

SERİ

**B**

CİLT

**41**

SAYI

**3 - 4**

**1991**

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

# ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



# ORMAN YOLLARINDA TESİS EDİLEN KÜÇÜK HİDROLİK SANAT YAPILARININ SEÇİMİ VE BOYUTLANDIRILMASI

Prof. Dr. Selçuk BAYOĞLU<sup>1)</sup>  
Y. Doç. Dr. Mesut HASDEMİR<sup>1)</sup>

## Kısa Özet

Orman yollarında, küçük hidrolik yapı olarak büz ve menfezler yaygın bir şekilde tesis edilmektedir. Bu yapıların kendilerinden beklenen işlevleri uzun süre yerine getirebilmeleri için; tesis edildikleri yerin havza büyüklüğü, topografyası, arazi örtüsü, yağış miktarı, şiddeti vb. özelliklerine uygun tür ve boyutlarda olması gerekmektedir.

Bu özelliklere bağlı olarak küçük hidrolik sanat yapılarının tür seçimi ve boyutlandırılmaları; rasyonel yöntemle maksimum debinin bulunması, Talbot formülü yardımıyla ilk yaklaşım olarak tesis edilecek hidrolik sanat yapısının enkesit alanının belirlenmesi ve son olarak da akım abakları kullanmak suretiyle nihai boyutlarının belirlenmesi şeklinde olmaktadır.

Orman yollarının özelliği nedeniyle, özellikle dere geçişlerinin fazla olması, bu hidrolik yapıların seri ve ekonomik olarak yapılabilmesi zorunluluğunu getirmektedir.

## 1. GİRİŞ

Orman yollarının tam ve rasyonel olarak işlev görebilmesi, suların olumsuz etkilerinin yok edilmesine bağlıdır. Orman yolları, yüzeysel sulardan, yeraltı sularından ve dere geçişlerinde havzadan gelen sulardan etkilenmektedir. Bu etkilenme orman yollarının alt ve üst yapı malzemesinin tahribi şeklinde olmaktadır.

İyi bir orman yolu, tabanından kaplanmasına kadar bütünüyle kuru olan, yüzeysel ve taban sularının belirli sınırlar içinde kalmak suretiyle uzaklaştırıldığı, dere geçişlerinde havzadan gelebilecek suların ve özellikle taşkınların olumsuz etkilerinin ortadan kaldırıldığı bir yoldur (BAYOĞLU 1994).

1) İ. Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı.

İşte, bu suların zararlı etkilerini önlemek için çeşitli teknikler ve hidrolik sanat yapıları olarak adlandırılan tesisler kullanılmaktadır.

Yol yüzeyine, yol şevlerine ve yolun yakın çevresine düşerek, yüzeysel akışa geçen suların uzaklaştırılması; yol yüzeyine tek ya da iki taraflı enine eğim vermek ve kenar hendekleri ile kafa hendekleri tesis etmek suretiyle kanala alınan suların çoğunlukla büz, menfez gibi küçük hidrolik sanat yapıları yardımıyla yolun diğer tarafına akıtılması veya mecralara akıtılarak uzaklaştırılması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, özellikle deverlerde, dolduru şevi üzerinde akan suyun, bu şevlerde erozyona neden olmaması için yüksek banket uygulanmakta, düşüm oldukları yardımcıyla da dolduruya zarar vermeden bu sular uzaklaştırılmaktadır.

Orman yollarında yeraltı sularının olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması için alınan önlemler ise; uygun drenaj teknikleri kullanılarak taban suyunun seviyesinin düşürülmesi, jeolojik yapıya bağlı olarak kazı şevinden yol gövdesine doğru gelebilecek yeraltı sularının uzaklaştırılması için karşılama drenlerinin tesisi ve kazı şevlerinde geniş alanlardaki sızıntı sularının toplanarak zararsız duruma getirilmesi için kemer taş drenlerin yapılması şeklinde sıralanmaktadır.

Orman yollarının dere geçişlerinde ise, havzadan gelebilecek suyun maksimum debisinin ve özellikle belirli bir periyotta (10-100 yıl) yapabileceği maksimum taşkın sırasında getirebileceği suyu yola zarar vermeyecek şekilde yolun altından geçirecek olan bir hidrolik sanat yapısının türünün ve boyutlarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

İşte bu makalede, bir orman yolu dere ile kesiştiğinde tesis edilecek küçük hidrolik sanat yapılarının türünün ve boyutlarının ne şekilde belirlenebileceği üzerinde durulacaktır.

## 2. KULLANILACAK KÜÇÜK HİDROLİK SANAT YAPISININ TÜRÜNÜN BELİRLENMESİ

Genel olarak yollarda, sürekli bir şekilde akan ya da yağışlar sonucu oluşan küçük akarsuları yol gövdesinin bir tarafından diğer tarafına geçirmekte kullanılan küçük hidrolik sanat yapıları;

- Boru menfezler (büzler)
- Kutu menfezler
- Kemerli menfezler
- Tabliyeli menfezler

olmak üzere dört ana grupta toplanır. Bunlardan büzler ve özellikle menfezler Karayolları İdaresi tarafından belli açıklıklar için tiplendirilmiş ve projeleri standart hale getirilmiştir. Buna göre uygulamada inşa edilecek bir menfezin sevkedileceği su miktarı belirlendikten sonra buna uygun tip seçilmektedir. Orman yolları için de bu standart projelerden faydalanılmakta, böylece önemli bir zaman tasarrufu sağlanmaktadır.

Orman yollarında küçük hidrolik sanat yapıları olarak büzler ve menfezler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak uygulamada bu yapıların uygulanacağı yerin seçiminde, türünün belirlenmesinde ve boyutlandırılmalarında birtakım hataların yapıldığı sıkça görülmektedir.

Orman yollarında büzler; yolun düşük debili dereleri kestiği yerlerde, kenar hendeklerinde toplanan suların belirli aralıklarla yolun altından diğer tarafa akıtılmasında, ters eğimli yolların eğim değişim noktalarında ve ayrıca yolların drenajında kullanılmaktadır.

Orman yollarının daha yüksek debili dereleri kestiği yerlerde ve dolgu miktarının büz uygulaması için uygun olmadığı durumlarda ise çeşitli tiplerde menfezler kullanılmaktadır.

Görüldüğü gibi, hidrolik sanat yapılarının türlerinin ve boyutlarının belirlenmesinde doğru-  
dan etkili olan kriterler; geçilen derenin debisi ve yolun söz konusu enkesitteki dolgu durumudur.

Bu nedenle, dere geçişlerinde kullanılacak büz ve menfezlerin seçiminde birinci adım olarak  
geçilecek derenin maksimum debisinin bulunması gerekmektedir.

### 2.1. Orman Yolu Güzergâhındaki Derelerin Debilerinin Bulunması

Orman yolları; yer aldıkları bölge, uygulanan eğim değerleri, geometrik standartları vb. özel-  
likleri bakımından karayollarından farklılıklar göstermektedir. Özellikle dağlık mıntikalarda yer  
alan ve yüksek su seviyesinin hemen üzerinde olmak üzere vadi tabanını takip eden bir orman yolu  
güzergâhı, arazinin durumuna bağlı olarak oldukça fazla sayıda dere geçişlerini gerekli kılmaktadı-  
r. Orman yollarının kestiği derelerdeki debiyi hesaplamak ve olası taşkınların karakterlerini be-  
lirlemek, uygulanacak hidrolik sanat yapısının türünün ve boyutlarının ortaya konulması için ge-  
reklidir.

Bir derenin debisinin hesaplanması için çeşitli yöntemler bulunmakta ve bu yöntemlerin tü-  
mü hidrolik sanat yapısının tesis edileceği bölgeye ait uzun yıllar yapılmış ölçümlere dayanan ya-  
ğış ve taşkın istatistiklerine dayanmaktadır.

Hidrolik sanat yapıları, genellikle 10 yılda bir meydana gelmesi olası taşkınlar göz önünde  
bulundurularak projelendirilmektedir. Büyük havzalardan gelebilecek akımlar için bu süre 50 ya  
da 100 yıl olarak alınmaktadır. Söz konusu bu tekrür aralığının seçimi, yapılan tesisin ekonomik  
ömrü ile ilgilidir. Örneğin, bir hidrolik sanat yapısının ömrü 25 yıl ise bunu 50 ya da 100 yıl aralık-  
lı taşkın sularını akıtacak boyutlarda projelendirmek gereksizdir. Zira 25. yılda oluşacak bir selin  
yola ve çevreye vereceği zararın maliyeti hidrolik sanat yapısının daha büyük boyutlarda yapılma-  
sının maliyetini aşmamaktadır (HELVEY 1981).

Orman yollarının güzergâhlarındaki derelerin debilerinin belirlenmesinde kullanılan en yay-  
gın yöntem "Rasyonel Yöntem"dir. Rasyonel yöntem kısaca aşağıdaki eşitliğin sağlanmasıdır (SO-  
NUÇ 1977, BAYOĞLU 1994);

$$Q = \frac{K \cdot \dot{I} \cdot A}{3,6}$$

Burada;

Q = Hidrolik sanat yapısının türünün ve boyutlarının belirlenmesine  
temel olacak maksimum debi (m<sup>3</sup>/sn)

K = Yüzeysel akış miktarının toplam yağış miktarına oranını  
(% olarak) gösteren "Akım Katsayısı"

İ = Toplanma (konsantrasyon) zamanındaki yağış şiddeti (mm/saat)

A = Yağış havzası alanı (km<sup>2</sup>)

**Akım katsayısı (K)'nın belirlenmesi;** akım katsayısı; yağış havzasının topografik durumu-  
na, yüzeysel zemin yapısına, bitki örtüsünün durumuna vb. faktörlere bağlı olarak değişen bir kat-  
sayıdır.

Sıkı topraklarda ve dik eğimlerde, yüzeysel akış miktarı artmaktadır. Ayrıca, toprağın suyu  
emebilme oranı, yağış ile yüzeysel akış arasındaki ilişki de önemli bir faktördür.

İnce tekstürlü ve çıplak zeminlere doğrudan düşen yağış, yüzeye darbeler yapmak suretiyle  
çamurlu bir süspansiyonun oluşmasına neden olur ve bu süspansiyon da toprağın gözeneklerini tı-

kar. Diri ve ölü örtü, toprakları yağışın bu tür etkilerinden korur ve infiltrasyona yardımcı olur. Killi topraklar ise ıslandıklarında şişer ve gözenekler kapanır, kaygan, düzgün ve geçirimsiz bir yüzey oluşur. Buna bağlı olarak suyun büyük bir yüzdesi yüzeysel akışa geçer.

Yağıştan önce toprağın ıslaklığı, topraktaki mevcut organik madde miktarı, farklı toprak horizonlarının derinliği ve geçirgenlikleri, havanın ve toprağın sıcaklık derecesi ile zeminde don olup olmaması da akım katsayısını etkilemektedir (BRUCE/CLARKESON 1952).

Araziyi kaplayan bitki örtüsünün yoğunluğu ve derinliği arttıkça, suyun tutulan ve buharlaşan miktarı da artacağı için akarsu yatağına ulaşacak su miktarı yani debi (Q) de azalacaktır. Bu da (K) akım katsayısı değerinin küçülmesi sonucunu doğuracaktır.

Hidrolik sanat yapılarının boyutlandırılması amacına yönelik debi hesaplamalarında, zemin cins ve özellikleri ön planda tutularak bulunan akım katsayıları Tablo 1'de verilmiştir (SONUÇ 1977).

Tablo 1: Havzanın zemin cins ve özelliklerine göre akım katsayıları

Zemin Cins ve Özellikleri	Akım Katsayısı (K)
Su sızdırmaz yüzeyler	0.90-0.95
Dik ve çıplak yüzeyler	0.80-0.90
Dalgalı ve çıplak yüzeyler	0.60-0.80
Düz ve çıplak yüzeyler	0.50-0.70
Dalgalı mer'alar	0.40-0.65
Yaprağını döken ormanlar	0.35-0.60
İğne yapraklı ormanlar	0.25-0.50
Meyve bahçeleri	0.15-0.40
Vadi içi tarım alanları	0.10-0.30

**Toplanma (konsantrasyon) zamanındaki yağış şiddeti (İ)nin belirlenmesi:** Bir yağış havzasında, yağmur damlasının yağış havzasının en uzak noktasından yüzeysel akış ve dere akımı halinde, tesisi düşünülen hidrolik sanat yapısına (büz veya menfez gelinceye kadar dakika olarak geçen süreye o havzanın konsantrasyon zamanı ya da suların toplanma zamanı denilmektedir. Bir yağış havzasındaki konsantrasyon zamanını etkileyen kriterler; havzanın büyüklüğü, topografyası, şekli, drenaj durumu, dere sıklığı vb. olarak sıralanmaktadır. Havzanın alanı büyüdükçe konsantrasyon zamanı da büyümektedir. Arızalı ve dik eğimli bir havzada daha hızlı bir yüzeysel akış ve mecraya akışı oluşacağından, konsantrasyon zamanı, arızasız ve nisbeten düz bir havzaya oranla daha kısadır. Havzanın genişliğinin akış yönündeki havza uzunluğuna oranı olarak bulunan havza form faktörü de konsantrasyon zamanı üzerinde etkili olmaktadır. Konsantrasyon süresinin büyüklüğü, havzanın form faktörünün büyüklüğü ile ters orantılı olarak değişmektedir (BALCI/ÖZYU-VACI 1988).

Rasyonel formülde kullanılan toplanma zamanındaki yağış şiddeti (İ) yağış frekansının bir fonksiyonudur. Burada açıklanan rasyonel yöntemde bir bölge için aynı frekanstaki yağışların aynı taşkınları oluşturduğu varsayılmaktadır. Orman yollarında hidrolik yapıların boyutlandırılmasında daha önce de söz edildiği gibi genellikle 100 yıl frekanslı taşkınlar göz önünde bulundurulmaktadır.

Genellikle bir yağış havzasının yukarı kısımlarında dere yatağı tamamen belirli olamamaktadır. Dere yatağı daha aşağı kısımlarda belirli duruma gelerek hidrolik sanat yapısına ulaşmaktadır. Çok ender olarak dere yatağı hidrolik sanat yapısına gelinceye kadar belirlenmeyebilir. Yatağı be-

lirli olmayan akımın katettiği uzunluk, arazi eğimine bağlı olarak belirlenen akım hızına bölünerek "Yüzeysel Akış Toplanma Zamanı" ( $T_A$ ) bulunmaktadır. Havzanın ortalama eğimine bağlı olarak yüzeysel akım hızları Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2:** Havza ortalama eğimine bağlı olarak yüzeysel akım hızları (SONUÇ 1977)

Havza Ortalama Eğimi (%)	Yüzeysel Akım Hızı (m/sn)
> 4	0.15 - 0.30
2.1 - 4	0.11 - 0.21
2	0.18 - 0.09
< 2	0.15 - 0.08

Havzada dere yatağı bir süre sonra belirli duruma geliyorsa bu kısım için "Yatağı Belirli Akım Toplama Zamanı" ( $T_B$ ); derenin en yüksek noktası ile hidrolik sanat yapısının bulunduğu nokta arasındaki kot farkı ile aralarındaki mesafe, yağış şiddeti ile ilişkilendirilmiş abak yardımıyla bulunabilmektedir (Şekil 1).

Yüzeysel akım toplanma zamanı ( $T_A$ ) ile yatağı belirli akım toplanma zamanı ( $T_B$ ) birlikte akımın "Toplam Toplanma Zamanı" nı ( $T_C$ ) bir başka ifade ile konsantrasyon zamanını oluşturmaktadır ( $T_C=T_A+T_B$ ) (Şekil 1).

Rasyonel yöntemle maksimum debinin bulunmasında birtakım varsayımlardan hareket edilmektedir.

Bu varsayımlar;

- Suların toplanma süreleri boyunca yağışlar düzenli olmaktadır,
- Yağışların şiddeti havzanın bütün noktaları için aynı olmaktadır,
- Maksimum anlık akım toplanma zamanı sonunda olmaktadır,
- Meydana gelen debinin frekansı yağış frekansına eşit olmaktadır

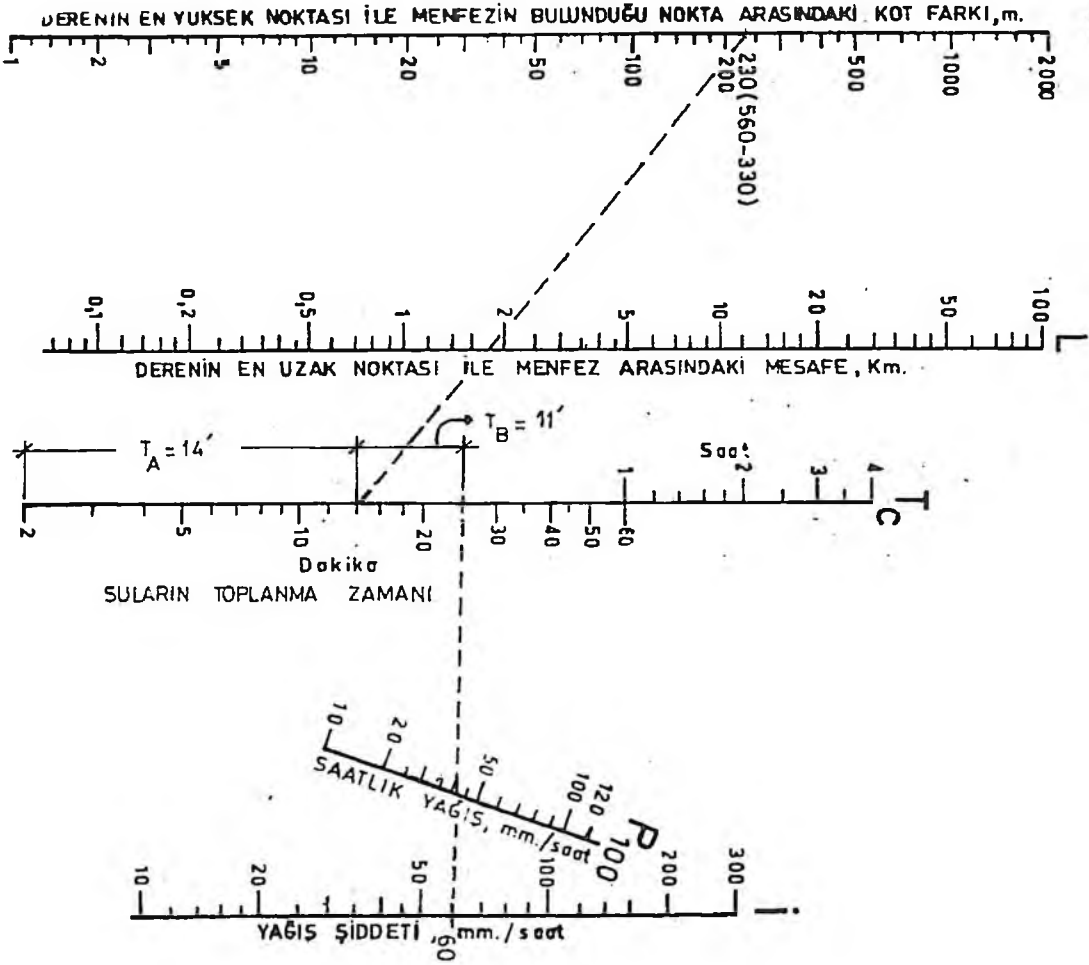
şeklinde sıralanmaktadır (SONUÇ 1977).

Bir orman yolu güzergâhındaki derenin maksimum debisinin bulunması ile ilgili yukarıda açıklanan kuramsal verilerin bir somut örnek üzerinde sınanması yerinde olacaktır.

Örnek olarak; Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü, Çan Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Etili Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Alanköy yerleşim merkezinin güneyindeki Küserelik deresi ve havzası alınmıştır (Şekil 2a).

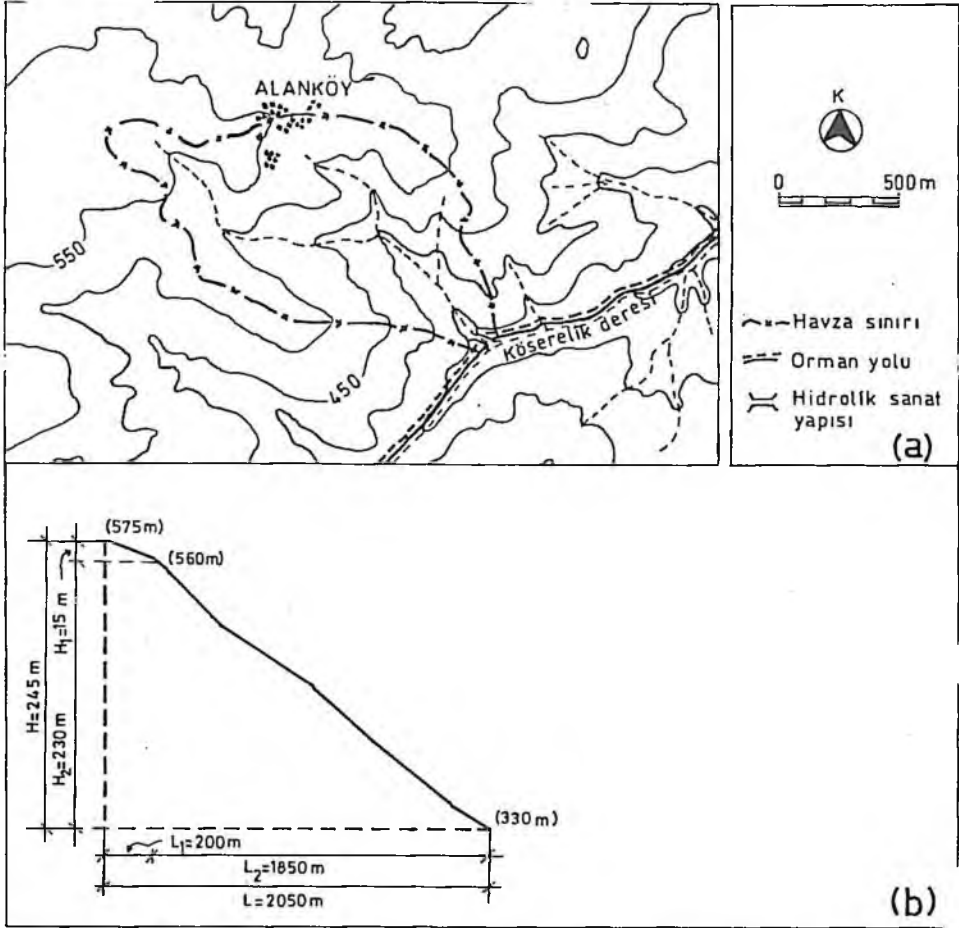
Havzanın büyüklüğü  $A=0.63 \text{ km}^2$ , havzanın ortalama eğimi % 20 (yüzeysel akım hızı 0,30 m/sn), maksimum yağış miktarı  $P_{100}=42,0 \text{ mm/saat}$  olup hakim ağaç türü kızılçamdır ( $K=0.50$ ).

Dere uzunluk profilinden; derenin yatağı belli olmayan kısmının uzunluğu  $L_1=200 \text{ m}$ , yatağın belli olan kısmının uzunluğu ise  $L_2=1850 \text{ m}$  olarak bulunmuştur (Şekil 2b).



Şekil 1: Suların toplanma zamanına bağlı olarak yağış şiddetinin bulunduğu abak

Rasyonel yöntemde yağış şiddeti (I)'nin bulunabilmesi için Şekil 1'deki abaktan yararlanılacağı daha öne belirtilmişti. İlk adım olarak belirli duruma gelmiş dere yatağının en yüksek noktası ile hidrolik sanat yapısının bulunduğu nokta arasındaki kot farkı  $H_2=230$  m abağın birinci sütununda işaretlenerek bu nokta ikinci sütunda derenin en uzak noktası ile menfez arasındaki mesafe (1850 m) birleştirilip uzatılmak suretiyle üçüncü sütun kestirilir. Abaktaki değer, yatağı belirli



Şekil 2a : Örnek alınan havza  
b : Köserelik Deresi uzunluk profili

akım toplanma zamanıdır ( $T_B=14$  dk). Buradaki değere arazi üstü akım toplanma zamanı ( $T_A$ )'nın ilave edilmesi gerekmektedir.  $T_A$  değeri ise;

$$T_A = \frac{200}{0,30} = 667 \text{ sn } (\sim 11 \text{ dak}) \text{ olarak hesap edilir.}$$

Böylelikle toplam toplanma (konsantrasyon) zamanı;

$$T_C = T_A + T_B = 11 + 14 = 25 \text{ dak. olarak bulunur.}$$

Çanakkale bölgesi için maksimum yağış miktarı  $P_{10}=29,6$  mm/saat,  $P_{100}=42,0$  mm/saat olarak alınmıştır (Tablo 3).



**Tablo 3:** Türkiye'de bazı bölgeler için (10) ve (100) yıllık maksimum yağış miktarları (SONUÇ 1977)

İstasyon	Maksimum Yağış Miktarları (mm/saat)	
	(P <sub>10</sub> ) 10 yıllık	(P <sub>100</sub> ) 100 Yıllık
Adana	44.1	62.6
Ankara	20.3	31.1
Bolu	24.6	36.7
Çanakkale	29.6	42.0
Denizli	25.5	36.2
Erzurum	24.9	37.1
Eskişehir	13.6	20.5
Gaziantep	21.9	32.2
Hopa	62.0	88.0
Isparta	42.7	63.6
İzmir	39.0	55.4
Kars	24.9	37.1
Kayseri	19.1	29.2
Konya	21.7	33.2
Malatya	14.6	21.5
Mardin	28.2	42.0
Niğde	20.1	29.9
Ordu	47.4	68.3
Rize	74.7	107.6
Samsun	23.1	32.8
Sarıyer (İstanbul)	34.4	48.8
Sivas	19.0	28.3
Tekirdağ	26.9	38.2
Tokat	18.5	27.6
Trabzon	38.1	54.1
Uşak	28.3	41.6
Yozgat	28.1	42.4
Zonguldak	56.8	83.5

Toplam konsantrasyon zarfı (T<sub>C</sub>) işaretlendikten sonra maksimum saatlik yağış miktarı (P<sub>100</sub>=42,0) ile birleştirilip uzatılacak (İ) ıskalası kestirilir ve bu suretle havzadaki dolanma süresi-ne ait yağış şiddeti İ=60 mm/saat olarak bulunur (Şekil 1).

Bu verilere göre maksimum yüz yıllık debi;

$$Q_{100} = \frac{KIA}{3,6} = \frac{0,50 \times 60 \times 0,63}{3,6} = 5,25 \text{ m}^3/\text{sn}$$

ve 10 yıllık maksimum debi de;

$$\frac{P_{10}}{P_{100}} = \frac{29,6}{42,0} = 0,70 \text{ olduğundan}$$

$Q_{10} = 0,70 \times 5,25 = 3,68 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak bulunur.

Küçük havzalarda ( $1,0 \text{ km}^2$ 'den küçük) ve dere yatağı havzasının en yüksek kısmından itibaren belirli ise tüm bu hesaplamalara gerek olmaksızın doğrudan maksimum debi tek bir abak kullanmak suretiyle elde edilebilmektedir (Şekil 3).

## 2.2. Hidrolik Sanat Yapılarının Türünün ve Boyutlarının Belirlenmesi

Deredeki maksimum debiyi karşılayabilecek hidrolik sanat yapısının seçimi ile, uygun ve ekonomik boyutunun belirlenmesinde, öncelikle bu sanat yapısının kesitinin belirlenmesi gerekmektedir.

Hidrolik sanat yapılarının kesitlerinin belirlenmesinde ilk yaklaşım olarak Talbot formülü kullanılmaktadır (ÖZÇELİK 1982);

$$S = 5.791 \times C \times \sqrt[4]{A^3}$$

Burada;

S = Hidrolik sanat yapısının enkesit alanı ( $\text{m}^2$ )

C = Talbot katsayısı

A = Havza alanı ( $\text{km}^2$ )

Talbot formülü, son ve kesin boyutları bulmaktan ziyade, sadece ilk yaklaşım için kullanılmaktadır. Talbot katsayısı (C) arazinin topografik yapısına bağlı olarak değişmektedir (Tablo 4).

**Tablo 4:** Talbot katsayısı değerleri (SONUÇ 1977)

Arazi Topografik Durumu	Talbot Katsayısı (C)
Çok düz	0,2
Düz	0,3
Hafif dalgalı	0,4
Dalgalı	0,5
Hafif tepelik	0,6
Tepelik	0,7
Dağlık	0,9

Talbot katsayısının, bulunmak istenen hidrolik yapının enkesit alanını doğrudan etkileyen bir kriter olması ve 0,1 değerlik bir artışın kesit alanını büyük ölçüde artırması sebebiyle bu katsayının sağlıklı bir şekilde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Örneğin; A=15 km<sup>2</sup>'lik bir havzadan gelen akımı karşılayacak bir hidrolik sanat yapısının kesit alanı;

$$\text{Arazi dalgalı ise (C=0,5); } S = 5.791 \times 0.5 \times \sqrt[4]{(15)^3} = 22.07 \text{ m}^2$$

$$\text{Arazi hafif tepelik ise (C=0,6); } S = 5.791 \times 0,6 \times \sqrt[4]{(15)^3} = 26.48 \text{ m}^2$$

olarak hesaplanmaktadır

Bu sonuçlar, Talbot katsayısının seçiminin boyutlandırma yönünden ne kadar önemli olduğunu açıkça göstermektedir. Farklı büyüklükte ve farklı topografik yapılara sahip havzalarda Talbot formülüne göre ilk yaklaşım olarak hesap edilen hidrolik yapıların enkesit alanları Tablo 5'te gösterilmiştir.

Talbot formülüne göre bulunan hidrolik yapı enkesit alanı daha önce de belirtildiği gibi bir ön araştırma amacıyla kullanılmaktadır. Formül, örnek olarak alınan havzaya uygulandığında ve A=0,63 km<sup>2</sup> büyüklüğünde dağlık bir yapıya sahip söz konusu havzada, hidrolik sanat yapısının enkesit alanı;

$$S = 5,791 \times 0,9 \sqrt[4]{(0,63)^3}$$

S = 3,69 m<sup>2</sup> olarak bulunur.

Gerekli bulunan bu kesit yüzeyine göre söz konusu hidrolik sanat yapısının türü hazır beton büz olamaz. Zira  $\phi = 60$  cm büzün enkesit alanı S = 0,28 m<sup>2</sup>,  $\phi = 80$  cm büzün enkesit alanı S = 0,50 m<sup>2</sup> olup bu havza için yetersiz kalmaktadır.

İlk yaklaşım olarak bulunan bu kesit yüzeyine uygun menfez türleri (Tablo 6):

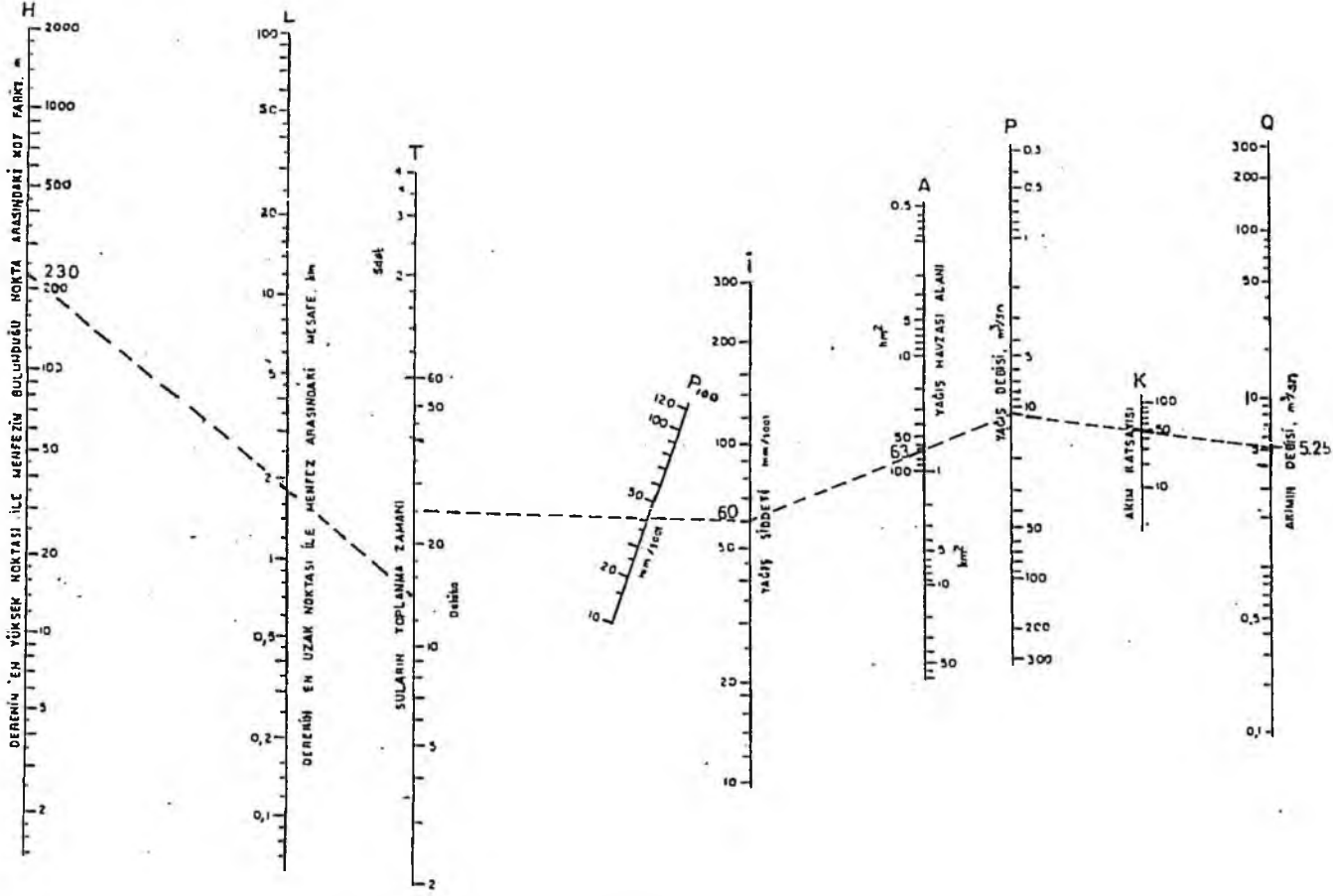
- Kutu menfez  
(1 adet, 2,0 m açıklığında 2,0 m yüksekliğinde, S=4.00 m<sup>2</sup>)
- Kemer menfez  
(1.75 m açıklığında,  $S = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{3,14 \times (1.75)^2}{2} = 4,81 \text{ m}^2$ )
- Tabliye menfez

(2.00 m açıklığında 2.00 m kenar ayak yüksekliğinde) olabilmektedir.

Bundan sonra, diğer fiziki koşullar irdelenerek hangi hidrolik yapının kullanılacağı belirlenir. Bu koşulların başında dolgu yüksekliğinin uygunluğu gelmektedir. Dolgu durumuna göre büz ve menfezlerin kullanımı Tablo 6'da gösterilmiştir.

Örnekten dolgu söz konusu olduğuna göre (2.0 m), yukarıdaki seçeneklerden 1 adet 2.0x2.0 m boyutlarındaki kutu menfezin yeterli olabileceği ortaya çıkmaktadır.

Hidrolik sanat yapısının seçiminde etkili olan diğer koşullar ise, enkesitte taban eğimi ile menfezin yapım süresi ile yapım cinsidir.



Şekil 3: Küçük havzalara doğrudan debi tayinine yarayan abak

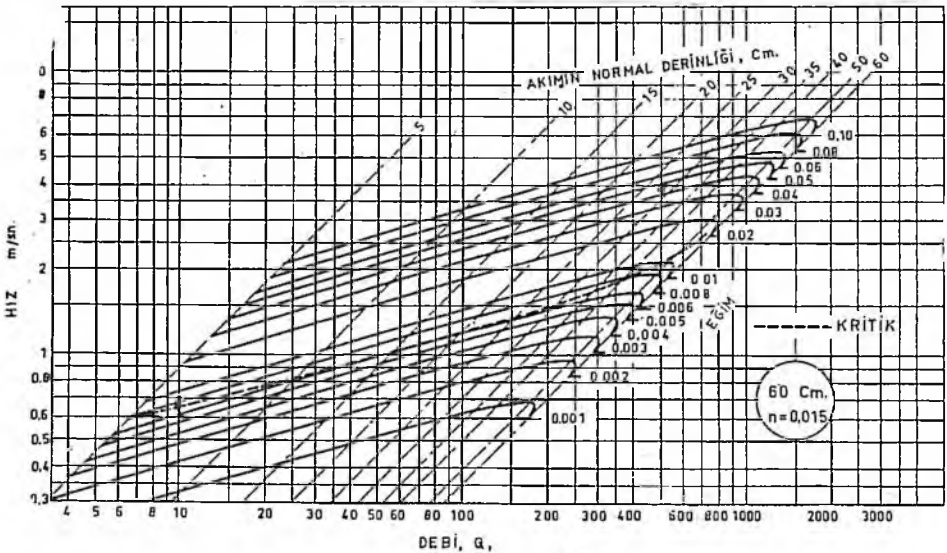
Tablo 5: Talbot formülüne göre hidrolik yapı enkesit alanları

Havza Alanı (A)		C Katsayılarına Göre Hidrolik Yapı Enkesit Alanı (S) (m <sup>2</sup> )						
Km <sup>2</sup>	Ha	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
0,1	10	0,21	0,31	0,41	0,51	0,62	0,72	0,93
0,2	20	0,35	0,52	0,69	0,87	1,04	1,21	1,56
0,3	30	0,47	0,70	0,94	1,17	1,41	1,64	2,11
0,4	40	0,58	0,87	1,17	1,46	1,75	2,04	2,62
0,5	50	0,69	1,03	1,38	1,72	2,07	2,41	3,10
0,6	60	0,79	1,18	1,58	1,97	2,37	2,76	3,55
0,7	70	0,89	1,33	1,77	2,22	2,66	3,10	3,99
0,8	80	0,98	1,47	1,96	2,45	2,94	3,43	4,41
0,9	90	1,07	1,61	2,14	2,68	3,21	3,75	4,82
1,0	100	1,16	1,74	2,32	2,90	3,47	4,05	5,21
2,0	200	1,94	2,92	3,90	4,87	5,84	6,82	8,77
3,0	300	2,64	3,96	5,28	6,60	7,92	9,24	11,88
4,0	400	3,28	4,91	6,55	8,19	9,85	11,47	14,74
5,0	500	3,87	5,81	7,75	9,68	11,62	13,55	17,43
6,0	600	4,44	6,66	8,88	11,10	13,32	15,54	19,98
7,0	700	4,98	7,48	9,97	12,46	14,95	17,45	22,43
8,0	800	5,51	8,26	11,02	13,77	16,53	19,28	24,79
9,0	900	6,02	9,03	12,04	15,05	18,05	21,06	27,08
10,0	1000	6,51	9,77	13,03	16,28	19,54	22,08	29,31
11,0	1100	7,00	10,49	13,99	17,49	20,99	24,48	31,48
12,0	1200	7,47	11,20	14,93	18,67	22,40	26,14	33,60
13,0	1300	7,93	11,89	15,86	19,82	23,79	27,75	35,68
14,0	1400	8,38	12,57	16,77	20,96	25,15	29,34	37,72
15,0	1500	8,83	13,24	17,66	22,07	26,48	30,90	39,73
16,0	1600	9,27	13,90	18,53	23,16	27,80	32,43	41,70
17,0	1700	9,70	14,54	19,39	24,24	29,09	33,94	43,63
18,0	1800	10,12	15,18	20,24	25,30	30,36	35,42	45,55
19,0	1900	10,54	15,81	21,08	26,35	31,62	36,89	47,43
20,0	2000	10,95	16,43	21,91	27,38	32,86	38,34	49,29

Tüm bu kriterler göz önüne alınıp, hidrolik yapının türü belirlendikten sonra, hidrolik yapının boyutlarının kesin hesaplarına temel teşkil eden hidrolik etkenler irdelenir ve böylelikle uygulanacak yapının boyutları belirlenir. Rasyonel formülle hesaplanan (10) ve (100) yıllık (Q) taşkın debisinin, seçilen menfez tipine ve Talbot formülü ile belirlenen boyutlarına ve dere eğimi ile, menfez pürüzlülük katsayısına göre menfez içinde doğuracağı akım rejimini belirleyerek bu akımın menba ve mansap koşulları saptanır. Bu koşullar (10) yıllık frekanslı taşkının menfezin girişinde menfez iç üst yüzü kotundan 0.20 m'den fazla olmaması ve (100) yıllık frekanslı taşkının yol dolgusu üzerinden aşmamasıdır.

Tablo 6: Dolgu durumuna göre hidrolik sanat yapılarının sınıflandırılması

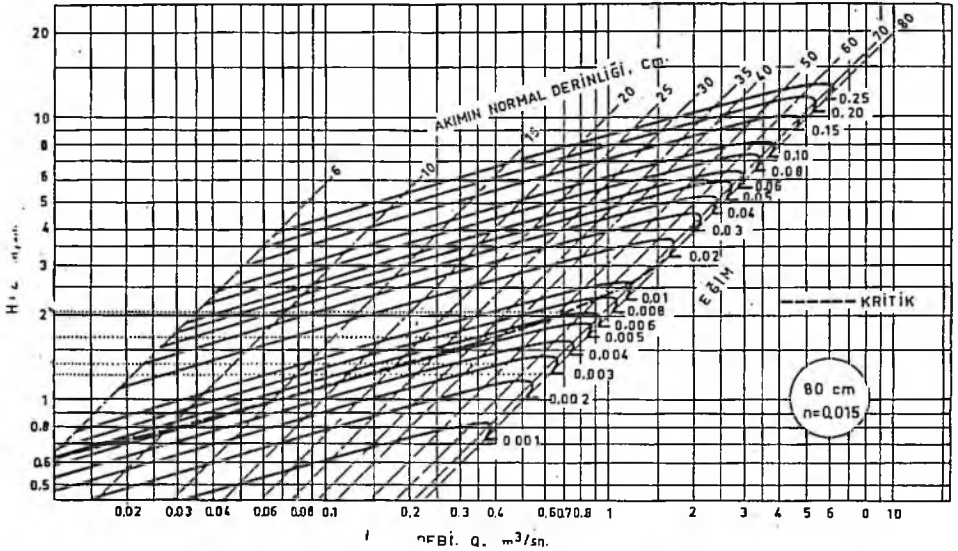
Dolgu Altında Kullanılan Hidrolik Yapılar	Dolgu durumu	
	min. (m)	max. (m)
• Hazır beton büzler ( $\phi=60$ cm ve $\phi=80$ cm)	0.30	3.00
• Sepet kulpu yerinde dökme büzler ( $\phi=60$ cm ve $\phi=80$ cm)	3.00	6.00
• Kutu menfezler Serbest açıklığı 1.00-1.50 m için	—	15.00
Serbest açıklığı 2.00-2.50-3.00 m için	—	9.00
• Kemer menfezler Serbest açıklığı 1.00-1.50 m için	—	15.00
Serbest açıklığı 2.00-3.00 m için	—	9.00
Dolgu altında kullanılmayan hidrolik yapılar	Boyutlar (m)	
• Betonarme tabliyeli küçük (hazır) menfezler	0.60	0.50
	1.00	0.50
	1.20	0.50
• Betonarme tabliyeli menfezler	20.00	0.50



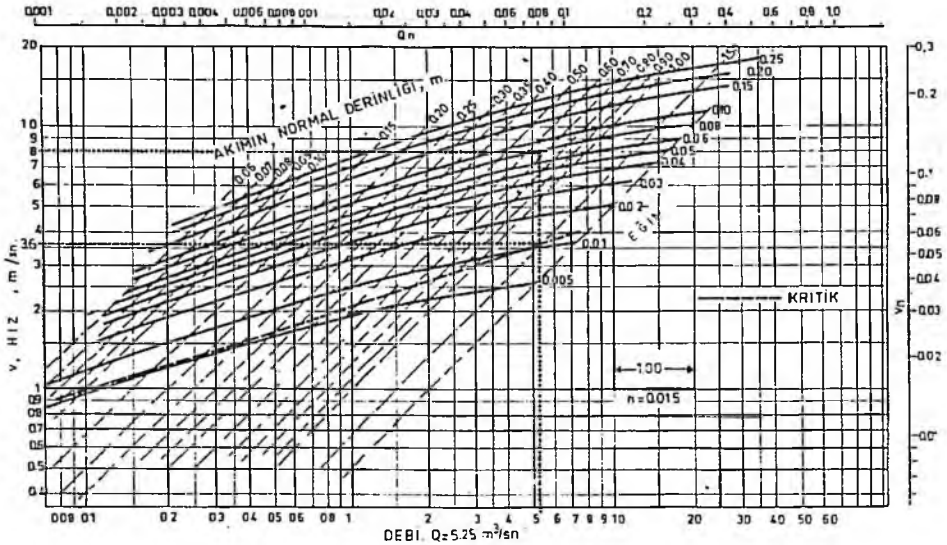
Şekil 4: 60 cm çapında hazır beton büzler için akım abağı

Bunların bulunması ise, saptanan koşullarda doğacak akım rejimine göre menba ve mansaptaki hidrolik yükleri hesaplamakla olur. Seçilen hidrolik sanat yapısının türüne göre yukarıdaki koşulları sağlayan en küçük kesit araştırılır ve en ekonomik kesit bulunur (SONUÇ 1977).

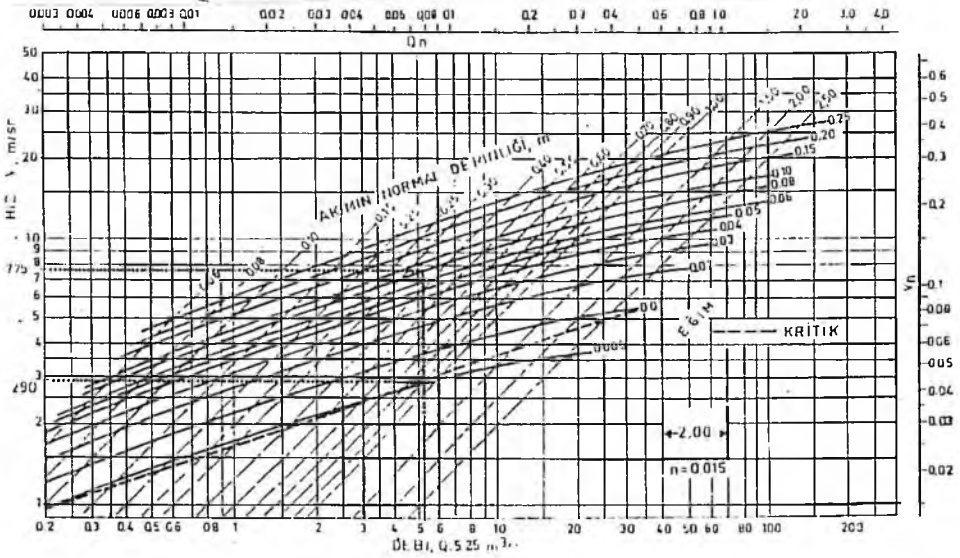
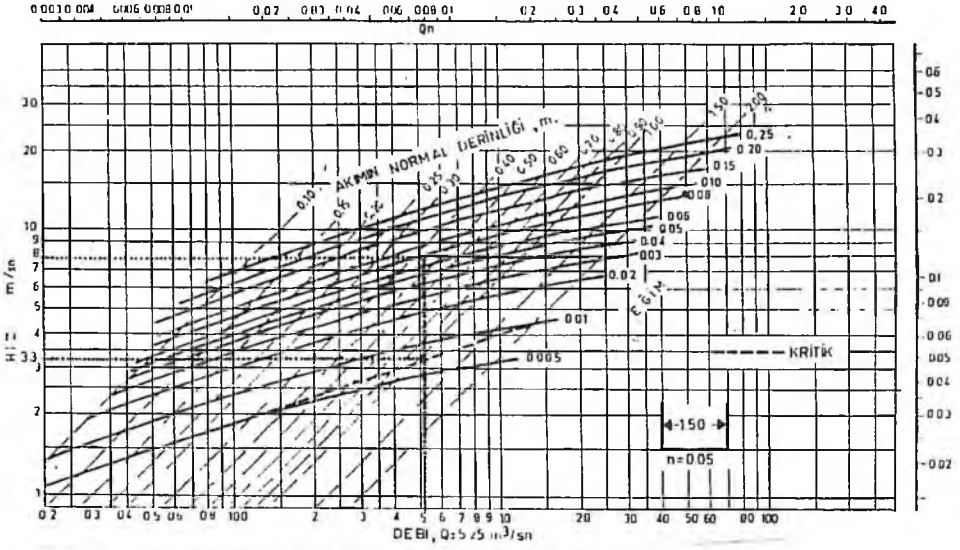
Bu amaçla yaygın olarak kullanılan büz ve kutu menfezler için akım abakları ve kabarma nomogramları hazırlanmıştır (Şekil 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13). Abaklarla hesaplanan boyutlar ve debi için hidrolik yapı içinde doğacak akım, kritik akımla karşılaştırılır ve giriş-çıkışta taşkın debisi için kabarma durumları belirlenir. Bu kabarma durumlarına göre ( $Q_{100}$ ) ve ( $Q_{10}$ ) taşkınları için yukarıda belirlenen koşulları yerine getirecek yapı kesitinin boyutları araştırılarak saptanır.



Şekil 5: 80 cm çapında hazır beton büzler için akım abağı.

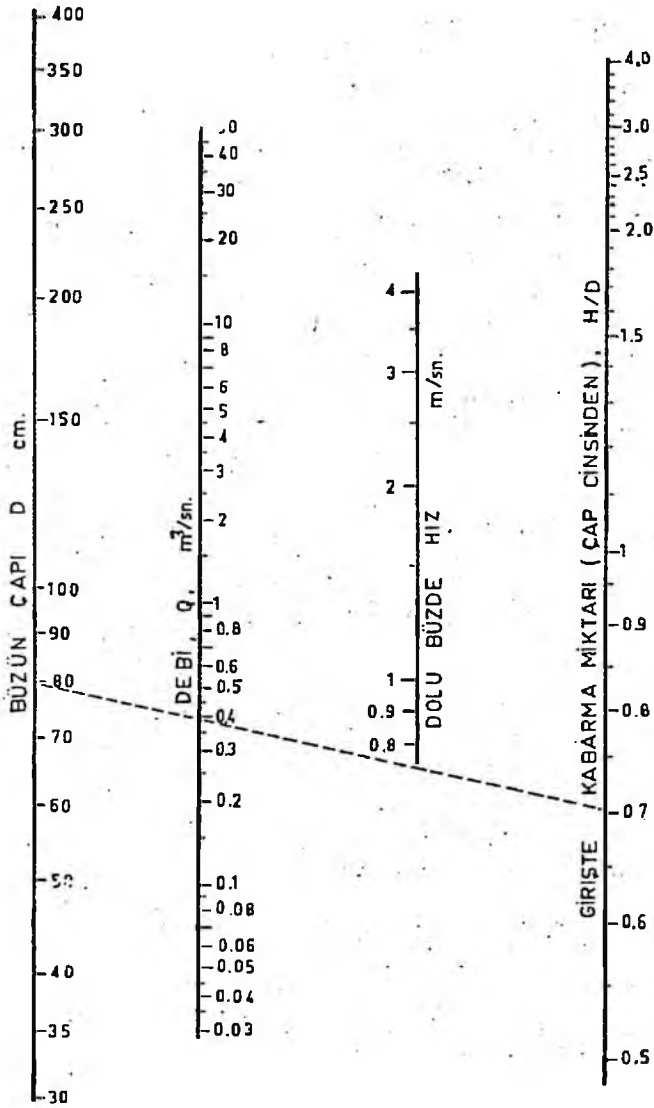


Şekil 6: Genişliği 1.0 m olan kutu menfezler için akım abağı.

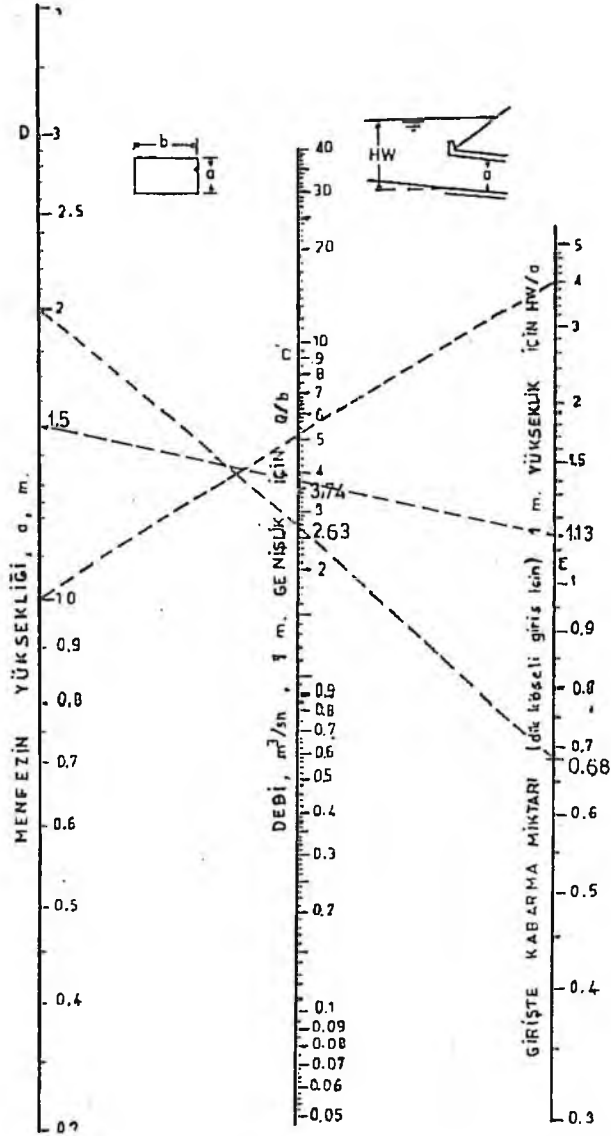








şekil 11: Kısmen dolu akan büzlerde kabarmayı veren nomogram (kontrol girişte)



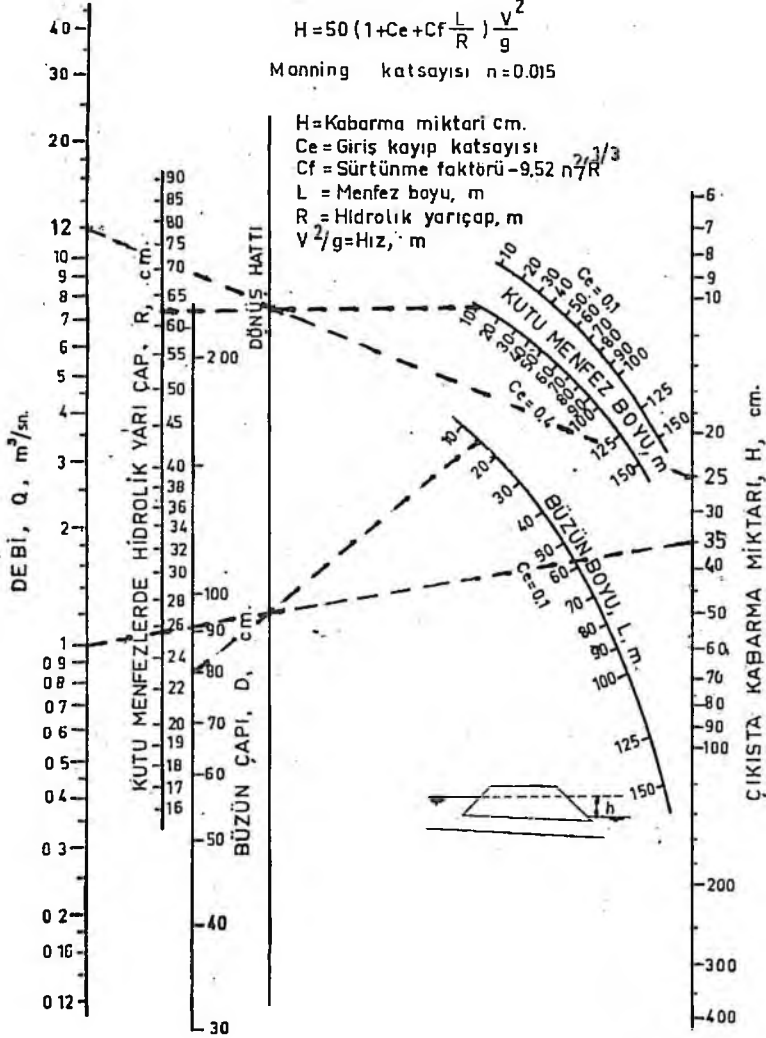
Şekil 12: Kutu menfezlerde kabarmayı veren nomogram (kontrol girişte)

## FORMÜL

$$H = 50 \left( 1 + C_e + C_f \frac{L}{R} \right) \frac{V^2}{g}$$

Manning katsayısı  $n = 0.015$

H = Kabarma miktarı cm.  
 $C_e$  = Giriş kayıp katsayısı  
 $C_f$  = Sürtünme faktörü  $= 9.52 n^{2/3} / R$   
 L = Menfez boyu, m  
 R = Hidrolik yarıçap, m  
 $V^2/g$  = Hız, m



Şekil 13: Dolu akan menfezlerde kabarmayı veren nomogram (kontrol çıkışta).

Bu abaklar Manning formülüne göre dolu akmayan menfezlerde kullanılan dikdörtgen kanal abakları olup ilk kez Amerikan Karayolları İdaresi'nce düzenlenmiş olup ülkemiz koşullarında kullanılabilir şekilde metrik sisteme dönüştürülmüştür.

Abaklarda hidrolik sanat yapısının, yapım malzemesinin cinsine bağlı olarak belirlenen pürüzlülük katsayısı  $n=0,015$  (kaba perdahlı beton) olarak alınmıştır. Farklı pürüzlülük katsayısı kullanılmak istendiğinde aynı abak oranı kurmak suretiyle kullanılabilir.

Abaklardaki  $Q$ =debiyi,  $d_n$ =akımın normal derinliğini,  $d_c$ =kritik derinliği,  $V_n$ =ortalama normal hızı,  $V_c$ =kritik hızı,  $S$ =menfez eğimini ifade etmektedir. Kritik eğim, hidrolik sanat yapısı

içinde debiyi maksimum kılan eğimdir ve bu durumda hidrolik sanat yapısı içinden geçen suyun akım hızı da kritik hız adını almaktadır. Ancak hidrolik sanat yapısına kritik eğimden daha fazla eğim verilse bile debi artmamakta sadece akım hızı kritik hızdan büyük, akım derinliği de kritik derinlikten az olmaktadır.

İrdeleme sonucu, akımın normal derinliği kritik derinlikten küçükse ( $d_n < d_c$ ), akım kritik akımın üstünde, bir başka ifade ile normal hız kritik hızdan büyük ( $V_n > V_c$ ) olmakta ve kabarma kontrolünün menba tarafında (kontrol girişte) yapılması söz konusu olmaktadır.

Şayet akımın normal derinliği kritik derinlikten büyükse ( $d_n > d_c$ ), bu taktirde akım, kritik akımın altındadır ve hidrolik sanat yapısındaki akım koşulları kesin bir şekilde belirli değildir.

Akımın normal derinliği ( $d_n$ ) hidrolik yapının yüksekliğini aşıyorsa hidrolik sanat yapısı dolu akmakta, kabarma kontrolunun mensab tarafından yapılması söz konusu olmakta ve bu amaçla dolu akan menfezlerde kabarmayı veren monogramın kullanılması gerekmektedir (Şeki 13).

Burada göz önünde tutulması gereken bir önemli konu da kritik derinliğin hidrolik sanat yapısının pürüzlülüğüne bağlı olmaması, buna karşın normal derinliğin hidrolik sanat yapısının pürüzlülüğü ile artıyor olmasıdır. Fazla pürüzlü bir yapıda normal derinliği kritik derinliğe indirmek için eğim artırılmaktadır. Ayrıca hız kontrolü yapılırken kutu menfez, kemerli menfez ve tabliyeli menfezlerde maksimum hız 6 m/sn, büzlerde ise maksimum hız 3 m/sn olarak alınmaktadır. Daha büyük hızlarda mutlaka mansap tarafı tahkim edilmelidir (KGM 1973).

Rasyonel yöntemle debisi bulunan örnek havzada abaklar yardımıyla kesin boyutlarının belirlenmesi konuya açıklık getirecektir. Buraya kadar elde edilen veriler;

- Havzada rasyonel yöntemle bulunan maksimum debi

$$Q_{10}=3.68 \text{ m}^3/\text{sn} \quad Q_{100}=5.25 \text{ m}^3/\text{sn}$$

- Talbot formülüyle ilk yaklaşım olarak tesbit edilen menfez türü ve boyutu

Kutu menfez, 1 adet, 2.0 m açıklığında 2.0 m yüksekliğinde

şeklinde dir.

Abakların kullanılmasına ilişkin bulgular ise;

- Mecrada su var, çıkış serbest
- Dere eğimi=% 8 (Şekil 2b'den)
- Pürüzlülük katsayısı  $n=0.015$  (kaba perdahlı beton)
- Dolgu yüksekliği 2.0 m

Buna göre, genişliği 2.0 m olan kutu menfezler için hazırlanan abaktan (Şekil-8);

$$V_n = 7.75 \text{ m/sn}$$

$$V_c = 2.90 \text{ m/sn}$$

$$V_n > V_c \quad (\text{kontrol menbada})$$

ve

$$d_n = 0.35 \text{ m}$$

$$d_c = 0.90 \text{ m}$$

$$d_n < d_c \quad (\text{akım kritik çizginin üzerinde})$$

olarak bulunur.

Menbada kabarmayı veren nomogramdan kabarma miktarı (H) bulunur (Şekil 12).

1 adet 2.0x2.0 m kutu menfezde  $Q_{100} = 5.25 \text{ m}^3/\text{sn}$  olduğuna göre, 1 m genişlik için debi  $Q/b = 5.25 / 2.0 = 2.63 \text{ m}^3/\text{sn}$  nomogram üzerinde işaretlenerek bu iki nokta birleştirilip uzatılarak bulunan değer (0.68 m) menfez yüksekliği ile çarpılarak girişte kabarma miktarı  $H = 2.00 \times 0.68 = 1.36 \text{ m}$  olarak bulunur.

Görüldüğü gibi havzadan gelebilecek (100) yıllık taşkın, menfez yüksekliğini aşmamakta ve dolguyu tehdit etmemektedir. Öngörülen boyutlar yeterlidir.

Son olarak ekonomik boyuta sahip bir menfez, başka bir ifade ile daha küçük kesitli bir menfezin aynı debiyi geçirip geçiremeyeceğinin kontrol edilmesi gerekir.

Bunu belirlemek için daha küçük kesitlerle tatonman sürdürülür. Yapılan kontrolde; 1.5 x 1.5 m kutu menfez için menbadaki kabarma  $H = 1.69 \text{ m}$  ve 1.0 x 1.0 m kutu menfez için menbadaki kabarma  $H = 4.0 \text{ m}$  olarak bulunmuştur. Bu durumda; (100) yıllık taşkın havzadan gelebilecek suyun, dolguyu aşmayacağı 1.5 x 1.5 m boyutlarındaki 1 adet kutu menfezin yeterli ve en ekonomik hidrolik sanat yapısı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır (Şekil 12).

Şayet akımın normal derinliği ( $d_n$ ) hidrolik sanat yapısının yüksekliğini aşıyorsa hidrolik sanat yapısının dolu aktığı ve bu nedenle kabarma kontrolünün mansab (çıkış) tarafında yapılmasını gerektiği daha önce belirtilmişti. Akımın normal derinliğinin yüksek çıkması eğimle ilgilidir. Menfez eğimi azaldığında, debi sabit kaldığı halde akım hızı da azalmaktadır. Mansapta oluşan kabarma ise dolgunun tahrip olmaması için yapılacak tahkimatın şeklini belirleyecektir.

Bu amaçla dolu akan menfezlerde kabarmayı veren nomogram kullanılmaktadır (Şekil 13). Bu nomogramın kullanılmasında örneğin; bir kutu menfeze isabet eden debi ( $Q$ )=12.0 m<sup>3</sup>/sn, kullanılan kutu menfezin ebatları 2.5x2.5 m ve boyu L=10.0 m ise öncelikle bu menfeze ait hidrolik yarıçap bulunur.

$$\text{Hidrolik yarıçap (R)} = \frac{\text{Islak alan (F)}}{\text{Islak çevre (b)}} = \frac{2.5 \times 2.5}{10.0} = 0.625 \text{ m}$$

Bulunan bu yarıçap ile kutu menfez boyu  $L = 10.0 \text{ m}$ , ilgili sütunlarda işaretlenerek birleştirilir. Daha sonra bu hattın dönüş hattını kestiği yer ile debi birleştirilerek uzatılır ve en sondaki sütun üzerinden mansaptaki kabarma miktarı  $H = 25 \text{ cm}$  olarak bulunur.

Aynı nomogram, dolu akan hazır beton büzler için mansaptaki kabarma miktarının bulunmasında da kullanılmaktadır. Örneğin  $\phi = 80 \text{ cm}$  hazır beton büz için debi ( $Q$ ) = 1.0 m<sup>3</sup>/sn, döşenen büzlerin toplam uzunluğu ( $L$ ) = 15.0 m ise kabarma miktarı  $H = 35 \text{ cm}$  bulunmuştur (Şekil 13).

### 3. SONUÇ

Orman yollarında kullanılacak küçük hidrolik sanat yapılarının türünün seçimi ve boyutlandırılması, bu yolların uzun süre nakliyata hizmet verebilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. Planlamadan yapım aşamasına kadar büyük masrafları gerektiren bir orman yol şebekesi söz konusu hidrolik sanat yapılarının hatalı tip ve boyutlarda yapılması sonucu hizmet dışı kalabilmektedir.

Bu tür olumsuzluklarla karşılaşılmasını için yol şebeke planları ile birlikte alt yapı için gerekli olan sanat yapılarının yerlerinin ve niteliklerinin sağlıklı olarak belirlenmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- BALCI, N.; ÖZYUVACI, N. 1988: *Orman ve Mera Hidrolojisi. İ.Ü. Orman Fakültesi, Basılmamış Havza Amenajmanı Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul.*
- BEYOĞLU, S. 1994: *Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları II. İ.Ü. Orman Fakültesi, Basılmamış Ders Notları, İstanbul.*
- BRUCE, G.A.; CLARKESON J. 1952: *Highway Design and Construction International Textbook Company, Scranton, Pennsylvania.*
- HELVEY, J.D. 1981: *Flood Frequency and Culvert Sizes. Needed Watersheds in the Central Appalachians. USDA Forest Service, NE-62, USA.*
- KGM, 1973: *Yol Yapım Notları. Karayolları Genel Müdürlüğü Yayın No. 210, Ankara.*
- ÖZÇELİK, N. 1982: *Orman Yolu Sanat Yapıları. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 323, İstanbul.*
- SONUÇ, T. 1977: *Karayolu Tekniği. Sermet Matbaası, Cilt 3, İstanbul.*