

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Barajlarda Siltlenme

Celalettin Gönültaş

Yüksek Lisans Tezi

2. 150
76

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU-ÇEVRE BİLİM DALI

BARAJLARDA SİLTLENME
ve

SEYHAN BARAJINDAKİ SİLTLENMENİN İNCELENMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

İNS. MÜH. CELALETTİN GÖNÜLTAŞ

Yöneten: DOÇ. MUSTAFA ERSİN

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 150
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 76
Tarih : 8.12.1986
Fatura : -----
Fiatı : 1000 TL
Ayniyat No : 1/32
Kayıt No : 44629
UDC :
Ek :



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU-ÇEVRE BİLİM DALI



COMP.

BARAJLARDA SİLTLENME
ve

SEYHAN BARAJINDAKİ SİLTLENMENİN İNCELENMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

İNŞ. MÜH. **CELALETTİN GÖNÜLTAŞ**

Yöneten: DOÇ. **MUSTAFA ERSİN**

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU-ÇEVRE BİLİM DALI

BARAJLARDA SİLTLENME
ve

SEYHAN BARAJINDAKİ SİLTLENMENİN İNCELENMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

İNŞ. MÜH. CELALETTİN GÖNÜLTAŞ

Yöneten: DOÇ. MUSTAFA ERSİN

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET

BÖLÜM I

1. GİRİŞ

1.1- Barajlarda Siltlenmenin önemi

1.2- Barajlarda Siltlenmenin incelenmesindeki amaç

BÖLÜM II

2.1- Katı maddelerin oluşumu ve sınıflandırılması

2.2- Sürüntü maddesinin miktarının hesabı

2.2.1- Meyer-Peter formülü

2.2.2- Shields formülü

2.2.3- Duboys formülü

2.2.4- Einstein formülü

2.3- Askı hareketi

2.3.1- Bagnold formülü

2.3.2- Velikanov yaklaşımı

2.3.3- Brooks yaklaşımı

2.3.4- Stoks formülü

BÖLÜM III

3. Baraj hazneleri

3.1- Haznenin bölümleri

3.2- Haznelerde ölü hacmin tayini

3.3- Sediment anahtar eğrisinin çizimi ve kullanılması

3.4- Sediment anahtar eğrisinin kullanılmasından doğan hatalar

BÖLÜM IV

4. Seyhan Barajında Siltlenmenin incelenmesi

4.1- Doğal Coğrafya

4.2- Seyhan Barajında Siltlenmenin oluşumu

4.3- Seyhan Üçtepe istasyonundaki kış aylarında yapılmış ölçümler

4.4- Ölçümlerin değerlendirilmesi

4.5- Kış ayları için sediment anahtar eğrisi

4.6- Seyhan Üçtepe istasyonundaki Yaz aylarında yapılmış ölçümler

4.7- Ölçümlerin değerlendirilmesi

4.8- Yaz ayları için sediment anahtar eğrisi

4.9- Seyhan Üçtepe istasyonunda ölçülmüş mevsimlik ortalama debiler

4.10-Yıllara göre kapasite azalmasının incelenmesi

BÖLÜM V

5. SONUÇLAR

SEMBOLLER

q_s	=	Birim genişlikte geçen sürüntü madde debisi.
J	=	Eğim.
d	=	Dane Çapı.
q_c	=	Sürüntü malz mesinin harekete geçtiği andaki birim genişlik debisi.
q	=	Birim genişlik debisi.
	=	Dubois karakteristik sürüntü maddesi debisi katsayısı.
	=	Taban kayma gerilmesi.
	=	Kritik kayma gerilmesi.
	=	Dane'nin özgül ağırlığı.
K_1, K_2	=	Dane'nin biçimiyle ilgili katsayılar.
P_s	=	Bir dane'nin birim zamanda harekete geçmesi ihtimali.
g	=	Yer çekimi ivmesi.
D	=	Akım derinliği.
U	=	Akımın ortalama hızı.
q_{sw}	=	Ağırlık olarak birim genişlikte birim zamanda geçen askı maddesi debisi.
	=	D_{50} dane çapına göre kayma gerilmesi.
W	=	Askı madd sinin çökelme hızı.
	=	Akışkanın özgül ağırlığı.
b	=	Deneysel bir sabit.
C_{md}	=	$y = \frac{d}{2}$ 'deki konsantrasyon.
T_B	=	Taşınım fonksiyonu.
	=	Von Karman sabiti.
U	=	Şekil pürüzlülüğüne göre kayma hızı.

Z = Boyutsuz katsayı.

V_s = Askı maddesinin ortalama çökme hızı.

K = Kinematik viskozite.

V_0 = Ölü hacim.

Q_s = Toplam katı madde miktarı.

S_x, S_y = Standart sapma.

r = Korelasyon katsayısı.

y = Sediment debisi.

x = Akım debisi.

denir.

Ölü hacmin kapasitesini baraaja gelecek katı madde miktarları tain eder. Gelecek katı madde miktarı ise Akarsu-
yun yatağına kavama durumuna ve Akarsu havzasının arazi
şekline bağlıdır. Siltlenmeyi büyük ölçüde erozyon olayı et-
kilediği için havzenin yapısının iyi bilinmesi gerekir. Ba-
raaja gelen katı maddeler akarsu yoluyla geldiği kabul edil-
diği için akarsularda katı madde miktarının taini incelenen-
dir, iyi sonuç alabilmek için Akarsulardaki askı hareketi ve
sürüntü hareketi ayrı ayrı incelenmesinde fayda vardır. Bu
hareketler için çeşitli bilim adamları nümerik formüller o-
luşturmışlardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz.

Sürüntü hareketi için:

a) Meyer-Peter formülü

b) Shields formülü

c) Doboys formülü

d) Einstein formülü

Askı hareketi için:

a) Bagnold formülü

b) Einstein formülü

c) Shields formülü

ÖZET

Siltlenme olayı barajların fonksiyonunu ekonomik olarak yerine getirebilmeleri için çok önemli bir faktördür. Yanlış veya yetersiz hesaplar barajın fonksiyonuna yerine getirmesine engel olur. Siltlenmeyi karşılamak için barajlarda faydasız bir hacim bırakılır. Bu hacmin adı ölü hacimdir. Enerji üretimi için bırakılan su alma ağzı hemen bu hacmin üzerinde olur. Su alma ağzının altında kalan hacme ölü hacim denir.

Ölü hacmin kapasitesini baraja gelecek katı madde miktarları tain eder. Gelecek katı madde miktarı ise Akarsu-
yun yatağının kazınma durumuna ve Akarsu havzasının arazi şekline bağlıdır. Siltlenmeyi büyük ölçüde erozyon olayı etkilediği için havzanın yapısının iyi bilinmesi gerekir. Baraja gelen katı maddeler akarsu yoluyla geldiği kabul edildiği için akarsularda katı madde miktarının taini incelenmiştir. İyi sonuç alabilmek için Akarsulardaki askı hareketi ve sürüntü hareketi ayrı ayrı incelenmesinde fayda vardır. Bu hareketler için çeşitli bilim adamları nümerik formüller oluşturmuşlardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz.

Sürüntü hareketi için;

- a) Meyer-Peter formülü
- b) Shielde formülü
- c) Dubois formülü
- d) Einstein formülü

Askı hareketi için;

- a) Begaold formülü
- b) Valakhanov formülü
- c) Brookta formülü

b) Velikanov formülü

c) Brooka formülü

Toplam katı madde için

- Stoks formülü;

Akarsu hari inde direk olarak baraja gelen katı maddeler vardır. Bunlar erozyon dolayısıyla direk baraja gelen katı maddelerdir. Bu maddelerin etkisi ancak ölü hacimde bırakılacak emniyet hacmiyle telafi edilebilir. Bunun için bir nümerik formül çıkartılmamıştır. Enerji üretim tesislerine su taşıyacak olan cebri boruların yerleştirileceği seviyenin iyi tesbit edilmesi gerekir. Ölü hacimin ihtiyaçtan fazla olması işletme açısından bir sakınca doğurmaz. Ancak barajın maliyetini etkileyeceğinden istenmeyen bir durumdur. Ölü hacmin ihtiyacın altında kalmasıysa barajın çok kısa süre sonra işletme dışı kalmasına sebep olur.

Bu bilgiler ışığı altında nümerik bir örnek olması açısından Seyhan barajı incelendi. Seyhan barajında bırakılan ölü hacmin yetersiz kaldığı görülmüştür. Kısa sürede ölü hacim dolmuş tesisler zarar görmeye başlamıştır. Ölü hacmin büyütülme imkanı olmadığına veya çok büyük masraf istediğine göre bundan sonra yapılacak iş baraja gelecek katı madde miktarını azaltıcı önlemler almaktır. Bu da akarsu havzası üzerinde yapılacak bir takım çalışmalarla sağlanabilir. Barajın yapılması sırasında hesaplar yıllık akımlar göz önüne alınarak yapılmıştır. Bu yüzde hata oranları büyümüştür. Biz çalışmalarımızı 6 aylık akımlara göre yaptığımızda hata oranları azalmış ancak yine de istenen sonuçları vermemiştir. Bu sürenin daha kısa zaman aralıklarında tutulsa hata azalır.

BÖLÜM I

1. GİRİŞ

1.1. Barajlarda Siltlenmenin Önemi;

Bilindiği üzere barajlar çok büyük masraf, emek gerektiren ve uzun sürede yapılabilen yapılardır. Kullanım amaçları çok çeşit olan bu yapıların fiziksel ömrünün uzun olabilmesi için akarsuyun sürüklediği katı maddelerin titizlikle incelenmesi ve hesapların ona göre yapılması gerekmektedir. Aksi taktirde barajlarda istenilen verim elde edilemez. Eğer akarsulardan gelecek katı madde miktarı normalin altında hesaplanmışsa barajdan katı maddenin birikmesi için bırakılan ölü hacim kısmı kısa zamanda dolacaktır. Bunun tabii sonucu olarakta baraj fonksiyonunun yitirir. Sulama kanalları dolmaya, hidro elektrik santralleri zarar görmeye başlar. Bunun yanında barajın depolama kapasitesi ve feyzan hacmi azalır. Baraj yapılış amaçlarını gerçekleştiremeden işletme dışı kalır.

Akarsulardan gelen katı madde miktarı normal miktarın çok üzerinde hesaplanmışsa, ölü hacimde o nispette büyük yapılması gerekir. Bilindiği üzere ölü hacimden faydalanma imkanı olmadığından buraya yapılan yatırımda ölü yatırımdır. Bu durum barajın maliyetini artırır ekonomik olmamasına neden olur.

Doğacak problemleri asgariye indirebilmek için katı maddelerin akarsuya nerelerden gelebileceği önceden tespit edilmelidir. Uzun süre ve tüm iklim şartlarında yapılacak

incelemeler sonucu akarsuya gelecek katı madde miktarı belirlenmelidir. gösteriyor ki siltlenmenin hesaplanmasından

gösterilecek titizlik çok önemlidir.

1.2. Barajlarda Siltlenmenin incelenmesindeki Amaç;

Yukarıda anlattığımız problemlerin doğmaması için siltlenmenin titizlikle incelenmesi gerekir. Bir nümerik uygulama olarak Seyhan Barajı'nın bugünkü durumu incelenmiştir. İnceleme sonunda görülmüştürki Barajın ölü hacmi dolmuş. Kanallar dolmaya başlamış, Hidro-elektrik tesisler zarar görmeye başlamıştır. Bu sonuçlar bu barajın yapımı sırasından yapılan hesaplarda bazı etkenlerin gözönüne alınmadığını ve hesaplamalardan bazı hataların yapıldığını gösterir. Siltlenmenin incelenmesindeki en önemli amaçlar şöyle sıralanabilir:

a) Barajın istenen süre kadar faydalı ömrünün olması ve ekonomik olması için siltlenmenin iyi hesaplanması gerekir.

b) Ölü hacmin kısa sürede dolup barajın işletme dışı kalmaması için siltlenmenin iyi hesaplanmış olması gerekir.

Ölü hacmin barajı kaderiyle ilgili olduğunu söyleyebiliriz. Ölü hacmin doğru hesaplanması barajdan istenen verimi almaya yardımcı olur. Ölü hacmin yanlış hesaplanması özellikle yetersiz hesaplanması barajın kısa sürede devreden çıkmasına neden olur. Daha sonraki zamanlardan ölü hacmin kapasitesinin değiştirilmesi imkansız olduğu için baraj devreden çıkmış olur. Buna karşılık barajın diğer kısımlarında değişiklik yapılabilir. Misal olarak türbünlerin

yerlerinin değiştirilmesi, baraj gövdesinin yükseltilmesi vb. Bunlarda gösteriyor ki siltlenmenin hesaplanmasından gösterilecek titizlik çok önemlidir.

BÖLÜM II

KATI MADDELERİN OLUŞUMU ve SINIFLANDIRILMASI

Katı madde deyince aklınıza akarsuların taşıdığı kum, çakıl, silt ve kaya parçası gibi maddeler gelmektedir. Daha önceden belirttiğimiz gibi bu katı maddeler havzadan ve akarsu yatağından kazınarak gelir. Zeminin, yağmurun dinamik etkileriyle dağılma, parçalanma ve akımla sürüklenmesi neticesindeki aşınmasına ve rüzgar enerjisi ile tanelerin yerlerinden kopmasına ERAZYON olayı denir. Akarsu yatağında meydana gelen oyulmalara YATAK ERAZYONU, katı maddelerin akarsulara ulaşmasına kadar geçen sürece HAVZA veya TABAKA ERAZYONU denir.

Akarsu yapılarını ilgilendiren de bu katı maddelerin akarsu içindeki hareketidir. Bunları kısaca açıklayacak olursak.

a) Katı maddeler, akarsular üzerine inşa edilen yapıların arkasında birikmesi bu yapıların fonksiyonlarını etkiler. Biriken katı maddeler barajlarda ölü hacmi doldurarak sulama kanallarını doldurur ve su türbünlerinde büyük hasarlara yol açabilirler. Bağlamalarda su almayı engeller. Bu bakımda katı maddelerin özellik ve miktarlarının iyi bilinmesi gereklidir.

b) Akarsu boyunca topoğrafik şartların değişik oluşu hidrolojik şartların sürekli değişmesi akarsuyun katı madde taşıma kapasitesinin yere ve zamana bağlı olarak değişmesine yol açar. Akarsu yatağında yığılma ve oyulmalar olur. Bu yığılma ve oyulmaların önlenmesi için alınacak tedbirlerde

katı madde özellik, miktar ve hareketiile ilgili bilgiler gerektirir.

c) Akarsu yapıları katı madde dengesinin ve dolayısıyla yatak düzeninin bozulmasına yol açabilirler. Yapıların projelendirilmesinde bu hususun dikkate alınması istenmeyen sonuçların doğmaması için zorunludur.

Katı madde miktarı sadece akım özelliklerine bağlı olarak değişmez. Havza özellikleri ve yatak morfolojisinin değişiminde hareket halinde bulunan katı madde miktarını etkileyen hatta belirleyen faktörlerdir. Bu sebepten dolayı katı madde hareketleri ile ilgili hesap metotları çok kaba sonuç vermektedir.

Katı madde miktarının belirlenmesi için ölçmelerde yapılmaktadır. Ancak yeterince sık ölçme yapmak çok zahmetli olduğundan ölçümlerin değerlendirilmesinde bir takım kabul ve yorumlar yapmak zorunlu olmaktadır. Ölçme hatalarında gözönüne alınırsa ölçümlere dayanılarak tayin edilecek katı madde miktarlarına da çok güvenmemek gerektiği ortaya çıkar.

Akarsuların taşıdığı katı maddeleri hareket tarzlarına göre ikiye ayırabiliriz.

a) Sürüntü maddeleri,

b) Askı maddeleri,

Katı maddeler bir akarsu tabanında yuvarlanarak kayarak ve sıçrayarak hareket etmesi halinde SÜRÜNTÜ MADDESİ adını alırlar. Sürüntü hareketi yapan tanelerin ağırlığını doğrudan doğruya akarsu tabanı taşır.

Akarsuda suyun içinde hareket eden katı maddelere de ASKI MADDESİ adı verilir. Askı hareketi yapan tanelerin ağır-

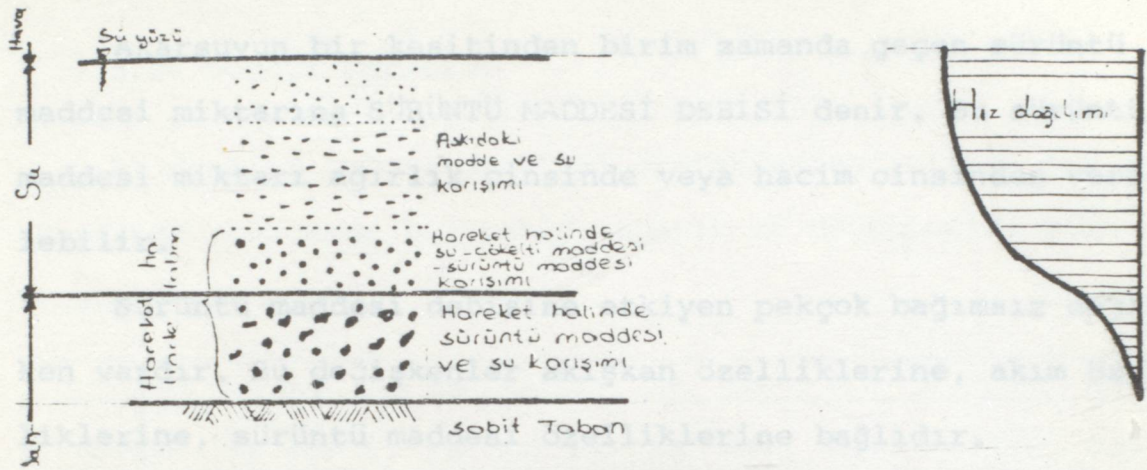
lığı akışkan aracılığıyla kanalın tabanına iletilir.

Bir akarsuyun taşıdığı sürüntü ve askı maddesi toplamına TOPLAM KATI MADDE denir.

Bir akarsu içindeki katı maddelerin hız dağılımı ile ŞEKİL 2'deki gibi şematik olarak gösterebiliriz.

Ancak ŞEKİL 2.1'de olduğu gibi sürüntü maddesi ile askı maddesini ayıran genel ve kesin bir dane çapında söz edilemezse de her akarsu için böyle bir dane çapı sınırı kabaca belirlenebilir.

Akarsularda taşınan katı maddelerin doğru sınıflandırılması yapılan hesapların gerçeğe yakın olması açısından önemlidir. Askı maddesinin veya sürüntü maddesinin miktarları değişik formüllerle hesaplanır. Hangi cins madde için hangi formüllerin kullanılacağını daha ileriki bölümlerde inceleyeceğiz. Birde rüzgarın etkisiyle veya arazinin topografik konumundan dolayı akarsuya ulaşmadan direk olarak barajlara ulaşan katı maddeler vardır. Bunlarda barajların ölü hacminin dolmasında rol oynarlar. Bu tip katı maddelerin hesabı için belli bir hesap metodu yoktur. Bu katı maddelerin etkisini yok edebilmek için ölü hacim emniyet payını iyi ayarlamak gerekir. Buda ancak tecrübe ve o civardaki aynı tip yapıların bu gibi olayda nasıl etkilendiği incelenerek belirlenebilir.



ŞEKİL :2.1 Katı madde hareketi

2.2. Sürüntü Maddesinin Miktarının Hesabı;

Sürüntü maddesi miktarının belirlenmesi su mühendisliği problemi çözümünde temel verilerde biri olmaktadır.

- Baraj hazne hacminin belirlenmesinde,
- Bağlama tipinin ve yerinin belirlenmesinde,
- Ulaşım taşkın kontrolü ve diğer amaçlarla yapılacak akarsu düzenlemelerinde,
- Köprü ayakları ve sulama kanalları gibi yapıların projelendirilmesinde,

Bizim konu uz barajlarla ilgili olduğu için sürüntü maddesinin barajların ölü hacmi üzerindeki etkisini inceleyeceğiz. O kesitten geçen sürüntü maddesi miktarının bilinmesi gereklidir. Kısaca özetleyecek olursak sürüntü maddesi yapılmış ve yapılacak su yapılarına sağlamlık ve fonksiyon bakımından zarar verir. Onların yapım ve onarım maliyetlerine etki eder. Bu yüzden sürüntü maddesi miktarının bilinmesi çok

önemli olmaktadır.

Akarsuyun bir kesitinden birim zamanda geçen sürüntü maddesi miktarına SÜRÜNTÜ MADDESİ DEBİSİ denir. Bu sürüntü maddesi miktarı ağırlık cinsinde veya hacim cinsinden verilebilir.

Sürüntü maddesi debisine etkiyen pekçok bağımsız değişken vardır. Bu değişkenler akışkan özelliklerine, akım özelliklerine, sürüntü maddesi özelliklerine bağlıdır.

Sürüntü maddesinin miktarını hesaplayabilmek için çeşitli araştırmacılar uzun araştırmalar yapmışlardır. Araştırmaları sonunda sürüntü maddesinin değerini yaklaşık olarak veren bir çok ampirik formüller elde etmişlerdir. Bu formüllerin birer birer ele alınması konumuz dışı olduğundan sadece formüllerin son şeklini vermekle yetineceğiz.

2.2.1- Meyer-Peter Formülü;

$$0,4 \frac{q_s^{2/3}}{d} = \frac{q^{2/3} J}{d} - 17$$

Üniform kum, barıt. Linyit daneleri için geliştirilmiştir. İri daneli sürüntü maddeleri için iyi sonuç verir. Formüldeki katsayılar iri daneli malzemeler için çıkartılmıştır. 5.05 - 28.6 mm çapları arasındaki maddeler için çıkartılmıştır.

2.2.2- Shields Formülü;

$$q_s = 2.500 J^{3/2} (q - q_c)$$

Bu formül 1.06 - 4.25 t/m³ özgül ağırlıklı ve 1.56 - 2.47 mm

çapları arasındaki daneler için çıkartılmıştır.

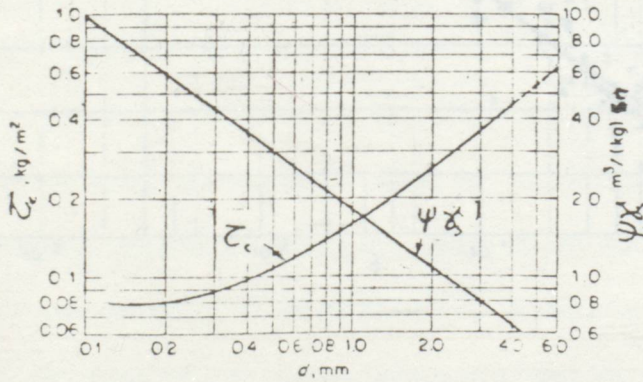
2.2.3- Duboys Formülü;

Bu denklem Duboys denklemi olarak adlandırılır. Bir çok araştırma sonucunda bir tablo yaparak ve değerlerini çıkartmıştır.

d (mm)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4
ψ (m ³ /kg.sn)	10	5.88	4.34	3.5	3.0	2.63	2.31	2.13	1.88	1.72	1.05	0.81	0.63
τ_c (kg/m ²)	0.08	0.08	0.09	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.25	0.35	0.44

Bu değerler Zeller tarafından grafik hal nde getirilmiştir.

$$q_s = \psi \cdot \tau_c (\tau_c - \tau_c)$$



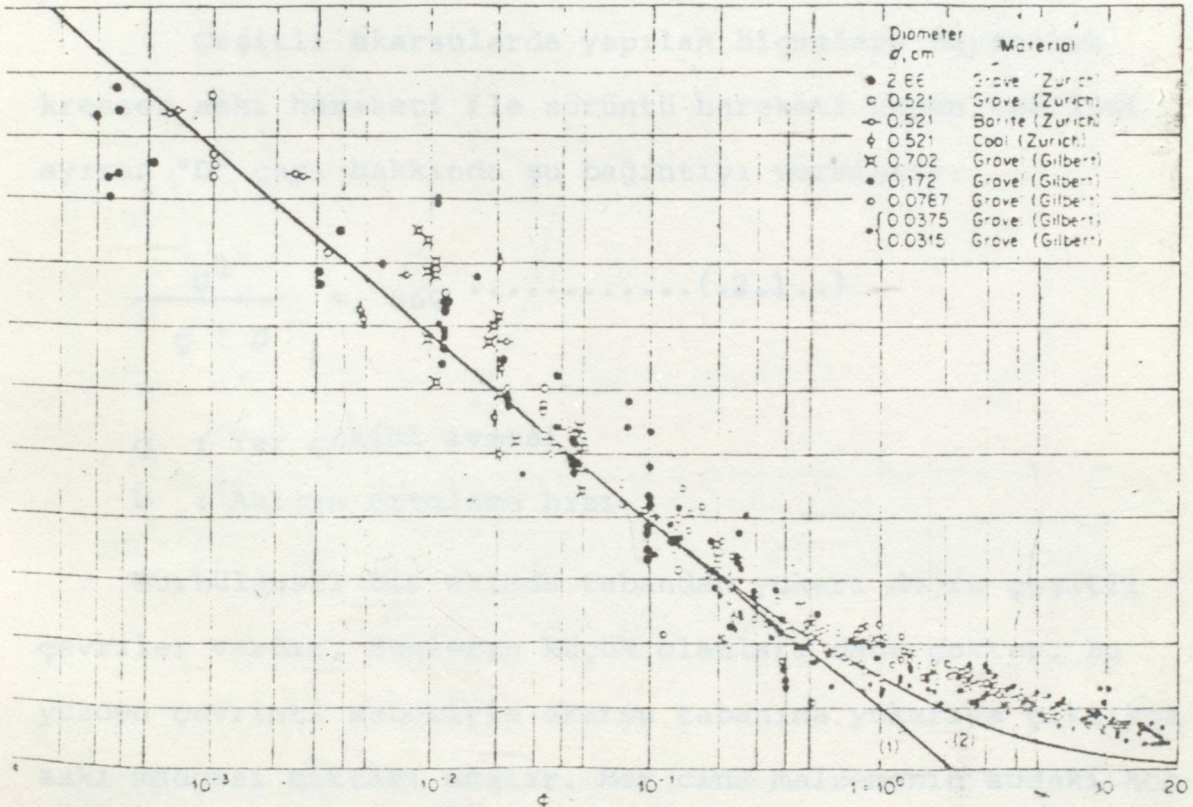
ŞEKİL :2.2 Metrik sistemde duboys denklemi parametreleri

Dane çapı 0.025 - 0.560 mm arasında olan katı maddeler için iyi sonuç verir.

2.2.4- Einstein Formülü;

$$q_s = \gamma_s \cdot \frac{L}{k_1 d^2} \cdot P_s k_2 d^3$$

ile sürüntü maddesi debisi bulunur. Deneyler sonucu ve bağılı grafik ŞEKİL 2.3 'de verilmiştir. Q 0.4 için () denklemiyle 1. eğrisi gösterilebilir. Q 0.4 için () denklemi sapar. 2. eğrisiyle gösterilebilir.



ŞEKİL (2.13) Einstein sürüntü maddesi denklemi

Sürüntü maddelerinin miktarını hesaplamak için, Çoğu araştırmacılar birçok ampirik formüller elde etmişlerdir. Bizim konumuz bu formülleri incelemek olmadığından sadece birkaçının sonuç denklemlerini vermekle yetindik. Bundan maksat barajların ölü hacminin dolmasında fonksiyonu olan sürüntü maddelerinin nasıl hesaplanacağı hakkında ön bilgi edinmektir.

2.3- Askı Hareketi

Hızın dahada artması halinde tanelerinde hareketler şiddetlenecektir. Tanelerin bir kısmı türbülans dolayısıyla tabandan uzakta hareket edecektir. Bu katı madde hareketine "ASKI HAREKETİ" denir. Askı hareketi ile ilerleyen bir tane- nin hızı akımın o noktasındaki hızına hemen hemen eşittir.

Çeşitli akarsularda yapılan ölçmelere dayanarak kresser askı hareketi ile sürüntü hareketi yapan taneleri ayıran "D" çapı hakkında şu bağıntıyı vermiştir.

$$\frac{U^2}{g \cdot D} = 360 \dots\dots\dots(.2.1...)$$

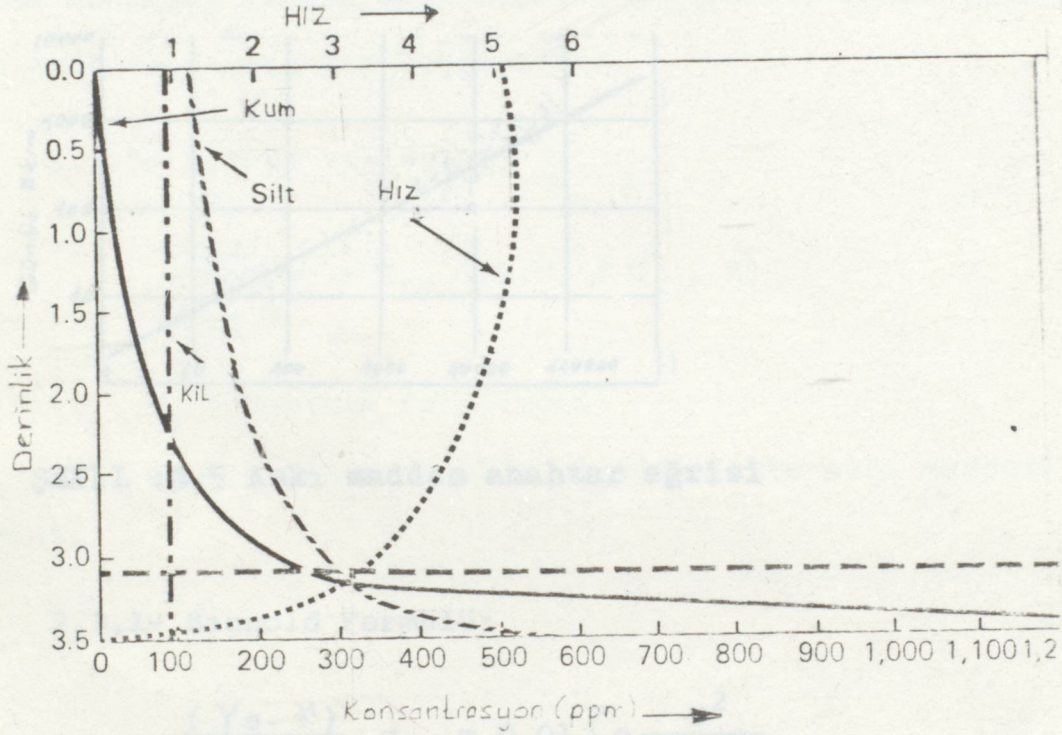
g : Yer çekimi ivmesi

U : Akımın ortalama hızı

Türbülanslı bir akımda tabandan yukarı doğru çeşitli çevriler vardır. Bunların küçük olanları daha çoktur. Bu yüzden çevrinti sebebiyle akarsu tabanına yukarıya çıktıkça askı maddesi miktarı azalır. Her cins malzemenin sudaki konsantrasyona dağılımı değişiktir. Aşağıda çeşitli malzemele- rin hız ve derinliğe göre konsantrasyon dağılımı gösteril- mektedir. Malzemenin cinsine göre askı maddesinin barajla- rın ölü hacmi üzerindeki etkisi değişmektedir. Etkisine gö- re ya hassasiyetle hesaplamak veya bir emniyet payı göz önü- ne alarak işlem yapmak gerekir. Malzemenin büyük çoğunluğu sürüntü maddesi olarak taşındığı için bunun hesabına daha çok eğilmek gerekir.

Ön bilgi olması açısından malzemenin yaklaşık olarak % 80'ni sürüntü maddesi olarak hareket etmektedir. Bu aşı-

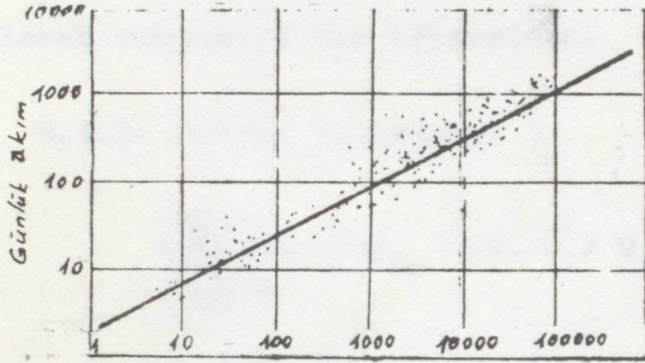
ğındaki grafikte görülmektedir. Yalnız bazı malzemeler ve bazı akarsuların özel durumu nedeniyle malzemenin büyük çoğunluğu askı hareketi haline dönüşmektedir.



ŞEKİL :2.4 çeşitli hız ve derinlikte bazı malzemelerin konsantrasyon değişimi

Askı maddesinin çoğunluğu teşkil ettiği akarsularda ölçmeler yapmak önem kazanır. Ölçmelerin sonucunun doğru veya doğruya yakın olması için ölçüm yerinin iyi seçilmesi gerekir. Ölçüm yeri için düşülerin eteği gibi akımda kuvvetli karışıma olan kesitler seçilmelidir. Bu ölçümlerin normal zamanlarda yapıldığı gibi aşın yağışların olduğu zamanlarda tekrarlanması gerekir. Numuneleri ne kadar çok alırsak doğru

sonuca o kadar yaklaşmış oluruz. Askı maddesi anahtar eğri-
si bir çok araştırmalar sonucunda $Q_a = n \cdot Q^k$ şeklinde bir
denklemlle ifade edilecek şekilde bulunmuştur.

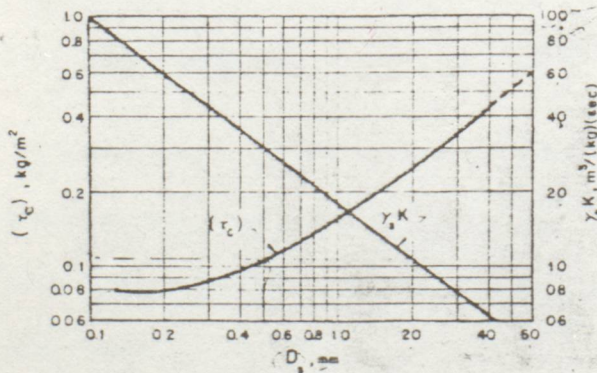


ŞEKİL :3.5 Askı maddesi anahtar eğrisi

2.3.1- Bagnold Formülü;

$$\frac{(\gamma_s - \gamma)}{\gamma} q_{sw} = 0.01 \tau_o \frac{u^2}{W}$$

Ortalama tane çapına göre tablo yardımıyla bulunabilen
kayma gerilmesidir.



ŞEKİL :2.5.D₅₀ için kayma gerilmesi

2.3.2- Velikanov Yaklaşımı;

$$q_{su} \approx \frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \cdot \frac{\zeta_0 u^2}{w} - \frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \cdot \frac{b \cdot u^4}{g \cdot w} \dots ()$$

q_{sw} Hacımsal olarak askı maddesi debisidir. b ise deneysel olarak saptanmış bir katsayıdır.

2.3.3- Brooks Yaklaşımı;

$$\frac{q_{sw}}{C_{md} q} = T_{Bo} (k \cdot U / U_x \cdot Z)$$

T_B = Taşınım fonksiyonu

q_{sw} = Birim zamanında ve genişlikte askı maddesi debisi.

2.3.4- Stoks Formülü;

Laminer akımlarda hem sürüntü hemde askı maddeleri için geçerlidir.

$$v_s = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{g \cdot d^2}{18 \nu} \quad \text{formülü geliştirilmiştir.}$$

Bu formül 0.05 mm'den küçük küresel taneler için geçerlidir.

Tabii kum taneleri için formül:

$$v_s = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{g \cdot d^2}{24 \nu} \quad \text{şeklinde değiştirilmiştir.}$$

Her iki formülde 0.15 mm'ye kadar taneler için az hatalı sonuçlar elde edilebilir.

0.15 - 1.5 mm Çaplı kum taneleri için;

$$v_s = (g/d) \cdot (\sqrt{1-150 d^{2.1}} - 1) \quad \text{ve 1.5 mm'den büyük ta-}$$

neler için ise $v_s = 140 \sqrt{d}$ formülleri kullanılır.

Haznelere gelen katı maddeler akımın yavaşlamasıyla sürüklenmeyip çökelmeye başlar. Büyük taneli katı maddeler hemen akar. Suyun hazneye karıştığı yerde çökelmeye başlar. Küçük taneli maddeler ise yavaşlıyan akım nedeniyle su içinde bir süre askıda dururlar. Bu askıda kalan katı maddeler

BÖLÜM III

zamanla yavaş yavaş dibe çökerler ve Genellikle baraj haz-
nesinin her tarafına çökeldiklerinde hesaplarda bu küçük
taneli katı maddeler göz önüne alınır.

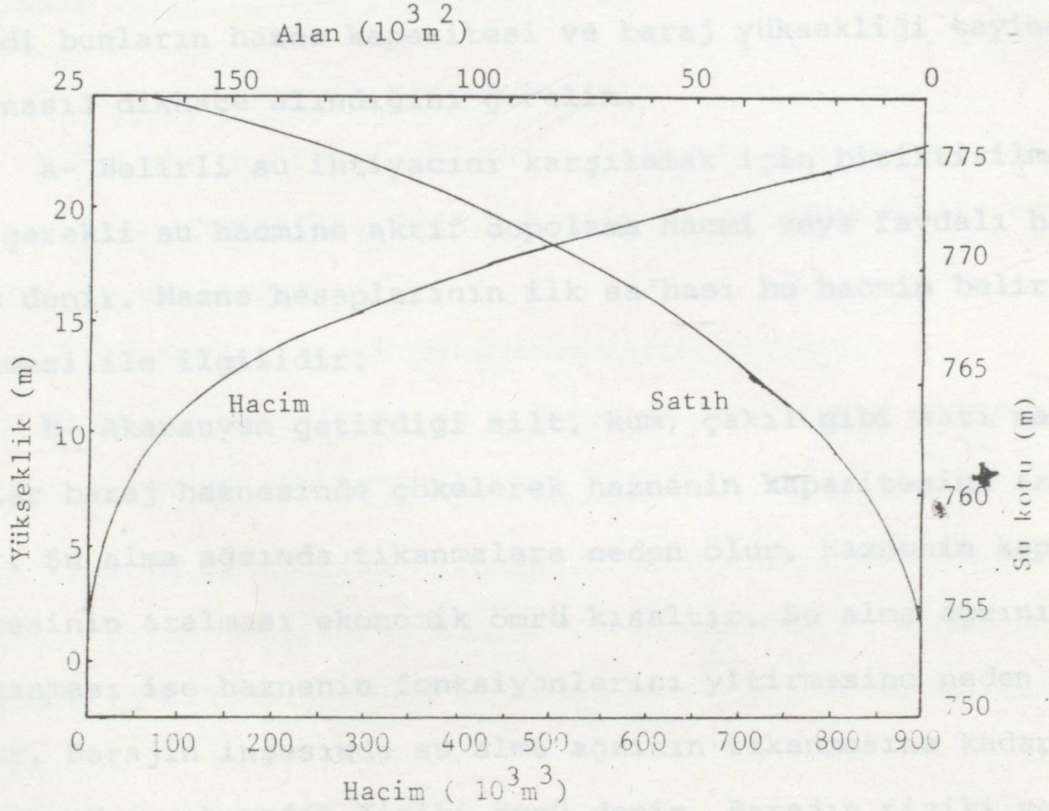
BÖLÜM III

3. Baraj Hazneleri

Akarsuların birçok kullanılma alanları vardır. Yakınında bulunan yerleşim bölgesinin içme suyunu temininde, çevresindeki tarım alanlarının sulanmasında ve elektrik üretiminde kullanılır fakat yaz aylarında akarsuyun debisinin azalmasıyla ihtiyacı tam karşılamayabilir. Yağışların fazla olduğu zamanlarda taşkınlar nedeniyle kurulan tesisler zarar görebilir. Bunun için ihtiyaç duyulduğu zaman kullanılmak üzere fazla suyu depolamak, feyezan sırasında ise mansup bölgesini taşkınların sebep olacağı zararlardan korumak için suyu geçici olarak biriktirecek bir hazne akarsu üzerine inşa edilir. Ayrıca hazneler su kotunu yükselteceği için daha geniş arazinin sulanmasını, yüksek yerleşme bölgelerine suyun naklini ve hidro-elektrik tesislerinde enerji potansiyelinin daha fazla olmasını sağlayacaktır.

Haznelerin esas fonksiyonu su biriktirme olduğuna göre bunların en önemli fiziki karakteristikleri depolama kapasite ise hacim-satın diyagramı ile belirlenebilir. Diyagramda hazne yerindeki tesviye eğrilerinin çevrelediği alanlar yatay eksende gösterilir. Hacim-satın diyagramından herhangi yükseklikteki bir barajın ne kadar su depolayabileceği veya belli hacimde su biriktirebilmek için ne yükseklikte bir barajın yapılması gerektiği kolayca bulunabilir. Şekil

(3.1)



ŞEKİL :3.1 Hacim-satış diyagramı

3.1- Haznenin Bölümleri;

Kullanılma amacına göre gerekli hazne hacmi tesbit edilir. Hacmin kullanımı ise;

a) Belirli su ihtiyacını karşılamak için biriktirilmesi gerekli su hacmine.

b) Akarsuyun taşıdığı katı madde miktarına ve bu maddelerin haznede nasıl çökeleceğine.

c) Su alma tüneline hava kaçmaması için gerekli yüksekliğe.

d) Barajın maruz kalacağı en büyük feyazana bağlıdır. Şimdi bunların hazne kapasitesi ve baraj yüksekliği tayininde nasıl dikkate alındığını görelim.

a- Belirli su ihtiyacını karşılamak için biriktirilmesi gerekli su hacmine aktif depolama hacmi veya faydalı hacim denir. Hazne hesaplarının ilk safhası bu hacmin belirlenmesi ile ilgilidir.

b- Akarsuyun getirdiği silt, kum, çakıl gibi katı maddeler baraj haznesinde çökelerek haznenin kapasitesini azaltır. Su alma ağzında tıkanmalara neden olur. Haznenin kapasitesinin azalması ekonomik ömrü kısaltır. Su alma ağzının tıkanması ise haznenin fonksiyonlarını yitirmesine neden olur. Barajın inşasında su alma ağzının tıkanmasına kadar geçen süreye barajın fiziki ömrü denir. Barajın fiziki ve ekonomik ömrünü uzatmak için hazneye gelen katı madde miktarını, karakteristiklerini ve nasıl çökeleceği etüt edilir. Bu etütlerle elde edilen bilgiler yardımıyla hazne tabanında katı maddelerin çökeleceği bir hacim bırakılır. Su alma ağzı bu hacmin üzerine yapılır. Buradaki sular hiç kullanılmadığı için bu kısma ölü hacim denir.

c- Hidro-elektrik tesislerinde cebri borulara hava kaçmaması için minimum işletme seviyesi denilen bir seviye konulur. Çok kurak zamanların dışında bu seviyenin altındaki sular kullanılmaz.

d- Barajların ve mansıap tarafında kalan bölgelerin feyazandan, korunması için haznelerde feyazanlar için bir em-

niyet payı bırakılır. Bu hacim Feyazanların çok tehlikeli olabileceği anlar için kullanılır. Feyazan sularının boşaltılması için yapılan yapıya dolu savak denir.

3.2- Haznelerde Ölü Hacmin tayini;

Daha önce haznenin bölümleri kısmında ölü hacmin kısaca tarifini yapmıştık. Bu ölü hacmin büyüklüğüne tesir eden faktörler şunlardır.

- a) Hazneye gelecek katı maddelerin miktarı.
- b) Hazne kapasitesi ve hazneye gelecek suyun miktarı.
- c) Hazneden beklenen hizmet süresi.

Yapılan ölçümlerle hazneye gelecek yıllık katı madde miktarı tayin edilir. Bu miktar tayin edildikten sonra katı maddelerin bıkışmış halde ne kadar hacim işgal edeceği hesaplanır.

Haznede çökecek katı madde miktarı hazne kapasitesinin gelen debiye nisbetle haznenin büyüklüğüne de bağlıdır. Büyük akarsularda gelen debinin küçük haznede uzun zaman durmayıp mansaba intikal etmesinden dolayı askı maddeleri çökelmeye zaman bulamazlar. Fakat büyük haznelerde gelen suların uzun zaman depolanacağı için askı maddelerinin büyük bir kısmı hatta pratikte tamamı çökebilir. Çökelme oranı hakkında bilinenler mevcut haznelerde katı madde birikiminin incelenmesine dayanmaktadır. Çökelen maddelerin gelen katı maddelerine oranı ve çökelen maddelerin özgül ağırlıkları bu etütler sonunda tesbit edilir. Yapılan gözlemler sonucunda çökecek katı maddelerin toplam katı madde miktarına oranı ile hazne kapasitesinin yıllık debiye oranı ara-

sındaki ilişkiyi gösteren bir grafik hazırlanmıştır. (Şekil: 3.2) Katı maddeler çökeldikçe hazne kapasitesi azaldığından haznenin katı madde tutma kabiliyeti de azalır.

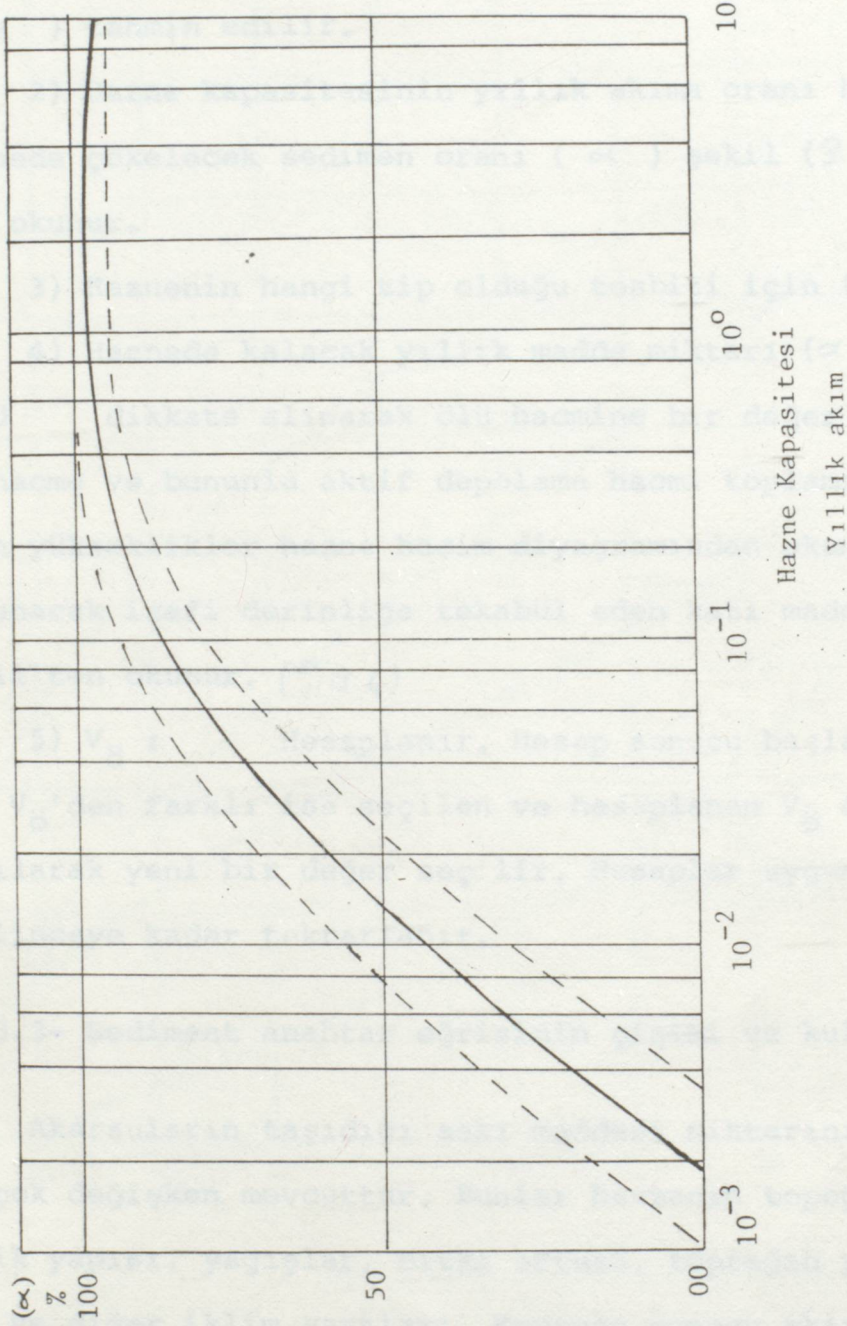
Büyük barajlarda ölü hacmin hesaplarında bu hususunun dikkate alınması gerekir. Bir haznenin tamamı katı maddelerle dolması uzun sürebilir, fakat biriken katı maddeler haznenin fonksiyonlarına engel olmaya başladığı zaman bu haznenin faydalı ömrü sona erer.

Şekil (3.2) yardımıyla gelen katı madde debisi bilinen haznede çökelecek katı madde miktarı tayin edilir. Daha sonra sıkışma etkisinde dikkate alınarak seçilecek özgül ağırlığa göre katı madde birikiminin işgal edeceği hacim hesaplanır.

Amerika'da bureau of reclamation tarafından çeşitli haznelerde farklı derinlikler altında çökelen katı madde oranları gözlemlere dayanarak tesbit edilmiş ve bir grafik hazırlanmıştır. (Şekil : 3.4)

Bu grafik tip haznede çökeltme oranları esas alınarak çizilmiştir. Hazne tipini karakterize etmek için logaritmik kâğıda çizilen hazne hacim diyagramının eğimi kullanılır. Bu eğimin tersi ile gösterilmek suretiyle dört tip hazne aşağıda verilen değerlere göre ayrılmıştır.

- TİP	m
I	3.5 - 4.5
II	2.5 - 3.5
III	1.5 - 2.5
IV	1.0 - 1.5



Şekil 3.2 - Çökecek katı madde oranının değişimi

Ölü hacmin tayini için gerekli işlemleri şöyle özetleyebiliriz:

1) Hazneye gelecek yıllık katı madde (Sediment) miktarı (A) tahmin edilir.

2) Hazne kapasitesinin yıllık akıma oranı hesaplanarak haznede çökecek sedimen oranı (α) şekil (3.2)teki eğriden okunur.

3) Haznenin hangi tip olduğu tesbiti için (m) bulunur.

4) Haznede kalacak yıllık madde miktarı (αA) ve baraj ömrü dikkate alınarak ölü hacmine bir değer (V_0) seçilir. Bu hacme ve bununla aktif depolama hacmi toplamına tekabül eden yükseklikler hazne hacim diyagramından okunur. Böylece bulunacak izafi derinliğe tekabül eden katı madde oranı (β) şekil'ten okunur. (3.4)

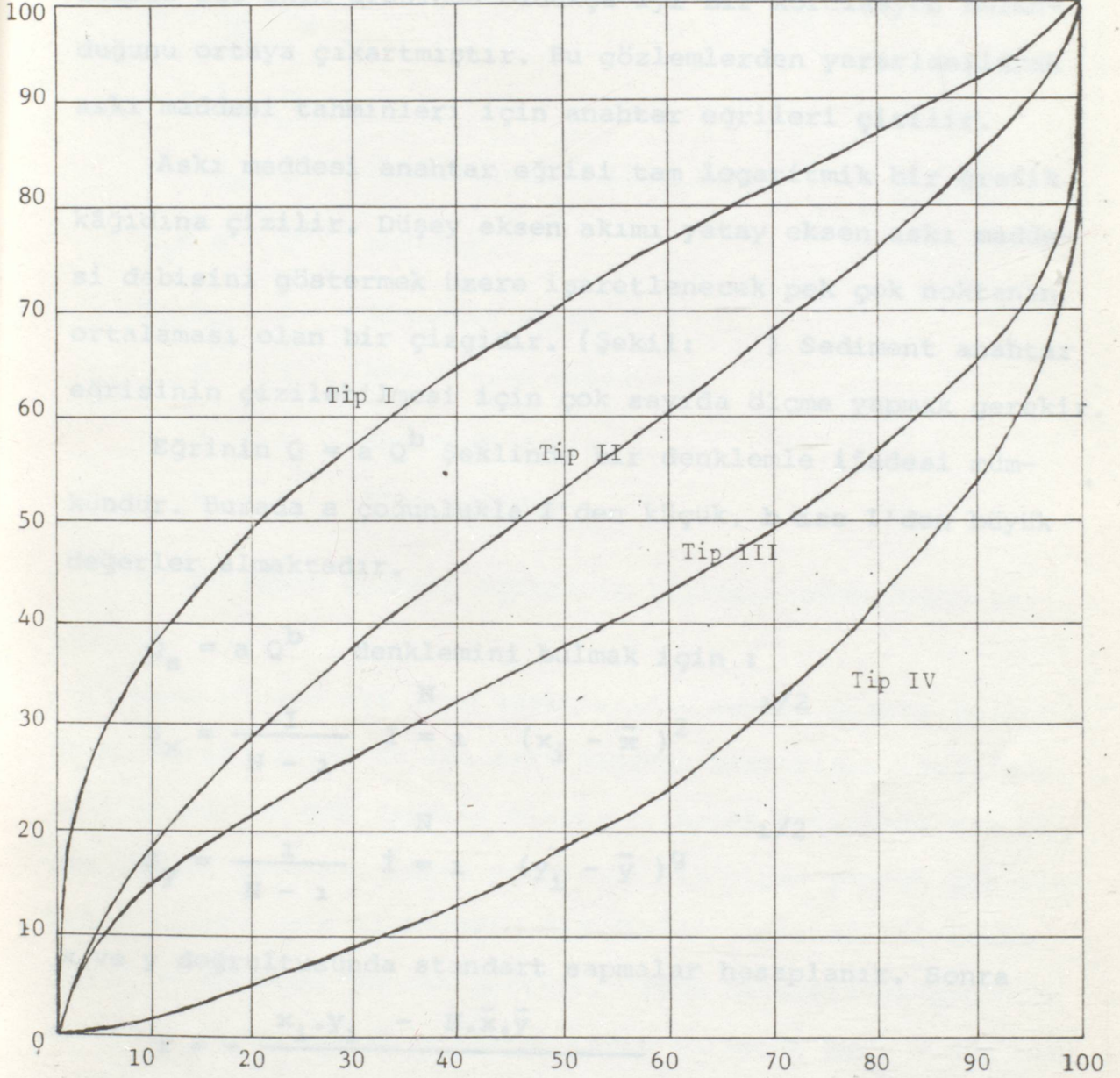
5) V_0 : Hesaplanır. Hesap sonucu başlangıçta seçilen V_0 'den farklı ise seçilen ve hesaplanan V_0 değerlerine bakılarak yeni bir değer seçilir. Hesaplar uygun sonuç elde edilinceye kadar tekrarlanır.

3.3- Sediment anahtar eğrisinin çizimi ve kullanılması;

Akarsuların taşıdığı askı maddesi miktarını tayin eden pekçok değişken mevcuttur. Bunlar havzanın topoğrafik ve jeolojik yapısı, yağışlar, bitki örtüsü, toprağın yapısı sıcaklık ve diğer iklim şartları. Erozyon sonucu akar suya katılacak katı madde miktarının tahmini için geliştirilecek matematik modellerin bütün bu etkenleri hesaba katması gerekir ki bu pratik olarak imkansız denilecek derecede zor bir iştir. Dolayısıyla katı madde miktarı ile yağış ve akım arasında

İzafi derinlik

(h)H)



Katı madde çökelme yüzdesi (β)

ŞEKİL :3.3 Haznede derinliklere bağlı çökelme oranları

bulunan karalasyondan yararlanmak suretiyle tahmin yapılma-ya çalışılır. Fakat gözlemler, bazı akar sularda askı madde debisi ile akım arasında oldukça iyi bir korelasyon bulunduğunu ortaya çıkartmıştır. Bu gözlemlerden yararlanılarak askı maddesi tahminleri için anahtar eğrileri çizilir.

Askı maddesi anahtar eğrisi tam logaritmik bir grafik kâğıdına çizilir. Düşey eksen akımı yatay eksen askı maddesi debisini göstermek üzere işaretlenecek pek çok noktanın ortalaması olan bir çizgidir. (Şekil:) Sediment anahtar eğrisinin çizilebilmesi için çok sayıda ölçme yapmak gerekir.

Eğrinin $Q = a Q^b$ şeklinde bir denklemle ifadesi mümkündür. Burada a çoğunlukla I'den küçük, b ise I'den büyük değerler almaktadır.

$Q_s = a Q^b$ denklemini bulmak için :

$$S_x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad 1/2$$

$$S_y = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad 1/2$$

x ve y doğrultusunda standart sapmalar hesaplanır. Sonra

$$r = \frac{\sum x_i \cdot y_i - N \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{N \cdot S_x \cdot S_y}$$

Korelasyon katsayısı bulunur. Buradan

$$b = \frac{S_y}{S_x} \cdot r$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

regresyon katsayıları bulunur.

$$y = a - bx$$

$$y = l_n Q_s$$

$$x = l_n Q$$

$$a = l_n a \quad \text{denklemleri kullanılarak.}$$

$$Q_s = a Q^b \quad \text{bulunur.}$$

$$S_x, S_y : \quad \text{Standart sapma.}$$

$$r : \quad \text{Korolasyon katsayısı,}$$

$$y : \quad \text{Sediment debisi.}$$

$$x : \quad \text{Akım debisi.}$$

3.4- Sediment anahtar eğrisinin kullanımından doğan hatalar.

Uzun süreye ait akım kayıtlarının mevcut olması halinde bu sürede geçen toplam askı maddesi miktarının tayininde anahtar eğrisi çok faydalı olabilir. Ancak yeterince sık ölçme yapmak gerekir. Fakat yeterince sık ölçme yapmak çok zahmetli olduğu için ölçümlerin değerlendirilmesinde birtakım kabul ve yorumlar yapmak gerekir. Ölçme hataları da gözönüne alınırsa ölçümlere dayanılarak tayin edilecek katı madde miktarlarına da çok güvenmemek gerektiği ortaya çıkar.

Ayrıca anahtar eğrisinin çizimine esas alınan ölçüm değerleri ne kadar geniş aralığa dağılırsa sediment debisi ile akım debisi arasındaki koralasyon o kadar zayıflar.

Aslında katı madde miktarı ile su miktarı arasında bire bir ilişki mevcut değildir. Çünkü katı madde miktarının belirleyen yalnızca akar suyun debisi değildir. Ayrıca katı

madde miktarını bitki örtüsü, yağışın şekli, toprağın o an-
daki durumu, arazinin topoğrafik yapısı, sıcaklık vb. etki-
lemektedir.

4- Seyhan Barajında Siltlenmenin İncelenmesi

4.1- Dojal Coğrafya:

Seyhan havzası Türkiye'nin güneyinde, Doğu Akdeniz Böl-
gesinde $36^{\circ} 30'$ ile $39^{\circ} 15'$ kuzey enlemleri ile $34^{\circ} 45'$ ile
 $37^{\circ} 00'$ doğu boylamları arasında uzanır. Havzanın kuzeyinde
Kızılırmak, doğusunda Ceyhan, batısında Doğu Akdeniz havza-
ları ile kuzey batısında Konya Kapalı havzası bulunmaktadır.

Seyhan havzasında birbiri den, fiziki coğrafya bakıma-
dan, belirli şeklide farklı olan üç saha vardır. Bunlar iç
plato, Toros dağları ve Adana ovasıdır.

İç plato ve ovalık kısımları 1.000 - 1.500 m. yüksek-
liğindedir. Toros dağları havzanın en yüksek yerlerini oluşt-
urmaktadır. Havzanın güneyinde, Türkiye'nin en verimli
ovası olan Çukurova, 210.000 ha. alanı kaplamaktadır.

Seyhan nehrinin denize ulaştığı yerde (0) kotundan
başlayan havzanın eğimi, güneyden kuzeye doğru 0.001 ile
0.01 arasında değişmektedir.

Adana ovası, kuzeyde Toros dağları eteklerindeki sığ
kumlar ve tarıma elverişli olmayan saha ile sınırlanmıştır.

Havzanın yüksekliklere göre alan dağılımı ise yüzde ola-
rak aşağıda gösterilmiştir.

KOTLAR (m)	ALAN (km ²)	% OLARAK ORAN
0 - 500	1.766	9.28
500 - 1.000	2.104	11.05

BÖLÜM IV

4- Seyhan Barajında Siltlenmenin İncelenmesi

4.1- Doğal Coğrafya;

Seyhan havzası Türkiye'nin güneyinde, Doğu Akdeniz Bölgesinde $36^{\circ} 30'$ ila $39^{\circ} 15'$ kuzey enlemleri ile $34^{\circ} 45'$ ila $37^{\circ} 00'$ doğu boylamları arasında uzanır. Havzanın kuzeyinde Kızılırmak, doğusunda Ceyhan, batısında Doğu Akdeniz havzaları ile kuzey batısında Konya kapalı havzası bulunmaktadır.

Seyhan havzasında birbirinden, fiziki coğrafya bakımından, belirli şekilde farklı olan üç saha vardır. Bunlar iç plato, Toros dağları ve Adana ovasıdır.

İç platonun ovalık kısımları 1.000 - 1.500 m. yüksekliktedir. Toros dağları havzanın enyüksek yerlerini oluşturmaktadır. Havzanın güneyindeki, Türkiye'nin en verimli ovası olan Çukurova, 210.000 ha. alanı kaplamaktadır.

Seyhan nehrinin denize ulaştığı yerde (0) kotundan başlayan havzanın eğimi, güneyden kuzeye doğru 0.001 ila 0.01 arasında değişmektedir.

Adana ovası, kuzeyde Toros dağları eteklerindeki sıg kalker ve tarıma elverişli olmayan saha ile sınırlanmıştır.

Havzanın yüksekliklere göre alan dağılımı ise yüzde olarak aşağıda gösterilmiştir.

KOTLAR (m)	ALAN (Km ²)	% OLARAK ORAN
64 - 500	1.766	9.28
500 - 1.000	2.104	11.05

1.000 - 1.500	5.713	30.05
1.500 - 2.000	8.072	42.40
2.000 - 2.500	906	5.02
2.500 - 3.000	292	0.98
3.000 - 3.500	129	0.68
3.500 - 3.750	4	0.02

Havzanın Alan - yükseklik ilişkisinde görüldüğü üzere en büyük alan 1.500 - 2.000 m kotları arasındadır.

Yukarıda bahsedildiği üzere arazinin jeolojik yapısı erozyonun artışına sebebiyet vermektedir. Bu nedenle erozyonun önleyici tedbirlerin neler olduğu aşağıdaki bölümler içerisinde belirtilmiştir.

Dağların eteğinde bir şerit ile kıyı ovasından ibaret olan havzanın aşağı kısmının özelliği, sahile doğru inen büyük kalınlıkta yumuşak tersiyer rusubata sahip olmasıdır. Bu rusubat, kolaylıkla erozyona uğrayan kil taşları ve ince yataklı kum taşlarından ibarettir.

4.2- Seyhan barajında siltlenmenin oluşumu;

Seyhan barajı 1956 yılında yapılmıştır. Yapılmasındaki amaç ovayı sel tehlikesinden korumak, ovada sulama suyu ihtiyacını karşılamak ve elektrik enerjisi üretmektir. Bu ana amaçlar doğrultusunda inşaa edilen Seyhan barajı haznesinin ölü hacmi 50 yıllık bir ömür için hesaplanmıştır. Ancak 29 yıl gibi bir sürenin geçmesine karşılık gelen fazla katı madde yüzünden ölü hacmin azaldığı görülmüştür. Bu nedenle haznenin depolama kapasitesi, feyazen emniyet hacmi azalmıştır. Ayrıca siltlenme nedeniyle sulama kanalları dolmaya, hidro-elektrik santrali zarar görmeye başlamıştır.

Seyhan barajı haznesinde katı madde birikimi D.S.İ. Genel Müdürlüğü tarafından Beş yılda bir tekrarlanan İskandil çalışmaları yapılarak araştırılmakta ve sonuçlar değerlendirilmektedir.

İskandil çalışmaları elektroni cihazlarla sinyaller göndererek su derinlikleri ölçülmekte ve bu şekilde belli aralıklarla bütün satıh taranarak, baraj gölünün hidro grafik haritası çıkarılmaktadır. Bu haritadan yararlanılarak, barajın Hacim - Satıh diyagramları çizile bilmektedir. Bu diyagramlardan, katı madde birikimi sonucu meydana gelecek kapasite azalması tesbit edilmektedir.

Seyhan barajı haznesine ait veriler Bureau of Reclamation'ın geliştirdiği yöntemle uyarlanarak yapılan hesaplamalar doğru sonuç vermemiştir. Yapılan hesapların amaç Seyhan barajının gelecekteki sirtlenme seyrini tahmin edebilmektir. Bu hataların anahtar eğrisinin kullanımından ileri geldiği düşünülerek aynı çalışma burada mevsimlik (altı aylık - Kış, Yaz) sediment anahtar eğrileriyle yapılmıştır.

05.01.1971	76.1	79	321.0337	4.335	5.778
10.02.1971	77.2	82	323.06	4.355	5.77
18.03.1971	171	831	8327.54	5.142	9.14
07.10.1971	81.4	114	815.613	5.134	6.421
08.11.1971	62	40	314.272	4.877	3.367
10.12.1971	74.3	112	724.7313	4.916	6.586
11.01.1972	50.7	15	78.6571	4.106	4.36

4.3- Seyhan Üçtepe İstasyonundaki Kış Aylarında Yapılmış Ölçümler

Tarih	Debi (Q)	PPM	Sediment(Q _s)	$x = \frac{1}{n}Q$	$y = \frac{1}{n}Q_s$
-	m ³ /sn	-	m ³ /gün	-	-
07.11.1968	79.1	70	478.3968	4.37	6.17
05.12.1968	148	370	4731.264	4.997	8.462
19.03.1969	838	2940	212865.4	6.731	12.268
08.01.1970	124	48	514.2528	4.82	6.243
13.02.1970	360	1370	42612.48	5.886	10.66
27.03.1970	231	284	5668.1856	4.442	8.643
21.10.1970	71.3	69	425.0621	4.267	6.052
16.11.1970	66.5	123	706.07	4.197	6.565
14.12.1970	96.3	82	682.2662	4.567	6.425
05.01.1971	76.3	79	323.0237	4.335	5.778
16.02.1971	77.9	48	323.06	4.355	5.77
18.03.1971	171	631	9322.64	5.142	9.14
07.10.1971	62.4	114	614.615	5.134	6.421
08.11.1971	62	40	214.272	4.127	5.367
16.12.1971	74.9	112	724.7923	4.316	6.586
11.01.1972	60.7	15	78.6672	4.106	4.36

17.2.1972	125	482	5205.6	4.828	8.557
14.3.1972	137	758	8972.2944	4.92	9.102
19.10.1972	70.3	413	2508.529	4.253	7.827
7.11.1972	64.1	159	880.5802	4.16	6.789
28.12.1972	54.8	52	246.2054	4.003	5.506
12.1.1973	58.6	44	222.7738	4.071	5.406
4.2.1973	43.8	96	454.5331	4.003	6.119
7.3.1973	124	388	4156.8768	482	8.332
12.10.1973	54.7	149	704.1856	4002	6.557
29.11.1973	52	92	413.3379	3.951	6.024
27.12.1973	58	48	240.5376	4.06	5.483
26.1.1974	52.4	41	185.6218	3.96	4.224
17.2.1974	67.1	60	347.8464	4.206	5.852
14.3.1974	191	3000	49507.2	5.252	10.81
1.10.1974	53	593	2715.4656	3.97	7.907
5.10.1974	63	760	5225.472	4.143	8.561
12.12.1974	180	1160	18.040.32	5.673	9.8
11.1.1975	291	1380	34696.512	5.673	10.454
6.2.1975	133	177	1728.0864	4.727	7.455
9.3.1975	148	299	3823.3728	4.997	8.249
2.10.1975	72.5	41	256.824	4.284	5.548
27.11.1975	80.8x	126	879.6211	4.392	6.779

26.13.1975	71.6	52	321.6845	4.271	5.774
22.1.1976	142	259	3277.6192	4.959	8.064
15.2.1976	116	123	1232.7552	4.754	7.117
15.3.1976	123	208	2210.4576	4.812	7.701
4.10.1979	69.4	60	359.7696	4.239	5.885
10.11.1976	81.6	50	352.512	4.402	5.865
28.12.1976	285	1668	41072.832	5.652	10623
12.1.1977	113	97	947.0304	4.727	6.853
17.2.1977	279	483	11643.00	5.631	9362
4.3.1977	408	741	26121.2192	6.011	9.013
17.10.1977	79.2	1200	8211.456	4.372	9.013
7.11.1977	70.4	64	389.2838	4.254	5.964
12.12.1977	73.7	48.	305.64	4.3	5.722
9.1.1978	183	1653	10324.71	5.209.	9.242
16.2.1978	269	494	11481.35	5.595	9.348
7.3.1978	303	414	10864.368	5.714	9.293
16.10.1978	72	34	211.5072	4.277	5.354
17.12.1978	153	812	10733.9904	5.03	9.281
11.12.1978	153	459	211.5072	4.254	2.613

4.4. Ölçümlerin Değerlendirilmesi;

Ölçüm istasyonunda okunan PPM miktarını sediment debisine çevrilmesine yarıyan formül,

$$Q_s = \frac{Q \text{ (PPM)} 86400}{1.000.000} = m^3/\text{gün}$$

$$S_x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad 1/2$$

$$S_y = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad 1/2$$

$$\bar{x} = 4.669 \quad S_x = 0.631 \quad N = 57$$

$$\bar{y} = 7.432 \quad S_y = 1.8263 \quad x_i y_i = 2034.165$$

$$r = \frac{\sum x_i y_i - N \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{N \cdot S_x \cdot S_y}$$

$$r = \frac{2034.165 - 57 \cdot 4.669 \cdot 7.432}{57 \cdot 0.631 \cdot 1.8263} = 0.8566$$

$$b = \frac{S_y}{S_x} \cdot r$$

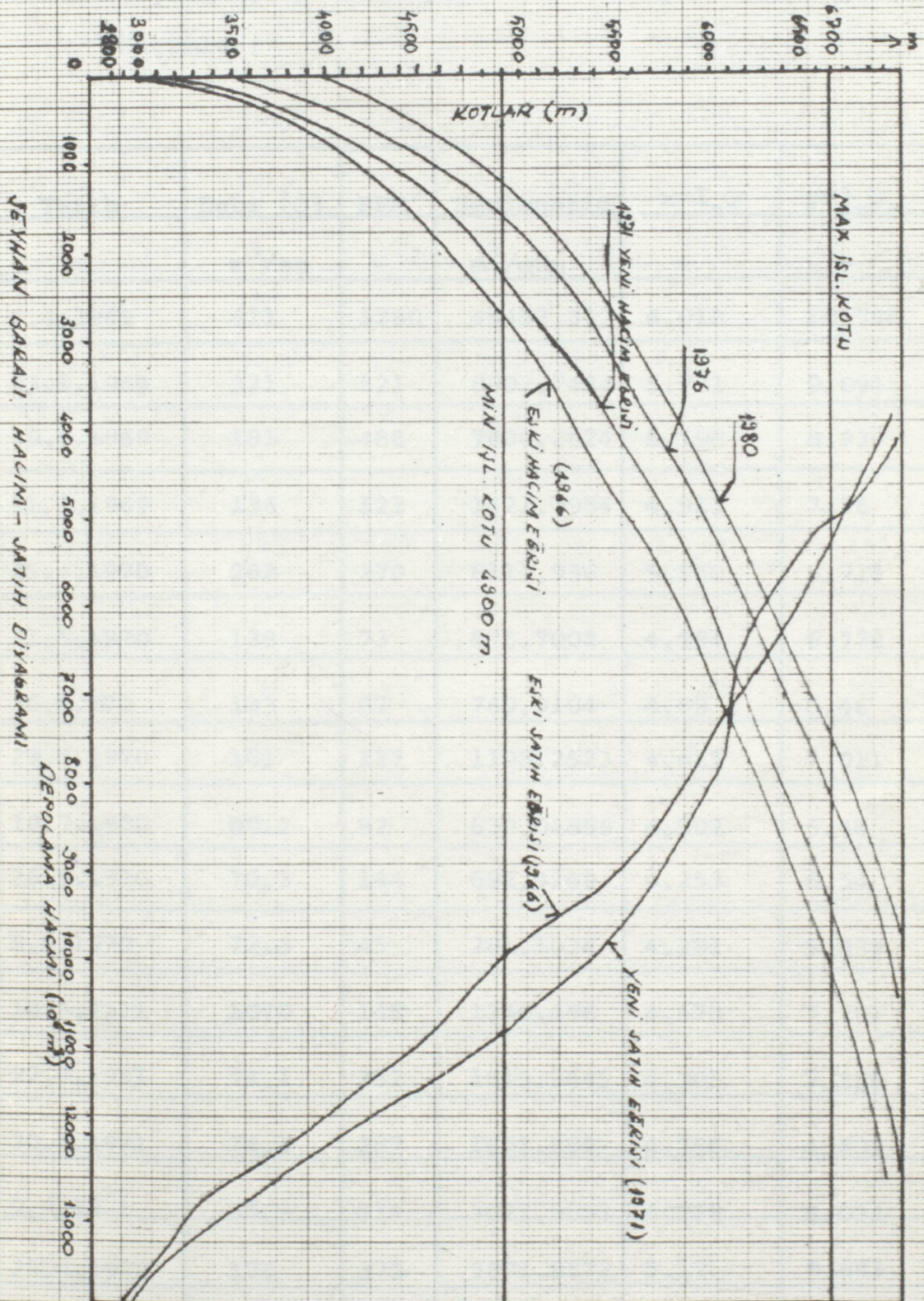
$$b = \frac{1.8263}{0.631} \cdot 0.8566 = 2.4793$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

$$a = 7.432 - 2.4793 \cdot 4.669 = -4.144$$

$$y = a - b \cdot x \quad 1_n Q_s = 0.01586 - 2.4793 \cdot 1_n Q$$

$$y = -4.144 - 2.4793 \cdot x \quad Q_s = 0.01586 - 2.4793 \cdot Q$$



4.6- Seyhan Üçtepe İstasyonundaki Yaz Aylarında Yapılmış Ölçümler;

Tarih	Debi (Q)	PPM	Sediment(c)	$x=l_n Q$	$y=l_n c$
-	m ³ /sn	-	m ³ /gün	-	-
5.4.1969	411	1280	45453,312	6.018	10.724
23.5.1969	321	321	8902.7424	5.771	9.094
20.6.1969	181	486	7600.2624	5.198	8.936
11.7.1969	136	121	1421.7984	4.913	7.26
15.4.1970	262	270	6111.936	5.568	8.718
21.5.1970	139	73	876.7008	4.984	6.776
26.5.1970	133	67	769.9104	4.89	6.46
29.6.1970	101	127	1108.2523	4.615	7.011
10.7.1970	90.2	82	639.04896	4.502	6.46
26.8.1970	70.3	144	692.4269	4.253	6.54
9.9.1970	72.3	45	281.1024	4.281	5.639
18.6.1971	1070	145	1340.496	4.673	7.201
22.7.1971	74.1	252	1613.3645	4.305	7.386
20.8.1971	74.1	287	1603.599	4.386	4.403
9.9.1971	69.3	514	3077.5853	4.238	8.032
25.4.1972	176	373	5671.9872	5.17	8.643
9.5.1972	146	866	18406.3104	5.505	9.82

8.6.1972	115	301	2990.736	4.745	8.003
3.7.1972	108	208	1940.8896	4.682	7.571
16.8.1972	79.50	745	5117.256	4.376	8.54
28.9.1972	67.8	76	445.2019	4.217	6.099
28.4.1973	239	2626	54101.952	5.476	10.899
18.6.1973	101	1400	12216.96	4.615	9.411
9.7.1973	62.9	63	342.3773	4.142	5.836
17.8.1973	55.1	90	428.576	4.009	6.06
2.9.1973	54.6	103	485.896	4.00	6.206
4.4.1974	100	186	1607.04	4.605	7.382
12.5.1974	134	1450	16787.52	4.898	9.728
13.6.1974	134	279	1899.5213	4.367	7.549
19.7.1974	49.1	81	343.6214	3.894	5.839
29.8.1974	54.8	2270	10747.8144	4.004	9.282
13.9.1974	59.7	899	4637.1139	4.089	8.442
13.5.1975	341	1100	32408.64	5.832	10386
6.4.1975	320	159	4396.032	5.768	8.388
14.6.1975	165	304	433.824	5.106	8.374
7.7.1975	116	99	992.2176	4.754	6.9
7.8.1975	87.8	234	1775.1053	4.475	7.482
8.9.1975	76.9	100	664.416	4.343	6.499
6.4.1976	318	712	19562.34	5.762	9.881

18.5.1976	192	228	3782.2464	5.257	8.238
21.6.1976	127	140	1536.192	4.844	7.337
8.7.1976	97.5	77	648.648	4.58	6.475
5.8.1976	80.4	121	840.5338	4.387	6.734
7.9.1976	75.6	205	1339.0272	4.325	7199
11.4.1977	242	324	6774.4512	5.49	8.821
3.5.1977	404	756	26388.6336	6.001	10181
17.6.1977	134	153	17713728	4.635	5.444
11.7.1977	103	26	231.3792	4.898	7.48
12.8.1977	80.7	50	348.624	4.391	5.854
21.9.1977	74.6	91	586.535	4.312	6.375
11.4.1978	354	648	19819.4688	5.869	9.894
16.5.1978	235	223	4527.792	5.46	8.418
20.6.1978	120	1950	20217.6	4.787	9.914
10.7.1978	91.4	168	1326.6893	4.515	7.19
15.8.1978	73.4	43	272.6957	4.296	5.608
12.9.1978	71.6	55	340.2432	4.271	5.83

5.7- Ölçümlerin Değerlendirilmesi;

$$\bar{x} = 4.78 \quad N = 56 \quad S_x = 0.584$$

$$\bar{y} = 7.733 \quad x_i y_i = 2105.131 \quad S_y = 1.482$$

$$r = \frac{x_i \cdot y_i - N \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{N \cdot S_x \cdot S_y}$$

$$r = \frac{2105.131 - 56 \cdot 4.78 \cdot 7.733}{56 \cdot 0.584 \cdot 1.482} = 0.7255$$

$$b = \frac{S_y}{S_x} \cdot r$$

$$b = \frac{1.482}{0.584} \cdot 0.7255 = 1.8411$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$a = 7.733 - 1.8411 \cdot 4.78 = -1.0674$$

$$y = a - bx$$

$$y = -1.06975 - 1.8411 x$$

$$l_{nQ_s} = 0.34387 - 1.8411 l_{nQ}$$

$$Q_s = 0.34387 Q^{1.8411}$$

çizilmiş olan hacim diyagramında, max. işletme kotunda (67m.) tahmin edilen hacim değeri dir. (Şekil: 5)

$$Q_{Ayak} \text{ akım} = \frac{(3209.98 - 2463.46 - 3451.5 - 3622.56 - 2745.73) \times 10^6}{5}$$

$$= 1105.922 \cdot 10^6 m^3$$

5.9- Seyhan Üçtepe İstasyonunda Ölçülmüş Mevsimlik Ortalama Debileri

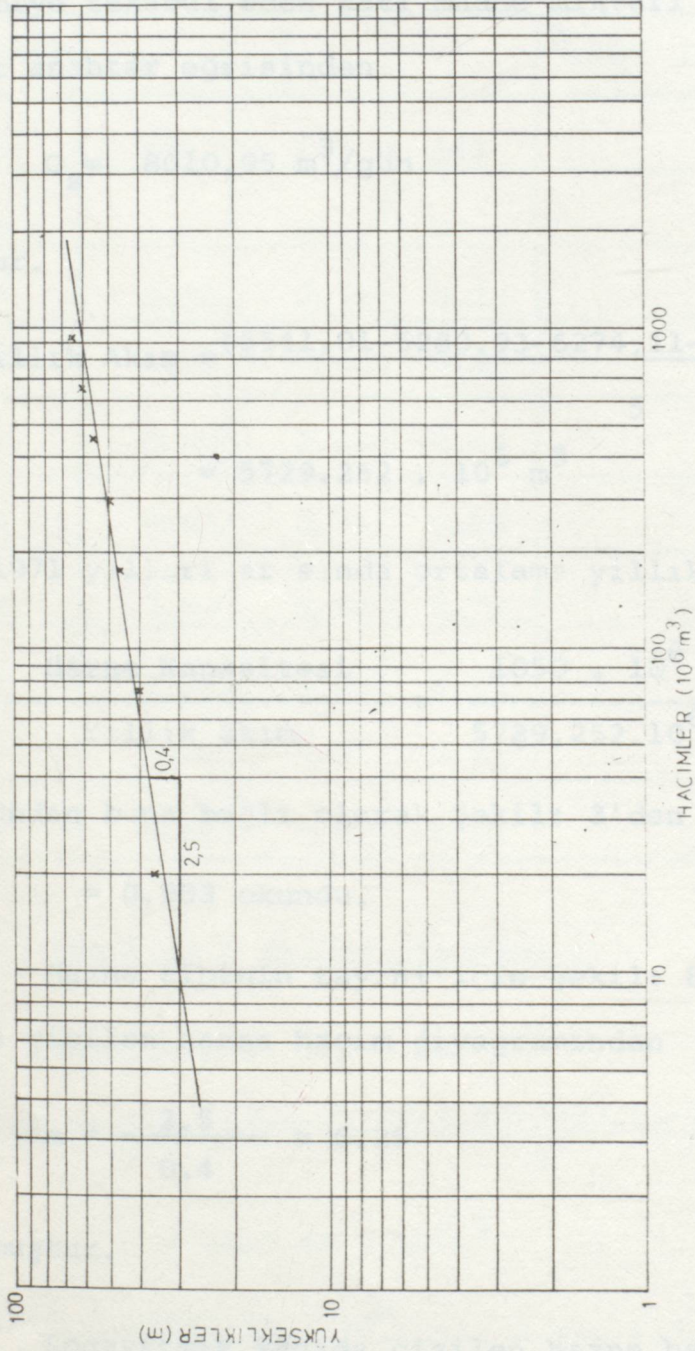
Yıl	Kış . $10^6 m^2$	Yaz . $10^6 m^3$	Yıllık Ak. $10^6 m^3$
1966	3209.96	2331.05	5541.01
1967	2463.46	2817.47	5280.93
1968	3451.5	28.22.61	6274.11
1969	3658.56	3277.77	6936.33
1970	2745.73	1868.15	4613.88
1971	1630.98	2166.19	3797.17
1972	1248.17	2081.4	3329.57
1973	1212.51	1526.97	2739.48
1974	1255.2	1348.09	2603.29
1975	2085.8	3430.64	5516.44
1976	1698.32	2629.64	4327.96

5.10- Yıllara göre kapasite azalmasının incelenmesi;

1966-1971 Arasında kapasite azalması (Kış)

Hazne kapasitesi = $1050 \cdot 10^6 m^3$ olup 1966 yılı için çizilmiş olan hacim diyagramında, max. işletme kotuna (67m.) tekabül eden hacim değeridir. (Şekil: 5)

$$\begin{aligned}
 6 \text{ Aylık akım} &= \frac{(3209.96 - 2463.46 - 3451.5 - 3658.56 - 2745.73) \times 10^6}{5} \\
 &= 3105,842 \cdot 10^6 m^3
 \end{aligned}$$



ŞEKİL 8 - HAZNE TİPİNİN TAYINI

olarak 1966-1971 yılları arasında ortalama 6 aylık akımdır.

$$Q = \frac{3105,342 \cdot 10^6}{86400 \cdot 30 \cdot 6} = 199,71 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Bu debiye tekabül eden katı madde miktarı Şekil: 6'daki sediment anahtar eğrisinden

$$Q_s = 8010.95 \text{ m}^3/\text{gün}$$

bulunur.

$$\begin{aligned} \text{Yıllık Akım} &= \frac{(5541.01 - 5280.93 - 6274.11 - 6936.33 - 4613.88) \times 10^6}{5} \\ &= 5729.252 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

1966-1971 yılları arasında ortalama yıllık akımdır.

$$\frac{\text{Hazne Kapasitesi}}{\text{Yıllık akım}} = \frac{1050 \cdot 10^6}{5729,252 \cdot 10^6} = 0.18$$

olduğundan buna bağlı olarak Şekil: 3'den

$$= 0,983 \text{ okundu.}$$

Hazne tipinin tayini için Şekil: 8'de logaritmik kâğıda çizilen hazne hacim diyagramından

$$m = \frac{2.5}{0.4} = 6.25$$

bulunmuştur.

Logaritmik kâğıda çizilen hazne hacim diyagramında bulunan değer sınırı aştığından I. tip esas alınmıştır.
(Şekil: 4)

Baraj Haznesinde 1966-1971 Yılları Arasında Kış aylarında kapasite Azalması;

Yükseklik (m)		$\frac{h}{H}$		$V_{\text{çök}} = .Q_s . 30 . 6 . 5 (10^6 m^3)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
30	-	-	-	-
35	0.93	0.52	0.22	0.77
40	0.93	0.60	0.33	1.33
45	0.93	0.67	0.44	1.98
50	0.93	0.75	0.65	3.27
55	0.93	0.82	0.70	3.85
60	0.93	0.90	0.86	5.19
65	0.93	0.97	0.95	6.18
67	0.93	1.00	1.00	6.71

Yaz İçin Kapasite Azalması :

Hazne kapasitesi = $1050 m^3$

$$6 \text{ Aylık Akım} = \frac{(2331.05 - 2817.47 - 2822.61 - 3277.77 - 1868.15) \cdot 10^6}{5}$$

$$= 2623.41 \cdot 10^6 m^3$$

$$Q = \frac{2623.41 \cdot 10^6}{86400 \cdot 30.6} = 168.69 m^3 \text{ bulunduğundan}$$

$$Q = 4332 m^3/\text{gün okunur (Şekil: 7)}$$

$$= 0.93 \text{ okunmuştur.}$$

1966-1971 Arasında Yaz aylarında kapasite azalması;

Yükseklik (m)		$\frac{h}{H}$		$V_{\text{çök}} = . . Q_s \cdot 30.6.5 (10^6 \text{ m}^3)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
30	-	-	-	-
35	0.93	0.52	0.22	0.42
40	0.93	0.60	0.33	0.72
45	0.93	0.67	0.44	1.07
50	0.93	0.75	0.65	1.77
55	0.93	0.82	0.70	2.08
60	0.93	0.90	0.86	2.81
65	0.93	0.97	0.95	3.34
67	0.93	1.00	1.00	3.63

1971-1976 Yılları arasında kış için kapasite azalması;

Hazne kapasitesi = $1050 - (6.71 - 3.63) \cdot 10^6 = 1039.66 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ dür.

$$6 \text{ Aylık Akım} = \frac{(1630.98 - 1248,17 - 1212,51 - 1255,51 - 2085.8) \cdot 10^6}{5}$$

$$= 1486.594 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{1486.594 \cdot 10^6}{86400 \cdot 30.6} = 95.59 \text{ m}^3/\text{sn}$$

bulunduğundan

$$Q_s = 1289.26 \text{ m}^3/\text{gün okunur. (Şekil: 6)}$$

$$\text{Yıllık Akım} = \frac{(3797.17 - 3329.57 - 2739.48 - 2603.29 - 5516.44) \cdot 10^6}{5}$$

$$= 3597.19 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Yıllık Akım	Hazne Kapasitesi	Yıllık Akım	Hazne Kapasitesi	Yıllık Akım	Hazne Kapasitesi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
30	0.95	0.52	0.22	0.13	
35	0.95	0.60	0.33	0.22	
40	0.95	0.67	0.44	0.32	
45	0.95	0.67	0.65	0.54	
50	0.95	0.92	0.70	0.63	
55	0.95	0.96	0.86	0.85	
60	0.95	0.97	0.95	1.02	
65	0.95	1.00	1.00	1.1	

Yaz için kapasite hesabı :

$$\text{Hazne Kapasitesi} = 1039.66 \text{ m}^3$$

$$\text{5 Aylık Akım} = \frac{(2166.19 - 2081.4 - 1526.97 - 1348.09 - 34439.64) \cdot 10^6}{5}$$

$$= 2110.658 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{2110.658 \cdot 10^6}{15400 \cdot 30.6} = 135.72 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Bulunduktan

$$Q_s = 2902.72 \text{ m}^3/\text{sn} \text{ olarak. (Şekil: 7)}$$

$$= 0.96 \text{ okundu. (Şekil: 3)}$$

1971-1976 Arasında Kış Aylarında Kapasite Azalması;

Yükseklik (m)		$\frac{h}{H}$		$V_{\text{çök}} = Q_s \cdot 30 \cdot 6.5 (10^6 \text{ m}^3)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
30	-	-	-	-
35	0.95	0.52	0.22	0.13
40	0.95	0.60	0.33	0.22
45	0.95	0.67	0.44	0.32
50	0.95	0.67	0.65	0.54
55	0.95	0.82	0.70	0.63
60	0.95	0.90	0.86	0.85
65	0.95	0.97	0.95	1.02
67	0.95	1.00	1.00	1.1

Yaz için kapasite Azalması :

Hazne kapasitesi = 1039.66 m^3

$$6 \text{ Aylık Akım} = \frac{(2166,19 - 2081,4 - 1526,97 - 1348,09 - 34430,64) \cdot 1}{5}$$

$$= 2110.658 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{2110.658 \cdot 10^6}{86400 \cdot 30 \cdot 6} = 135.72 \text{ m}^3/\text{sn}$$

bulunduğundan

$$Q_s = 2902.72 \text{ m}^3/\text{gün okunur. (Şekil: 7)}$$

$$= 0.95 \text{ okundu. (Şekil: 3)}$$

1971-1976 Arasında Yaz Aylarında Kapasite Azalması;

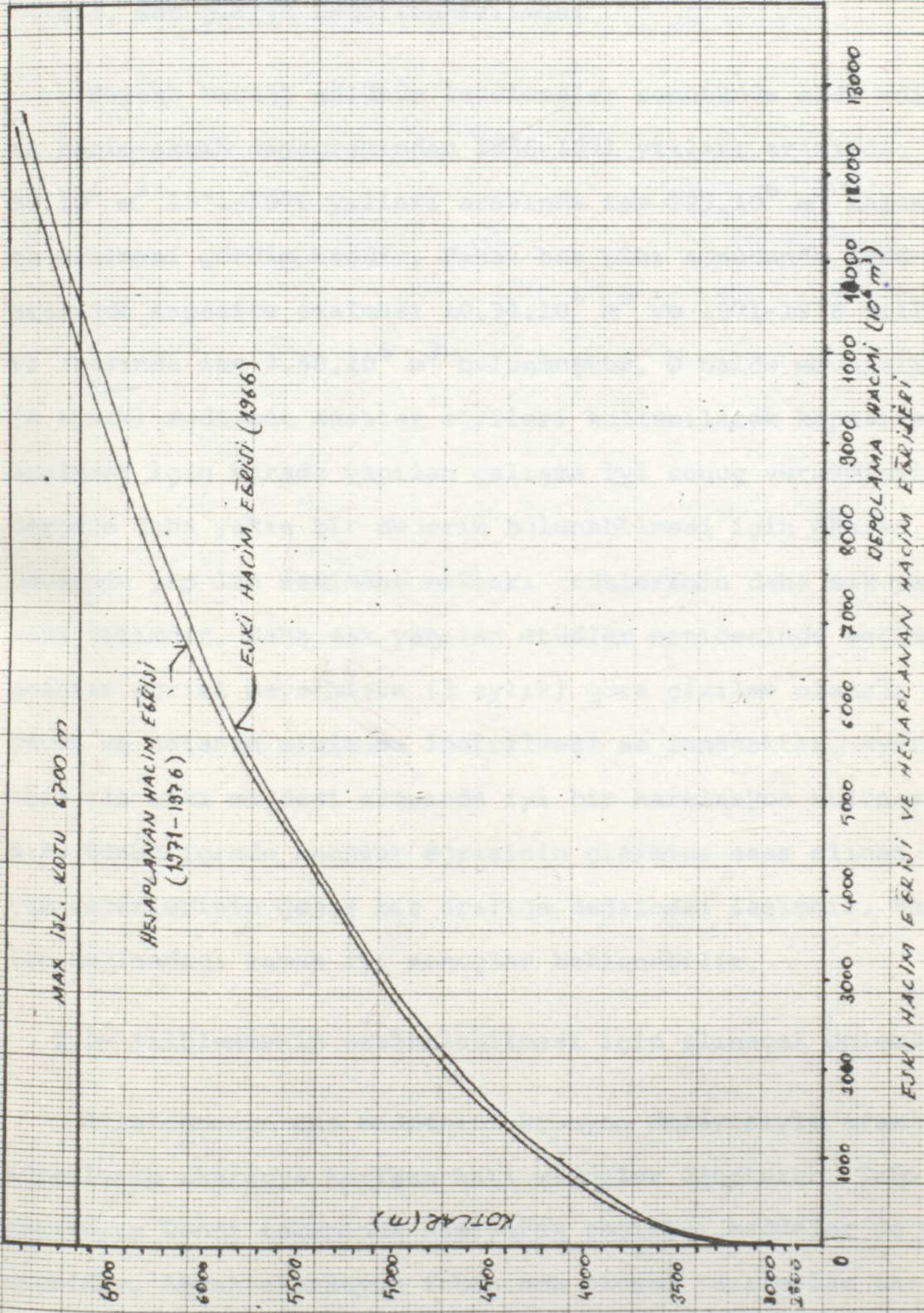
1971-1976 Yılları arasında kapasite azalması;

Yükseklik (m)		$\frac{h}{H}$		$V_{\text{Çök}} = . . Q_s . 30 . 6 . 5 (10^6 \text{ m}^3)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
30	-	-	-	-
35	0.95	0.52	0.22	0.28
40	0.95	0.60	0.33	0.49
45	0.95	0.67	0.44	0.73
50	0.95	0.75	0.65	1.21
55	0.95	0.82	0.70	1.42
60	0.95	0.90	0.86	1.92
65	0.95	0.97	0.95	2.29
67	0.95	1.00	1.00	2.48

Yukarda hesaplanan hazne kapasitesindeki azalmaları dikkate alarak, haznenin 1971 ve 1976 yıllarındaki kapasiteleri tayin edilmiştir.

1966-1976 Yılları arasında kapasite azalması;

Yüksekl. (m)	Hacim (1966) $10^6 m^3$	Hacimdeki azalma 1966-1971 $10^6 m^3$	Hacim (1971) $10^6 m^3$	Hacimdeki azalma 1971 - 1976 $10^6 m^3$	Hacim (1976) $10^6 m^3$		
(1)	(2)	K I Ş (3)	Y A Z (4)	(5)=(2) (3+4)	K I Ş (6)	Y A Z (7)	(8)=(5)-(6+7)
30	--	-	-	-	-	-	-
35	20	0.77	0.42	18.81	0.13	0.28	18.4
40	75	1.33	0.72	72.95	0.22	0.49	72.24
45	170	1.98	1.07	166.95	0.32	0.73	165.9
50	295	3.27	1.77	289.96	0.54	1.21	288.21
55	455	3.85	2.08	449.07	0.63	1.42	447.02
60	664	5.19	2.81	657	0.85	1.92	654.23
65	925	6.18	3.34	915.48	1.02	2.29	912.17
67	1050	6.71	3.63	1039.6	1.1	2.48	1036.08



BÖLÜM V

5.1. Sonuçların Değerlendirilmesi

Seyhan barajı gölünün incelemeler sonucunda elde edilen hacim-satıh diyagramından 1966-1971 yılları arasında 50.10^6 m^3 1971-1976 yılları arasında ise 125.10^6 m^3 kapasite azalması görülmektedir. Fakat hesaplar sonucunda 1966-1971 arasında kapasite azalması $10.34.10^6 \text{ m}^3$ ve 1971-1976 yılları arasında ise $3.58.10^6 \text{ m}^3$ bulunmuştur. O halde mevsimlik (6 aylık) sediment anahtar eğrileri kullanılarak kapasite azalması için burada yapılan çalışma iyi sonuç vermemiştir. Gerçeğe daha yakın bir değer bulunabilmesi için akarsu üzerinde yapılan sediment miktarı etütlerinin daha sık yapılması lazımdır. Daha sık yapılan etüdler neticesinde sediment anahtar eğrisi mevsimlere (3 aylık) göre çizilme olanağı doğacak ve hatanın minimuma indirilmesi sağlanacaktır. Ayrıca akım ile askı maddesi arasında iyi bir korelasyon bulunmalıdır. Bunun içinde anahtar eğrisinin çizimine esas alınan ölçüm değerlerinin geniş bir aralığa dağılması lazımdır. Bunlar sağlandığı zaman iyi sonuçlar beklenebilir.

5.2- Siltlenmenin azaltılabilmesi için alınacak önlemler

Siltlenmenin ana maddesini Erozyon dolayısıyla arazide sürüklenip akarsuya karışan katı maddeler oluşturur. Tabii akarsuyun kendi tabanında kazıyarak taşıdığı maddeler de yok değildir. Ancak akarsuyun tabanında oluşan kazılmalar zamanla durma noktasına doğru yaklaşır. Biz burada Seyhan barajının jeolojik yapısı ve arazi durumlarını göz önüne ala-

rak erozyona karşı nasıl tedbir alınabilir bunları anlatmaya çalışacağız. Öncede belirttiğimiz gibi Seyhan barajının ölü hacmi dolmuş ve tesisleri zarar görme noktasına gelmiştir. Bunun için barajı bir süre daha işletmeye açık tutabilmek için gelen katı madde miktarını azaltmamız gerekir. Baraj gölüne su taşıyan Seyhan nehrine kıyı olan tepelerden erozyonu minimuma indirebilmek için önlemler alınmalıdır. Bu arazinin durumuna göre ağaçlandırma, çimenleme vb. şeklinde olabilir. Bu bölgede böyle bir önlem yolu kabul edilmiş ve bazı kısımlarda böyle çalışmalara başlanmıştır. Seyhan barajına gelen katı maddeler için daha sıkı önlemler alınmadığı takdirde kısa bir süre sonunda işletilemez duruma geleceği söylenebilir.

REFERANSLAR

M. AKIŞ, Hareketli Tabanlı Akışların Hidroliği

M. AKIŞ, Akarsu Yapıları I - I.T.Ü. 1980

M. AKIŞ, Hidrolojide İstatistik Yöntemler, I.T.Ü. 1981

M. AKIŞ, Yıllıklar

M. AKIŞ, D.S.İ. Genel Müdürlüğü, 1983

Bu tez çalışmam esnasında bana zaman ayırarak kıymetli bilgilerinden yararlandığım Sayın Hocam Doç. MUSTAFA ERSİN'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca bana Adana'da yardımcı olan Seyhan Barajındaki T.E.K. ile D.S.İ. Mühendis ve elemanlarına teşekkürlerimi bildiririm. Tezimin temize yazılmasında daktilo ve kıymetli zamanı ile katkıda bulunan MİLSAN BASIN SANAYİİ A.Ş. mensubu MUZAFFER ÇALIŞKAN'a ayrıca teşekkürlerimi bir borç bilirim.

REFERASLAR

- BAYAZIT M., Hareketli Tabanlı Akımların Hidroliği
- MÜFTÜOđLU F., Akarsu Yapıları I - İ.T.Ü. 1980
- BAYAZIT M., Hidrolojide İstatistik Yöntemler ,İ.T.Ü.1981
- EİE,Su Yıllıklar
- Seyhan Taşkını, D.S.İ. Genel müdürlüğü, 1983
- DŞS.İ. VI. Bölge Müdürlüğü Arşivi Dökümanları

