

---

SERİ	CİLT	SAYI		
SERIES	VOLUME	NUMBER	1	1978
SERIE	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 YOLLARINDA DRENAJ

Dr. Ö. Bülend SEÇKİN<sup>1</sup>

### 1. GİRİŞ

Orman yollarının yararlılığı ve dayanıklılığı, büyük ölçüde bu yolların iyi bir drenaj sistemine kavuşturulmuş olup olmamasına bağlıdır. Genellikle hafif bir kaplamaya kavuşturulan, fakat çoğunlukla kaplamasız yani toprak olarak hizmete sokulan orman yollarını, yol yüzeylerini erozyondan ve çamurlaşmadan korumak, sürekli trafiğe açık bulundurabilmek ve aynı zamanda çevre arazideki dere sularının taşıdığı materyali ile kirlenmesini önlemek için, iyi bir biçimde drene etmek gerekir.

Türkiye'de plânlı orman yolu yapımı 1960 başlarından beri düzenli olarak sürdürülmektedir. Ancak bu yolların yapımında çoğu kez drenaj sorununa yeterince önem verilmediği görülmekte ve bu nedenle bu yollarda yağmur ve sel suları büyük ölçüde zararlara neden olmaktadır (SEÇKİN, 1975).

Yol yapısının yumuşamasına, çözülmesine ve giderek bozulmasına, hatta tamamen kullanılmıyacak hale gelmesine neden olan suyu, yol yüzeyi ya da tabanından en kısa bir zamanda uzaklaştırmak, başka bir deyişle yolu iyi bir drenaj sistemine zamanında kavuşturmak, yolun yararlılığı ve dayanıklılığı, dolayısıyla yol masraflarının minimizasyonu bakımlarından büyük önem taşımaktadır.

İyi bir drenaj sistemi, yerüstü ve yeraltı suyunun toplanıp yol gövdesi ve çevresinden mümkün olan en kısa zamanda uzaklaştırılıp yola zararsız hale getirilmesine, örneğin söz konusu alanlarda erozyon, kayma ve göçme gibi olaylara meydan verilmemesine ya da bu olayların asgari bir düzeyde tutulmasına ve gerekiyorsa yeraltı su seviyesinin alçaltılmasına, böylece yola dayanıklılık kazandırılıp ömrünün ve yararlılığının artırılmasına ve aynı zamanda yol masraflarının minimum olmasının sağlanmasına hizmet etmekte, dolayısıyla bir yol projesinin tam olabilmesi için bu proje içinde drenaj plânına da yer verilmesinin gerekliliği kendiliğinden ortaya çıkmakta, aksi takdirde projenin geleceği suların tahripkâr etkisinin takdirine terk edilmiş olmaktadır.

Genel olarak drenaj sorunları, yerüstü ve yeraltı drenajı olmak üzere iki kısımda mütalâ edilmekte olup, ancak bu yazıda, bunlardan sadece orman yollarında yerüstü drenajı konusu üzerinde durulmuş bulunmaktadır.

### 2. YERÜSTÜ DRENAJI

Yol platformu ve yol ile ilgili yağış havzasına yağmur, dolu ya da kar halinde düşen ve tabii mecralarda akan ya da çukur yerlerde biriken suların yola zarar ver-

<sup>1</sup> İ.Ü. Orman Fakültesi Orman İşletme İnşaatı Kürsüsü; Büyükdere - İstanbul.

meyecek bir biçimde uzaklaştırılıp kontrol altına alınması yerüstü drenajının konusunu teşkil eder.

Su, toprak üzerinde aktığı zaman onu sökmeye ve sökülen toprak danelerini beraberinde sürüklemeye çalışır. Suyun hızı arttıkça daha büyük daneler sökülür ve sürüklenir. Böyle taşıntı materyali ile yüklü suyun hızı azaldıkça sürüklenen daneler çökerek silt ya da çamur birikintileri meydana gelir. Dolayısıyla erozyon kontrolünde su hızının kontrolü büyük önem taşır. Bu nedenle yollarda, mümkün olduğu kadar dik eğimler yerine hafif eğimlerin kullanılması cihetine gidilir.

Yolüstüne düşen yağmur, dolu ve kar sularının yol yüzeyine zarar vermeden uzaklaşabilmesi için orman yollarının boyuna ve enine eğiminin en az %2, fakat yeterli drenajın temini için arzu edilen minimal eğim değerinin %3 olması gerekir (KOC-HENDERFER, 1970). Eğim bu değerden küçük olduğu takdirde yol yüzeyi üzerinde mevcut olan hemen her küçük çukurlukta sular toplanır, bu suretle drenaj tesislerine ulaşamayan ve yol boyunca yer yer su birikintileri meydana getiren bu sular, trafiğin de etkisiyle yolun kısa zamanda bozulmasına neden olur.

Çoğunlukla orman yolları yamaç arazisi üzerinde inşa edildiğinden yolun sadece yamaç tarafında bir kenar hendeklerinin açılması maksada kafi gelir. Açık kanallar biçiminde olan bu kenar hendeklerinin içinde toplanan yüzey suları, enine drenaj tesisleri vasıtasıyla yolun öbür tarafına akıtılır.

Yol yüzeyinden ve kazı şevlerinden gelen yüzeysel suların toplanıp akmasına yarıyan ve kazı şevi ile banket kenarı arasında bulunan bu kenar hendekleri makine ile açıldığında üçgen, elle yapıldığında ise trapez ya da dairesel kesitli olurlar. Trapez kesitin debisi yüksektir, fakat yapımı güçtür. Üçgen kesitin ise, tabanının oyulmaya çok elverişli olmasına rağmen, bir greyder ile açılabilmesi ve temizlenebilmesi, ayrıca trafik için tehlikeli bir durum arz etmemesi gibi üstünlükleri vardır. Bu hendeklerin boyuna eğimleri genellikle yolun eğimine uyarlar, fakat %3 den daha fazla eğimli hendekler, akımın yüksek hızı nedeniyle erozyona uğrayabilirler. Bu durumda erozyonu önlemek için, hendek içinde yer yer beton ya da taştan kademeli düşümler yapılarak akım hızı azaltılabilir. Kademe düşüm yüksekliği çoğunlukla 30 - 90 cm arasında ve kademeler arasındaki yeni hendek boyuna eğimi (tesviye eğimi) % 2 - 4 olacak biçimde oluşturulur (SONUÇ, 1977). Bu kademe aralıklarını  $s=100 h/a - b$  formülü ile hesaplamak mümkündür. Burada a, yolun eğimi (%); b, tesviye eğimi (%) ve h ise düşüm yüksekliği (m) dir.

Birçok hallerde bu hendeklerin derinlikleri 30 - 45 cm olur ve bu değerler çoğunlukla maksada kafi gelir; zira bunların büyük miktarlarda su sevketmeleri sözsözü değildir.

Öte yandan dik yamaçlar üzerinden akıp kenar hendeklerine kadar gelen sular çok miktarlarda olur ve bu da büyük sorunlar doğurursa, yolun yukarı kısmındaki yamaç üzerinde kafa hendeki adı verilen hendeklerin açılması zorunlu olabilir. Kazı şevi kazısından en az 4 m uzakta açılan bu hendekler genellikle trapez kesitinde olurlar (SONUÇ, 1977). Hendekler içinde toplanıp akan sular uygun görülecek bir noktada yine enine drenaj tesisleri ile yolun öbür tarafına aktarılır. Özellikle birbirine çok yakın yan derelerin bulunduğu ya da yolun yukarısında kalan arazinin ıslak ve süngerimsi bir karakter arz ettiği durumlarda bu hendeklerin yararı büyük olabilir.

Kenar hendekleri ile enine drenaj tesislerinin birleştiği noktada bir su toplama yerinin tesis edilmesi gerekir. Bütün bu tesislerin yanı sıra gerek kenar hendekleri

ile enine drenaj tesislerinin, gerekse su toplanma yerlerinin daima temiz ve açık tutulması büyük önem taşır.

Kenar hendekleri içinde toplanıp akan suların yolun öbür tarafına sevkedilmesine yarayan enine drenaj tesislerinin birbiri arasında bulunması gereken mesafenin uzunluğunun belirlenmesi önemli bir konudur. Bu mesafelerin uzunluğunu bir yandan yolun boyuna eğimi ve öte yandan bu hendekler için toplanacak su miktarı tayin eder. Dik yamaçlarda kenar hendekleri içinde fazla miktarda su toplandığından bu gibi yerlerde enine drenaj tesislerinin aralıklarını mümkün merteye kısa tutmak, yani birim mesafe dahilinde bunların sayısını çoğaltmak gerekir. Bu suretle, söz konusu hendekler içinde fazla miktarda suların toplanıp akması önlenmiş olur. Ayrıca, yolun her eğim değişim noktasında bir menfezin yer almasındaki fayda kuşkusuz inkâr edilemez.

Öte yandan orman yollarında yol boyunca akan yağmur sularını yolun bir tarafına doğru sevk etmek için, yine bir enine tesis olarak, yol yüzeyinde açılan basit enine hendekler ya da yol eksenini ile bir açı teşkil ederek yarısı zemine gömülü yuvarlak ağaç biçimindeki engeller (eşikler) söz konusu olur. Bunlar dik eğimli orman yollarında zorunlu olarak başvurulacak çareyi teşkil ederler. Kuşkusuz bu tesisler taşıma araçlarında sarsıntıya sebep olurlar, fakat drenaj yönünden de büyük fayda sağlarlar. Ancak, bunlar orman yolları için gerekli birer tesis olmakla birlikte, suların zararlı etkisine karşı en uygun önlemleri; yolun eğiminin mümkün olduğu kadar iyi bir biçimde düzenlenmesi, yola iyi bir bombe ya da enine olarak tek taraflı eğim verilmesi ve yolun yeterli sayıda büz ya da menfezlerle donatılması ve yol boyunca kenar hendeklerinin açılmış olması gibi hususlar teşkil eder.

## 2.1. Hidrolik Sanat Yapıları

### 2.1.1. Büzler ve menfezler

#### 2.1.1.1. Büzler ve Menfezlerle İlgili Ortak Hususlar

- Büzler ve menfezler, içlerinden geçirecekleri akarsuyun doğal yatağına plân ve boyuna kesitte uygun olmalıdır ;
- Büz ve menfezlerin yeri, eğimi ve kotları akarsuyun akışında önemli değişiklikler yapmayacak ve doğal durumu zorlamayacak biçimde seçilmelidir ;
- Büz ve menfezlerin menba tarafındaki ağızlarının kotları, akarsuyun talveg çizgisi ile aynı kotta olmalıdır, çünkü, eğer bu ağız daha yüksekte olursa bir engel oluşturarak suların menfa tarafındaki kotunun yükselmesine, aksi takdirde yani ağız daha alçakta ise sanat yapısının girişinde sürüntü materyali birikimine neden olur ;
- Büz ve menfezlerin mansap ağız kotları gene talveg çizgisi ile aynı kotta olmalıdır, zira eğer mansapağızı daha yüksekte ise, ağız çevresinde oyulmalar olur, aksi durum ise su birikimine yolaçarak büz ya da menfezin çöküş eğiliminin kapasitesini azaltır ve suyun yükselmesine sebebiyet verir ;
- Büz ve menfezlere tek bir eğim vermeğe özen göstermelidir, eğer tesisi birden fazla eğimli yapmak zorunluluğu varsa, menba tarafındaki kısmın eğimi, mansap tarafındaki kısmın eğiminden fazla olmamalıdır, zira fazla eğimde hızlanan su, yatık eğimli kısma geldiğinde sürüntü materyali bırakır ve hidrolik yapının dolmasına neden olur ;

- Hidrolik sanat yapılarının menba ve mansap ağızları, belli bir mesafe içinde, doğal akarsu yatağını sanat yapısının bir devamı biçiminde kabul ederek düzeltilmelidir ;
- Büz ve menfezlerin yerleri plânda saptandıktan sonra, gerekli enkesit ve talveg profilleri alınmalıdır.

### 2.1.1.2. Büzler

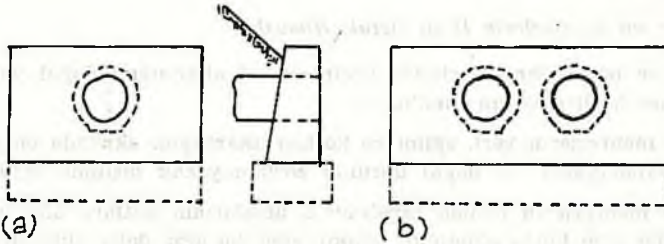
Büzler kullanılacakları yerin özellik ve önemine göre beton ya da demirli beton olabilirler. Ya daire kesitli ya da sepet kulpu biçimlerinde olan büzler, çok zorunlu olmadıkça yüksek dolgu altlarında kullanılmamalıdır, çünkü bu durumda kırılma, çatlama sakıncası olduğu gibi, içine girilip temizlenebilme olanağı da yoktur.

Büzlerin yerine konmasında, büz eğiminin dere eğimine uygun olmasına ve %2 den az, % 15 den fazla eğimli olmamasına dikkat edilmelidir (SONUÇ, 1977). Daha fazla eğim gerekiyorsa, özel bir inceleme yapılmalıdır.

#### 2.1.1.2.1. Başduvarlar

Büzlerin menba ve mansap ağızlarına genellikle başduvar yapılarak dolduru sevi eteğinin büz ağızına akması önlenir. Ancak eğer büz üzerindeki dolduru yüksekliği 1,5 m den daha az ise mansaptaki başduvar kaldırılır, buna karşı büz boyu dışarı doğru bir miktar uzatılır.

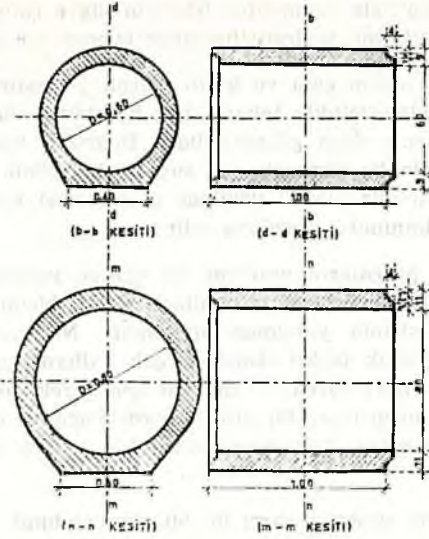
Yol yapımında kullanılan büz başduvarları genellikle beton ya da harçlı taş duvarlardır. Ve büzler, debilerine göre, tek, yanyana iki ya da daha fazlası birarada döşenebilir. Böylece büyük debuşeler sağlanır. Her durumda başduvar dış yüzü düşey ve yol eksenine paralel olur. Resim 2.1 de tek ve çift büz beton başduvar düzeni görülmektedir.



Resim 2.1 Tek (a) ve çift büz (b) beton başduvar düzeni

#### 2.1.1.2.2. Beton ve demirli beton büzler

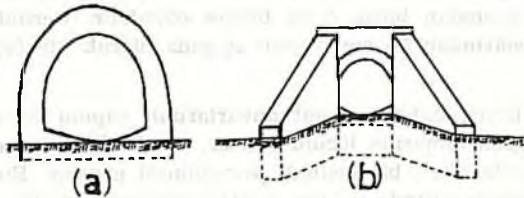
Orman yollarında kullanılan büzler genellikle 30-90 cm çapında ve 0,90 m boyunda olurlar. Gereken yerlerde 90 cm den büyük çaplı büz yerine birkaç tane 90 cm lik büz kullanılması daha doğrudur, zira daha büyük çaplı büzlerin kaldırılıp yerleştirilmesi oldukça güçlük arzeder. Gerek demirli, gerekse demirsiz beton büzler aynı boyutta yapılırlar. Büzler beton oldukları için zamanla mukavemetleri yükselir ve tatbikatta kullanılacakları yerlerde stoklar yapmak faydalı olur. Bunların betonları boşluklu olmamalı, 40 cm nin üzerindeki çaplıları demirle takviye edilmelidir (HUGGARD, 1958) Resim 2.2 de bir beton büzün enine ve boyuna kesiti görülmektedir.



Resim 2.2  $\phi=60$  cm ve  $\phi=80$  cm lik beton büzlerin enine ve boyuna kesitleri

#### 2.1.1.2.3. Sepet kulpu yerinde dökme büzler

Sepet kulpu yerinde dökme büzler, yüksek doldurularda meydana gelecek büyük basınçlar nedeniyle, yuvarlak büzlerin kullanılmasına olanak olmayan yerlerde, yerinde dökme yapılarak kullanılırlar. Bu büzlerde beton genel olarak 250 dozajlıdır. Fakat kum ve çakıl doğal dere ya da konkasör malzemesi olmasına ve onların niteliğine göre dozaj değiştirilebilir. Resim 2.3 de bir yerinde dökme sepet kulpu büzün mansap ve menba taraflarından görüşleri görülmektedir.



Resim 2.3 Yerinde dökme sepet kulpu bir büzün mansap (a) ve menba (b) taraflarından görüşleri

#### 2.1.1.2.4. Metal büzler

Metal büzler, yollarda drenaj sorununun çözümü bakımından çok büyük üstünlüklere sahiptir. Örneğin bunların tesis masrafları yüksek ve fakat ahşap menfezlerle ya da köprülere, hatta beton büzlere nazaran dayanma süreleri daha uzun ve bakım masrafları da daha düşüktür (KOCHENDERFER, 1970).

### 2.1.1.2.5. Büzlerin yerleştirilmesi

Mümkün olduğu kadar büz ve menfez işlerinin diğer çalışmalardan önce yapılması gerekir. Büzlerin yerlerine yerleştirilmesinde izlenen yol genel olarak şöyledir :

- Önce kullanılacak büzün çapı ve kesin olarak yerleştirileceği doğrultu belirlenmeli ve bu arada özellikle teker teker her büzün bir doğru üzerine gelecek biçimde olmasına özen göstermelidir. Doğrultu balumundan önemli olan husus büz ekseninin bu büze girecek suyun akış yönü ile aynı olması keyfiyetidir. Suyun tam büz eksenini yönünde girememesi halinde ya materyal birikmeleri ya da yıkanmalar meydana gelir ;
- Büzü teşkil eden parçaların uniform bir eğimle yerleştirilmesi gerekir. Bunun için büzlerin beton üzerine oturtulması en iyi biçim olup beton henüz yumuşak iken bu işlemin yapılması uygundur. Ne var ki büzlerin oturtulacağı bir beton yastık teşkil etmek birçok hallerde çok masraflıdır. Bunun en önemli nedenlerinden birisi, bu maksat için gerekli olan malzemenin iş yerine kadar sevki hususudur. Bu gibi hallerde büzlerin tam manasıyla tesviye edilmiş yüzeyler üzerine oturtulması elzemdir. Ayrıca bu zeminin sağlam olması gerekir;
- Büzlerin ek yerleri çimento harcı ile bilezik yapılmalı, ayrıca üzeri de çaplarına bağlı olarak 10 - 15 cm kalınlıkta bir beton ile kaplanmalıdır. Harç kullanılması pratik olmayan hallerde büzün üzeri doğrudan doğruya toprak ile örtülmelidir. Üzeri toprakla örtülen büzlerde kural olarak bu toprak tabakasının kalınlığı büzün çapından asgari 30 cm daha kalın olmalıdır ;
- Büzlerin üzerine gelecek toprağın itilmesi için bir dozerin kullanılması halinde çok dikkatli olmak gerekir. Büzler en çok bu safhada kırılma tehlikesine maruz kalırlar. Büze yakın kısımlara atılan toprağın tokmakla sıkıştırılması gerekir. Böylece sağlam bir temel sağlanmış olur. Büze doğru toprağın itilmesinde büzün üzerine taşların gelmemesine özellikle dikkat edilmelidir ;
- Rögaların inşası gereken yerlerde bunlar kare kesitli ve boyutları da kullanılan büz çapından biraz daha büyük olmalıdır. Derinlikleri ise tabanları büzün alt kenarından 30 cm kadar aşağıda olacak bir biçimde tesis edilmelidir ;
- Bir rögarın inşası halinde kanat duvarlarının yapımı elzemdir. Bunların boyutlarının büyük olmasına lüzum yoktur. Kanat duvarlarının bütün suyu toplayıp büze sevkedecek bir biçimde vazedilmesi gerekir. Bunlar olmadığı takdirde sular büzün altında ve kenarında oyumlara neden olur.

### 2.1.1.3. Menfezler

Yol inşa çalışmalarında menfezlerin yapımı hiçbir zaman toprak işlerini aksatmamalıdır. Drenajla ilgili bütün çalışmaların önceden plânlanması ve bunların zamanında yürütülmesi büyük önem taşır. Dozerin açtığı izi katederek akan suyun miktarı çok az olduğu takdirde bu suyu hiç nazarı itibara almadan hafriyat işlerini yürütmek mümkündür. Bu suretle menfezle ilgili hafriyat miktarı da azaltılmış olur.

Büzlerde olduğu gibi, menfezlerin mansap ağzına da menba ağzı kadar önem verilmelidir. Mansaptan suların bir sût meydana getirecek bir biçimde çıkmasına izin

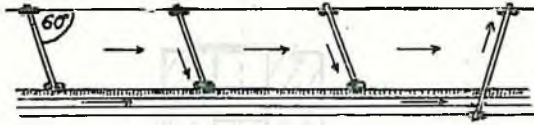
verildiği takdirde kısa zamanda yolun dolduru şeklinde aşınmalar husule gelir. Bu gibi hallerde, özellikle suların bir dolduru üzerine akması halinde, çoğunlukla bir düğüm baseni inşa etmek suretiyle toprak erozyonu önlenabilir.

Öte yandan genellikle normal büzlerin uygulandığı yerlerde eğer dolduruların oturması sonucunda büzlerin durumunun bozulması söz konusu ise, ya dolduru iyice sıkıştırılmalı, ya da bu mümkün olmayacak veya beklenen biçimde gerçekleştirilemeyecekse ahşap ya da kâgir menfezler inşa etmelidir.

#### 2.1.1.3.1. Ahşap menfezler

Yolüstü açık ahşap menfezlere geçmeden önce, dik eğimli toprak yamaç yollarında, yolüstünde ve yol boyunca akan yağmur sularının emniyetle dere tarafına akıtılmasına yarayan eşiklere burada göz atmak yerinde olur (TAVŞANOĞLU, 1973) :

Yeterli uzunlukta (yol genişliği + hendek genişliği kadar) yuvarlak ağaçlardan ( $\varnothing = 15 - 20$  cm) hazırlanan eşikler, yolüstüne yol eksenine yaklaşık 60 derecelik bir açı teşkil edecek bir biçimde daha önce 25 - 30 cm genişliğinde, 5 - 10 cm derinliğinde ve dere tarafına doğru %3 - 4 eğimli olarak açılmış çığrlara yerleştirilerek, baş taraflarında karşılıklı çakılacak kazıklarla ( $\varnothing = 4 - 5$  cm) yol zeminine tutturulur (Resim 2.4). Eşikler arasındaki mesafe yolun eğiminin fazlalığı ve yağışların sıklığı oranında kısa olur. Önce yol boyunca seyrek olarak döşenen eşikler, zamanla duyulacak ihtiyaca göre sıklaştırılabilir. Herhangi bir kaplaması bulunmayan toprak yollarda eşikler arasındaki mesafe 10 m ve daha az olabilir. Bu eşikler yolüstüne gelen yağmur sularını enine akıtmak hususunda büyük faydalar sağlar.



Resim 2.4 Yolüstü suların enine akıtılmasına yarayan eşikler

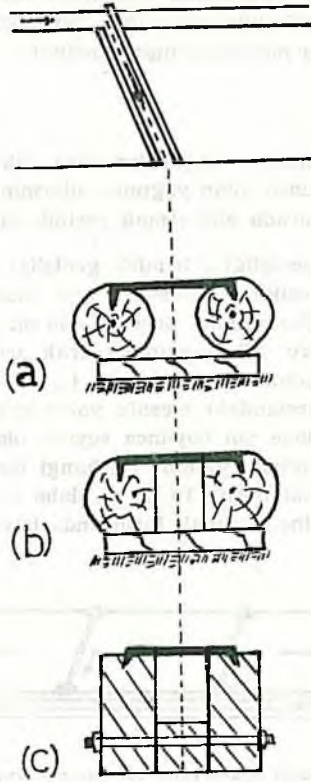
Açık ahşap menfezlere gelince : Bunların en basit şekli, menfezin yapılacağı yerde yol eksenine dik ya da eğik yönde 50 - 60 cm derinliğinde ve %5 - 6 eğimli olarak açılacak bir hendek içerisine bir taban kalası (kalınlığı 5 cm , genişliği 25 - 30 cm) yerleştirildikten sonra, bunun üzerine, iç kenarları arasında 10 cm açıklık kalacak bir biçimde iki yuvarlak ağaç ( $\varnothing = 15 - 20$  cm) konulmak ve bunlar başlarından birer demir kenetle (klamö) tutturulmak suretiyle oluşturulur (Resim 2.5 a).

Açık ahşap menfezlerin daha muntazam diğer bir şekli, yuvarlak kesitli ağaçlardan kısmen işlenmiş iki yan ağacın, iç kenarları arasında 8 cm. kalacak biçimde taban kalası üzerine yerleştirilmesi suretiyle meydana getirilir. Yan ağaçlar üst tarafta klamolarla birbirine tesbit edilir (Resim 2.5 b).

Açık ahşap menfezlerin tamamıyla muntazam diğer bir şekli ise, 8 cm kalınlığında ve 18 - 20 cm genişliğinde iki yan kalasla, yine 8 cm kalınlığında ve 8 - 10 cm enindeki bir taban kalasının alt taraftan bulonlarla, üst taraftan da klamolarla birbirine tesbit edilmesi suretiyle hazırlanır (Resim 2.5 c). Bu suretle hazırlanan ah-



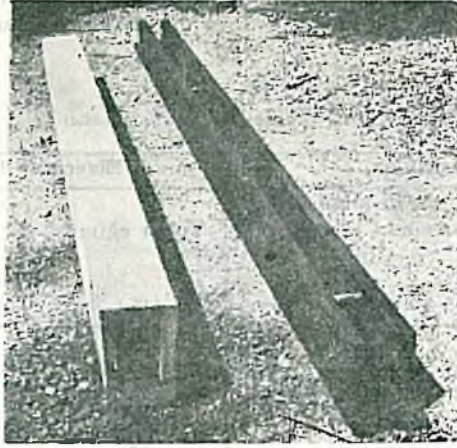
şap menfez, menfezin yapılacağı yerde yol eksenine dik ya da eğik yönde 30 - 40 cm genişliğinde ve %5 - 6 eğimli olarak açılmış bir hendeğin içerisine yerleştirilerek yanları kırmataş ya da çakılla sıkıştırılır.



Resim 2.5 Açık ahşap menfez kesitleri

Açık ahşap menfezlerde yan kalaslar arasındaki serbest açıklığı muhafaza etmek için, bunları birbirine tutturmakta kullanılan demir bağlantıların en basit ve pratik biçimleri ya yuvarlak kesitli demirden ( $\varnothing = 2,5$  cm), ya da yassı demirden (genişliği 4 - 6 cm, kalınlığı 4 - 5 mm) yapılan klamolardır. Bunlar 1,0 - 1,5 m aralıkla çakılırlar. Kırılmış ya da yerlerinden oynamış klamolar lastik tekerlekler için zararlı olduklarından, bu mahzuru mümkün mertebe gidermek için, klamolar yan kalaslar içine iyice gömülecek biçimde çakılmalıdır. Ya da Resim 2.6 da görüldüğü gibi tesbit edilmelidir.

Düşük standardlı orman yollarında kullanılan ahşap menfezler üstü açık olacağı gibi, üstü kapalı da olabilir (Resim 2.6). Bu iki tip ahşap menfez, muntazam bir biçimde tesis edilip bakım gördüğü sürece yolüstü sularını, sızıntı ve diğer küçük su kaynaklarını iyi bir biçimde drene edebilir.



Resim 2.6 Üstü açık ve kapalı ahşap menfezler

Üstü açık ahşap menfezler, yollar üzerinde aşağı doğru akan yüzeysel akışın, engellenip yol üstünden uzaklaştırılması bakımından çok faydalıdır. Fakat bunlar yaprak vb. gibi materyalle sık sık dolduğundan, faydalı olmaları için devamlı temizlenmelidir. Bu menfezler aşağı doğru 30 derecelik bir açı ile yol üzerine yerleştirilmelidir (KOCHENDERFER, 1970).

Üstü kapalı ahşap menfezler, suları drene etmek için yol yüzeyi altında yer alır. Bunlar yolüstünde, yol boyunca akan suları tutamazlar.

Yamaç yollarında dağ tarafındaki kenar hendeğinin akıttığı yağmur sularını açık ahşap menfezler vasıtasıyla enine olarak dere tarafına akıtmak için, yolun eğimi yönünde aşağı tarafa rastlayan kalası, kenar hendeğini tıkayacak biçimde uzun tutmak gerekir. Bu nedenle bu menfezlerin yapılmasında, kenar hendeğinin genişliği gözönünde tutularak, söz konusu yan kalaslar 20 - 30 cm, duruma göre daha uzun yapılır.

Menfezlerin mansap ucundan akan suların şevlere, dolayısıyla yola zarar vermesi için, bu ucu şev üzerine doğru bir miktar çıkıntılı yapmalı ve bunun altına isabet eden şev kısmını açık konkav bir biçimde kaldırmalı, ya da menfezin mansap başının altından başlamak üzere şev üzerine bir tahta oluk yerleştirilmelidir.

Açık ahşap menfezlerin hangi aralıklarla konulması hususuna gelince ; bu aralıklar, yolun eğiminin fazlalığı ve yağışların sıklığı, dolayısıyla akan su miktarının çokluğu oranında kısa olur. Bilindiği gibi bunların tesisindeki amaç, yağışlarla hasıl olan suların, erozyonla yolun bozulmasına meydan verilmeden drene edilmesidir. Örneğin bu amaçla Fr. Hafner ve W. Hedenigg tarafından yapılan araştırmalara göre elverişli ve elverişsiz koşullar için bulunan gerekli açık ahşap menfez aralıkları Tablo 2.1 de gösterilmiştir (HAFNER, 1972). Bu araştırmalar, yılda 800 - 1700 mm yağış alan (bu yağışların %60 - 66 sı yağmur şeklinde) ve üç yıldan daha fazla bir süre önce inşa edilen makadam orman yolları üzerinde yapılmıştır. Burada elverişli koşullarla orman vejelasyonu 1300 mm'nin altında toplam yağış ve az sayıda kuvvet-

li sağnak tekerrürü, elverişsiz koşullarla ise 1300 mm nin üzerinde toplam yıllık yağış, çok sayıda şiddetli sağnak tekerrürü ve dik yamaçlar kastedilmiştir.

Tablo 2.1 Açık ahşap menfezlerin aralıkları

Elverişli koşullar		Elverişsiz koşullar	
Yolun eğimi	Açık ahşap menfezler arasındaki gerekli mesafe	Yolun eğimi	Açık ahşap menfezler arasındaki gerekli mesafe
(%)	(m)	(%)	(m)
5	72	8	30
6	56	9	28
7	48	10	26
8	44	11	24
9	40	12	22
10	36	13	20
11	34	14	18
12	32	15	16
13	30	16	14
14	28	17	13
15	27		
16	26		
17	24		
18	23		
19	22		
20	21		
21	20		
22	19		

#### 2.1.1.3.2. Kutu menfezler

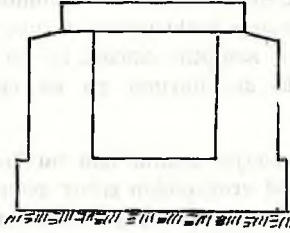
Bu tip menfezler iki ucu açık bir kutu biçiminde olduklarından bu adı almışlardır. Aynı köprülerde olduğu gibi bunlarda da kenar ayakları ve taşıyıcı kirişler vardır. Ancak açıklıkları çok küçük olduğu için taşıyıcı kirişleri mukavemet bakımından gerekenden daha sağlamdır ve bu nedenle projelendirilmelerinde nadiren statik hesaplara lüzum hasıl olur. Gerekli malzemenin temin edilebildiği yerlerde kutu menfezlerin yapımı çok pratiktir. Orman yolları inşasında söz konusu kutu menfezlerin yapı malzemesi betonarme ve fakat özellikle ahşap ve taştır. Büyük ve yassı bloklar halindeki taşların temininin mümkün olmadığı hallerde taş tabliyelili kutu menfezlerin yapımının iktisadılığı şüphelidir (HUGGARD, 1958). Tabaka teşkil eden kayalıklar bu maksada elverişli taş sağlayan kaynaklardır. Büzlerle kutu menfezlerin yapımında göze çarpan en belirgin fark, büzlerin döşenmesinde zeminin düzgün olması şartı aranırken kutu menfezlerin yapımında mecranın düzgün olmasına gerek olmamasıdır.

Kutu menfezlerin yapımında dikkat edilecek hususlar şunlar :

- Menfez yapılacak kesitte, eğer arazi eğimi fazla değişiklik gösteriyor ve menfezin tek eğimli olması halinde fazla kazı yapılması ya da bazı kesimlerde menfezin dolduruya oturması gibi bir durum doğuyorsa, o zaman menfez ta-

- banı araziye uydurulur ve menfez birkaç eğimli yapılabilir. Bu durumda eğim değişen yerlere dilatasyon derzleri koymak gerekir ;
- Menfez üzerine yapılacak dolduru, menfezin iki tarafından, aynı zamanda karşılıklı ve simetrik bir biçimde oluşturulmalıdır ;
  - Su akımı hızlı, taş ve sürüntü malzemesi getiren derelerde, kutu menfez tiplerinin uygulanmasından kaçınılmalıdır.

Kutu menfezlerin 1,0 - 1,5 m açıklıkta olanları en çok 15,0 m yükseklikteki doldurular altında; ve 2,0 - 3,0 m açıklıktakileri de en çok 9 m yükseklikteki doldurular altında kullanılabilirler. Tabliyeli menfezler (Resim 2.7) ise genellikle doldurular altına yapılmazlar. Taş tabliyeli menfezler, yassı ve tabliye olmaya elverişli taş malzemesinin bulunduğu yerlerde yapılırlar. Açıklıkları 30 - 80 cm dir. Ayak duvarları üzerine 20 - 30 cm kalınlığında yassı kapak taşları konur. Ayak duvarlarının kalınlığı en az 40 - 60 cm dir. Tabliye taşı ayak üzerine asgari 30 cm genişliğinde bir kısım ile oturmalıdır. Bu menfezlerin tabanları en az %8 eğimli olmalı ve menfez tabanı ve ayak taşlarının arası betonlanmalıdır (SONUÇ, 1977).

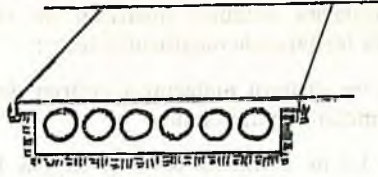


Resim 2.7 Bir taş tabliyeli menfez enkesiti.

### 2.1.2. Kasisler

Yapımları ve bakımları nisbeten daha ucuz olduğu için kasisler menfezlere tercih edilebilir. Bunların yapımındaki prensip, suyun yolu katettiği noktada mümkün olduğu kadar geniş bir yüzey üzerinden serbestçe akıp gitmesini sağlamak ve böylece de suyun derinliğini azaltmaktır. Kasisin başarı sağlayabilmesi için mecra yüzeyinin sağlam ve tercihen kaya olması gerekir. Çakıl yatakları genellikle iyi sonuç vermez, zira çakılın stabil olmaması halinde tekerlekler sürekli olarak bunları kazarlar. Tabii mecra yüzeyinin çok yumuşak olması halinde araçların geçiş kısmı taş ya da beton ile kaplanabilir. Her iki halde de fevkalâde iyi sonuç alınır. Yan yollarda inşa masraflarının azalmasını sağlayacağı cihetle, elverişli olan yerlerde, kasislerden faydalanılır. Ancak belirtmek gerekir ki, kasislerde suyun akmasını sağlayacak dikçe kenarlı bir akım seksiyonuna ihtiyaç vardır. Ne var ki bu durum bir yandan taşıtlarda sarsıntıya neden olurken öte yandan frenleme üzerinde olumsuz etki yapar. Aynı zamanda taşkın zamanlarında bu gibi geçitlerin çoğu yürüyerek geçişe elverişli değildir. Ancak suyun çok sığ olarak akması sağlanabilen kasislerden yayaların geçme olanağı mevcuttur.

Taşkınlar sırasında yayaların geçişine olanak sağlayan taşkın köprülerini de burada zikretmek gerekir (Resim 2.8). Bunlar genellikle yanyana sıralanmış bir dizi büzden oluşur ve üzerlerinde beton bir plâka yer alır. Bu tesislerde büzlerin beton içine alınıp etraflarının iyice sağlama alınması gerekir.



Resim 2.8 Bir taşkın köprüsü

Öte yandan, fasıllı ya da sürekli akışları olan derelerin bulunmadığı yerlerde enine drenajın sağlanması için yola menfez koymak yerine, yol, hafif ters eğimli olarak inşa edilir. Yol yapımından sonra ihdas edilen bu ters eğimli kısımlar, muntazam bir biçimde tesis edilirse, ahşap menfezlerden daha az bakım masrafını gerektirir ve daha fazla ömürlü olur. Bunlar, eğimin %10 u geçmediği orman yollarında başarı ile kullanılır (KOCHENDERFER, 1970). Ve muntazam olarak tesis edildiğinde, ne taşıma hızını azaltır, ne de aracın fazla yıpranmasına sebebiyet verir. Üstelik erozyonu kontrol etmek özelliğine de sahiptir. Ancak, iyi bir biçimde hafif ters eğimlerle donatılarak korunmuş yollarda suyollarının ya da çıgırların açılmasına meydan verilmemelidir.

Orman yollarında enine drenajın temini için bu önleme başvurulduğunda mistakbel yol masrafları, yol gövdesi erozyondan zarar görmeyeceği, yol üzerinde su yollarının açılmasına izin verilmeyeceği ve ahşap menfezler tesis edilmeyeceği için düşük olacaktır.

Bu enine drenaj önleminin en büyük mahzuru, buldozer operatörünün yola bu eğimleri muntazam olarak verebilmesi için yeterli tecrübeye sahip olmasını gerektirmesidir. Bunlar, üzerinde motorlu araçların parkedebilmesi için yeterli uzunlukta olmalı ve aralarında belirli bir mesafe bulunmalıdır. Tablo 2.2deki rakamları bu ara mesafelerin tayininde klavuz olarak kullanmak mümkündür (KOCHENDERFER, 1970).

Tablo 2.2

Yolun eğimi (%)	Aralık (m)
2 - 4	90 - 60
5 - 7	55 - 50
8 - 10	45 - 42

## 2.2. Hidrolik Sanat Yapılarının Seçimi

Yeryüzüne yağmur, kar, dolu vb. biçimlerde düşen su, genel olarak yağış olarak isimlendirilir ve yağışın şiddeti, düşen suyun hiç bir kayba uğramadan yatay bir düzlem üzerinde toplanması halinde meydana getireceği derinlikle ölçülür.

Yeterli bir drenaj projesi yapabilmek için drene edilecek sahanın aldığı yağış hakkında her türlü bilgiler toplanmalı, yağış rasatları yapılmalı ve geleceğin tahminleri bunlara dayandırılmalıdır.

Bir hidrolik sanat yapısının seçiminde, ilk düşünülecek husus, maksimum taşkın debisini, taşkın esnasında yola ve çevreye zarar vermeyecek bir biçimde geçirecek en ekonomik sanat yapısı boyutlarını saptamaktır. Debi hesabı için yağışın şu üç karakteristiği bilinmelidir :

- Yağış şiddeti,
- Yağışın süresi (aynı şiddetle devam ettiği süre),
- Yağışın tekerrürü (projeye esas alınan şiddet ve süredeki yağışın belirli bir sürede kaç defa tekerrür ettiği).

Bir bölgenin aldığı yağışın şiddet, süre ve tekerrürünü tayin edebilmek için 100 sene gibi uzun bir zaman rasatlar yapılmalıdır. Bütün ülke için yapılacak bu rasatlar yardımıyla aynı yağışı alan noktalar bir eğri ile birleştirilerek yağış haritaları elde edilir. Türkiye'de henüz böyle haritalar mevcut değildir. Ancak bu amaçla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün yayınlarından yeterli bilgiyi sağlamak mümkün olabilir.

Öte yandan, yer yüzüne düşen sudan buharlaşma, bitkilerin emmesi ve yeraltına sızma dolayısıyla meydana gelen kayıplar çıktıktan sonra geriye kalan kısım akışı oluşturur. Yağış zayıf ise yeryüzüne ulaşmadan buharlaşır ya da bitkiler üzerinde kalır, daha sonra toprak tarafından emilir ve engebelerde birikir; zemin doygun hale gelinceye kadar yağışın pek az bir kısmı akar. Zemin ve bitkiler suya doyduktan, çukurluklar da su ile dolduktan sonra yağışın büyük bir kısmı drenaj tesislerine ulaşır. Bu nedenle, proje yapımında, mıntıkadaki en şiddetli yağışın süresi, tekerrürü ve şiddeti saptandıktan sonra ikinci adım, düşen yağışın ne kadarının yer yüzünde kalıp aktığını tayin etmektir. Yeryüzünde akan su miktarının düşen su miktarına oranı akış katsayısıdır. Münferit yağışlarda akış katsayısı sabit değildir, ancak uzun süreli ve kesintisiz yağışlarda sabit bir değer kazanabilir.

### 2.2.1. Debi hesabı

Burada menfez debilerinin hesabında kullanılan Rasyonel Metod üzerinde durulmuştur. Bu metod, drenaj hesaplarında çok kullanılan ve yeterli sonuçlar veren bir hesap usulü olup, kısaca  $Q = C.I.A/3,6$  formülü ile tanımlanır. Bu formülde :

$$Q = \text{Debi (m}^3/\text{san)}$$

$$C = \text{Yağışın akım haline geçen kısmının yüzde olarak oranını gösteren akım katsayısı}$$

$$I = \text{Suların «toplanma zamanı» için yağış şiddeti ya da yağış yoğunluğu (mm/saat)}$$

$$A = \text{Drenaj alanı (km}^2\text{)}$$

**Akım katsayısı (C) :** Bu katsayı, yağış havzasının topoğrafik durumu, yüzeyel zemin yapısı, bitki örtüsü yoğunluğu vb. gibi faktörlere bağlı bir katsayıdır. Örneğin, teorik olarak hiç sızdırmayan ve bu nedenle yağışı aynen akım haline geçiren zemin için  $C = \%100$ , yani «1» dir.

Zeminin bitki örtüsü yoğunluğu, bitkisel zemin kalınlığı arttıkça, emilen ve buharlaşan su fazlalaşacağından, yağıştan dolayı akarsuya havzadan ulaşacak su miktarı, yani Q debisi azalacak, dolayısıyla C küçülecektir. Tablo 2.3, çeşitli tipteki zeminler için akım katsayılarını (C) göstermektedir (SONUÇ, 1977).

Tablo 2.3 Çeşitli tip zeminler için akım katsayıları

Zeminin cins ve özellikleri	Akım katsayıları (C)
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
Yapraklı ormanlar	0,35 - 0,60
İbrelî ormanlar	0,25 - 0,50
Meyva bahçeleri	0,15 - 0,40
Vadi içi ekili alanlar	0,10 - 0,30

**Yağış havzası (A):** Yolda yapılacak hidrolik yapıya gelen akarsuyun çevresindeki en yüksek kotları birleştiren kapalı çizginin içinde kalan arazinin km<sup>2</sup> olarak alanıdır. Yani bu alana düşen yağışın akabilen bütün suları, sonunda söz konusu akarsuya ulaşacak ve yol altında yapılacak hidrolik yapıdan geçecektir. Bu alan, genellikle 1/25000 ölçekli haritadan km<sup>2</sup> olarak bulunur.

**«Toplanma zamanı» için yağış şiddeti (I):** «Toplanma zamanı», yağış anındaki bir yağmur damlasının, yağış havzasının en uzak noktasından yapılacak hidrolik yapıya gelinceye kadar, dakika olarak, geçen zamana denir. Maksimum debiyi bulabilmek için rasyonel formüle kullanılan (I) yağış şiddetini, suların toplanma süresi için almak gereklidir. Eğer yağış süresi, toplanma zamanından büyük alınırsa, bu zamana karşın yağış şiddeti küçük olur. Sonuç olarak akımın debisi de maksimum olmaz, aksine, yani küçük alınırsa yağış havzası alanının sadece bir kısmının suyu alınmış olacağından akımın debisi gene maksimum olmaz. Yağış şiddeti, yağış frekansının da bir fonksiyonudur. Belirli bir zaman süresi içinde, yağış şiddeti değişik bir çok yağışlardan, şiddeti fazla olanlarının tekrarlanması aralığı, yani yağış frekansı, şiddeti az olanlardan daha büyüktür. Hidrolik yapıların debuşelerinin saptanması için yapılan hidrolik hesaplar, ekonomik bir kritere göre saptanan frekanstaki «anlık taşkınlar» esas olmak üzere yapılır.

Genellikle bir yağış havzasında akarsu yatağı, havzanın başından başlayarak, tam belirli olmaz. Baştan belirli bir uzunluk içinde yatak belirsizdir, sonra yatak belirlenerek, yapılacak hidrolik yapıya kadar ulaşır. Bazen de, hidrolik yapıya kadar da pek belirli olmaz. Yatağı belirli olmayan akıma «arazi üstü akımı» denir ve bu kısım için toplanma zamanını saptamakta Tablo 2.4 kullanılır (SONUÇ, 1977).

Tablo 2.4 Arazi eğimine göre akım hızları

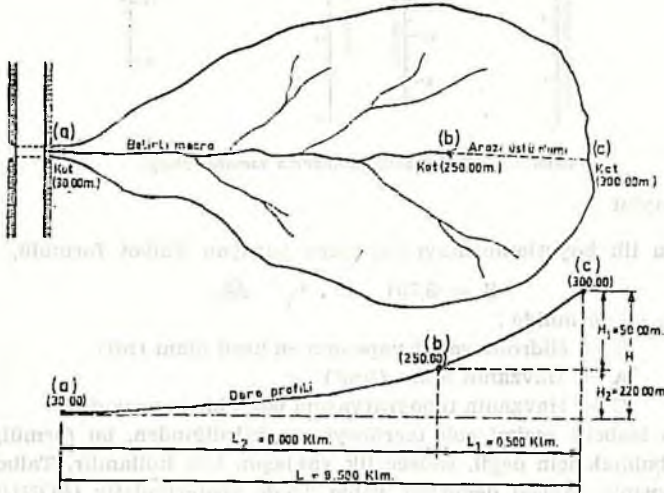
Arazinin eğimi	Akım hızı (m/san)
% 4 den fazla	0,15 - 0,30
% 2,1 - % 4 arası	0,11 - 0,21
% 2	0,18 - 0,09
% 2 den az	0,19 - 0,08

Araziden ya da haritadan saptanan metre cinsinden arazi üstü akım mesafesi, arazi eğimine göre, Tablo 2.4 den seçilen hıza bölünerek, «arazi üstü akım toplanma zamanı» ( $T_A$ ) elde edilir.

Eğer bir havzada, dere yatağı bir süre sonra belirleniyorsa (Resim 2.9), bu kesim için «belirli akım toplanma zamanı» ( $T_B$ ) Resim 2.10 daki abak yardımıyla bulunur.

İkisinin toplamı olan  $T_C = T_A + T_B$  ise, akımın «toplam toplanma zamanını» verir.

Meteoroloji kurumunca daha önce hazırlanmış bulunan 10 ve 100 yıllık maksimum yağış miktarları tablolarından, hidrolik yapının tesis edileceği bölgedeki ( $P_{100}$ ) yağış miktarları Resim 2.10 daki abaktan, suların toplanma zamanı ( $T_C$ ) için, ( $I_{100}$ ) yağış şiddeti elde edilir.



Resim 2.9 Rasyonel metotta debi hesabı

Yıllık maksimum yağış tablolarından ( $P_{10}/P_{100}$ ) oranı bulunduğundan sonra, bu oran ( $I_{100}$ ) ile çarpılarak ( $T_C$ ) için ( $I_{10}$ ) hesaplanır. Sonra ( $Q_{100}$ ) ve ( $Q_{10}$ ) rasyonel formülle bulunur.

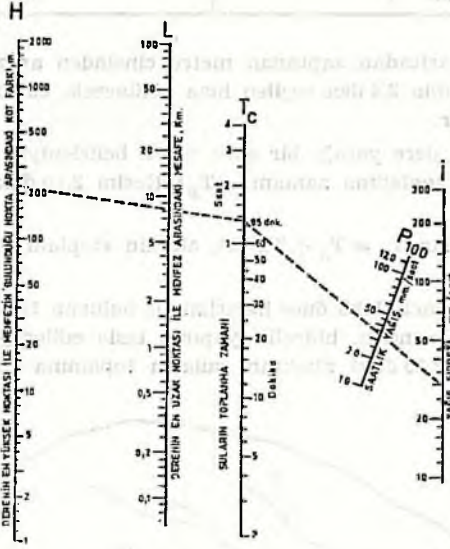
Rasyonel metotta, küçük hidrolik yapıların boyutlarının saptanmasında kullanılan maksimum taşkın debilerini hesaplarırken, aşağıdaki varsayımlardan hareket edilir :

- Suların toplanma süreleri boyunca yağışlar düzenli olmaktadır ;
- Yağışların şiddeti havzanın bütün noktaları için aynıdır ;



- Boyutlandırma hesabına temel olan «maksimum anlık akım», toplanma zamanı sonunda olur ;
- Meydana gelen debinin frekansı, yağış frekansına eşittir.

Bu varsayımların her havza için doğruluğunun saptanması olanağı yoktur ve akım katsayısının (C) seçimi de belli aralıklar içinde kalmakla beraber gene de kişiseldir. Bunlar, rasyonel metodun zayıf yönleridir.



Resim 3.10 Belirli akım «toplanma zamanı» abağı.

### 2.2.2. Kesit tayini

Bu amaçla ilk boyutlandırmayı yapmaya yarayan Talbot formülü,

$$S = 5,791 \cdot C \cdot \sqrt[4]{A^3}$$

biçiminde olup bu formülde ;

S = Hidrolik sanat yapısının en kesit alanı (m<sup>2</sup>)

A = Havzanın alanı (km<sup>2</sup>)

C = Havzanın topoğrafyasına bağlı bir katsayıdır.

Bu katsayının isabetli seçimi çok tecrübeyi gerektirdiğinden, bu formül, son ve kesin boyutları bulmak için değil, sadece ilk yaklaşım için kullanılır. Talbot formülündeki C katsayısının sayısal değerleri Tablo 2.5 de gösterilmiştir (SONUÇ, 1977).

Tablo 2.5 Talbot katsayıları

Arazinin topoğrafik durumu	Talbot katsayısı (C)
Düz	0,3
Hafif dalgalı	0,4
Dalgah	0,5
Hafif tepelik	0,6
Tepelik	0,7
Dağlık	0,8

Talbot formülü ile hidrolik yapı kesit alanı ön yaklaşım olarak hesaplandıktan sonra, ilkin diğer koşullar gözönünde bulundurulmadan söz konusu kesit alanı için uygun yapı tipleri araştırılır ve bunun arkasından diğer fiziki koşullar nazari dükkate alınarak hangi menfez tipinin kullanılacağı saptanır. Genellikle bu koşullar :

- Dolduru yüksekliği ;
- Sanat yapısının yapım süresi ve maliyeti ;
- Dere tabanının eğimi'dir.

Bütün bu etkenler gözönüne alınarak hidrolik sanat yapısının cinsi, tipi ve boyutları saptanır. Bunun için izlenen yol, Rasyonel formülle hesaplanan 10 ve 100 yıllık Q taşkın debisinin, seçilen hidrolik sanat yapısı tipine ve Talbot formülü ile elde edilen boyutlarına ve dere eğimi ile menfez pürüzlülük katsayısına göre, söz konusu yapı içinde doğuracağı akım rejimini saptayarak, bu akımın menba ve mansap koşullarını irdelemektir. Bu koşullar :

- 10 yıllık frekanslı taşkınının hidrolik sanat yapısının girişinde bu yapının üst kotundan fazla olmaması ;
- 100 yıllık frekanslı taşkınının, yol doldurusu üzerinden aşmamasıdır.

Bu irdeleme, saptanan koşullarda doğacak akım rejimine göre menba ve mansaptaki hidrolik yükleri hesaplamakla olur. Seçilen yapı tipine göre yukarıdaki koşulları sağlayan en küçük kesit araştırılır ve böylece en uygun kesit bulunur.

### 3. SONUÇ

Su, orman yollarının en acımaz düşmanıdır. Bu nedenle suyun, yol üzerinde birikiminin, dolayısıyla yol gövdesine nüfuzunun ve zararının yerinde alınacak önlemlerle zamanında bertaraf edilmesi gerekir. Bu hususta başvurulacak en önemli önlemleri yolun boyuna eğiminin makul sınırlar içinde tutulması, yola iyi bir bombe ya da tek taraflı olarak uygun enine eğimin verilmesi, yolun yeterli sayıda ve boyutta büz, menfez vb. enine tesislerle donatılması, yol boyunca kenar hendeklerinin açılması ve bütün bu tesislerin daima temiz ve çalışır bir durumda bulundurulması teşkil eder. Bu ve benzeri önlemlerin tekniğine uygun olarak yerinde ve zamanında alınmaması, orman yollarının kaderini, yolun en acımaz düşmanı olan suyun takdirine terketmek olur.

### K A Y N A K L A R

- HAFNER, F. 1972. *Culvert Construction Techniques*. LOG/SYMP 6/21, Hungary.
- HUGGARD, E.R. 1958. *Forester's Engineering Handbook*. W. Heffer and Sons Ltd, Cambridge.
- KOCHENDERFER, J.N. 1970. *Erosion Control on Logging Roads in the Appalachians*. U.S.D.A. Forest Service Research Paper NE - 158.
- SEÇKİN, Ö. BÜLEND, 1975. *Demirköy Karamanbayırı Devlet Orman İşletmesi Çakmaktepe Bölgesi Yol Şebekesinin Plânlama Tekniği Bakımından Araştırılması*. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt XXV, Sayı 1.
- SONUÇ, TURHAN, 1977. *Karayolu Tekniği*. Cilt 3, Sermet Matbaası, İstanbul.
- TAVŞANOĞLU, FAİK, 1973. *Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları*. İ.Ü. Orman Fakültesi yayını No. 174/182, İstanbul.