

Yüzeysel Akış

Oluşumu Yeryüzünde belli bir alan üzerine düşen yağışın, sızma ve evapotranspirasyon kayıpları dışında kalan kısmı yüzeysel akışı meydana getirir. Dere, çay, ırmak, nehir gibi su yollarıyla akışa geçen bu sular göllerde ve denizlerde son bulurlar.

Akarsu biriktirme sistemi içerisindeki yüzeysel akışı, zemin nemi, yeraltısuyu katkısı ve kar erimeleri de besleyebilmektedir.

$$R = P - S - E - D \mp h_{yas}$$

R: Yüzeysel akış

P: Yağış

S: Sızma

E: Evapotranspirasyon

D: Tutma

h_{yas} : Yeraltısuyu katkısı

Etki Eden Faktörler

1. **Havzanın Fiziksel Özellikleri** (Havzanın alanı, eğimi, ortalama kotu, vs..)
2. **Zemin cinsi ve jeolojik yap** (sızmayı etkiler)
3. **İklim** (yağış, yağışın biçimi kar vs, alasal dağılımı, sıcaklık, vs)
4. **Bitki örtüsü** (sızmayı ve evapotranspirasyonu etkiler)

Yüzeysel Akış

Havza Özelliklerinin Yüzeysel Akış Üzerindeki Etkileri

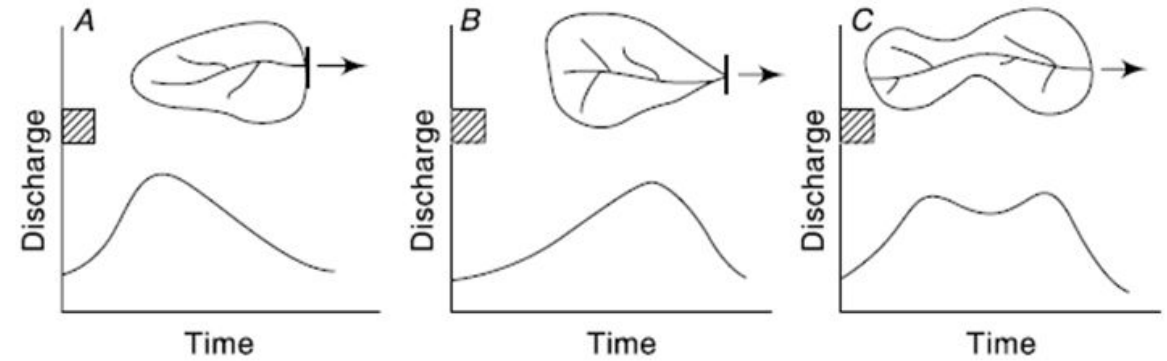
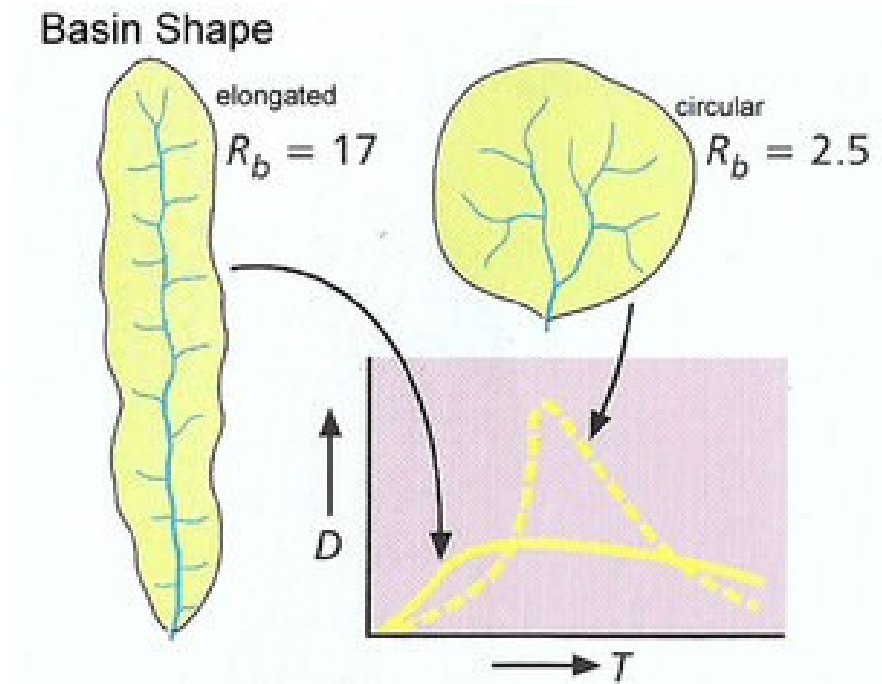


Fig. 6.2 Effect of Catchment Shape on the Hydrograph

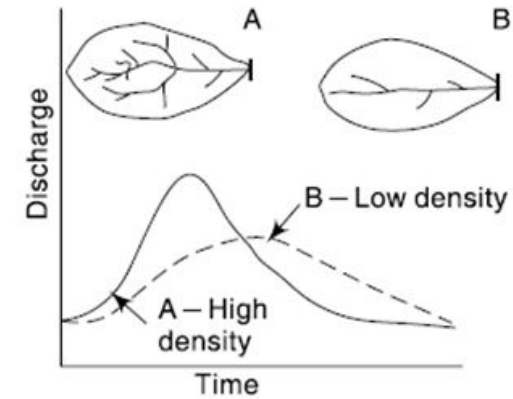
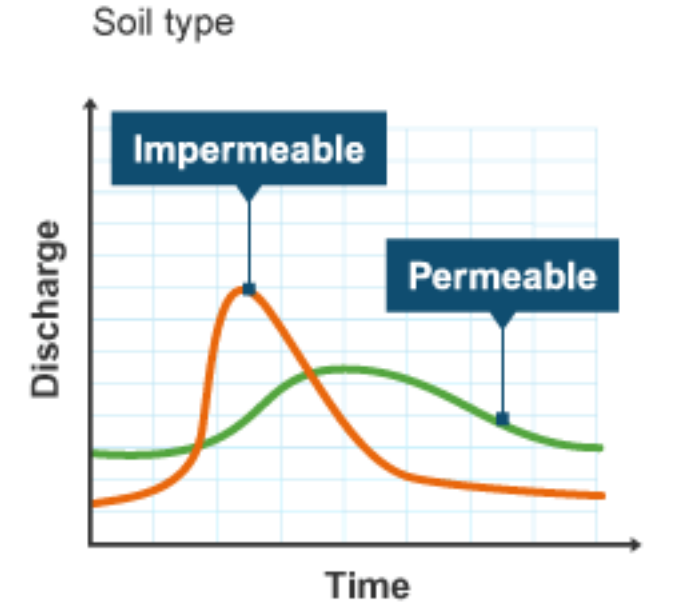
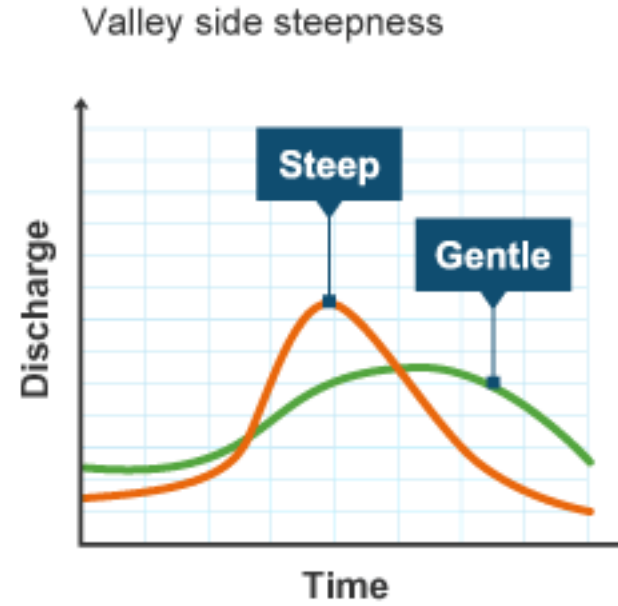
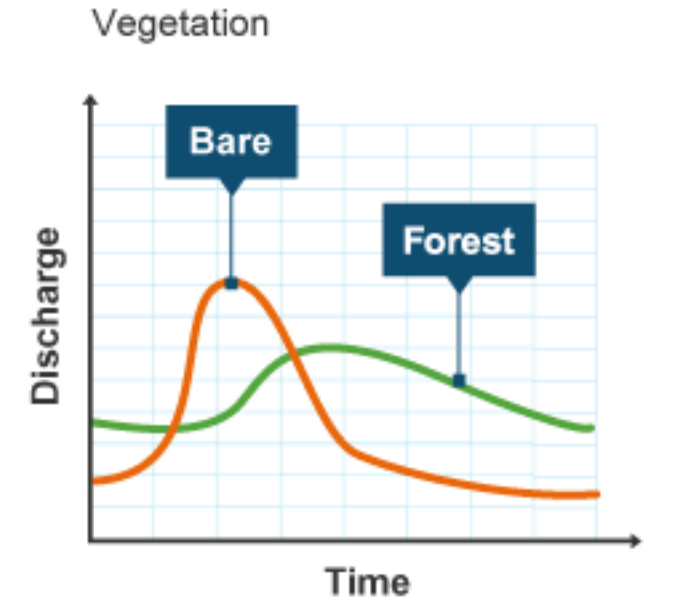
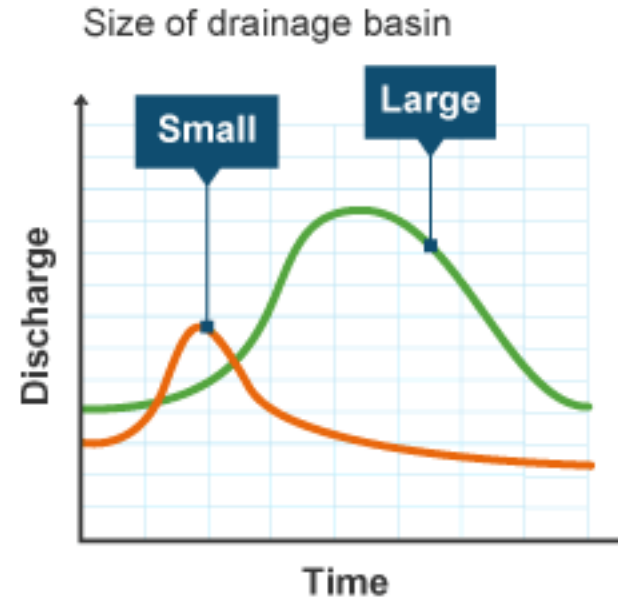


Fig. 6.3 Role of Drainage Density on the Hydrograph

Yüzeysel Akış

Havza Özelliklerinin Yüzeysel Akış
Üzerindeki Etkileri



Yüzeysel Akış

Önemi

Su mühendisliği açısından son derece önemli bir kaynaktır. Sulama, içme suyu, enerji üretimi, su temini gibi ihtiyaçlar için temel su kaynağıdır.

Fazlası ise taşkınlar olarak adlandırılmakta ve can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Bu nedenlerden ötürü yüzeysel akış su kaynaklarının gelişim planlarının hazırlanabilmesi için taşkın tekerrürlerinin belirlenebilmesi için mutlaka havza genelinde ölçülmesi gereken bir hidrolojik parametredir.



Yüzeysel Akış

Akım Ölçümleri (Hidrometri)

Bir akarsu kesitinden geçen debinin ölçülmesi

a) Küçük debilerde ölçü savaklarıyla

$$Q < 2 \sim 3 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Eşik yapıları Üçgen, yamuk, dikdörtgen kesitli savaklar



Yüzeysel Akış

Akım Ölçümleri (Hidrometri)

b) Orta ve Büyük debilerde

1. İzleyicilerle

Çok hızlı ($V > 6 \sim 7$ m/sn); Çok yavaş ($V < 0.2 \sim 0.3$ m/sn) akım koşullarında; fazla sürüntü maddesi olduğu durumlarda

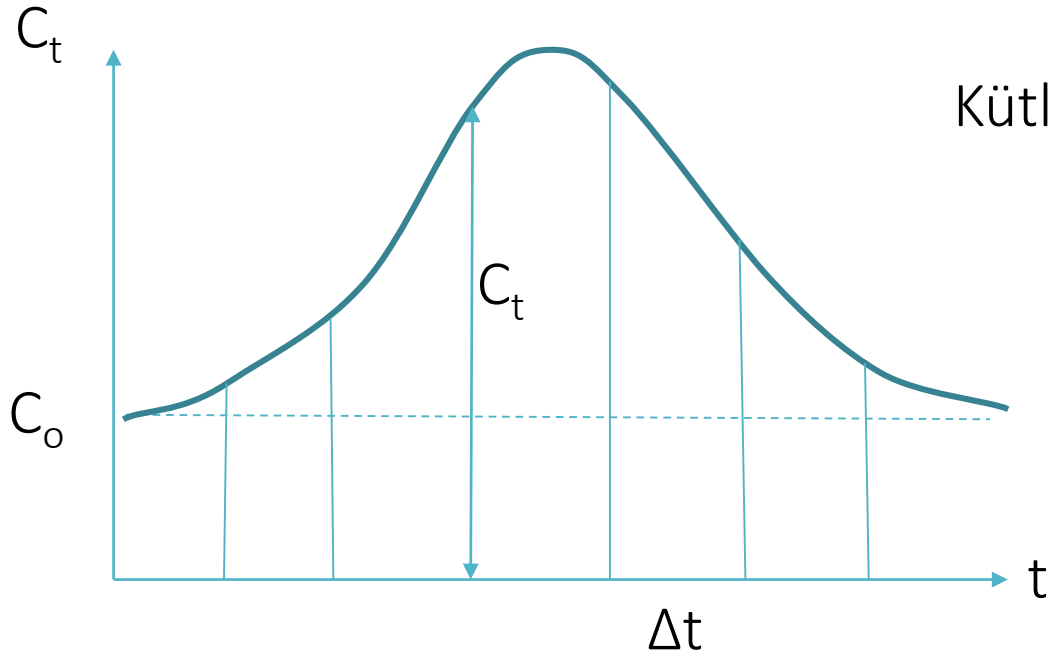
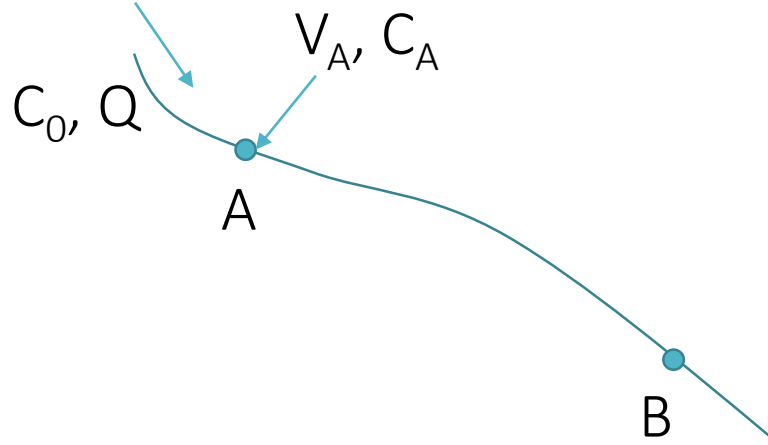
2. Kesit ve Hız Ölçümleriyle (Limnimetre –Limnigraf)

$$Q = A \cdot V_{\text{ort}} \quad A = f(h), \quad V_{\text{ort}} = f(h), \quad Q = f(h)$$



Yüzeysel Akış

İzleyicilerle Debi Ölçümü-Ani Enjeksiyon



A kesitinden akarsuya ani olarak katılan izleyici kütlesi

$$M_A = V_A C_A$$

B kesitinden geçen kütle

$$M_B = \int_{t=0}^{\infty} (C_t - C_0) Q dt \approx \sum_{t=0}^{n\Delta t} (C_t - C_0) Q \Delta t$$

Kütlenin korunumu gereğince $M_A = M_B$

Akarsu kolundaki debi

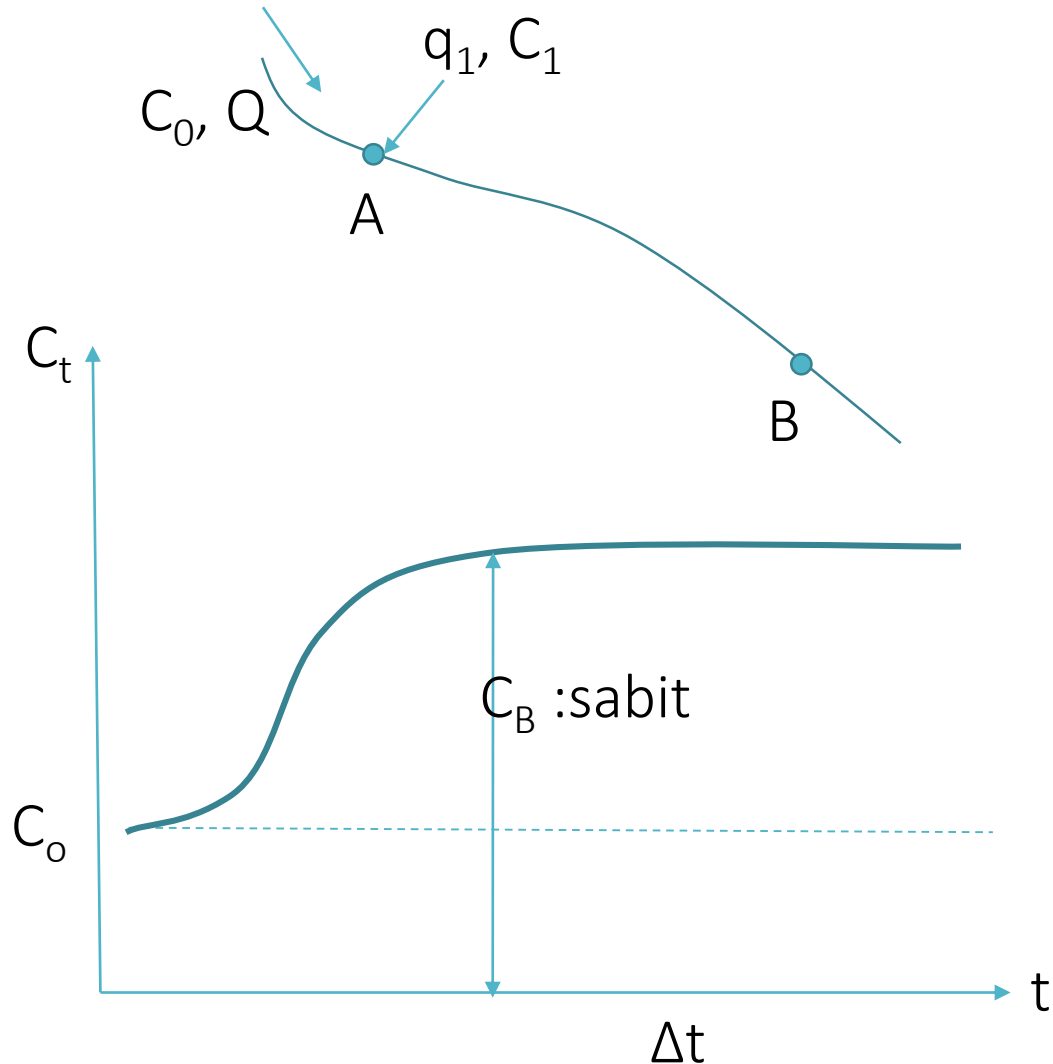
$$Q \cong \frac{V_A C_A}{\sum_{t=0}^{n\Delta t} (C_t - C_0) \Delta t}$$

A ve B kesitleri arasındaki ortalama seyahat süresi

$$t \cong \frac{\sum t C_t}{\sum C_t}$$

Yüzeysel Akış

İzleyicilerle Debi Ölçümü-Sürekli Enjeksiyon



A kesitinden geçen izleyici kütlesi

$$M_A = Q C_0 + q_1 C_1$$

B kesitinden geçen kütle

$$M_B = (Q + q_1) C_B$$

Kütlenin korunumu gereğince $M_A = M_B$

Akarsu kolundaki debi

$$Q \cong \frac{q_1 (C_1 - C_B)}{(C_B - C_0)}$$

Yüzeysel Akış

Anahtar Eğrileri-Kesit Alanı Hız Yöntemi

Bir akarsu debisinin sürekli yada kesikli olarak ölçüldüğü noktada kurulan tesise Akım Gözlem İstasyonu denir. Bu amaçla seçilecek istasyon yerinin;

- a) Enkesit geometrisi zamanla değişmeyen,
- b) Su yüzeyi ve taban eğiminin çok yüksek olmadığı,
- c) Kolay ve her zaman ulaşılabilen,
- d) Meskun bölgelere yakın olma gibi temel özellikleri sağlaması istenir.

Yüzeysel Akış

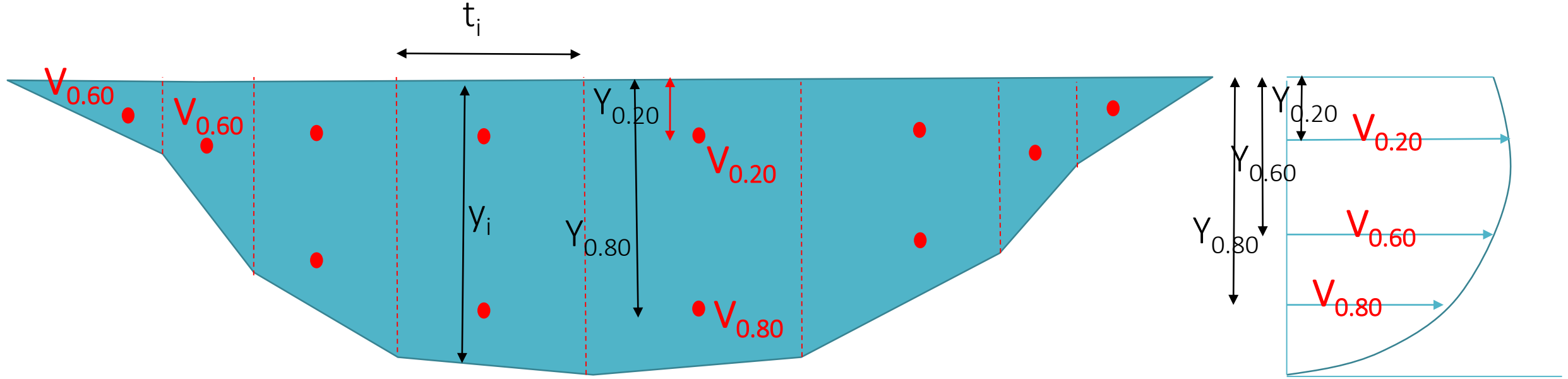
Anahtar Eğrileri-Kesit Alanı Hız Yöntemi

Uygun bir enkesit belirlendikten sonra nivelman ve şenaj yapılarak enkesit geometrisi çıkartılır. Daha sonra bu kesitten geçen debiler, seviye ve hız ölçümleri gerçekleştirilerek belirlenir. Bunun için;

1. Enkesit kendi içinde mümkün olduğunca homojen n adet dilime ayrılır,
2. Her dilimin ortalama su derinliği (y_i) ölçülür ve alanı (a_i) hesaplanır,
3. Moline kullanılarak her dilimin ortalama akış hızı ölçülür;
 - a) $y_i \leq 0.5$ m ise derinliğin %60 ındaki hız $V_i = V_{0.6}$
 - b) $y_i > 0.5$ m ise derinliğin %20 ve %80 nindeki hızların ortalaması
$$V_i = 0.5(V_{0.2} + V_{0.8})$$
4. Dilim alanları (a_i) kendisine ait dilim hızları ile çarpılarak kısmi debiler, bunlar toplanarak ta enkesitten geçen toplam debi elde edilir.
5. Bu ölçümler yılın değişik mevsimlerinde (farklı debilerde) tekrarlanarak seviye-debi ilişkisi hakkında bilgi toplanır.

Yüzeysel Akış

Anahtar Eğrileri-Kesit Alanı Hız Yöntemi



- a) $y_i \leq 0.5$ m ise derinliğin %60 ındaki hız $V_i = V_{0.6}$
- b) $y_i > 0.5$ m ise derinliğin %20 ve %80'indeki hızların ortalaması $V_i = 0.5(V_{0.2} + V_{0.8})$

$$a_i = t_i y_i$$

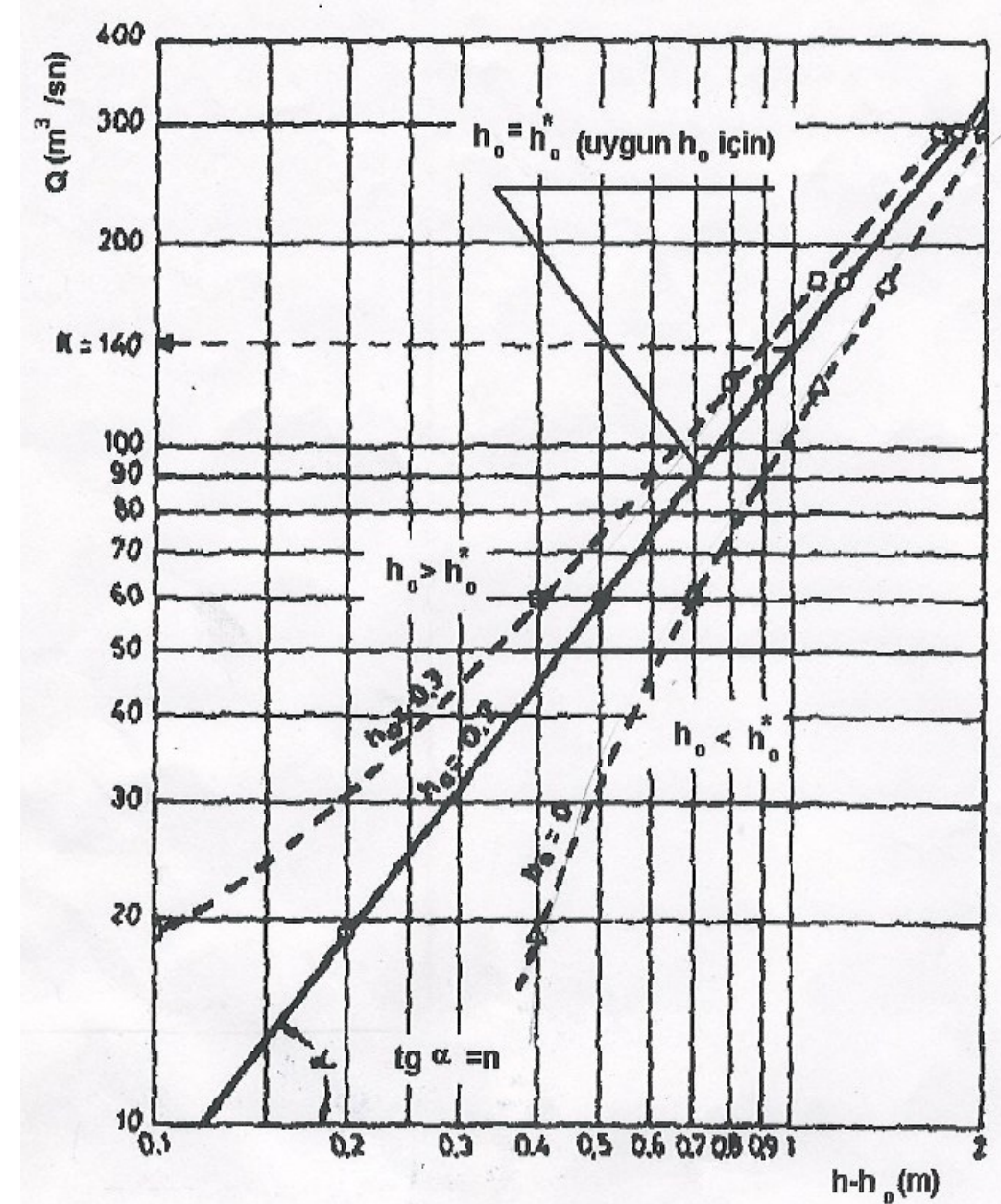
$$q_i = a_i V_i$$

$$Q = \sum q_i$$

Yüzeysel Akış

Akım Anahtar Eğrisinin Elde Edilmesi

Amaç: Bir istasyon kesitinde farklı seviyelerde ölçülen debilerden yararlanarak debi-seviye ilişkisi belirlenir. Bu ilişkiye **Anahtar Eğrisi** denir. Bu ilişki belirlendikten sonra istasyonda ilerleyen dönemlerde sadece seviye ölçümü yapılır ve debiler bu ilişkiden hareketle elde edilir.



Yüzeysel Akış

Akım Anahtar Eğrisinin Elde Edilmesi

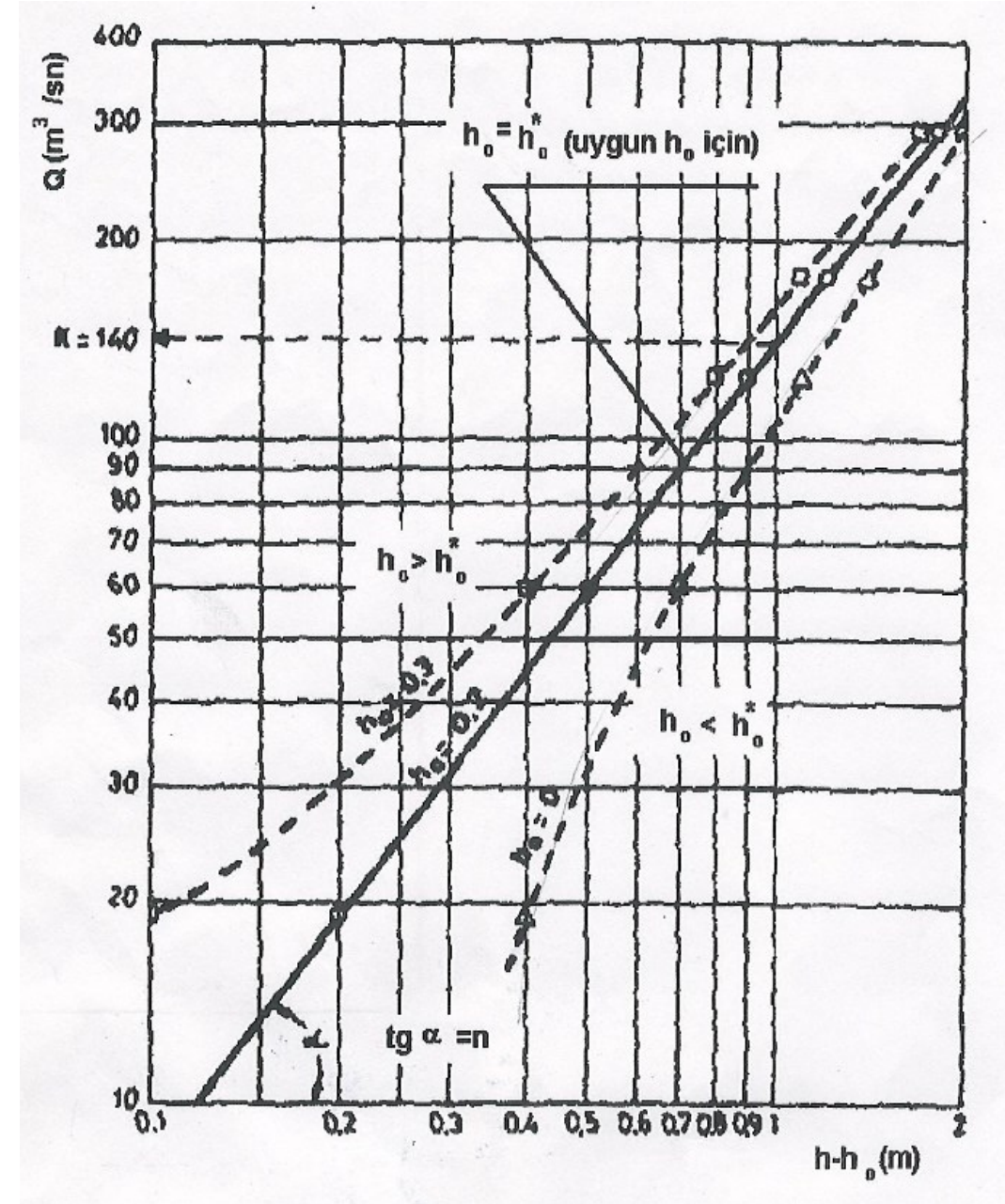
Yöntem: İstasyon kesitinden geçen debi ile seviye arasındaki ilişki;

$Q = K(h - h_0)^n$ $h \geq h_0$ biçiminde olup, K, h_0 ve n sabitleri debi ve seviye ölçümlerinden grafik yada analitik yöntemlerle belirlenebilir.

Grafik Çözüm

$$\ln Q = \ln K + n \ln(h - h_0)$$

Seçilen bir h_0 için Q ve $(h-h_0)$ değerleri log-log grafik kağıdı üzerinde bir doğru vermelidir. h_0 deneme yanılma ile bir doğru elde edilinceye kadar değiştirilir. Uygun değeri bulunduğunda doğrunun $(h-h_0)=1$ değeri için K, eğiminden de n parametresi belirlenir.



Yüzeysel Akış

Akım Anahtar Eğrisinin Elde Edilmesi

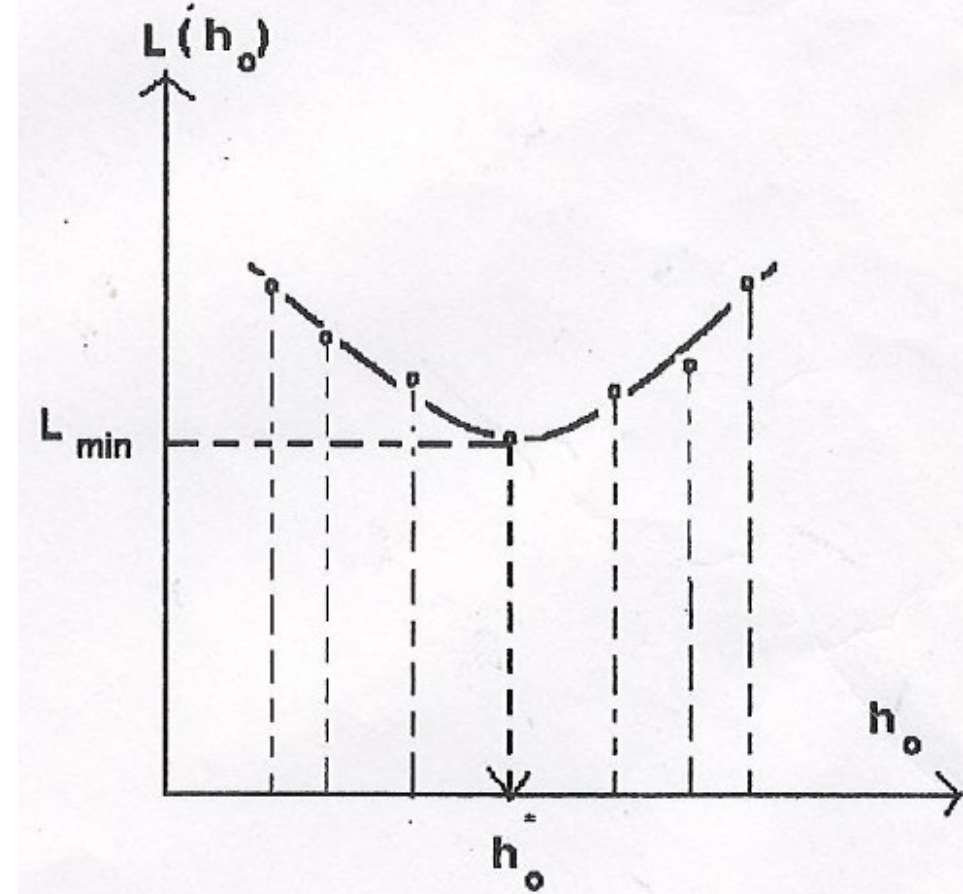
İstatistiksel Çözüm

$$\ln Q = \ln K + n \ln(h - h_0)$$

Seçilen herhangi bir h_0 için $\ln Q = y$ ve $\ln(h - h_0) = x$ olmak üzere N adet debi ve seviye ölçümü kullanılarak $y = a + bx$ doğrusal bağıntısının a ve b parametreleri regresyon analizi ile hesaplanır.

$n = b$, $K = e^a$ dönüşümü ile de n ve K parametreleri belirlenir. Seçilen h_0 ve belirlenen n ve K parametreleri için gözlenmiş h'lara karşılık anahtar eğrisinden $Q = K(h - h_0)^n$ değerleri hesaplanır ve $e = (Q_{\text{gözlem}} - Q_{\text{hesap}})$ hata değerleri belirlenir.

$L(h_0) = \sum e^2$ toplam hataları, h_0 değerlerine göre çizdirildiğinde, toplam hatayı minimum yapan h_0 değeri bulunur. Bu h_0 için n ve K anahtar eğrisinin diğer parametreleridir.



Yüzeysel Akış

Günlük Ortalama Seviye ve Günlük Ortalama Debi

Akım gözlem istasyonlarında seviye gözlemleri kesikli yada sürekli biçimde gerçekleştirilir.

Kesikli seviye gözlemleri gün içinde **standart** zamanlarda yapılır.

Kesikli ölçüm yapılan istasyonlarda **Limnimetre** yada **Eşel** denen cetveller yardımıyla akarsudaki seviyeler okunarak kaydedilir.

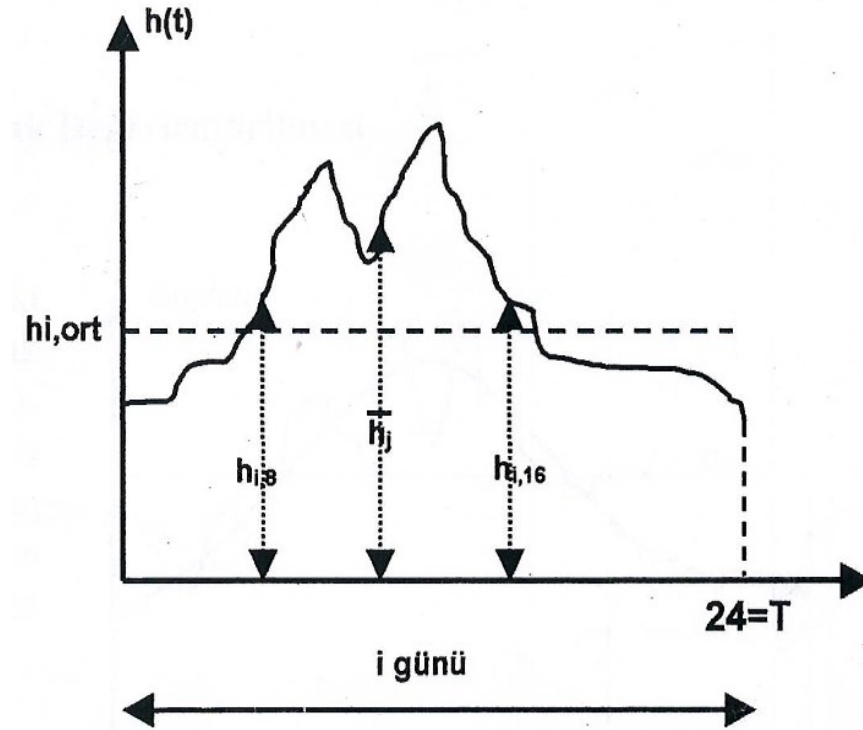
Sürekli ölçüm yapan istasyonlarda ise seviyeler **Limnigraf** denen otomatik seviye ölçen cihazlarla her 5 dk, 10 dk, 15 dk, 1 saat ...gibi zaman aralıklarıyla kaydedilmektedir.

Kuramsal olarak günlük ortalama seviye;

$$h_{i,ort} = \frac{1}{T} \int_0^T h(t) dt \cong \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \bar{h}_j \text{ bağıntısıyla tanımlanır.}$$

Bu bağıntıda Δt ölçüm aralığı olmak üzere;

$n=T/ \Delta t$, h_j j. Zaman aralığında ölçülen seviyedir.



$$Q_{i,ort} = K(h_{i,ort} - h_0)^n$$

Yüzeysel Akış

Kesikli Seviye Ölçümlerinden Günlük Ortalama Seviye Hesabı

Akım gözlem istasyonlarında kesikli seviye ölçümleri ve seviye hesabı uluslar arası standartlara bağlanmıştır.

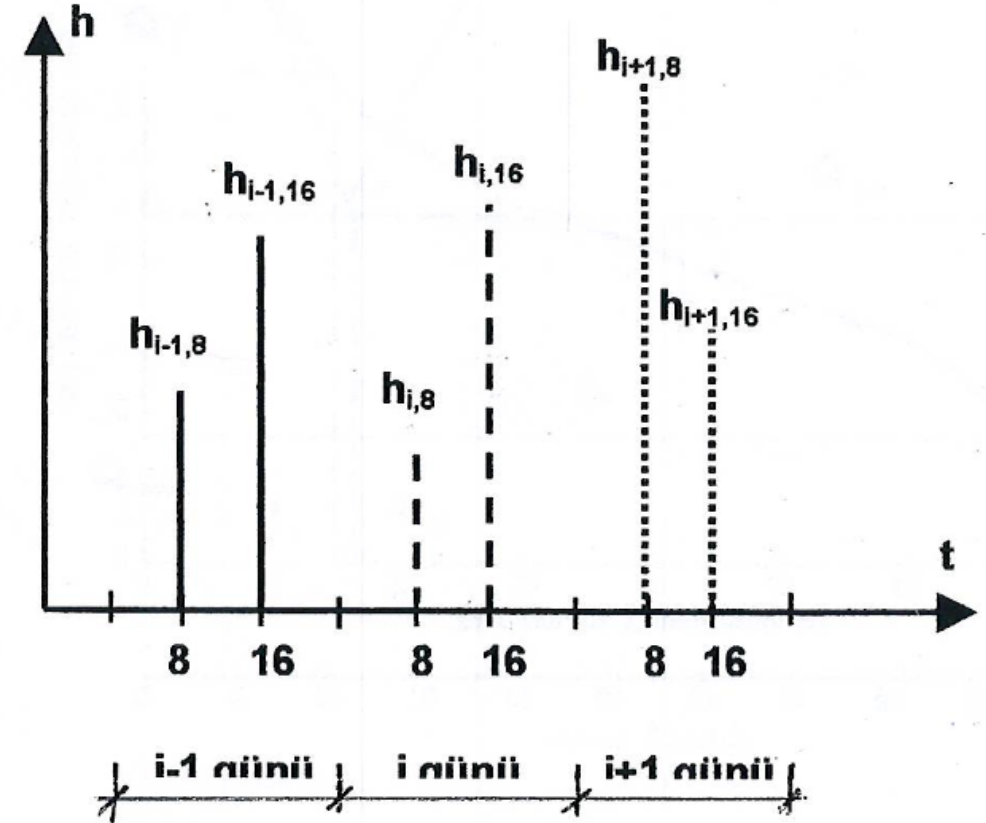
a) Günde tek seviye ölçümü yapılıyorsa

$$h_{i,ort} = \frac{1}{18} [h_{i-1,8} + 13h_{i,8} + 4h_{i+1,8}]$$

b) Günde iki seviye ölçümü yapılıyorsa

$$h_{i,ort} = \frac{1}{12} [h_{i-1,16} + 5(h_{i,8} + h_{i,16}) + h_{i+1,8}]$$

$$Q_{i,ort} = K(h_{i,ort} - h_0)^n$$



Yüzeysel Akış

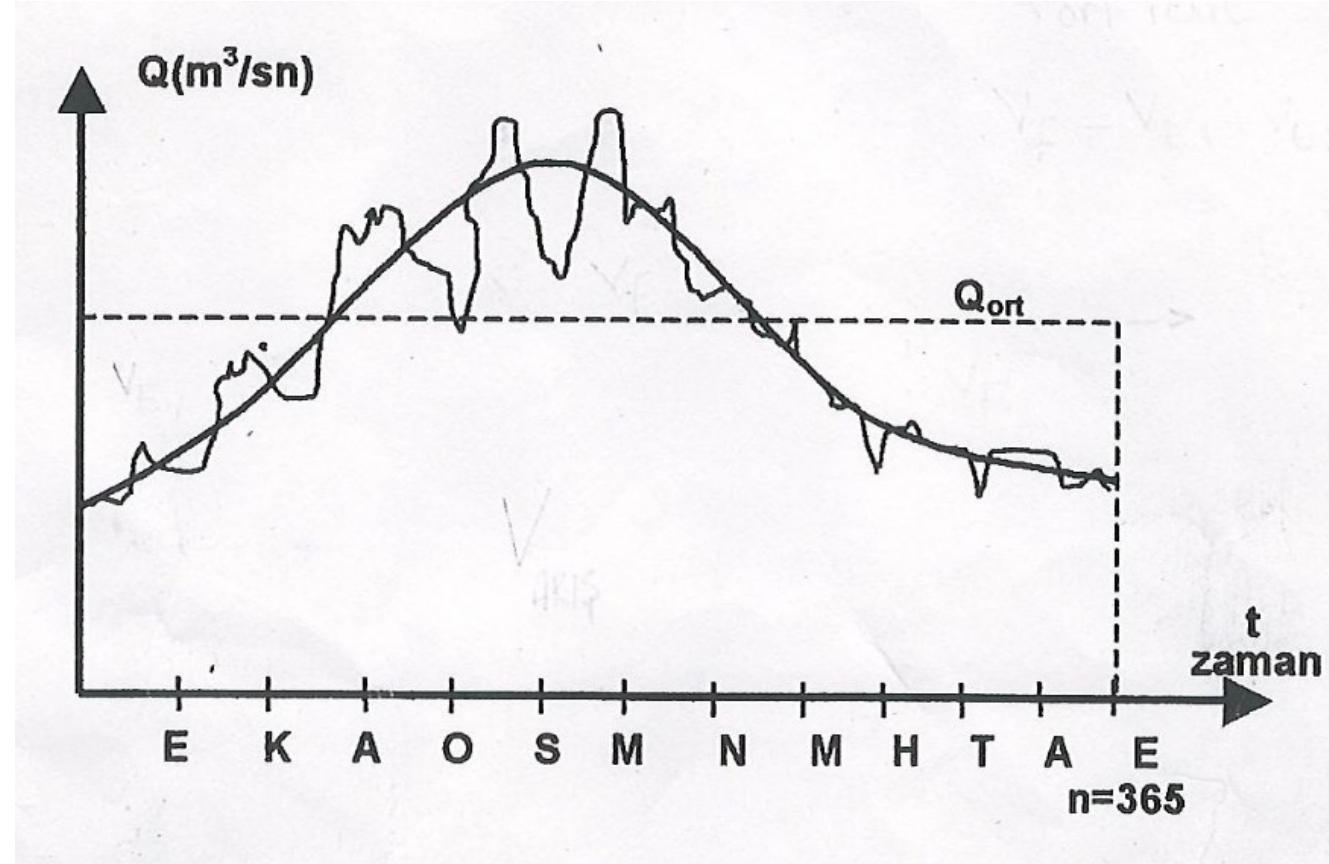
Debi Ölçümlerinin Grafiksel Olarak Değerlendirilmesi

Debi-Gidiş Grafiği

Debi ölçümlerinin zaman içindeki oluşum sıralarına uygun olarak noktalanmasıyla elde edilir.

Debilerin zaman içindeki (mevsimsel, yıllık, vs) değişimlerini görmek amacıyla çizilir.

Grafiğin altında kalan alan, toplam akış hacmini vermektedir.



Yüzeysel Akış

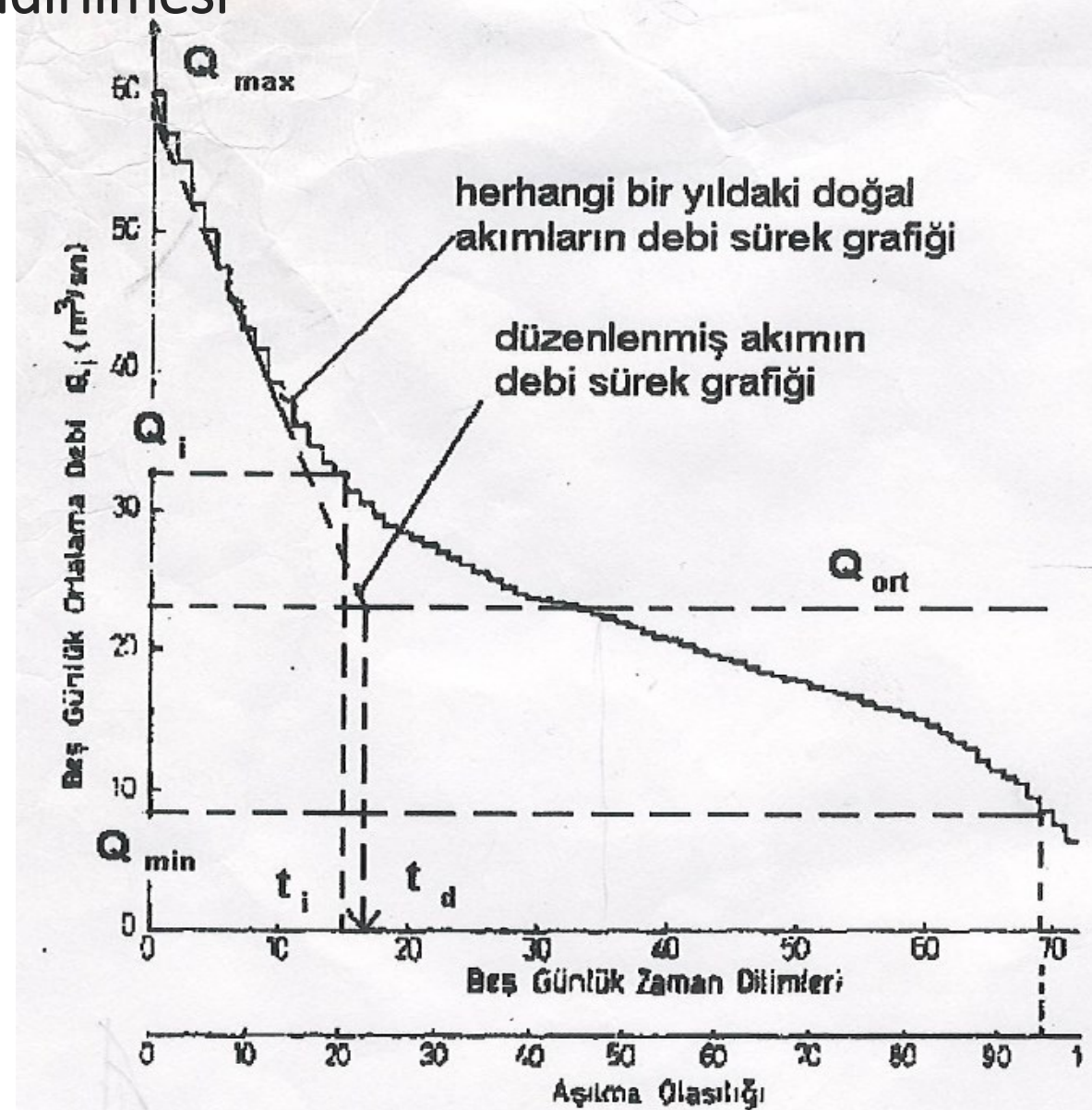
Debi Ölçümlerinin Grafiksel Olarak Değerlendirilmesi

Debi-Süreklilik Grafiği

Debi ölçümlerinin büyükten küçüğe noktalanmasıyla elde edilir.

Herhangi bir debinin ve bundan daha büyük debilerin akarsuda görüldüğü gün sayılarının yada frekanslarının belirlenmesinde kullanılır.

Grafiğin altında kalan alan, toplam akış hacmini vermektedir.



Yüzeysel Akış

Debi Ölçümlerinin Grafikselsel Olarak Değerlendirilmesi

Toplam Debi (Eklenik Akımlar) Grafiği

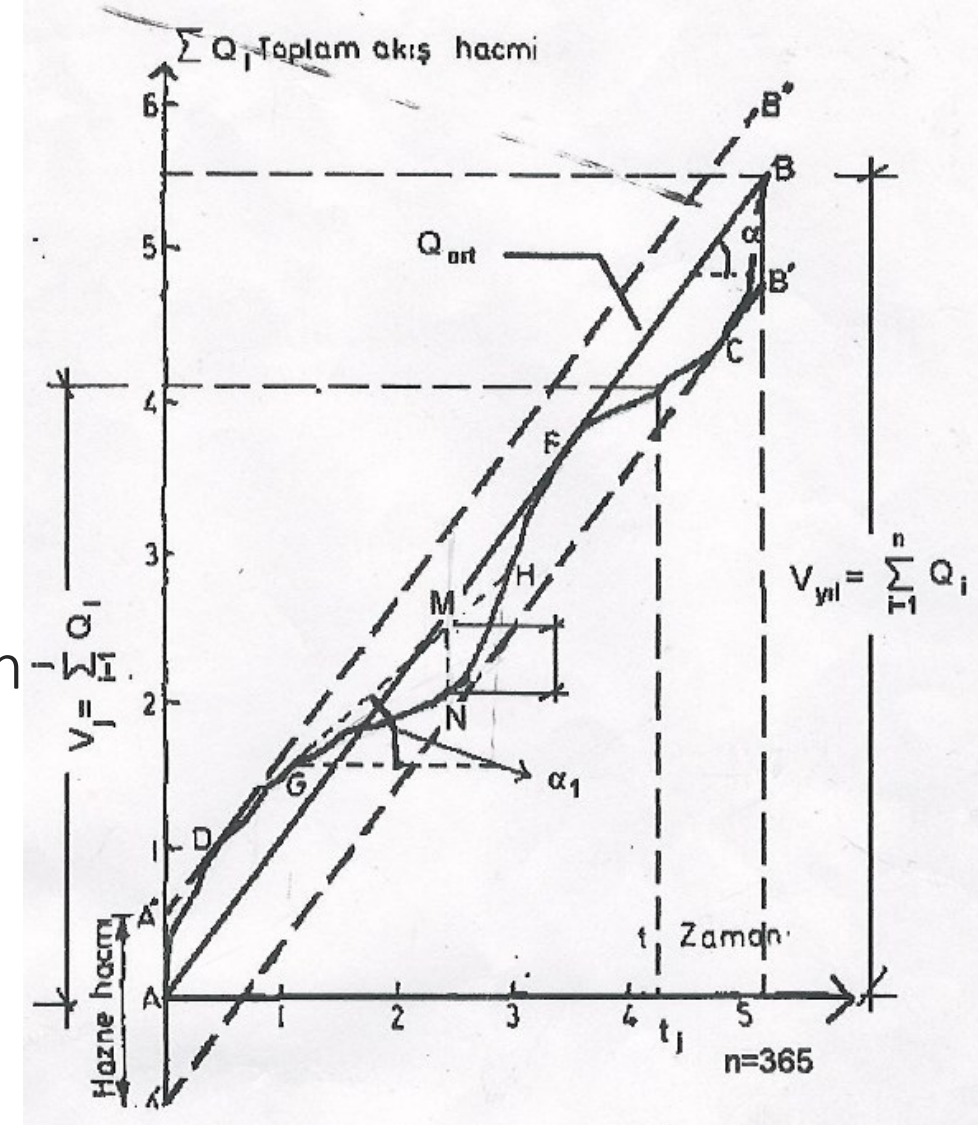
Debi ölçümlerinden elde edilen akış hacimlerinin eklenik olarak çizilmesiyle elde edilir.

Eğri üzerindeki herhangi bir noktadaki teğetin eğimi, o andaki debiye eşittir.

Eğri üzerindeki iki noktayı birleştiren doğru parçasının eğimi o zaman aralığındaki ortalama debiye eşittir.

Herhangi bir çekim doğrusuna paralel olarak ardışık tepe ve çukur noktalardan çizilecek teğetler arasındaki düşey fark, çekimi düşünülen debiyi sağlayacak hazne hacmini (düzenleme hacmini) verir.

Bu eğri yardımıyla debi ölçümü yapılan noktada gerçekleştirilecek bir barajın hazne kapasitesi belirlenebilir.



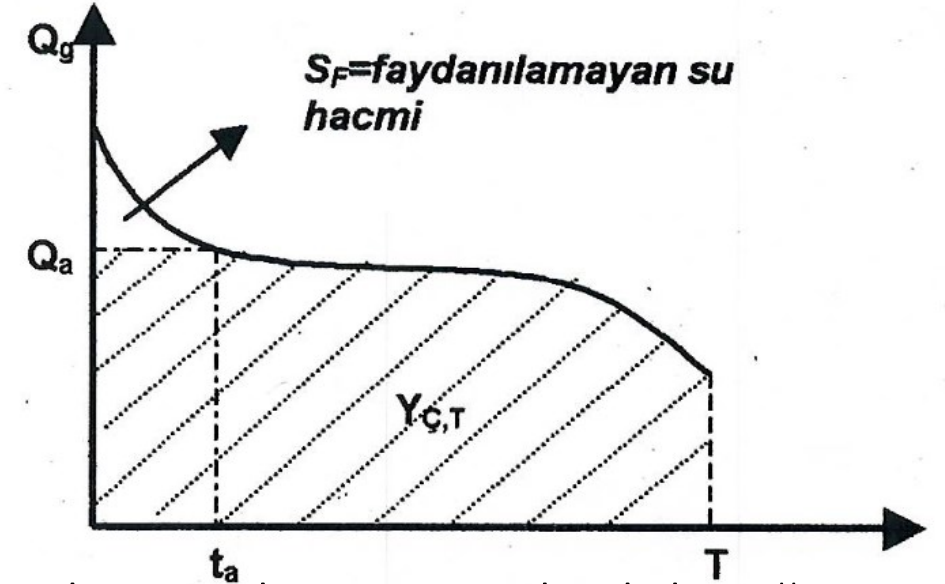
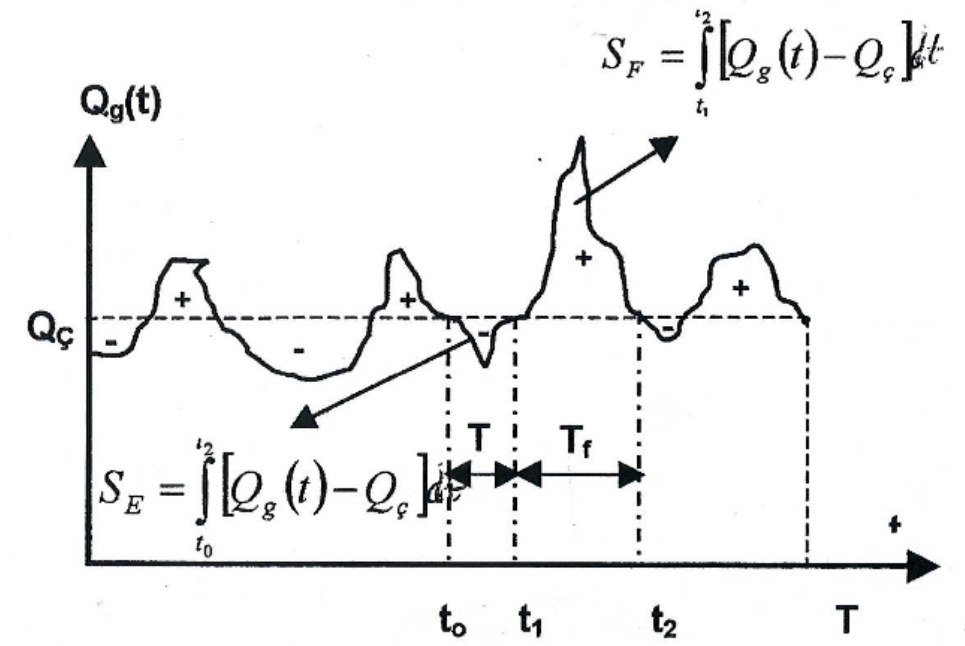
$$\tan \alpha = Q_{ort}$$

Yüzeysel Akış

Düzenleme Hacmi Hesabı

Düzenleme İhtiyacı

Kurak dönemlerdeki su ihtiyaçlarını karşılamak üzere sulak dönemlerdeki ihtiyaç fazlası suların depolanması gerekmektedir. Bu işleme **düzenleme ihtiyacı** denir.



t_a : Santralin tam kapasite çalışabileceği süre
 $Y_{Ç,T}$: akarsudan çevrilen su hacmi

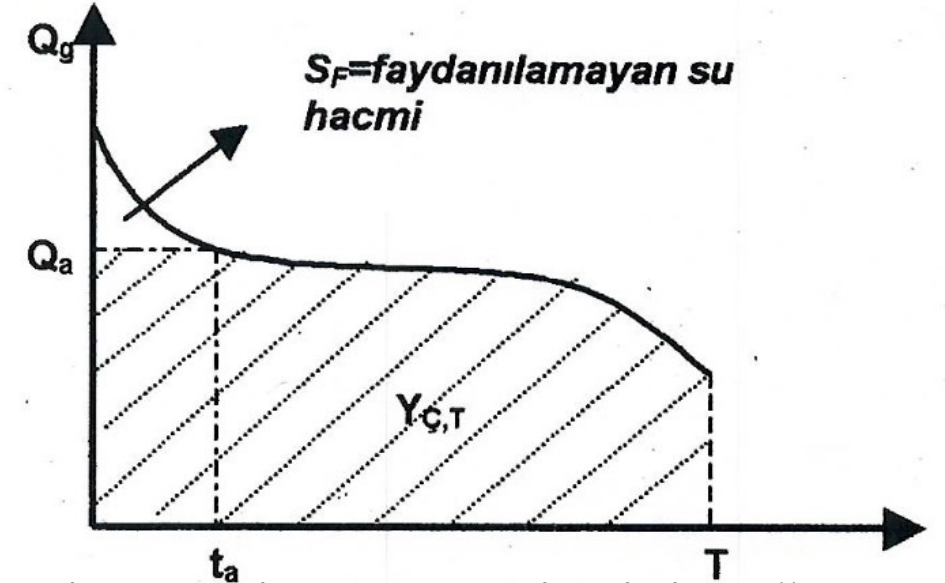
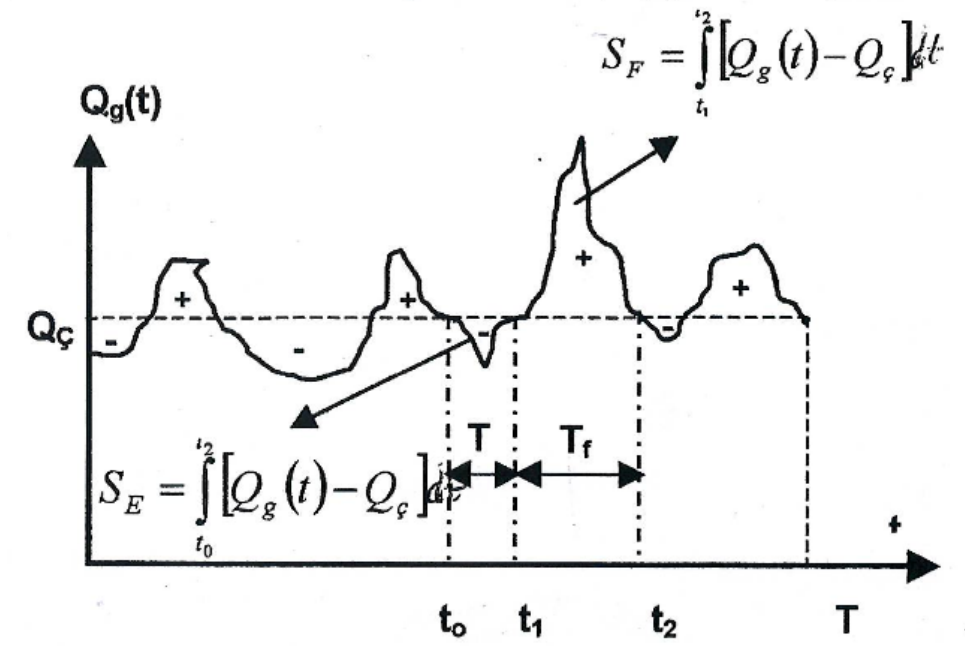
Yüzeysel Akış

Düzenleme Hacmi Hesabı

Akarsudan Yararlanma Oranı

Akarsudan düzenleme yapılarak yada yapılmaksızın belli bir T süresince alınabilen su hacminin, bu sürede akarsudan geçen toplam su hacmine oranına **yararlanma oranı** denir.

Örneğin yandaki debi-sürek eğrisindeki eğrinin altındaki toplam alan ($Y_{G,T}$) T süresindeki toplam akış hacmine eşittir. Bu sürede akarsudaki Q_a ve daha küçük debileri çevirebilen bir çevirme santrali yapılması durumunda santralin yararlanma oranı $(a)=Y_{Ç,T}/Y_{G,T}$ olmaktadır.



t_a : Santralin tam kapasite çalışabileceği süre
 $Y_{Ç,T}$: akarsudan çevrilen su hacmi

Yüzeysel Akış

Eklenik Fark Analizi ile Hazne Hacmi Tayini

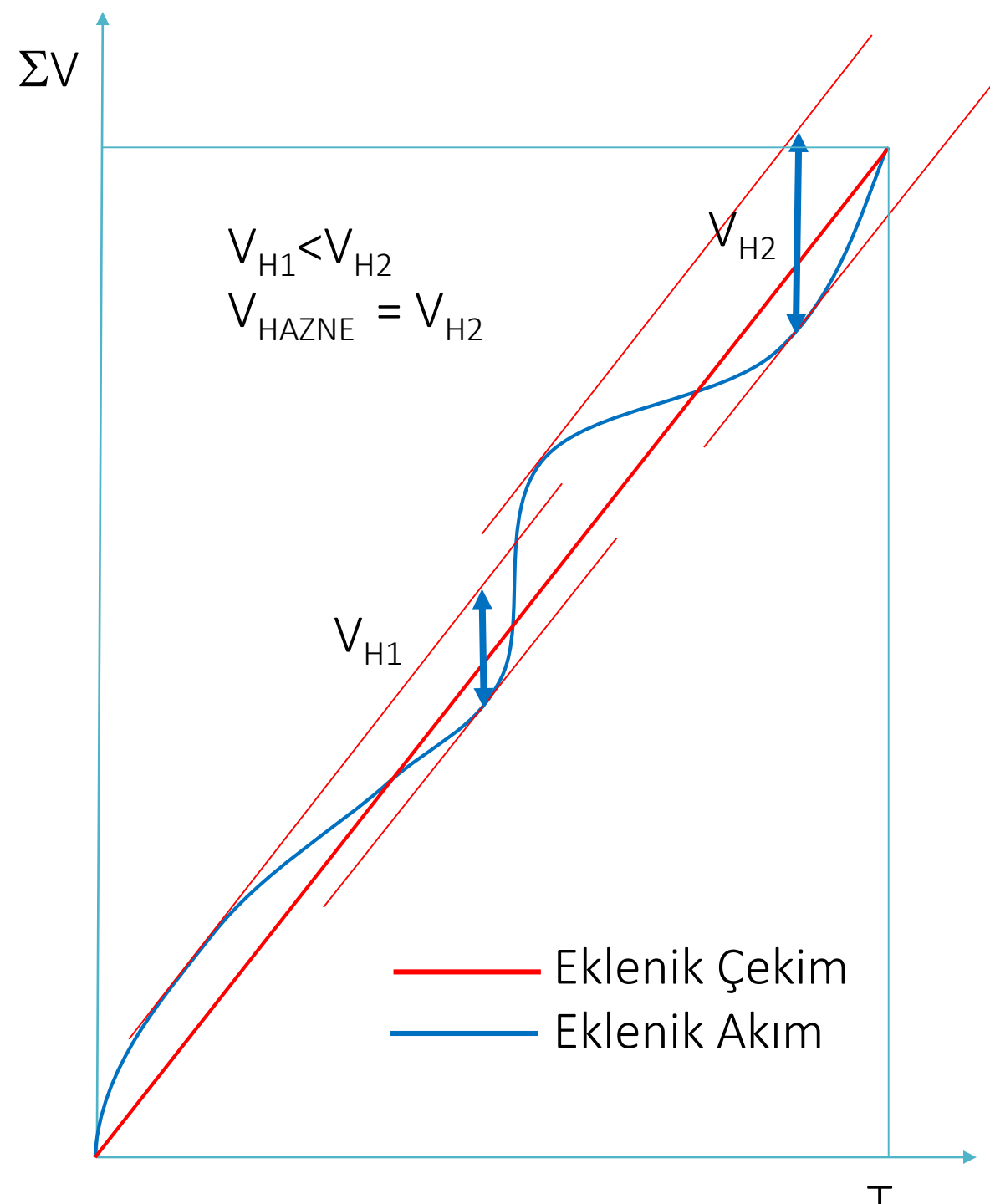
Bir baraj yeri akımları hacimlere dönüştürülüp bu hacimler eklenik olarak zamana göre noktalanırsa eklenik akımlar grafiği elde edilir. Aynı eğri üzerine sabit bir çekim debisi için eklenik çekim doğrusu çizilirse;

a) Tam Düzenleme Hacmi ($a=1$)

Ardışık tepe ve çukur noktalardan eklenik çekim doğrusuna çizilen teğetler arasındaki düşey farka eşittir.

$$V_{Hi} = |S_{\min}| + |S_{\max}|$$

$$V_{\text{hazne}} = \max(V_{Hi})$$



Yüzeysel Akış

Eklenik Fark Analizi ile Hazne Hacmi Tayini

b) Kısmi Düzenleme Hacmi ($a < 1$)

Ardışık tepe noktalarından eklenik çekim doğrusuna çizilen teğetler arasındaki düşey farka eşittir.

$$V_{\text{hazne}} = |S_{\text{min}}|$$

$$V_{\text{hazne}} = \max(V_{H_i})$$

$$a = \frac{\sum V_{\text{ÇEKİLEN}}}{\sum V_{\text{GİREN}}}$$

