} \theta = a \cdot \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha \quad \text{bulunur,}$$

ve buradan da ;

$$a = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \theta} \quad (10)$$

bağıntısı elde edilir.

Gene kazı genişliği $k=1$ m kabul edilince sıfır hattı kazığı (platform seviye kazığı) ile kazı şev kazığı arasındaki AD ye tekabül eden g_1 eğik mesafesi,

$$\cos \theta = \frac{a}{g_1}$$

yardımiyle,

$$g_1 = \frac{a}{\cos \theta} \quad (11)$$

şeklinde elde edilebilir.

Dolduru genişliği AC ye tekabül eden $d_1=1$ m kabul edildiği takdirde de AR=b mesafesi şöylece hesaplanabilir :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h_2}{b} \quad \text{ve} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{h_2}{b-1} \quad \text{den}$$

$$h_2 = b \cdot \operatorname{tg} \theta \quad h_2 = (b-1) \operatorname{tg} \beta \quad \text{bulunur}$$

ve buradan

$$b \cdot \operatorname{tg} \theta = (b-1) \operatorname{tg} \beta \quad \text{ve dolayısıyla}$$

$$b = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \theta} \quad (12)$$

elde edilir.

Aynı şekilde dolduru genişliğinin $d_1=1$ m kabul edilmesi halinde sıfır hattı kazığı ile dolduru şev kazığı arasındaki $g_2=AE$ eğik mesafesi de ;

$$\cos \theta = \frac{b}{g_2}$$

ve buradan,

$$g_2 = \frac{b}{\cos \theta} \quad (13)$$

şeklinde elde edilir.

Kazı genişliği $k=1$ m kabul edildiği takdirde buna tekabül eden kazı alanı :

$$f_k = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot h_1$$

yardımiyle ve

$$\sin \theta = \frac{h_1}{g_1}$$

ve dolayısıyla,

bağıntısından yararlanılarak,

$$h_1 = g_1 \cdot \sin \theta$$

$$f_k = \frac{1}{2} g_1 \sin \theta \quad (14)$$

olarak hesabedilebilir.

Kazı ve dolduru alanlarının ancak sıkışmaya tekabül eden $(1+p)$ gibi bir faktörle çarpıldıktan sonra birbirine eşit olacağı esasından hareket etmek suretiyle $k=1$ m lik kazı genişliğine tekabül eden dolduru genişliği d_1 , bu genişliğe ait dolduru sevi kazığının eksen kazığına uzaklığı z kabul edilirse şöylece hesaplanabilir :

$$\frac{f_k}{f_d} = \frac{1}{1+k}$$

olacaktır.

burada $f_k = \frac{1}{2} g_1 \cdot \sin \theta$ dir. (formül 14 den).

Aynı şekilde $k=1$ m kazı genişliğine tekabül eden dolduru alanına ait yükseklik h_2' olarak kabul edilirse ;

$f_d = \frac{1}{2} \cdot d_1 \cdot h_2'$ ve buradan $\sin \theta = \frac{h_2'}{z}$ eşitliğinden $h_2' = z \cdot \sin \theta$ yerine konunca,

$$f_d = \frac{1}{2} d_1 \cdot z \cdot \sin \theta$$

elde edilir.

Dolayısıyla yukarıda verilen kazı ve dolduru alanları arasındaki bağıntı,

$$\frac{f_k}{f_d} = \frac{1}{1+p} = \frac{0.5 g_1 \sin \theta}{0.5 d_1 z \sin \theta}$$

şeklinde ifade edilebilir.

Buradan da,

$$\frac{1}{1+p} = \frac{g_1}{d_1 z}$$

bulunur.

Aynı şekilde AC kenarı 1 m ve d_1 olması durumunda ortaya çıkacak benzer üçgenlerden, $\frac{d_1}{1} = \frac{z}{g_2}$ bağıntısından $z = d_1 \cdot g_2$ yukardaki eşitlikte yerine konunca ;

$$\frac{1}{1+p} = \frac{g_1}{d_1^2 \cdot g_2}$$

ve buradan da 1 m kazı genişliğine tekabül eden dolduru genişliği :

$$d_1 = \sqrt{\frac{g_1 (1+p)}{g_2}} \quad (15)$$

elde edilir.

MEGAHAN (1976) düzenlediği tablolar için % 15 oranında bir sıkışmanın söz konusu olacağını kabul etmiş ve dolayısıyla sıkışma faktörü olarak yukardaki eşitlikte $p = -0.15$ almıştır. Böylece tablolarda yukardaki eşitlik ;

$$d_1 = \sqrt{\frac{0,85 \cdot g_1}{g_2}}$$

şeklinde uygulanmıştır.

Kalıcı bir kabarmanın söz konusu olması halinde ise bu eşitlik aşağıdaki şekle gelecektir :

$$d_1 = \sqrt{\frac{(1+0,15) g_1}{g_2}} = \sqrt{\frac{1,15 g_1}{g_2}}$$

Şu halde kazı genişliğinin 1 m alınması halinde buna tekabül eden dolduru genişliği yukarıdaki şekilde elde edilince, belli bir 1 platform genişliğine tekabül eden kazı genişliğini ;

$$k = \frac{1}{1+d_1} \quad (16)$$

bağıntısı yardımıyla hesabetmek mümkündür. Böylece 1 platform genişliğindeki yolun kazı üzerindeki genişliği elde edilince, dolduru genişliği de :

$$d = 1 - k \quad (17)$$

olarak hesabedilebilir.

Ayrıca yol eksenini ile sıfır hattı kazığı arasındaki yatay mesafe $M'A = x$ de ;

$$x = k - \frac{1}{2} \quad \text{veya} \quad x = \frac{1}{2} - d \quad (18)$$

şeklinde bulunabilir.

Yol eksenini ve kazı seviye kazıkları arasındaki yatay mesafe $M'P$, 1 m kazı genişliğine tekabül eden \overline{AP} uzaklığı a olduğuna (10) ve kazı genişliği k ya tekabül eden aynı uzaklık $a \cdot k$ olduğuna göre :

$$M'P = ak - x \quad (19)$$

olarak hesaplanabilir.

Aynı şekilde yol eksenini ile dolduru seviye kazıkları arasındaki yatay mesafe $M'R$ de; 1 m kazı genişliğine tekabül eden dolduru genişliği d_1 için AR uzaklığı b olduğuna (12), ve kazı genişliği k için dolduru genişliği d olduğuna göre,

$$M'R = bd + x \quad (20)$$

dir.

Seviye kazığı ile kazı seviye kazığı arasındaki eğik mesafe $AD = G_1'$;

$$G_1' = \frac{a}{\cos \theta} \cdot k \quad \text{ve} \quad g_1 = \frac{a}{\cos \theta}$$

bağıntısından

$$G_1' = g_1 \cdot k \quad (21)$$

seviye kazığı ile dolduru seviye kazığı arasındaki eğik mesafe de aynı şekilde ;

$$G_2' = g_2 \cdot d \quad (22)$$

olarak hesabedilebilir.

Şev kazıkları arasındaki yatay mesafeyi ifade eden toplam yapı alanı genişliği de ;

$$G = a \cdot k + b \cdot d \quad (23)$$

olarak hesaplanabilir.

Zira 1 m kazı genişliği için AP mesafesi a, AR mesafesi de b olarak belirlenmişti (formül, 10 ve 12). Aynı şekilde toplam yapı alanı genişliği (G') de eğik mesafe olarak formül 21 ve 22 yardımıyla,

$$G' = G_1' + G_2' \quad (24)$$

olarak elde edilir.

Böyle bir enkesitte dolduru sevi uzunluğu EC şu şekilde tayin edilebilir :

$$\cos \beta = \frac{RC}{EC} \quad EC = \frac{RC}{\cos \beta} \quad \text{ve} \quad RC = d(b-1)$$

olduğundan

$$EC = \frac{d(b-1)}{\cos \beta} \quad (25)$$

dir,

Aynı mülâhazalarla kazı sevi uzunluğu BD, de ;

$$\cos \alpha = \frac{BP}{BD} \quad BD = \frac{BP}{\cos \alpha}$$

ve $BP = k(a-1)$ olduğundan

$$BD = \frac{k(a-1)}{\cos \alpha} \quad (26)$$

olarak hesaplanabilir.

Diğer taraftan yukarıda kabul edilmiş bulunan şartlar altında kazı alanı (F_k) da şu şekilde hesaplanabilir :

$$F_k = \frac{1}{2} k \cdot h_1$$

ve,

$$\sin \theta = \frac{h_1}{G'}$$

eşitliğinden

$$h_1 = G' \cdot \sin \theta$$

bulunur.

Diğer taraftan,

$$G_1' = g_1 \cdot k$$

olduğundan (formül 21) yukarıdaki eşitlikte G_1' nün bu değeri yerine konunca,

$$h_1 = g_1 \cdot k \cdot \sin \theta$$

elde edilir.

h_1 in bu değeri de ilk eşitlikte yerine konursa ;

$$E_k = \frac{1}{2} k g_1 k \sin \theta$$

elde edilir.

$$f_k = \frac{1}{2} g_1 \sin \theta$$

(formül 14) olduğuna göre de,

$$F_k = f_k \cdot k^2 \quad (27)$$

bulunur.

Bütün bu açıklamalardan görüldüğü gibi sıfır hattı esas alınarak yani etüd sonucu elde edilen sıfır hattı poligonunda herhangi bir doğrultma yapılmadan ve kırımı hat uygulamasına gerek kalmadan gerçekleştirilecek orman yolları projelendirme ve yapımı çalışmaları için lüzumlu elemanlar yukarıda belirlenen esaslar (HAFNER 1965 e 1971; MEGAHAN 1976; BAYOĞLU 1965 ve 1969) yardımıyla hesaplanabilir.

3. ORMAN YOLLARI İÇİN GEREKLİ GENİŞLİKLER

Orman yollarının genişlik, kurb yarıçapları, eğim, görüş mesafesi ve benzeri fiziki standartlarının seçiminde bunların işletmeye açacağı alan ve dolayısıyla söz konusu olacak yıllık ortalama trafik sayısı etkili olmaktadır. Genel bir ifade ile fiziki standartlar yükseldikçe bunlar üzerindeki nakliyat hızı artmakta ve buna paralel olarak taşıma masrafları azalmakta, standartlar düşürülünce de nakliyat hızı azalmakta ve taşıma masrafları artmaktadır. Şu halde çözümlenmesi gereken problem inşa masrafları ile direkt taşıma masrafları arasında bir denge sağlamak şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda belirlenen yol fiziki standartlarından birisi olan yol genişlikleri nakliyatın tek veya iki yönde önem taşıması durumuna göre tek veya çift şeritli olarak seçilmektedir. Bugün yurdumuzda büyük orman alanlarını devlet yolları ile demiryollarına bağlayan ana orman yollarının büyük çoğunluğu ile inşaatının gerçekleştirilmiş olduğu gözönüne alınır, daha ziyade küçük orman alanlarını işletmeye açan orman içi yollarının projelendirilme ve yapımlarının söz konusu olacağı kendiliğinden ortaya çıkar. Bu da yer yer karşılaşma yerleri bulunan tek şeritli yolların yeterli olacağı anlamına gelmektedir. Gerçekten meselâ verimli bir orman için 20 m/ha lık bir yol yoğunluğu veya buna tekabül eden 500 m lık yol aralığı uygulanacağı düşünülürse, 1 km uzunluğundaki bir yolun 50 ha. lık ormanı işletmeye açacağı ve bu ormanın yıllık etasının 2-3 m³/ha olacağının kabulü halinde de ortalama yıllık taşınacak hacmin 100-150 m³ ü aşmayacağı görülür ki, bu da 10-15 kamyon yükü veya bu sayıda yıllık trafik sayısı demektir. Böyle bir yolun 1000 hektarlık bir alanı işletmeye açması ise gene aynı mülâhazalarla 2-3000 m³ hacmindeki bir yük ve dolayısıyla 200-300 yıllık ortalama trafik sayısına tekabül edecektir. Bu açıklamalardan da açıkça görüleceği gibi, bugün memleketimizde inşası söz konusu olan orman yollarının büyük çoğunluğu üzerinde sınırlı ölçüde nakliyat yapılan, diğer bir ifade ile yıllık ortalama trafik sayısı çok düşük olan yollardır. Dolayısıyla bunların tek şeritli olarak inşası maksada uygun ve yeterli olacaktır. Şu halde burada tek şeritli olarak inşa edilmesi gereken orman içi yollarda uygulanması yerinde olacak genişliğin belirlenmesi üzerinde durmamız yerinde olacaktır.

Özellikle, ormanların büyük çoğunluğunun yer aldığı dik yamaçlar üzerinde inşa edilecek orman yollarının genişliklerindeki küçük artışların bile bir taraftan kazılacak hacim ve diğer taraftan da yapı alanını dolayısıyla üretim dışı bırakılan alanı önemli ölçüde artıracığı keyfiyetini yol genişliğinin seçiminde gözden uzak

tutmak mümkün değildir. Gerçekten meselâ pek dik bir meyil sayılamıyacak % 65 yamaç meyli ve toprak bir zeminde 1 : 1 kazı şevi eğiminde inşa edilecek bir yolun 4.0 m yerine 5.0 m olarak inşa edilmesi, metre tuldeki toprak hafriyatının 5.80 m³ yerine 8.69 m³ e yükselmesine (yani % 50 oranında artmasına); aynı şekilde yapı alanı genişliğinin ise 22.7 m den 27.8 ye çıkmasına, diğer bir ifade ile 1 hm tulde yaklaşık olarak 0.5 ha. lık bir alanın fazladan üretim dışı kalmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla herşeyden önce yol yapım masrafları ve fazla orman toprağının üretim dışı bırakılmaması yönünden ihtiyacın üzerindeki yol genişliklerinden kaçınmak gerekmektedir.

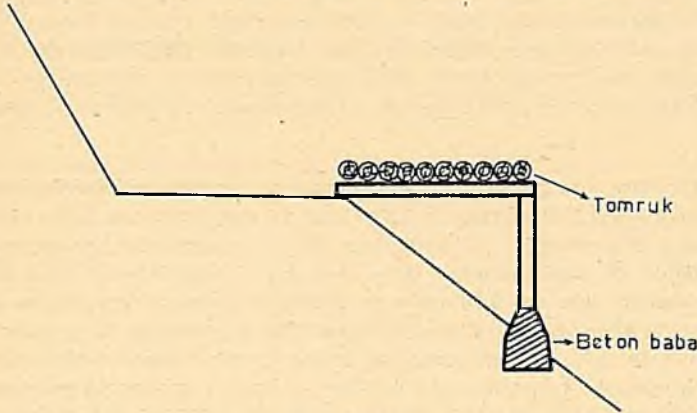
Şüphesiz dağlık arazide, dik yamaçlar üzerinde inşa edilen orman yolları aynı zamanda üretilen odun için bir toplanma yeri olarak da yarar sağlamakta ve bu sebeple de bunların çok dar tutulmaması yerinde olmaktadır. Buna karşılık çoğunlukla üst yapısız olarak inşa edilen tek şeritli orman yollarının bazen sadece belirli bir genişliği trafik için kullanılmakta böylece trafik için de diğer amaçlar için de yararlı olmayan genişlikler ortaya çıkmaktadır. Bunların yanında inşaat sırasında elde edilen yol genişliklerinin bir süre sonra bir miktar daralacağını da peşinen kabul etmek gerekmektedir. Zira inşaat sırasında ortaya çıkan dolduru şevleri, zemine has tabii şev açısına uygun olarak zamanla yatıklaşacaktır. Ayrıca toprak taşınmaları da bu konuda olumsuz etki yapmaktadır. Kazı şevlerinden de tabii şev açısına uygun olarak bir kısım zemin akmakta ve bunlar da yol genişliğinin daralması sonucunu doğurmaktadır. Şüphesiz kazı şevlerinde ayrışma sonucu ortaya çıkan materyalin tabii şev açısı değeri de daha küçüktür. Görüldüğü gibi hemen bütün orman yollarında, inşaatı takip eden yıllarda kendini gösteren şevlerdeki bu muhtemel değişmelerin yol genişliklerinin belirlenmesinde gözönüne alınması gerekmektedir.

Yapılan tespitler kamyonlarla nakliyat yapılan orman yollarında faydalanılan platform genişliklerinin alıymanlarda 2.30 - 2.60 m kurblarda ise 2.70 - 4.00 civarında bulunduğunu göstermiştir. Şüphesiz kurblarda yarıçap arttıkça gerek duyulan ilâve yol genişliği de azalmaktadır. Gerçekten gene müşahedelere göre 40 - 100 m lik yarıçaplı kurblar için de 3.70 - 4.00 m platform genişliği gerekli ve yeterli olmaktadır. Şu hale göre orman yollarında alıymanlar boyunca ve 40 m nin üzerindeki yarıçaplı kurblarda 2.70 - 3.00 m; minimal değer olarak kabul edilebilecek 8 - 10 m lik yarıçaplı kurblarda ise 4.00 - 4.20 m lik platform genişliği uygulamak, bunun üzerindeki genişliklerden kaçınmak gerekmektedir (HAFNER 1965). Gerçekten orman içi yolları için proje hızları, yüksek standartlı devlet yollarına nazaran, çok düşük olduğu ve bu yollarda genellikle 15 - 20 km/saat lik hızlarla yetinildiği için özellikle kurblarda, yüksek hız yapılan yolların gerektirdiği ilâve genişliklere de ihtiyaç duyulmamaktadır.

Orman yolları ile ilgili müşahedeler tek trafik şeritli yollarda taşıtların daima aynı izi takip etme eğiliminde olduklarını göstermektedir. Bu durum herhangi bir sıkıştırma işlemine tabi tutulmamış yollar gibi silindire sıkıştırılmış olanlarda da farklı değildir. Diğer taraftan oturmuş da olsa yeterli kadar emniyetli görülmediği için dağlık arazideki yamaç yollarında trafik çoğunlukla yolun kazı üzerine oturulmuş bulunan yamaç tarafındaki kısmında cereyan etmektedir. Diğer bir ifade ile gidış gelişlerde bir yamaç yolunun dolduru üzerine rastlayan kısmından çok kazı üzerine rastlayan kısmından yararlanmaktadır. Gerçekten meselâ, % 70 yamaç eğimindeki bir yamaç üzerinde yer alan 4.0 m platform genişliğindeki bir yolun trafik tarafından kullanılmayan genişliği kazı tarafında 0.60 m dolduru tarafından ise 1.10

m olarak tespit edilmiştir. Gene üzerinde tek yönde nakliyat yapılan yollarda platform genişliğinin daha fazla olması halinde de yamaç tarafındaki yararlanılmayan genişliğin aynı kaldığı, buna karşılık dolduru tarafında bu genişliğin daha fazla olduğu müşahede edilmektedir. Buradan da açıkça görüldüğü gibi yolların üst yapılı olarak inşasının söz konusu olması halinde bu hususun üzerinde daha da titizlikle durulması gerekir. Zira üst yapılı genişliğin gereğinden fazla seçilmesi hem yapım ve hem de daha sonraki yıllara ait bakım masraflarını önemli ölçüde etkileyecektir. Bunun yanında fazla sayıda kurb bulunan ve sıkıştırılmamış toprak yollarda araçlar bir bakıma güzergâhı düzeltici şekilde bir iz takip ederler ve dolayısıyla bir doğrultmayı gerçekleştirirler. Bu durum lâselerde de belirgin bir şekilde kendisini göstermekte ve eğimi düşürebilmek için projelendirme ve yapım sırasında sarfedilen gayretlere rağmen lâselerin dış taraflarında geniş bir kullanılmayan genişlik bırakılmaktadır. Böylece de kısaltılan güzergâhın eğiminde önemli bir artış meydana gelmiş olmaktadır (HAFNER 1965).

Bütün bu açıklamaların ışığı altında üzerinde tek yönlü nakliyat yapılan orman yollarında gerek allymanlar ve gerekse yarıçapı çok küçük olmayan kurbular boyunca 4.0 m lik platform genişliğinin yeterli olacağı sonucuna varılabilir. Bu genişlik sınırlı ölçüde de olsa kesilip hazırlanmış tomrukların istiflenmesine de yeterli olmaktadır. Fakat şüphesiz üretilen büyük miktarlardaki tomrukların istif edilmesinin söz konusu olması halinde yolun alt tarafına ızgara şeklinde (Şekil 3) istif



Şekil 3.

yerleri yapmak ya da bu amaçla arazinin elverişli kısımlarından yararlanmak gerektir. Genellikle 8-10 m gibi küçük yarıçapların uygulandığı lâselerde ise yol genişliklerini bir miktar arttırmak zorunludur. Bu durumda 8 m yarıçap için 6 m lik, 10 m yarıçap için ise 5.5 m lik yol genişlikleri yeterli kabul edilmektedir (HAFNER 1965). Kayalık kesimlerde ise kazı masraflarından mümkün olduğu kadar tasarruf sağlayabilmek için 4.0 m yerine 3,5 m platform genişliği ile yetinilebilir.

Genellikle orman yollarının inşaatı sırasında gereğinden fazla platform genişlikleri ile dik şevler ortaya çıkmaktadır ve bu durum, inşaat kuru havalarda yapıldığı takdirde daha da belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Ancak zamanla, başlangıçta dik olarak kesilmiş bulunan bu şevler, yatıklaşır ve dolduru gövdesi sıkışır. Sıkışma kısmen makinelerin gidiş geliş kısmen de ertesi yıla kadarki oturma- larla gerçekleşmekle beraber, kabarmanın tamamı bu şekilde ortadan kalkmış olmaz ve bir kısmı kalır ki, buna *kakıcı kabarma* adı verilir.

Bunların dışında güzergâhın bir ölçüde de olsa düzeltilebilmesi amacıyla yer yer standart genişliğin dışına çıkılmaktadır. Bu, sıfır hattından bir miktar ayrılmış olmayı ve dolayısıyla kazı hacminin artması sonucunu doğurur. Toplam hacme belli bir yüzde ilâvesi ile karşılanabilen bu artışı, şüphesiz metodun sağladığı kolaylık, kabul edilebilir duruma getirmektedir.

Yukarıda açıklanan sebeplerle çoğunlukla tek şeritli orman yollarına ihtiyaç duyulacağı için sıfır hattı esas alınarak inşa edilecek 3,5 ve 4,0 m platform genişliğindeki yollar için kazı ve dolduru şev eğimleri ile kalıcı kabarma da gözönüne alınarak kazı ve dolduru alanları ile şev kazığı uzaklıkları hesabedilmiş bulunmaktadır. Ancak büyük orman komplekslerinin işletmeye açılması veya ormancılık dışında da önemli ölçüde trafiğin söz konusu olacağı hallerde uygulanabileceği düşünüülerek 5,0 ve 6,0 m platform genişlikleri için de aynı tablolar düzenlenmiştir.

3.1. Platformun sağlam zemin üzerinde bulunması gereken genişlikleri

Belli bir platform genişliğindeki enkesitin kazı ve dolduru üzerinde bulunacak genişlikleri sıfır hattı esas alınarak gerçekleştirilen inşaat için ayrı bir önem taşımaktadır. Yukarıda da belirtildiği gibi teorik olarak bu metod vadi tarafında bir istinat duvarının söz konusu olmaması şartı ile kazı ve dolduru hacimlerinin, kalıcı kabarma da gözönüne alınmak üzere dengelenmesi prensibine dayanmaktadır. Şüphesiz böyle bir uygulama ancak dolduru kitlesinin yamaç üzerinde kaymadan oturabilmesine bağlıdır ve bunun gerçekleşmesi de ancak belli yamaç meyillerine kadar mümkün olabilmektedir. Kazı ve dolduru hacimlerinin dengelenmesi konusunda bir diğer problem de 4,0 m nin altındaki küçük platform genişliklerinde ortaya çıkmaktadır. Gerçekten bu platform genişliklerinde inşa edilmiş yollar üzerinde yaptığımız etüdler kazı üzerindeki genişliklerin teorik olarak hesap edilen değerlerin üzerinde bulunduğunu göstermektedir. Bunun en belirgin sebebi taşıma gücü zayıf ve çok zaman köklerin yaygın bulunduğu üst toprak tabakaları üzerine oturtulan dolduru kitlelerinin nakliyat için yeterli güven sağlayamayan bir dolduru genişliği oluşturmalarıdır. Küçük platform genişliklerinde taşıma gücü yetersiz üst toprak tabakaları üzerine oturtulan dolduruların yer yer nakliyatta büyük kaza ve zararlara sebebiyet verdiği görülmektedir. Bu sakıncalara karşılık olarak yolların kazı üzerine isabet eden genişliği hesapla bulunan değerlerden daha büyük tutulmaktadır. Bu konuda HAFNER'de (1965), platform genişliğinin 4,0 olması halinde ve % 15 - 30 arasındaki nisbeten küçük yamaç meyillerinde kazı üzerine isabet edecek genişliğin takriben 2,70 m olduğunu; bunun % 35 - 55 arasındaki orta derecedeki yamaç meyillerinde 2,50 - 2,30 m olmak üzere biraz azaldığını, % 75 ve daha dik yamaç meyillerinde ise bir dolduru kitlesinin yamaç üzerinde oturmasının mümkün olamayacağını ve platformun bütünüyle kazı üzerine oturtulduğunu ifade etmektedir. Buradan da açıkça görüldüğü gibi 3,0 - 4,0 m gibi küçük platform genişliklerinde yolun kazı üzerine oturtulan kısmı, küçük yamaç meyillerinde orta derecedeki yamaç meyilleri için söz konusu olan genişlikten daha fazladır. Dolayısıyla bir taraftan dolduruda kullanılabilecek nitelikte toprak elde edebilmek, bir taraftan da organik madde bakımından zengin olduğu için taşıma gücü zayıf olan üst toprak tabakalarını kazıp bir yana toplayarak dolduruların oturabileceği sağlam zemine ulaşabilmek küçük yamaç meyillerinde diğerlerine nazaran daha çok ve güç toprak işlerini gerektirmektedir. Şu halde ilk bakışta tahmin edildiği gibi yamaç meyilinin % 10 - 15 gibi çok küçük olması halinde yapılacak kazı miktarının % 15 - 35 yamaç meyillerindekine nazaran daha az olması beklenemez. Bu açıklamaların ışığı altında, sıfır hattını esas alan orman yollarının projelendirme ve inşaat çalışma-

larında yararlanılmak üzere düzenlediğimiz tablolarda 3.5 ve 4.0 m platform genişliklerinde değişik yamaç eğimlerinde bunların belli genişliklerinin sağlam zemine oturtulduğu peşinen kabul edilmiştir. Bu amaçla toprak zeminlerde ve 3.5 m yol genişliğinde % 5 - 30 yamaç eğimlerinde platformun 2.40 m sinin; % 35 yamaç meylinde 2.30 m sinin; % 40 - 65 yamaç eğimlerinde 2.20 m sinin; ve son olarak % 70 in üzerindeki yamaç meyillerinde ise pratik olarak dolduru kitesinin tutunamaması sebebiyle % 100 üne tekabül eden 3.5 m sinin sağlam zemine oturtulacağı kabul edilmiştir. Aynı şekilde 4.0 m platform genişliği için % 5 - 30 yamaç meyillerinde toplam genişliğin 2.70 m sinin; % 35 yamaç meylinde 2.50 m sinin; % 40 - 55 yamaç meyillerinde 2.30 m sinin; % 60 - 65 ve 70 yamaç meyillerinde ise sırası ile 2.40 - 2.50 ve 2.70 m sinin sağlam zemin üzerine oturtulduğu kabul edilmiştir. Kayalık arazide 3.5 ve 4.0 m platform genişliklerindeki yolların da sağlam zemin üzerine oturtularak genişlikleri Tablo III ve IV de görülen şekilde kabul edilmiştir (HAFNER, 1969).

Yol genişliklerinin 4.0 m den fazla olması halinde hesapla bulunan bazı genişlikleri yukarıda belirlenen değerleri aştığı için bu genişliklerle ilgili değerler doğrudan doğruya hesap yolu ile elde edilmiş bulunmaktadır.

4. TABLOLARIN DÜZENLENMESİ

Sıfır hattına göre yapılacak yol inşaatı için değişik yamaç meyilleri esas alınarak kazı ve dolduru alanları, şev kazığı uzaklıkları ve inşa alanı genişlikleri bu amaçla uygulanacak standart enkesitlerden yararlanılarak hesap edilmiş ve bunlar tablolar halinde verilmiş bulunmaktadır. Şüphesiz bu tabloların düzenlenmesinde toprak ve kayalık zeminlerde, değişik yamaç eğimlerinde inşa edilecek yollar için yol genişlikleri ile kazı ve dolduru şevlerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Yukarıdaki açıklamalarda da belirtildiği gibi yol genişlikleri 3,5; 4,0; 5,0 ve 6,0 m olarak seçilmiş, küçük yol genişliklerinde (3,5 ve 4,0 m) kazı üzerinde bulunacak genişlikleri doğrudan doğruya hesap yoluyla belirlenmiştir (Şekil 6 ve 7). Böylece de küçük genişliklerinde dolduru kitlelerinin oturacağı zeminin çoğunlukla yeteri taşıma gücüne sahip bulunmaması ve karayolu inşaatlarında daima uygulanan şekilde bir taban toprağı sıkıştırmasının yapılmaması sonucu ortaya çıkan sakinca giderilmeye çalışılmıştır.

Kazı şevi eğiminin toprak zeminler için 1/1 olarak gerçekleştirilmesi gerekmele birlikte tatbikatta çoğunlukla 4/1 eğiminde kesildiği, bunun da yapım greyderleri ile 2/1 eğiminde kesilerek geri kalan kısmın inşaatı takip eden yıl boyunca kendi kendine göçtüktan sonra bakım çalışmaları sırasında uzaklaştırıldığı ve böylece de söz konusu hacmin hacmin kazılması külfetinden kaçınılmış olduğu gözönüne alınarak tablolar bu üç değişik şev eğimi için düzenlenmiştir. Dolayısıyla tablolarda 2/1 ve 4/1 kazı şevi eğimlerine ait kazı alanları (F_{k1}) yanında bunları 1/1 şev eğimlerinde alanlara tamamlayan değerlere de (F_{k2}) yer verilmiş bulunmaktadır. Gene toprak zeminler için dolduru şevi eğimi % 70 kalıcı kabarma $\theta_k = \% 6$ olarak kabul edilmiştir. Böylece 3.5 ve 4.0 m platform genişlikleri için kazı üzerine oturan kısımlar yukarıda belirlenen şekilde kabul edildikten sonra (Şekil 4) değişik elemanları veren tablo I ve II düzenlenmiştir.

Kayalık arazide inşa edilecek 3.5 ve 4.0 m platform genişliklerindeki yolların da sağlam zemin üzerine oturtulacak genişlikleri kabul edildikten sonra (Şekil 5)

kazı sevi eğimi 5/1, dolduru sevi eğimi % 78 ve kalıcı kabarma $\theta_k = \% 16$ alınarak aynı şekilde tablo III ve IV düzenlenmiştir.

Bütün bu açıklamalardan da görüldüğü gibi küçük platform genişliklerinde (3.5 ve 4.0 m) yolun sağlam zemin üzerine oturtulacağı kabul edilen kısmı, teorik olarak hacim dengelemesinin sağlanması durumundakine nazaran daha fazla olduğundan, söz konusu olan zemin cinsine uygun şev eğimleri gerçekleştirildiği zaman ortaya çıkan toplam platform genişliği istenilen genişliği bir miktar aşmaktadır. Dolayısıyla burada istenilen yol genişliği için gerekli dolduru genişlikleri (d_1) ile bu durumun sonucu ortaya çıkan ilâve dolduru genişlikleri (d_2) ayrı ayrı verilmiş bulunmaktadır.

Platform genişliği 5.0 ve 6.0 m olan toprak ve kayalık zeminlere ait enkesitlerde (Şekil 6 ve 7) kazı ve dolduru alanları arasında bir dengelemenin sağlanacağı noktasından hareket edilmiş ve buna göre gerekli elemanlar hesab edilerek tablolar düzenlenmiştir (Tablo V, VI, VII ve VIII). Burada da toprak zeminlerde 1/1, 2/1 ve 4/1 şevleri için ayrı ayrı kazı alanları hesab edilmiş (F_{11}) bunların yanında 2/1 ve 4/1 şevlerine ait kazı alanlarını 1/1 şev eğimindeki alana tamamlayan değerlere de (F_{12}) yer verilmiştir.

Tablatta genellikle karşılaşılan durum gözönüne alınarak kayalık zeminlere ait tablo % 30 un üzerindeki eğimler için düzenlenmiştir. Küskülük zeminler için ise gerekli görüldüğü takdirde değişik kazı sevi eğimleri için düzenlenmiş bulunan tablolardan yararlanılabileceği düşünülerek ayrıca tablo düzenlenmemiştir. Şüphesiz tablolarda gösterilen en yüksek yamaç eğimlerini aşan durumlarda yukarıda verilen bağıntılardan yararlanarak gerekli elemanların hesab edilmesi mümkündür.

5. METODUN KRİTİĞİ

Sıfır hattı esas alınarak yapılacak yol inşaatı için standart enkesitler ve hacim hesaplarında yararlanmak üzere düzenlenen tablolar oldukça düzgün ve üniform bir şekilde seyreden yamaçlar üzerinde yer alan güzergâhlar için büyük kolaylık sağlamaktadır. Buna mukabil düzensiz seyreden yamaçlar, yol ekseni boyunca arazinin keskin kırıklıklar gösterdiği haller ve istinad duvarı ile büyük açıklıklı köprülerin inşasının zorunlu olduğu yerler gibi büyük dolduruların yapılması gereken şartlarda bu metodun uygulanması isabetli olamaz. Güzergâhlar boyunca istisnai durum gösteren bu gibi kesimler için klasik usullerle enkesitler alınarak yapılacak toprak hareketleri hakkında gerçeğe en yakın çözümü aramak yerinde olur.

Yol güzergâhlarının aplikasyonu sırasında arazi çalışmalarını süratle tamamlayabilmek için ayrıca kurv elemanlarının hesab edilerek yerlerinin kazıklarla belirtilmesine gerek görülmediği için inşaatın sonra ölçülen sıfır hattına nazaran daha kısa olan bir yol ekseni ortaya çıkmaktadır. Bu fark esas itibarıyla güzergâh boyunca ortaya çıkan kurbların yarıçapları ve sayısına bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. HAFNER (1965) güzergâhın muntazam bir yamaç üzerinde seyretmesi, bunun sağa ve sola 20° civarında sapmalar göstermesi, uygulanan kurv yarıçaplarının da 40-60 m civarında bulunması halinde, toplam yol uzunluğunun % 40'ını kurbları teşkil ederse inşaatın sonra ortaya çıkan yol uzunluğunun sıfır hattı uzunluğunun takriben % 1,6'sı kadar kısa olduğunu, kurbların toplam yol uzunluğunun % 30'u kadar olması halinde ise bu kısalmanın sıfır hattının % 1,2'si kadar olduğunu belirtmektedir. Buradan da kolayca görüldüğü gibi bu değerler yapılacak masraf miktarını belirtmek amacıyla düzenlenen kesiflerin hata sınırları içinde kalmaktadır.

Kurbların, aplikasyon sırasında esas noktaları ile belirlenmemesi sonucu ortaya çıkan bir diğer durum da standart enkesitler ve hacim tablolarından yararlanmada esas alınan yamaç eğiminin kurb orta noktası yerine some noktasında ölçülmüş olmasıdır. Şüphesiz bu durum yamaç eğiminin üniform olmaması durumunda etkili olmakta ve fakat değişimin sınırları belli olmadığı için bunun hacim hesapları üzerinde ne ölçüde etkili olduğunu tesbit etmek mümkün bulunmamaktadır. Ayrıca uygulanan küçük yarıçaplı kurblarda yol genişliğinin zorunlu olarak artırılması hususu da standart enkesitlerden yararlanılması halinde gözönüne alınmaktadır.

Sıfır hattını esas alan bu metodun uygulanması ile ilgili olarak ileri sürülebi-
lecek bir diğer nokta da güzergâhların yatay uzunluklarının esas alınması ve dolayısıyla eğik uzunlukla arasındaki farkın ihmal edilmesidir. Ancak dağlık arazide uygulanan en dik eğim değerleri için bile bu fark önemsenmeyecek kadar küçük olmaktadır. Gerçekten meselâ yol eğiminin % 10 olması durumunda bu fark sadece % 0.5 civarında bulunmaktadır.

İnşaatın dozerlerle gerçekleştirileceği esas alınan bu metodla sadece enine tesviyenin yapılacağı, bunun dışında bu makinalarla en ekonomik taşıma mesafesi olan 15 m dahilindeki boyuna taşımaların gerçekleştirileceği kabul edilmektedir. Böylece yol yapım masraflarının tahmininde önemli bir kolaylık sağlanmaktadır. Fakat güzergâhın bazı kesimlerinde zorunlu olarak boyuna tesviye, yani enine tesviye gerçekleştirildikten sonra elde edilecek fazla materyaline boyuna olarak taşınması problemi ile karşılaşılırsa şüphesiz ayrıca bir taşıma masrafı hesabı yapılması gerekir. Ayrıca dozerlerle yapım sırasında göze çarpan bir diğer nokta da yol boyunca her noktada yol genişliğinin aynı olmaması, yani standart genişliğin muhafaza edilememesidir. Bir taraftan yamaç kazılarının durumuna bağlı olarak bir taraftan da çakılan sıfır hattı kazısına göre gerekli düzenlemelerin yapılması sırasında yol genişliğinde önemli olmayan bazı artışlar ortaya çıkmaktadır.

Hacim hesaplarına esas teşkil eden standart enkesitlerde yol yüzeyi bombelli değil yatay ve üçgen kesitli kenar hendekleri ise yok farzedilmekte böylece küçük bazı hataları da peşinen kabul edilmiş olmaktadır.

Yukarıda açıklanan bütün mahzurlarına rağmen sıfır hattı esas alınarak projelendirilecek ve inşa edilecek orman yollarında standart enkesitlere dayalı olarak düzenlenen tablolardan yararlanmak oldukça düzgün seyreden yamaçlar üzerindeki güzergâhlar için tatmin edici sonuçlar vermektedir. Bunun yanında memleketimizde orman yollarının inşası ile ilgili uygulamada, orman işletmelerinin genellikle Orman Ana Tamirhanelerinden saat esası üzerinden kiraladıkları makinelerden yararlandıkları düşünülürse metodun sebep olabileceği hataların ne kadar küçük önem taşıdığı kendiliğinden ortaya çıkar. Kaldı ki peşinen tahmini mümkün olmayan hususlar için, genellikle inşa masraflarının hesabında keşif bedellerine belli bir yüzde şeklinde (% 10 ve 15 gibi) bir ilâve yapılması her zaman için söz konusudur. Daha detaylı ölçmelerle gerçekleştirilen projelere dayalı olarak yapılan yol inşa çalışmalarında da tahrik edilecek toprak hacminin ve dolayısıyla kazı masraflarının tam bir kesinlikle belirlenmesi mümkün değildir. Zira projede öngörülen şev ve kalıcı kabarma değerleri her zaman için değişiklikler gösterebileceği gibi çeşitli zemin sınıflarının kazılardaki iştirak nisbetleri de hacim hesaplarında ancak tahminlere dayanarak yer almaktadır. Buna mukabil standart enkesitler yardımıyla düzenlenecek projeler detaylı projelere nazaran çok daha az zamanı gerektiren arazi ve büro çalışmaları ile kolaylıkla düzenlenebilmektedir.

Tablo 1.

Platform genişliği $l=3,5$ m, zemin TOPRAK, kazı şevli eğimi $m=1/1$, dolduru şevli eğimi $n=\%70$ kalıcı kabarma $\theta_1=\%6$ olduğuna ve belli genişliklerin ağırlam zemine oturtulması durumuna göre değişik yamaç eğimlerinde dolduru genişlikleri ve şev uzunlukları ile 1/1, 2/1 ve 4/1 kazı şevli eğimleri için kazı kesit yüzeyleri (Şekil 1).

Yamaç meyli y %	k m	d ₁ m	d ₂ m	Kazı Şevleri					F _D m ²	G ₁ G ₁ ' m	G ₂ G ₂ ' m	G G' m	Yamaç meyli y %
				1/1	2/1		4/1						
				F _k m ²	F _{k1} m ₂	F _{k2} m ²	F _{k1} m ²	F _{k2} m ²					
5	2,40	1,10	1,35	0,15	0,14	0,01	0,14	0,01	0,16	2,55	2,60	5,15	5
10	2,40	1,10	1,32	0,32	0,30	0,02	0,30	0,02	0,34	2,55 2,65 2,70	2,60 2,80 2,80	5,15 5,45 5,50	10
15	2,40	1,10	1,30	0,51	0,47	0,04	0,45	0,06	0,54	2,80 2,85 2,90	3,00 3,05 3,05	5,80 5,90 5,90	15
20	2,40	1,10	1,27	0,72	0,64	0,08	0,61	0,11	0,76	3,00 3,05 3,10	3,25 3,30 3,30	6,25 6,35 6,35	20
25	2,40	1,10	1,23	0,92	0,83	0,13	0,77	0,19	1,02	3,20 3,30 3,30	3,50 3,60 3,60	6,70 6,90 6,90	25
30	2,40	1,10	1,19	1,23	1,02	0,21	0,93	0,30	1,31	3,45 3,60 3,60	3,80 4,00 4,00	7,25 7,60 7,60	30
35	2,30	1,20	0,95	1,42	1,12	0,30	1,01	0,41	1,51	3,55 3,75 3,95	4,00 4,25 4,60	7,55 8,00 8,55	35
40	2,20	1,30	0,70	1,61	1,21	0,40	1,07	0,54	1,71	4,00 4,40 4,40	4,85 5,30 5,30	8,85 9,70 9,70	40
45	2,20	1,30	0,63	1,98	1,41	0,57	1,23	0,75	2,10	4,40 4,40 4,90	4,85 5,30 6,20	8,85 9,70 11,2	45
50	2,20	1,30	0,55	2,42	1,61	0,79	1,38	1,04	2,57	4,40 4,90 4,90	5,55 6,20 6,20	9,95 11,2 11,2	50
55	2,20	1,30	0,44	2,96	1,84	1,12	1,55	1,41	3,14	4,90 5,60 5,60	6,55 7,45 7,45	11,5 13,1 13,1	55
60	2,20	1,30	0,30	3,63	2,08	1,55	1,71	1,92	3,85	5,50 6,40 6,40	8,00 9,35 9,35	13,6 15,8 15,8	60
65	2,20	1,30	0,10	4,49	2,33	2,16	1,88	2,61	4,76	6,30 7,50 7,50	10,5 12,5 12,5	16,8 20,0 20,0	65
70	2,40	1,10	0,06	6,72	3,11	3,61	2,44	4,28	7,12	8,0 9,8 9,8	17,5 21,4 21,4	25,5 31,1 31,1	70

Tablo II.

Platform genişliği $l=4.0$ m, zemin TOPRAK, kazı şevli eğimi $m=1/1$, dolduru şevli eğimi $n=70$ kalıcı kabarma $\theta_k=6$ olduğuna ve belli genişliklerin sağlam zemine oturtulması durumuna göre değişik yamaç eğimlerinde dolduru genişlikleri ve şev uzunlukları ile 1/1, 2/1 ve 4/1 kazı eğimleri için kazı kesit yüzeyleri (Şekil 4).

Yamaç meyli y %	k m	d_1 m	d_2 m	Kazı Şevleri					F_D m ²	G_1 G_1' m	G_2 G_2' m	G G' m	Yamaç meyli y %
				1/1	2/1		4/1						
				F_k m ²	F_{k1} m ²	F_k m ²	F_{k1} m ²	F_{k2} m ²					
5	2,70	1,30	1,46	0,19	0,18	0,01	0,18	0,01	0,20	2,85 2,85	2,90 2,90	5,75 5,75	5
10	2,70	1,30	1,43	0,40	0,38	0,02	0,37	0,03	0,43	3,00 3,00	3,10 3,10	6,10 6,10	10
15	2,70	1,30	1,40	0,64	0,59	0,05	0,57	0,07	0,88	3,15 3,20	3,35 3,35	6,50 6,55	15
20	2,70	1,30	1,36	0,91	0,81	0,10	0,77	0,14	0,97	3,35 3,40	3,65 3,70	7,00 7,10	20
25	2,70	1,30	1,32	1,21	1,04	0,17	0,97	0,24	1,29	3,60 3,70	3,90 4,05	7,50 7,75	25
30	2,70	1,30	1,28	1,56	1,29	0,27	1,18	0,38	1,66	3,85 4,05	4,30 4,50	8,15 8,55	30
35	2,50	1,50	0,83	1,68	1,33	0,35	1,20	0,48	1,78	3,85 4,10	4,35 4,65	8,20 8,75	35
40	2,30	1,70	0,39	1,76	1,34	0,42	1,17	0,59	1,87	3,85 4,15	4,50 4,85	8,30 9,00	40
45	2,30	1,70	0,32	2,16	1,54	0,62	1,34	0,82	2,29	4,20 4,60	5,05 5,55	9,25 10,2	45
50	2,30	1,70	0,23	2,64	1,76	0,88	1,51	1,13	2,80	4,60 5,15	5,80 6,50	10,4 11,7	50
55	2,30	1,70	0,12	3,23	2,00	1,23	1,69	1,54	3,43	5,10 5,85	6,85 7,80	12,0 13,7	55
60	2,40	1,60	0,15	4,32	2,46	1,86	2,03	2,29	4,58	6,00 7,00	8,75 10,2	14,8 17,2	60
65	2,50	1,50	0,09	5,80	3,01	2,79	2,42	3,38	6,15	7,15 8,50	12,0 14,2	19,1 22,7	65
70	2,70	1,30	—	8,50	3,93	4,57	3,09	5,41	9,02	9,00 11,0	19,7 24,0	28,7 35,0	70

Tablo III.

Platform genişliği $l=3.5$ m zemin KAYA, kazı şevli eğimi $m=5/1$, dolduru şevli eğimi $n=\% 78$, kalıcı kabarma $\theta_k=\% 16$ olduğuna ve belli genişliklerin sağlam zemin üzerine oturtulması durumuna göre dolduru genişlikleri ve şev uzunlukları ile kazı ve dolduru kesit yüzeyleri (Şekil 5).

Yamaç meyli y %	k m	d ₁ m	d ₂ m	F _k m ²	F _D m ²	G ₁ G ₁ ' m	G ₂ G ₂ ' m	G G' m	Yamaç meyli y %
35	2,20	1,30	0,52	0,91	1,06	2,35 2,50	3,30 3,50	5,70 6,00	35
40	2,20	1,30	0,42	1,05	1,22	2,40 2,55	3,55 3,80	5,95 6,35	40
45	2,20	1,30	0,32	1,20	1,39	2,40 2,65	3,80 4,20	6,25 6,85	45
50	2,20	1,30	0,20	1,34	1,56	2,45 2,75	4,15 4,85	6,60 7,30	50
55	2,30	1,20	0,23	1,63	1,90	2,60 2,95	4,85 5,50	7,5 8,5	55
60	2,40	1,10	0,22	1,96	2,28	2,75 3,20	5,75 6,70	8,5 9,9	60
65	2,50	1,00	0,18	2,33	2,71	2,80 3,45	7,1 8,5	10,0 11,9	65
70	2,70	0,80	0,20	2,97	3,44	3,15 3,85	9,8 12,0	13,0 15,8	70
75	2,90	0,60	0,60	3,71	4,30	3,40 4,25	17,3 21,6	20,7 25,9	75
80	3,50	—	—	5,83	(6,77)	4,2 5,4		4,5+ 5,5	80
90	3,50	—	—	6,72	(7,80)	4,3 5,8		4,5+ 6 +	90
100	3,50	—	—	7,66	(8,88)	4,4 6,2		4,5+ 6,5+	100
110	3,50	—	—	8,64	(10,02)	4,5 6,7		5 + 7 +	110

NOT : Yamaç eğiminin % 70 den fazla olması durumundaki değerler uygulamada sadece ender hallerde söz konusu olur. Bu durumlarda hemen her zaman yolun alt tarafında bir latnad duvarı yapılacağı kabul edilir.

Tablo IV.

Platform genişliği $l=4.0$ m zemin KAYA, kazı eğimi $m=5/1$, dolduru eğimi $n=78$, kalıcı kabarma $\theta_k=16$ olduğuna ve belli genişliklerin sağlam zemin üzerine oturtulması durumuna göre dolduru genişlikleri ve şev uzunlukları ile kazı ve dolduru kesit yüzeyleri (Şekil 5).

Yamaç meyil y %	k m	d_1 m	d_2 m	F_k m ²	F_D m ²	G_1 G_1' m	G_2 G_2' m	G G' m	Yamaç meyil y %
35	2,50	1,50	0,57	1,18	1,36	2,70 2,85	3,75 4,00	6,45 6,85	35
40	2,50	1,50	0,46	1,36	1,58	2,70 2,95	4,00 4,35	6,75 7,30	40
45	2,50	1,50	0,34	1,55	1,79	2,75 3,00	4,35 4,75	7,10 7,75	45
50	2,50	1,50	0,20	1,74	2,01	2,80 3,10	4,75 5,30	7,55 8,40	50
55	2,50	1,50	0,05	1,93	2,24	2,80 3,20	5,25 6,00	8,2 9,2	55
60	2,60	1,40	0,03	2,30	2,67	2,95 3,45	6,20 7,25	9,2 10,7	60
65	2,80	1,20	0,12	2,93	3,40	3,20 3,85	8,0 9,5	11,2 13,3	65
70	3,00	1,00	0,12	3,66	4,25	3,50 4,25	10,9 13,3	14,4 17,6	70
75	3,30	0,70	0,06	4,80	5,57	3,90 4,85	19,7 24,6	23,6 29,5	75
80	4,00	—	—	7,62	(8,84)	4,8 6,1		5 + 6,5+	80
90	4,00	—	—	8,78	(10,19)	4,9 6,6		5 + 7 +	90
100	4,00	—	—	10,00	(11,60)	5,0 7,1		5 + 7,5+	100
110	4,00	—	—	11,28	(13,09)	5,2 7,7		5,5+ 8 +	110

NOT : Yamaç eğiminin % 70 den fazla olması durumunda ki değerler uygulamada sadece ender hallerde söz konusu olur. Bu durumlarda hemen her zaman yolun alt tarafında bir istinat duvarı yapılacağı kabul edilir.

Tablo V.

Platform genişliği $l=5.0$ m, zemin TOPRAK, kazı şevli eğimi $m=1/1$ dolduru şevli eğimi $n=\%70$ ve kalıcı kabarma $\delta_k=\%8$ olduğuna göre değişik yamaç eğimlerinde kazı ve dolduru genişlikleri; şev uzunlukları; kazı ve dolduru kesit yüzeyleri ile 2/1 ve 4/1 kazı şevli eğimleri için kazı kesit yüzeyleri (Şekil 6).

Yamaç meyli y %	k m	d m	Kazı Şevleri					F_D m ²	G_1 G_1' m	G_2 G_2' m	G G' m	Yamaç meyli y %
			1/1	2/1		4/1						
			F_k m ²	F_{k1} m ²	F_{k2} m ²	F_{k1} m ²	F_{k2} m ²					
5	2,47	2,53	0,16	0,15	0,01	0,15	0,01	0,17	2,68 2,65	2,75 2,75	5,35 5,40	5
10	2,48	2,52	0,34	0,32	0,03	0,32	0,03	0,37	2,75 2,80	2,90 2,90	5,65 5,70	10
15	2,50	2,50	0,55	0,51	0,04	0,49	0,06	0,58	2,95 2,95	3,15 3,20	6,05 6,15	15
20	2,52	2,48	0,79	0,71	0,08	0,66	0,13	0,84	3,15 3,20	3,40 3,45	6,55 6,65	20
25	2,54	2,46	1,08	0,92	0,16	0,86	0,22	1,14	3,40 3,50	3,70 3,80	7,10 7,30	25
30	2,56	2,44	1,40	1,16	0,24	1,06	0,34	1,48	3,65 3,85	4,05 4,25	7,75 8,10	30
35	2,59	2,41	1,81	1,42	0,39	1,29	0,52	1,91	4,00 4,20	4,5 4,8	8,5 9,0	35
40	2,62	2,38	2,29	1,72	0,57	1,53	0,76	2,43	4,35 4,70	5,1 5,5	9,4 10,2	40
45	2,66	2,34	2,89	2,05	0,84	1,79	1,10	3,06	4,85 5,30	5,85 6,45	10,7 11,8	45
50	2,72	2,28	3,70	2,47	1,23	2,11	1,59	3,91	5,45 6,10	6,85 7,65	12,3 13,8	50
55	2,79	2,21	4,76	2,95	1,81	2,48	2,38	5,05	6,20 7,10	8,3 9,45	14,5 16,6	55
60	2,89	2,11	6,26	3,58	2,68	2,95	3,31	6,66	7,25 8,45	10,6 12,3	17,8 20,8	60
65	3,06	1,94	8,69	4,51	4,18	3,63	5,06	9,20	8,75 10,50	14,6 17,4	23,4 27,8	65
70	3,37	1,63	13,25	6,12	7,13	4,82	8,43	14,02	11,30 13,70	24,5 29,9	35,8 43,6	70

Tablo VI.

Platform genişliği $l=6.0$ m, zemin TOPRAK, kazı şevli eğimi $m=1/1$, dolduru şevli eğimi $n=%70$ ve kalıcı kabarma $\theta_k=%5$ olduğuna göre değişik yamaç eğimlerinde kazı ve dolduru genişlikleri; şev uzunlukları; kazı ve dolduru kesit yüzeyleri ile 2/1 ve 4/1 kazı şevli eğimleri için kazı kesit yüzeyleri (Şekil 6).

Yamaç meyli y %	m	m	Kazı Şevleri					F_D m ²	G_1 G_1' m	G_2 G_2' m	G G' m	Yamaç meyli y %
			1/1	2/1		4/1						
			F_k m ²	F_{k1} m ²	F_{k2} m ²	F_{k1} m ²	F_{k2} m ²					
5	2.97	3.03	0.23	0.22	0.01	0.22	0.01	0.24	3.15 3.15	3.30 3.30	6.45 6.45	5
10	2.98	3.02	0.49	0.47	0.02	0.45	0.04	0.53	3.30 3.35	3.45 3.50	6.80 6.85	10
15	3.00	3.00	0.79	0.73	0.06	0.70	0.09	0.84	3.50 3.55	3.75 3.80	7.30 7.35	15
20	3.02	2.98	1.14	1.01	0.13	0.96	0.18	1.21	3.80 3.85	4.05 4.15	7.85 8.00	20
25	3.05	2.95	1.55	1.33	0.22	1.24	0.31	1.64	4.05 4.20	4.45 4.55	8.50 8.75	25
30	3.07	2.93	2.02	1.67	0.35	1.53	0.49	2.14	4.40 4.60	4.90 5.10	9.30 9.70	30
35	3.11	2.89	2.60	2.05	0.55	1.85	0.75	2.76	4.80 5.05	5.40 5.75	10.2 10.9	35
40	3.15	2.85	3.30	2.48	0.82	2.20	1.10	3.50	5.25 5.65	6.10 6.60	11.4 12.3	40
45	3.19	2.81	4.16	2.95	1.11	2.58	1.58	4.43	5.80 6.40	7.00 7.70	12.9 14.1	45
50	3.26	2.74	5.31	3.54	1.77	3.04	2.27	5.63	6.50 7.30	8.20 9.20	14.8 16.5	50
55	3.35	2.65	6.86	4.26	2.60	3.58	3.28	7.25	7.45 8.50	9.95 11.4	17.4 19.9	55
60	3.47	2.53	9.03	5.16	3.87	4.25	4.80	9.59	8.70 10.1	12.7 14.8	21.4 24.9	60
65	3.67	2.33	12.51	6.49	6.02	5.23	7.28	13.26	10.5 12.5	17.5 20.9	28.0 33.4	65
70	4.04	1.96	19.04	8.79	10.25	6.92	12.17	20.24	13.5 16.5	29.5 35.9	42.9 52.4	70

Tablo VII.

Platform genişliği $l=5.0$ m, zemin KAYA, kazı şevli eğimi $m=5/1$, dolduru şevli eğimi $n=\% 78$, kalıcı kabarma $\theta_k=\% 16$ olduğuna göre değişik yamaç eğimlerinde kazı ve dolduru genişlikleri, şev uzunlukları ile kazı ve dolduru kesit yüzeyleri (Şekil 7).

Yamaç meyli y %	k m	d m	F_k m ²	F_D m ²	G_1 G_1' m	G_2 G_2' m	G G' m	Yamaç meyli y %
35	2,74	2,26	1,41	1,63	2,95 3,15	4,10 4,35	7,05 7,50	35
40	2,80	2,20	1,70	1,98	3,05 3,30	4,50 4,85	7,55 8,15	40
45	2,88	2,12	2,05	2,38	3,15 3,45	5,00 5,50	8,15 8,95	45
50	2,98	2,02	2,46	2,85	3,30 3,70	5,65 6,30	8,95 10,1	50
55	3,09	1,91	2,95	3,42	3,45 3,95	6,50 7,40	10,0 11,4	55
60	3,22	1,78	3,53	4,10	3,60 4,20	7,80 9,10	11,5 13,4	60
65	3,40	1,60	4,31	4,99	3,90 4,65	9,7 11,5	13,6 16,2	65
70	3,65	1,35	5,41	6,27	4,25 5,20	13,3 16,2	17,5 21,4	70
75	4,07	0,93	7,29	8,46	4,80 6,00	24,4 30,4	29,1 36,4	75
80	5,00	—	11,91	(13,81)	6,0 7,7		6,5+ 8 +	80
90	5,00	—	13,72	(15,91)	6,1 8,2		6,5+ 8,5+	90
100	5,00	—	15,63	(18,13)	6,3 8,9		6,5+ 9 +	100
110	5,00	—	17,63	(20,45)	6,5 9,6		7 + 10 +	110

NOT : Yamaç eğiminin $\% 70$ den fazla olması durumundaki değerler uygulamada sadece ender hallerde söz konusu olur. Bu durumlarda hemen her zaman yolun alt tarafında bir istinad duvarı yapılması kabul edilir.

Tablo VIII.

Platform genişliği $l=6.0$ m, zemin KAYA, kazı şevli eğimi $m=5/1$, dolduru şevli eğimi $n=\% 78$, katıcı kabarma $\theta_k=\% 16$ olduğuna göre değişik yamaç eğimlerinde kazı ve dolduru genişlikleri, şev uzunlukları ile kazı ve dolduru kesit yüzeyleri (Şekil 7).

Yamaç meyli y %	k m	d m	F_k m ²	F_D m ²	G_1 G_1' m	G_2 G_2' m	G G' m	Yamaç meyli y %
35	3,28	2,72	2,03	2,35	3,55 3,75	4,95 5,25	8,45 8,95	35
40	3,36	2,64	2,45	2,85	3,65 3,95	5,40 5,85	9,05 9,75	40
45	3,46	2,54	2,95	3,43	3,80 4,15	6,00 6,60	9,80 10,8	45
50	3,57	2,43	3,54	4,11	3,95 4,45	6,75 7,55	10,8 12,0	50
55	3,71	2,29	4,25	4,93	4,15 4,75	7,75 8,90	12,0 13,7	55
60	3,86	2,14	5,09	5,90	4,35 5,05	9,35 10,9	13,7 16,0	60
65	4,07	1,93	6,20	7,19	4,70 5,60	11,6 13,8	16,3 19,4	65
70	4,37	1,63	7,38	8,56	5,10 6,25	15,9 19,4	21,0 25,6	70
75	4,88	1,12	10,50	12,18	5,75 7,20	29,2 36,5	35,0 43,7	75
80	6,00	—	17,14	(19,89)	7,2 9,2		7,5+ 9,5+	80
90	6,00	—	19,76	(22,92)	7,4 9,9		7,5+ 10 +	90
100	6,00	—	22,50	(26,10)	7,5 10,6		8 + 11 +	100
110	6,00	—	25,38	(29,45)	7,7 11,5		8 + 12 +	110

NOT : Yamaç eğiminin $\% 70$ den fazla olması durumundaki değerler uygulamada sadece ender hallerde söz konusu olur. Bu durumlarda hemen her zaman yolun alt tarafında bir istinat duvarı yapılacağı kabul edilir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

BAYOĞLU, S. 1969. *Orman Yol Şebekelerinin Plânlanması ve Orman Yollarının Makinayla İnşası İle İlgili Esaslar.* (Prof. Dr. Faik Tavşanoğlu ile birlikte). İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No. 1449/148.

BAYOĞLU, S. 1965. *Orman Yolları Yapımında Toprak İşleri Üzerine Araştırmalar.* Orman Genel Müdürlüğü Yayınlarından, No. 405/22.

HAFNER, FRANZ. 1965. *Regelprofile zur Massenermittlung beim Nulllinienverfahren «Sıfır Hattını Esas Tutmak Suretiyle Yapılacak Orman Yolları İnşaatında Tesviye Hacimlerinin Yaklaşık Olarak Hesabına Ait Standard Profiller» Çeviren: Prof. Dr. Orhan Uzunsoy, Allgemeine Forstzeitung, Folge 7/1965, 76 Jahrgang.*

HAFNER, FRANZ. 1971. *Forstlichen Strassen und Wegebau* Österreichischer Agrarverlag Wien.

MEGAHAN, WALTER, F. 1976. *Tables of Geometry for Low Standard Roads for Watershed Management Considerations, Slope Staking and End Areas* USDA Forest Service, Technical Report INT-32, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden - Utah.