

## DERELERDE AKIŞ ÖLÇMELERİ

Yazan

Doç. Dr. Necdet ÖZYUVACI

### GİRİŞ

V. Dünya Ormancılık Kongresinde alınan kararlar ormanlardan çok taraflı yararlanma prensibini getirmesi bakımından ilginçtir. Zira, böylelikle ormanların sadece odun hammaddesi üretimine tahsis edilemeyecekleri, bunun yanı sıra su üretimi, erozyon ve sel kontrolü, hayvan yemi üretimi ve rekreasyon yönünden sağladığı olanaklar üzerinde de durulması gerektiği anlaşılmış bulunmaktadır. Nitekim, bu temel ilkedен hareketle yeni yeni ormancılık disiplinlerinin geliştiği ve gelişmekte olduğunu da görmekteyiz. Yeni gelişen bu disiplinler arasında yer alan havza amena-jmanında amaçların başta gelenlerinden birini belkide en önemlisini hiç şüphesiz en yüksek verim ve kalitedeki suyun devamlı olarak üretimi teşkil eder. Bir yağış havzasında bu amacın gerçekleştirilebilmesi ise herşeyden önce havzada su bilançosu kapsamına giren unsurlar arasındaki ilişkilerin saptanmasına bağlıdır. Genel anlamda yağış, evapotranspirasyon, depolama ve akış olarak tanımlayabileceğimiz bu unsurlar arasındaki ilişkilerin tam bir açıklığa kavuşturulması halinde dere ölçmelerine gerek duyulmayabilir. Özellikle ileri ülkelerde matematik modellere yer verilerek sürdürülen araştırmalar bu ilişkileri açıklığa kavuşturmak üzere atılan ümitli adımlar olarak nitelendirilmektedir. Ancak, bu konuda sürdürülen çalışmaların yerel bilgiler yanında belirli bir sıhhat derecesini de zorunlu kılmaları pahalı ve yorucu çalışmaları gerektiren akış ölçmelerini bir tercih nedeni olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Bilindiği üzere akış ölçmeleri; bir akarsu yatağından geçen toplam su miktarının belli bir zaman periyodu boyunca değişimi hakkında bilgi edinmek amacıyla yapılmaktadır. Burada sarfiyat, debi yahut deşarj terimleriyle tanımlanan akış, çeşitli birimlerle ifade edilmektedir. Amaca göre değişen bu birimlerden en çok kullanılanları :

$m^3$  veya  $lt/sn$  — Akarsu yatağından bir saniyede geçen su miktarıdır.

$mm$  — Akarsu yatağından belirli bir zamanda geçen su miktarının, yağış havzası alanına bölünmesiyle elde edilen su derinliğidir.

$lt/sn/km^2$  — Yağış havzasında  $1 km^2$  lik alandan gelen ortalama debiyi vermektedir.

Akarsularda debi ölçmeleri çeşitli yollarla yapılmaktadır. Üzerlerinde depolama barajı veya hidroelektrik santrali gibi tesisler bulunan akarsularda debi, bu tesislerin hidrolik karakteristiklerinden yararlanılarak saptanabilir. Periyodik olarak su taşıyan sel dereleri veya yüksek su seviyelerine ulaşan maksimum akışlarda hız ölçmeleri pratik olmaktan çıkar veya yapılma olanağı kalmaz. Bu gibi hallerde eğim - alan metodu adı altında tanımlanan amprik uygulamalara gidilmektedir.

Bunlar dışında kullanılan akış ölçme yöntemleri ise aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir :

#### 1. Hız ölçme esasına dayanan Yöntemler.

- 1.1. Yüzerlerle debi tayini.
- 1.2. Pitot borusu ile debi tayini.
- 1.3. Elektro - kimyasal yolla debi tayini.
- 1.4. Boyar maddelerle debi tayini.
- 1.5. Mulinelerle debi tayini.
- 1.6. Elektromanyetik yolla debi tayini.
- 1.7. Akustik yolla debi tayini.

#### 2. Hacim Ölçme Esasına Dayanan Yöntemler.

- 2.1. Geçici depolama ile debi tayini.
- 2.2. Kimyasal yolla debi tayini.
  - 2.2.1. Konsantrasyonu arttırıcı maddeler.
  - 2.2.2. Boyar maddeler.

#### 2.3. Radyoaktif izotoplarla debi tayini.

#### 3. Kontrol kesitleri yardımı ile debi tayini.

- 3.1. Oluklar.
- 3.2. Savaklar.

## AKIŞ ÖLÇME YÖNTEMLERİ

### 1. Hız Ölçme Esasına Dayanan Yöntemler

Akarsularda hız ile enine kesit alanı arasındaki bağıntıdan yararlanılarak debinin saptanması oldukça çok kullanılan bir uygulama şeklidir. Debi tayininde yararlanılan temel unsurlardan hızın ölçülmesi dere üzerinde yatağın zamanla değişim göstermediği sabit bir en kesit seçilerek yapılmaktadır. Hız ölçme istasyonu adı verilen bu kesitlerden yararlanılarak debi tayininde bir akarsuyun değişik noktalarındaki hız dağılımı farklı olduğundan, hız ölçmesi yapılacak en kesit bir takım yüzey elemanlarına ayrılmakta ve bu elemanlara tekabül eden hızlar saptanarak ortalama veya temsili hıza geçilmektedir. Burada ölçmenin yapıldığı kesit alanı (A) ve ortalama yahut temsili hız da (V) ile gösterilirse, hız ölçme esasına dayanan yöntemler için genel debi formülü  $Q = A \cdot V$  şeklinde verilebilir.

Hız ile kesit alanı arasındaki ilişkiye dayanan bu yöntemler özellikle hız tayininde kullanılan cihazlar veya izlenen yollara göre aşağıdaki grupta içersinde özetlenebilirler :

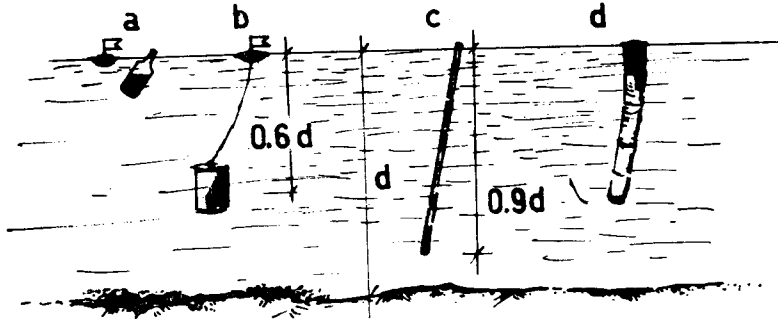
#### 1.1. Yüzerlerle Debi Tayini\*):

Filatör veya yüzgeç olarak da tanımlanan yüzerler, diğer ölçme yöntemlerinin uygulanma olanağı bulunmayan hallerde yahut fazla hassasiyet istemeyen işler veya daha ziyade istikşafi çalışmalar için veri toplanmasında kullanılırlar. Ölçmenin dayandığı prensip; yüzerin, derenin oldukça düzgün seyrettiği bir kısmında aralarındaki uzaklık bilinen iki kesit arasından geçiş süresini saptamak ve bu mesafeyi zamana bölerek suyun akış hızını hesaplamaktan ibarettir.

Bu konuda kullanılan yüzerler (a) su üstü yüzerleri, (b) su altı yüzerleri, (c) çubuk yüzerler ve (d) şamandıra yüzerler olmak üzere dört grupta toplanabilir (Şekil: 1).

\*) Tekrarlamalardan kaçınmak için uygulamalarda sadece hız tayinleri verilmele yetinilmiştir. Bundan sonra debinin saptanması için izlenecek yol bütün yöntemlerde aynı olup, su ile kaplı enine kesit alanının ölçülerek o kesit alanı için tayin edilen hız ile çarpılmasından ibarettir. Yöntemler bu açıklamaya göre değerlendirilmelidir.

Su üstü yüzerleri, su üstünde yüzecek ve dış etkenlerden en az müteessir olacak şekilde hafif bir metalden imal edilmişlerdir. Ancak, ağzı



Şekil : 1 Çeşitli tipte yüzerler

yüzeyde kalacak şekilde su ile doldurulmuş veya içine ağırlık konmuş kapaklı bir şişe, uygun bir tahta parçası, top, portakal v.s. gibi cisimler de aynı amaçla kullanılabilirler (Şekil: 1, a). En ucuz ve en seri ölçme şekli olmasına rağmen, bu uygulama ile sadece yüzeydeki hızı saptama olanağı vardır. Akan suyun yüzey hızı ile yüzey altı hızı farklı olduğundan, yüzeyde ölçülen hızı birden küçük bir katsayı ile çarparak ortalama hızı bulmak gerekir. Bu konuda yüzey hızından ortalama kesit hızına geçmek için yatağın pürüzlülük durumunun (n) da dikkate alındığı aşağıdaki tablonun (Tablo: 1) kullanılması önerilmektedir.

Tablo: 1 Ortalama Kesit Hızı ile Yüzey Hızı Arasındaki İlişkiler \*)

Hidrolik Yarıçap R (m)	Manning Katsayısı				
	n = 0.021	n = 0.024	n = 0.028	n = 0.037	n = 0.045
0.5	0.74	0.69	0.65	0.61	0.52
1.0	0.77	0.73	0.69	0.65	0.58
2.0	0.79	0.76	0.73	0.69	0.64
3.0	0.81	0.78	0.75	0.72	0.68
4.0	0.81	0.79	0.76	0.74	0.70
5.0	0.82	0.79	0.77	0.75	0.71
6.0	0.82	0.80	0.78	0.76	0.72
8.0	0.83	0.81	0.79	0.77	0.73
10.0	0.83	0.82	0.80	0.78	0.75
12.0	0.84	0.82	0.81	0.79	0.76
14.0	0.84	0.82	0.81	0.79	0.77
16.0	0.84	0.82	0.81	0.79	0.77

\*) Özal, K. (1972) dan.

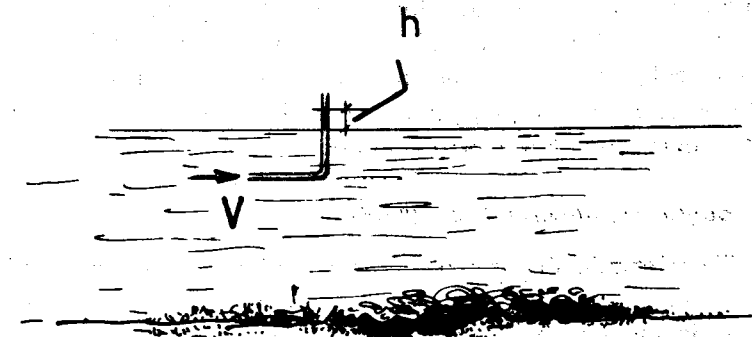
Su altı yüzerleri birbirine irtibatlı iki yüzerden oluşur (Şekil: 1, b). Su içindeki yüzer, akarsu derinliğinin 0.6 sı kadar bir derinlikte hareket ettiği takdirde, buna irtibatlı olarak hareketi izlenen su üstündeki yüzer ortalama kesit hızını vermektedir. Bu tip yüzerlerle yapılan ölçümlerde birinci tipe kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir.

Çubuk yüzerler, dip kısımlarına yerleştirilmiş ağırlık yardımı ile su içersinde düşey durumda durabilen iki ucu kapalı borulardan ibarettir (Şekil: 1, c). Su üzerinde sadece uç kısımları görünen bu çubuklarda batma derinliği akarsu derinliğinin 0.9 u kadar olmalıdır. Bu nedenle boylarının su derinliğine göre ayarlanabilmelerini sağlamak üzere genellikle teleskopik şekilde imal edilirler.

Son zamanlarda geliştirilen şamandra yüzerler ise (Şekil: 1, d), su üzerinde yüzen bir şamandra ile bunun altındaki uzantısından oluşurlar. Bezden imal edilen bu uzantı yer yer metalik halkalarla takviye edilmiştir. Kullanışlıları diğerlerinden farklı değildir.

### 1.2. Pitot Borusu İle Debi Tayini :

Basınç esasına göre çalışan bu cihazlarda ana unsuru dik açı yapacak şekilde kıvrılmış bir boru teşkil eder (Şekil: 2). Borunun bir ucu, ağzı akış doğrultusuna dik olmak üzere suya daldırıldığında içersindeki su sütunu akış sonucu kazanılan hız yükü nedeniyle diğer kıvrımda bir miktar yükselecek ve bir seviye değişikliği (h) meydana gelecektir. İşte, hız ile boru içersinde görülen su seviyesi değişimi arasındaki ilişkiden yararlanılarak hız ölçümünü sağlayan bu cihazlar pratikte pitot tüpü yahut borusu olarak tanımlanırlar. Bu cihazlarda en büyük mahzur düşük hızlarda seviye yükselmesinin azlığı nedeniyle karşılaşılan okuma güçlüğüdür. Ancak, bu güçlüğü ortadan kaldırılmasını sağlamak üzere değişik tipte sta-

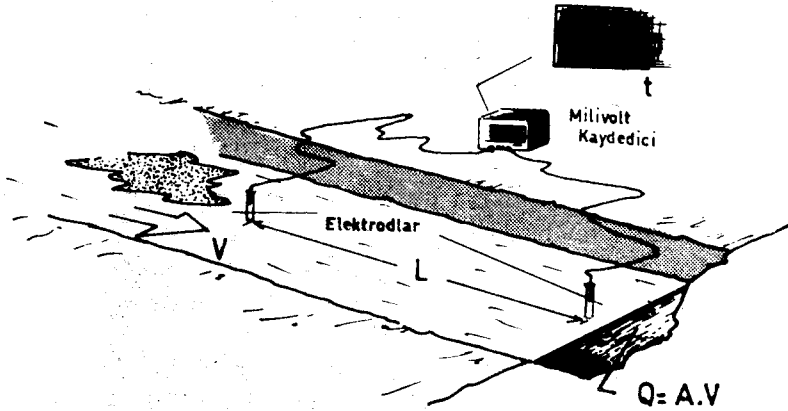


Şekil: 2 Pitot borusunun şematik görünüşü.

tik tüpler ve hassas okumalar için elektronik cihazlar geliştirilmiştir. Böylelikle mahzurlu tarafları büyük ölçüde giderilebilen pitot tüpleri özellikle, dere yataklarının ani düşüş gösterdiği akıntılı yerlerde ve enine ob-jeler üzerinden vuku bulacak taşmalar v.s. gibi akışın hızlı olduğu yerlerde diğer cihazlardan daha iyi sonuçlar vererek üstünlük sağlarlar.

### 1.3. Elektrokimyasal Yolla Debi Tayini :

Kimyasal maddelerin sulara konsantrasyonu ve dolayısıyla iletkenliği artırışı, elektriksel olarak akış hızının saptanmasına olanak sağlayabilmektedir. Şöyleki, dere üzerinde birbirinden belli uzaklıkta iki en kesite birer çift elektrod yerleştirilmekte ve bunlar bir milivolt kaydediciye irtibatlanmaktadır (Şekil: 3). Elektrodalara akım verildikten sonra memba



Şekil: 3 Elektrokimyasal Yolla Debi Tayini

tarafından aniden dereye enjekte edilen kimyasal madde, konsantrasyonu yüksek bir kütle halinde suyun akış hızına (V) uyarak hareket ederken bu elektrodlerden akımın geçmesine sebep olacak ve kaydedici üzerinde belli zaman aralığı ile (t) iki etkiye gösterecektir. Burada en kesitler arasındaki uzaklık (L) ve geçiş süresi bilindiğinden  $V = L/t$  ilişkisinden suyun akış hızı kolaylıkla hesaplanabilecektir.

### 1.4. Boyar maddelerle Debi Tayini :

Debi ölçmelerinde değişik biçimlerde kullanılan boyar maddelerden akış hızının saptanmasında da yararlanılmaktadır. Bu amaçla yapılan uygulamalarda memba tarafından aniden suya enjekte edilen bir miktar boyar maddenin su içersinde akış hızına uyarak adeta rüzgârla sürüklenen

bir bulut gibi yaptığı hareket izlenir ve dere üzerinde biri ölçme yapılacak kesit olmak üzere birbirlerinden belli uzaklıkta bulunan iki kesit arasındaki mesafeyi kat ediş süresi saptanır. Bu süre ve mesafe yukarıdaki şekilde değerlendirilerek suyun akış hızı hesaplanır.

### 1.5. Mulinelerle Debi Tayini :

Hız ölçme istasyonlarında en çok kullanılan cihazlar mulinelerdir. Bunlarda ana parçalar bir eksen etrafında kolayca dönebilen bir pervane sistemi ile pervanenin yaptığı devir adedini sayan bir sayaçtan ibarettir (Şekil: 4). Dönme eksenleri suyun akış doğrultusuna dikey veya paralel



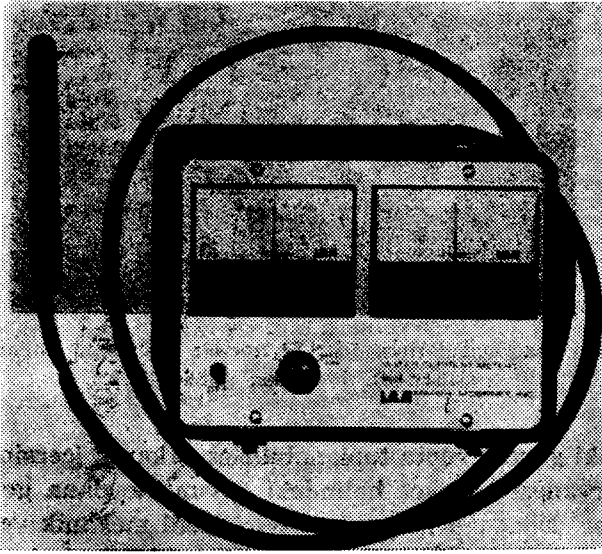
Şekil: 4. Hız Ölçmelerinde PRICE tipi bir mulinenin kullanışığı. (USDIBR, 1967 den alınmıştır.)

olmak üzere iki genel grupta toplanabilirler. Akarsu içersine yerleştirilen mulinenin pervanesi hareket halindeki suyun meydana getirdiği kuvvet etkisiyle döner. Döner pervanenin devir adedi mekanik veya elektriksel yolla saptanır ve o cihaz için daha önce devir - hız bağıntısını verecek şekilde düzenlenmiş abaktan yararlanılarak suyun akış hızı bulunur. Ölçme-

lerde amaç ve su derinliği dikkate alınarak değişik uygulamalara gidilir. Bunlardan tek ölçme ve iki ölçme en çok uygulanan şekillerdir. Su derinliği 60 cm. ye kadar olan yerlerde tek ölçme, daha derin olan yerlerde ise iki ölçme yapılır. Tek ölçmede muline yüzeyden su derinliğinin 0.6 sı kadar bir derinliğe yerleştirilir. İki ölçme uygulandığı takdirde ölçmenin biri yüzeyden su derinliğinin 0.2 si, diğeri ise 0.8 i kadar derinlikte yapılır ve kesitteki hız, bu değerlerin ortalamaları alınarak saptanır.

#### 1.6. Elektromanyetik yolla Debi Tayini :

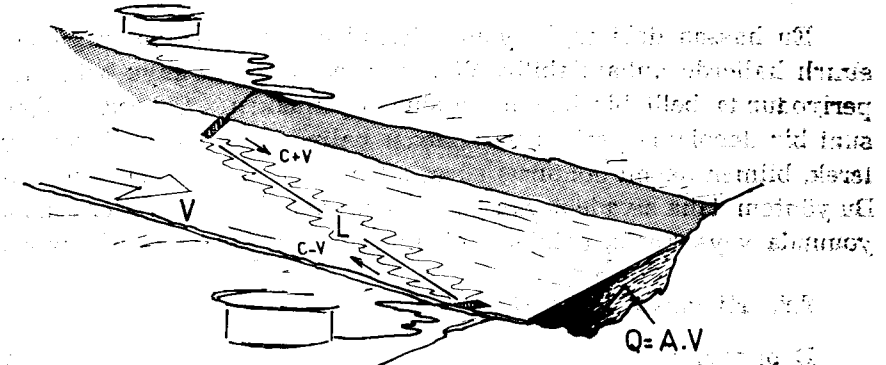
Elektromanyetik hız ölçerler, iletken cisimlerin manyetik alan içersinden geçerken indüksiyon akımı dediğimiz bir akım oluşturmaları prensibine dayanır. Belli uzunluktaki bir manyetik alan içersinde indüklenecek akımın, bu alan içersinden geçen iletkenin hızına bağlı olarak değiştiği gözönünde tutularak geliştirilen bu cihazlar; su içine daldırılan bir ölçme sondası ile bununla irtibatlı bir voltmetreden oluşurlar (Şekil: 5). Akış hızı, ölçme sondası içersinden bir iletken olarak geçen suyun elektrodlarda oluşturduğu akımdan yararlanılarak saptanmaktadır. Hız ölçmesi yapılan suyun göstereceği kondaktivite değişikliklerinden etkilenmediği ifade edilen bu cihazlarda hız, belli bir kalibrasyondan sonra doğrudan doğruya ıskala üzerinde okunabilmektedir.



Şekil: 5 - MARSH - MCBIRNEY tipi bir elektromanyetik hız ölçer.

#### 1.7. Akustik Yolla Debi Tayini :

Metodun dayandığı prensip, ölçmenin yapılacağı dere üzerinde birbirlerinden belli uzaklıkta karşılıklı olarak kurulan iki akustik kontrol istasyonunda akışın ses hızı üzerindeki etkisinden yararlanmaktır (Şekil: 6). Hassas şekilde zaman kontrolü da yapılan bu istasyonlarda aynı



Şekil: 6 Akustik Yolla Debi Tayini

anda yaratılan ses dalgaları suda ilerlerken memba tarafındaki istasyon- dan gelenler suyun akış hızı kadar daha hızlı gidecek diğerleri ise aksine yavaşlayacaklardır. İşte bu dalgaların karşılıklı olarak istasyonlara varış- ları için geçen zamanlar arasındaki farktan yararlanılarak aşağıdaki şe- kilde suyun akış hızı saptanabilir :

$$V = \frac{TC^2}{2L}$$

Burada;

V — Ortalama akış hızı (m/sn)

T — Sesin istasyonlara varış süreleri arasındaki fark (sn)

C — Sesin su içersindeki yayılma hızı (1420 m/sn)

L — İstasyonlar arasındaki uzaklık (m) dir.

Buraya kadar açıklanmaya çalışılan bütün yöntemlerde hız farklı uy- gulamalarla ölçüldüğü halde, debinin saptanışı aynı yolla yapılmakta ve yukarıda da değinildiği üzere kesit alanı ile hız arasındaki bağıntıdan ya- rarlanılmaktadır.

## 2. Hacım Ölçme Esasına Dayanan Yöntemler :

En belirgin özellikleri dere yatağı üzerinde enine kesit, su derinliği, hız v.b. gibi unsurların ölçülmesine gerek göstermeden doğrudan doğruya debiyi vermeleridir.

### 2.1. Geçici Depolama ile Debi Tayini :

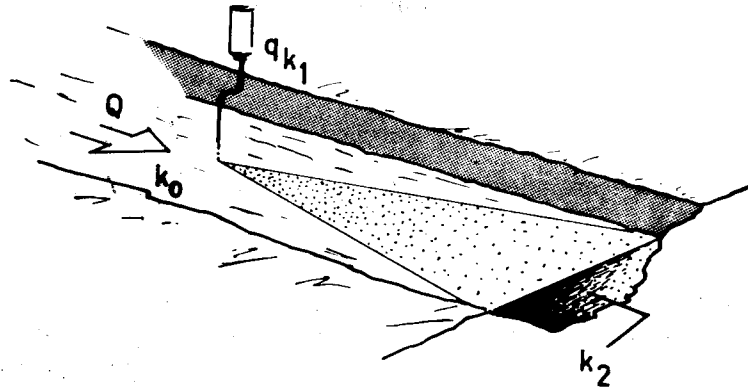
En hassas debi tayin yöntemlerinden biri olmasına rağmen sadece sınırlı hallerde kullanılabilir. Yöntemin esası, gelen suyu belli bir zaman periyodunda belli bir hacım içersine toplamaktır. Çevrede doğal yahut suni bir depolama yerinin var olması halinde akarsu bu depoya yöneltilerek, bilinen hacmi doldurmuş süresinden gelen su miktarı tayin edilebilir. Bu yöntem daha ziyade savak yahut oluk gibi kontrol kesitlerinin kalibrasyonunda veya küçük debilerin ölçülmesinde büyük avantaj sağlar.

### 2.2. Kimyasal Yolla Debi Tayini :

Debi tayininde kullanılan kimyasal maddeleri, yararlanılan özelliklerine göre konsantrasyonu artırıcı maddeler ve boyar maddeler olmak üzere iki genel grupta toplamak mümkündür.

#### 2.2.1. Konsantrasyonu Arttırıcı Maddeler :

Bu maddelerle debi ölçmesi yapılacak dere üzerinde dozlama ve örnekleme yapmak üzere iki yer seçilir. Memba tarafında yer alan dozlama istasyonunda suya belli konsantrasyon ve miktarda kimyasal madde devamlı olarak enjekte edilir. Bu işlemde kullanılan maddenin ölçme yapılan kesitte suya tamamıyla ve homojen bir şekilde karışmış olması sağlan-



Şekil 7 Konsantrasyonu Arttırıcı Maddelerle Debi Tayini

dıktan sonra su örnekleri alınarak konsantrasyonları saptanır. Böylece, dereye karıştırılmış olan kimyasal maddenin, karıştırılmadan önceki konsantrasyonu ve su etkisiyle meydana gelen konsantrasyon azalması arasındaki ilişkilerden yararlanılarak aşağıdaki şekilde debi hesaplanabilir (Şekil: 7).

$$Q = q \frac{k_1 - k_2}{k_2 - k_0}$$

Burada;

- Q — Derenin debisi
- q — Karıştırılan tuz eriyiğinin debisi
- k<sub>0</sub> — Derenin dozlanmadan önceki doğal tuz konsantrasyonu
- k<sub>1</sub> — Dere suyuna karıştırılan tuz eriyiğinin konsantrasyonu ve
- k<sub>2</sub> — ise Dozlama yapıldıktan sonra örnekleme istasyonunda saptanan tuz konsantrasyonudur.

Aynı işlemler konsantrasyon yerine ağırlık esasına dayanılarak da yapılabilir. Konsantrasyonu artırıcı madde olarak genellikle mutfak tuzu (NaCl) kullanılan bu uygulamada başarıya ulaşılabilmesi için eriyiğin dere suyuna homojen bir şekilde karışması, alınan örneklerin dozlanmış dere suyundaki tuz konsantrasyonunu iyi olarak temsil etmesi ve konsantrasyon tayininin de sıhhatli bir yöntemle yapılması gerekmektedir. Bu hususların yerine getirilebilmesi için dozlamada kullanılan araç ve gereçler ile yapılan analizler biraz pahalıya mal olmaktadır. Ancak bu yöntemin olumlu yanı; en kesitleri düzensiz ve fazlaca türbülanslı aktıklarından diğer yöntemlerle iyi sonuç alınamayan derelerde daha sıhhatli ölçmelere olanak sağlamasıdır.

#### 2.2.2. Boyar Maddeler :

Konsantrasyonu artırıcı maddelerle yapılan uygulama aynen boyar maddelerle de yapılabilir. Aradaki fark sadece konsantrasyon tayininde ortaya çıkar. Burada konsantrasyon tayini, boyar maddelerin floresans özelliğinden yararlanılarak yapılır. Farklı renk tonlarının tekabül ettikleri boyar madde konsantrasyonları bulunarak yukarıda verilen formüle uygulanan değerlerle doğrudan doğruya debi hesaplanabilir.

Sıhhatli bir debi ölçmesi yapılabilmesi için kullanılacak boyar maddenin;

- 1) Değişmez floresans özellikler göstermesi, su içerisindeki bakteriler ve diğer kimyasal bileşiklerden etkilenmemesi ve bu özelliğini süspansiyon haldeki maddeler, algler ve planktonlar tarafından adsorbe edildiğinde de devam ettirebilmesi,
- 2) Uygulandığı konsantrasyonlarda zehirleyici bir etkisinin bulunmaması,
- 3) Kolaylıkla eriyebilmesi ve böylelikle suda iyi ve homojen bir karışım vermesi,
- 4) Su içerisinde kolayca çökmemesi ve dere yatağında yer alan kaba ve ince materyal veya bitkiler v.s. üzerinde tutulmaması,
- 5) Kullanıldığı konsantrasyonlarda hassas ölçmeler yapmaya elverişli olması,
- 6) Sularda doğal olarak fazla veya analizlerde yanılmalar yaratacak ölçüde değişim gösteren konsantrasyonlarda bulunmaması gerekmektedir.

Bu özellikleri yerine getirmek üzere çok çeşitli boyar maddeler geliştirilmiştir. Bunların en çok kullanılanları arasında Ksanten grubu organik türevlerden Fluoressein, Rodamin-B ve WT ile Pontakil pembesi-B zikredilebilir. Genellikle toz halinde satılan bu müstahzarlar belli ölçülerde su ile karıştırılarak kolayca kullanılmaya hazır duruma getirilebilirler. Konsantrasyonu artırıcı maddelere kıyasla çok ucuz uygulamalara olanak sağlarlar.

### 1.3. Radyoaktif İzotoplarla Debi Tayini :

Debi tayininde dayanılan prensipler bakımından radyoaktif izotoplarla, yukarıda belirttiğimiz kimyasal maddelerin kullanılışı arasında büyük bir fark bulunmamaktadır. Zira, izotoplarla yapılan uygulamada dere suyuna konsantrasyonu artırıcı veya boyar maddelerde olduğu gibi konsantré halde bir radyoaktif izotop solusyonu enjekte edilmekte ve solusyonun konsantré haldeyken ve dere suyunda inceldikten sonra yansıtacağı gama radyasyonundan yararlanılarak debi tayin edilmektedir.

Özel cihazlara gerek gösteren bu uygulamada debi ölçmesi yapılacak dere en kesitine Geiger sayacı ile irtibatlı bulunan bir dedektör yerleştirilir ve yapılan ön denemelerle, kullanılan radyoaktif izotopun ölçme kesitini kaplayan dere suyuna tam olarak dağılımını sağlayacak dozlama mesafesi saptanır. Bu mesafeden radyoaktif izotop ile dozlama işi, solusyonu

dereye dökmek veya daha iyi bir karışım sağlamak üzere tel kafes içerisine yerleştirilmiş özel bir cam kabı dereye daldırılmış halde kırarak içerisindeki solusyonu suya karıştırmakla yapılır. Böylece suya enjekte edilen radyoaktif izotopun ölçme kesitinden geçerken yaydığı gama radyasyonunun dedektör üzerindeki etkileri sayacıyla saptanarak debi tayin edilir (Şekil: 8).

$$Q = \frac{F \cdot A}{N}$$

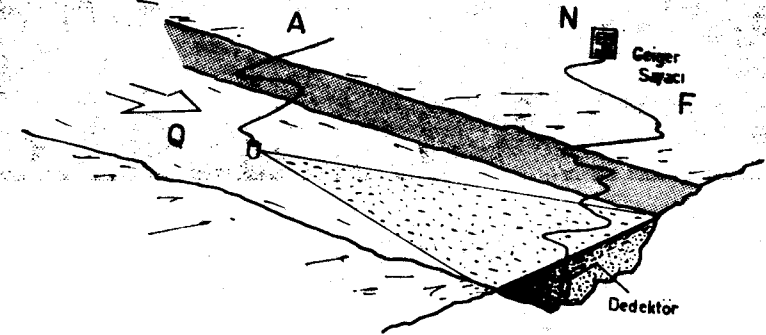
Burada;

Q — Derenin debisi,

F — Kalibrasyon katsayısı (Kullanılan cihaza göre değişir),

A — Enjekte edilen radyoaktif izotopun etkiye sayısı,

H — Sayacıta tesbit edilen etkiye sayısıdır.



Şekil : 8 Radyoaktif İzotoplarla Debi Tayini.

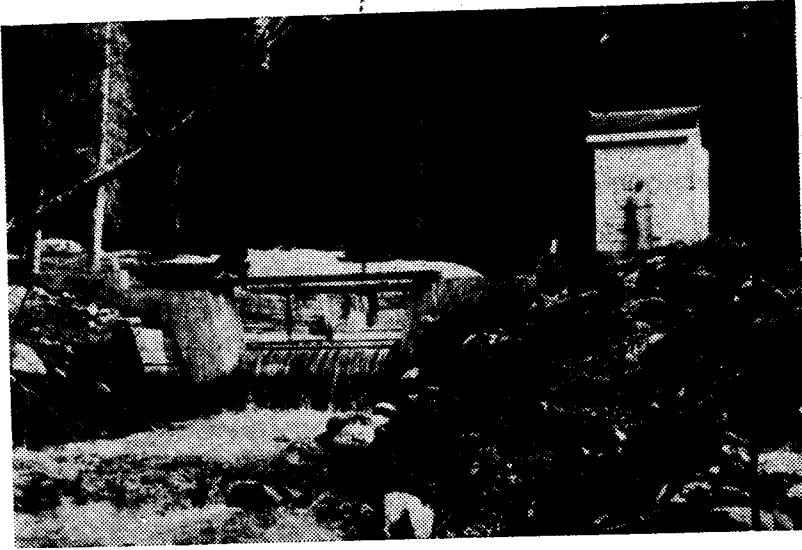
### 3. Kontrol Kesitleri Yardımıyla Debi Tayini :

Derelerde devamlı ve hassas akış ölçmeleri ancak, bunlar üzerinde hidrolik karakteristikleri bilinen sabit tesisler kurmakla yapılabilir. Kontrol kesitleri olarak tanımlanan bu tesisler savak, oluk veya flume gibi objelerden oluşur. Şimdi kısaca bunları görelim :

#### 3.1. Savaklarla Debi Tayini :

Bir akarsu yatağına yerleştirilen ve içinden veya üzerinden su akan düzgün şekilli boşluğu savak denir. Diğer bir deyimle savağı; düşey durumdaki bir obje üzerinde açılan ve üst kısmı serbest ve atmosferle te-

mas halinde bulunan bir açıklık veya çentik olarak tanımlamak da mümkündür. Bu tip objeler içersinden vukubulan akıslarda debi ile seviye arasında değişmez bir ilişki mevcuttur ve bu ilişkidten yararlanılarak sadece su seviyesini ölçmekle debideki değişimler devamlı olarak izlenebilir. Akan su miktarının kolaylıkla hesaplanabilmesi için savaklar üçgen, dikdörtgen, yamuk vb. belli geometrik şekillerde inşa edilirler (Şekil: 9). Savaklarda

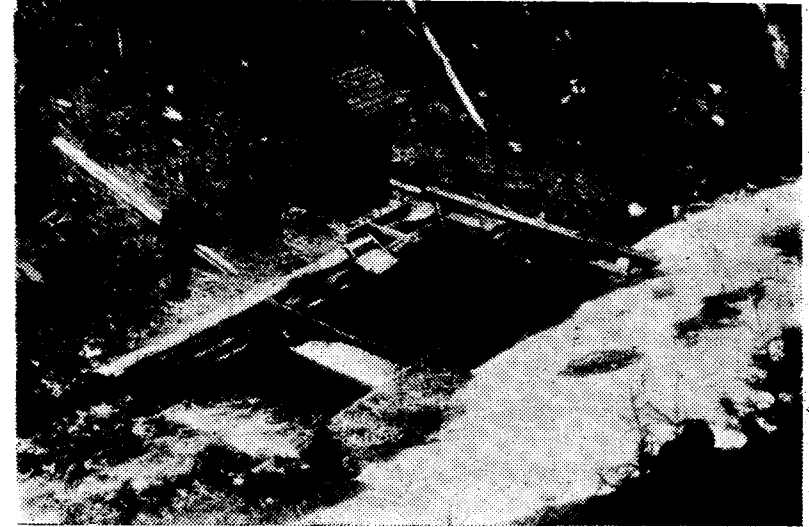


Şekil: 9 Yamuk şeklinde (Cipolletti tipi) bir savak.  
Frazer Araştırma Ormanı, Kolorado.  
(Foto Özyuvacı)

üzerinden su akan yüzey veya kenara «eşik» yahut «kret», eşik üzerinden akan su hüzmesine «nap» veya «su perdesi» ve yandaki kenarlara da «yanak» adı verilir. Yine savaklar, eşik veya kretlerinin memba taraflarında keskin olması halinde «ince kenarlı» bunun tersi olduğunda da «kalın kenarlı» savak adını alırlar.

Savak kullanılarak ölçme yapmak üzere inşa edilen bir dere akışı ölçme istasyonu; su içersinde taşınan materyalin büyük ölçüde çöklediği «sediment havuzu», suyun savağa sevk edildiği «durgunlaştırma veya dinlendirme havuzu», bununla irtibatlı ve içersindeki şamandra yardımı ile su seviyesindeki değişimlerin izlenmesine olanak sağlayan «dinlendirme kuyusu» ve savak gövdesi olmak üzere başlıca dört büyük kısımdan oluşur (Şekil: 10).

Savaklar ancak pek büyük olmayan akarsularda kullanılabilirler. Bunlar için genel debi formülü;  $Q = CLh^m$  şeklinde verilebilir. Burada  $Q$  — debiyi,  $C$  — Eşik tipi ve dinlendirme havuzundaki yaklaşım koşullarına göre değişen bir katsayıyı,  $L$  — Eşik genişliğini,  $h$  — eşik üzerindeki su yüksekliğini,  $m$  — ise savak boşluğunun sahip olduğu geometrik şekle göre değişen bir üssü ifade etmektedir.



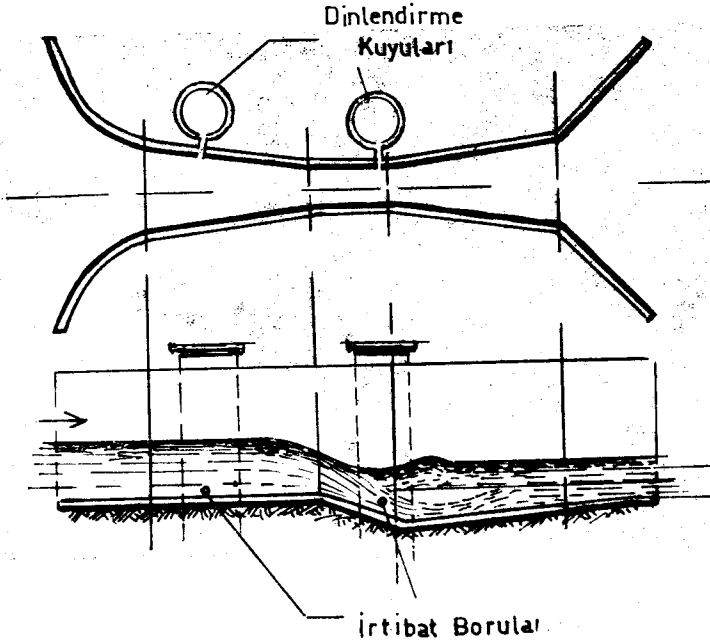
Şekil: 10 Önemli kısımları ile Bir Akış Ölçme İstasyonunun Görünüşü  
Frazer Araştırma Ormanı, Kolorado.  
(Foto - Özyuvacı)

### 3.2. Oluk veya Flumlarla Debi Tayini :

Araştırmalar sonunda bir dere yatağında yer alarak tabanı yükselten veya en kesiti daraltan yahut her iki durumu meydana getiren bir tesis yardımı ile kritik derinlik yaratarak debi ölçmeleri yapılabileceği ispatlanmıştır. Kurulan tesislerde akış seksiyonunun en kesiti genellikle dikdörtgen veya yamuk şeklinde olmaktadır. Bunlarda debi tayini, darlaşan kısmın üst tarafındaki bir noktada yükü ölçmek ve bu kesitte teşekkül eden debi ile kritik derinlik arasında mevcut hidrolik bağıntıdan yararlanılarak yapılmaktadır. Burada kritik derinlik; belli bir toplam yük için debinin maksimumuna ulaştığı derinlik olarak tanımlanır ve akan suyun darlaşan kısım içersinde meydana getirdiği seviyeyle ifade edilir (Şekil: 11).



Kullanılışları basit ve kolaydır. Debi tayininde her tip için ayrı ayrı tanzim edilmiş cetvel veya abaklardan yararlanır. Yapılacak iş sadece darlaşan kısmın üst tarafında su seviyesini ölçmek ve cetvel veya abaktan buna tekabül eden debiyi bulmaktır. Çoğunlukla prefabrik olarak inşa edilirler.



Şekil : 11 PARSHAL tipi bir oluğun şematik görünüşü.

Sağladıkları en büyük avantaj özellikle çamur ve diğer taşıntı materyali sürükleyen sel derelerinde emniyetle kullanılabilmeledir.

Halbuki ölçme savaklarından buz, ağaç kütükleri ve diğer iri taşıntı materyalinin geçmesi güçtür. Bilhassa keskin kenarlı savaklarda verdikleri zararlar nedeni ile büyük tehlike teşkil ederler.

#### AKIŞ ÖLÇME YÖNTEMLERİNİN UYGULAMA YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMELERİ

Buraya kadar anlatılan debi ölçme yöntemlerini uygulama yönünden kısaca değerlendirecek olursak; yüzer yahut filatörler rüzgâr tarafından etkilenirler. Yatakları düzensiz küçük sularda buz, ot, yüzen cisimler, ka-

ya, kütük v.s. gibi engeller nedeniyle kullanılma olanakları ortadan kalkar. Basiç esasına göre çalışan cihazlarla düşük hızlarda sıhhatli ölçmeler yapmak güçtür. Elektrokimyasal yolla hız tayininde akarsuların doğal tuz konsantrasyonunda görülen değişimler, sonucu büyük ölçüde etkiler. Ayrıca lâğım suları ile yüklenmiş akarsularda iletkenlik uzun zaman hiç değişmediği veya pekaz değiştiği halde, bunlarda bir değişiklik meydana getirebilmek için çok miktarda kuvvetli tuz eriyiğine gerek duyulacağı göz önünde tutulmalıdır. Boyar maddelerle yapılan uygulamalarda, kirli ve bulanık sularda boya dalgasının hareketini gözle izleyebilme olanağı yoktur. Uzunca mesafelerde akış hızını tahmin etmek ve hareket eden boya dalgasının dereede ortalama hızı mı yoksa sadece yüzeydeki hızı mı temsil ettiğini ayırt etmek güçtür. Mulineler ise oldukça düzgün bir yatak ve yeterli su derinliğine gerek gösterir. Elektromanyetik ve akustik hız ölçerler ümit verici bir gelişim içerisinde olmalarına rağmen özellikle yatak kesitleri düzensiz ve fazlaca türbülanslı derelerde kimyasal maddeler tercih edilmektedir. Konsantrasyonu artırıcı tuz eriyikleri adeta suyun her tarafına yayılan bir yüzer durumundadır. Ancak, tuz eriyiği kullanabilmek için akarsudaki doğal tuz konsantrasyonu sabit olmalı veya pekaz değişmelidir. Her akarsuda bu duruma rastlanmaz. Bilhassa yerleşme alanlarının yakınından geçen, lâğım ve endüstri artıklarının karıştığı akarsularda tuz konsantrasyonu büyük değişimler gösterir. Kimyasal maddelerin kullanılışında karşılaşılan bu güçlükler yanında bilhassa büyük akarsularda fazla miktarda eriyik ve boyar maddeye gerek duyulması ekonomik açıdan da bir mahzur teşkil eder. Nitekim bu nedenle, radyoaktif izotoplar üzerinde durulmuş ve yeni yöntemler geliştirilmiştir. Örneğin; sırasıyla konsantrasyonunu artırıcı, boyar ve radyoaktif madde olarak mutfak tuzu, Fluoressin ve Brom izotopun kullanıldığı bir karşılaştırmada: 100.000 m<sup>3</sup> suda tanınabilmeleri için; elektriksel iletkenliği artırıcı özelliğinden yararlanmada en az 400 - 1000 kg tuz, boyar maddeyi gözle izlemede en az 100 - 200 kg, kimyasal analiz veya fluorometrik ölçme ile izlemede ise en az 50 - 100 kg Fluoressin maddesine gerek duyulduğu halde, aynı işlem için sadece 20 mili Curie veya 0.3 gr Brom izotop kullanmak yeterli olmuştur. (Brom izotop yahut Br<sup>82</sup>, NH<sub>4</sub>Br şeklinde eriyik haline getirilerek kullanılmaktadır). Deneme sonuçlarından da anlaşılacağı üzere radyoaktif izotoplarla çalışıldığından gerek duyulan miktarlar diğer kimyasal maddelerle kıyaslanamayacak kadar az olmaktadır. Ancak burada da bir sorun ortaya çıkmakta ve radyoaktif izotoplar eser miktarlarda dahi çevreyi kirletmekte ve canlılar için tehlike teşkil ettiklerinden kullanılmaları sınırlanmaktadır.

Görülüyor ki bütün bu ölçme yöntemleri ancak belirli koşullar altında kullanılabilmektedir. Doğal vejetasyon örtüsü ile kaplı alanların su verimi üzerindeki etkilerine ağırlık veren havza amenajmanı çalışma ve araştırmalarında genellikle yukarı havzalar üzerinde durulmaktadır. Devamlı ve hassas akış ölçmelerine gerek duyulan bu uğraşlarda büyük güçlüklerle karşılaşmaktadır. Yolların seyrek ve ulaşım olanaklarının çok kısıtlı olduğu bu yerlerde akarsular çoğunlukla dere karakterinde, uzunlukları nisbeten kısa ve taşıdıkları su miktarı da azdır. Buna karşılık hızlı ve türbülanslı olarak akarlar. Ancak belirtilen özellikleriyle debi ölçme yöntemlerinin büyük çoğunluğuna uygulanma olanağı bırakmayan bu dereceler, kimyasal maddelerle hacim ölçme esasına dayanılarak debi tayini için ideal bir ortam teşkil ederler. Özellikle günümüzde, gözle farkedilmeyecek renk değişimlerini dahi fluorometrik ölçmelerle değerlendirebilen cihazların geliştirilmiş olması, boyar maddeleri havza amenajmanı çalışmalarında periyodik debi tayinleri için en ideal ve ucuz bir araç durumuna getirmiştir.

Yalnız, akarsular üzerinde yapılan çalışma ve araştırmaların uzun süreli ve devamlı akış gözlemlerini gerektirdiği hallerde sadece periyodik ölçmelere olanak sağlayabilen bu yöntemin yetersiz kalacağını da unutmamak yerinde olur. Yukarıda da değinildiği üzere bu gibi hallerde akla ilk gelen çözüm şeklini savak, oluk veya flume gibi tesislerden yararlanmak teşkil etmektedir. Bu tesisler, ilk tesis giderleri fazla olmakla beraber bir defa kurulduktan sonra büyük bir harcamayı gerektirmeden uzun süre hizmet görmeleri yanında, verilerin güvenirliliği açısından da büyük yarar sağlarlar. Bu nedenle özellikle araştırma amacı ile yapılan çalışmalarda tercih edilmektedirler.

#### FAYDALANILAN ESERLER

**Boyer, M. C. 1964.**

Streamflow Measurement  
Handbook of Applied Hydrology (Ven Te Chow - Editor in chief) Section 15.  
Mc Graw Hill Book Company  
New York, San Francisco, Toronto, London.

**Engez, N. 1963.**

Su yapıları I.  
İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı : 524.

**Frevert, R. K., Schwab, G. O., Edminster, T. W. and Barnes, K. K., 1959.**

Soil and Water Conservation Engineering.  
John Wiley and Sons., Inc. New York.

**Goodell, B. C., Watt, J. P. C. and Zorich, T. M. 1967.**

Streamflow Volumes and Hydrographs by Fluorescent Dyes.  
XIV. IUFWO - CONGRESS, Papers (Section - 11), 325. München.

**Grover, N. C. and Harrington, A. W. 1966.**

Stream Flow Measurements, Records and Their Uses.  
Dover Publications, Inc. New York.

**King, W. H. and Brater, E. F., 1959.**

Hidrolik El Kitabı (Çeviri)  
D.S.İ. Genel Müdürlüğü Neşriyatı Sayı : 70, Ankara.

**Linsley, R. K., Kohler, M. A. and Paulhus, J. L.H. 1949.**

Applied Hydrology.  
McGraw-Hill Book Company, Inc.  
New York, Sanfrancisco, Toronto, London.

**Linsley, R. K., Kohler, M. A. and Paulhus, J. L. H. 1958.**

Hydrology for Engineers  
McGraw-Hill Book Company, Inc.  
New York, San Francisco.  
Toronto, London.

**Özal, K. 1972.**

Akarsu Yapıları Cilt I.  
Bahar Yayınevi, Beyaz Saray Kitapçılar Çarşısı No. 25.  
Beyazıt - İstanbul.

**Seler, K., 1959.**

Akarsularda Ölçüm Usulleri ve Aletleri  
D.S.İ. Ettid ve Planlama Rehberi Kod. No. 331. Ankara.

**Streeter, V. L. 1971.**

Fluid Mechanics  
Mc Graw - Hill Book Company. Inc.  
New York. San Francisco, Toronto, London.

**U. S. D. I. B. R. 1967.**

Water Measurement Manual.  
U. S. Government Printing Office, Washington, D. C. 20402. U.S.A.

**Watt J. P. C. 1965.**

Development and Application of the Dye Dilution Technique  
for Measuring Water Yield in Mountain Watersheds.  
Professional paper (Unpublished). Watershed Management  
Unit, Colorado State University. Ft. Collins., 80521.