

# Kuvvet ve Derivasyon Tünelleri

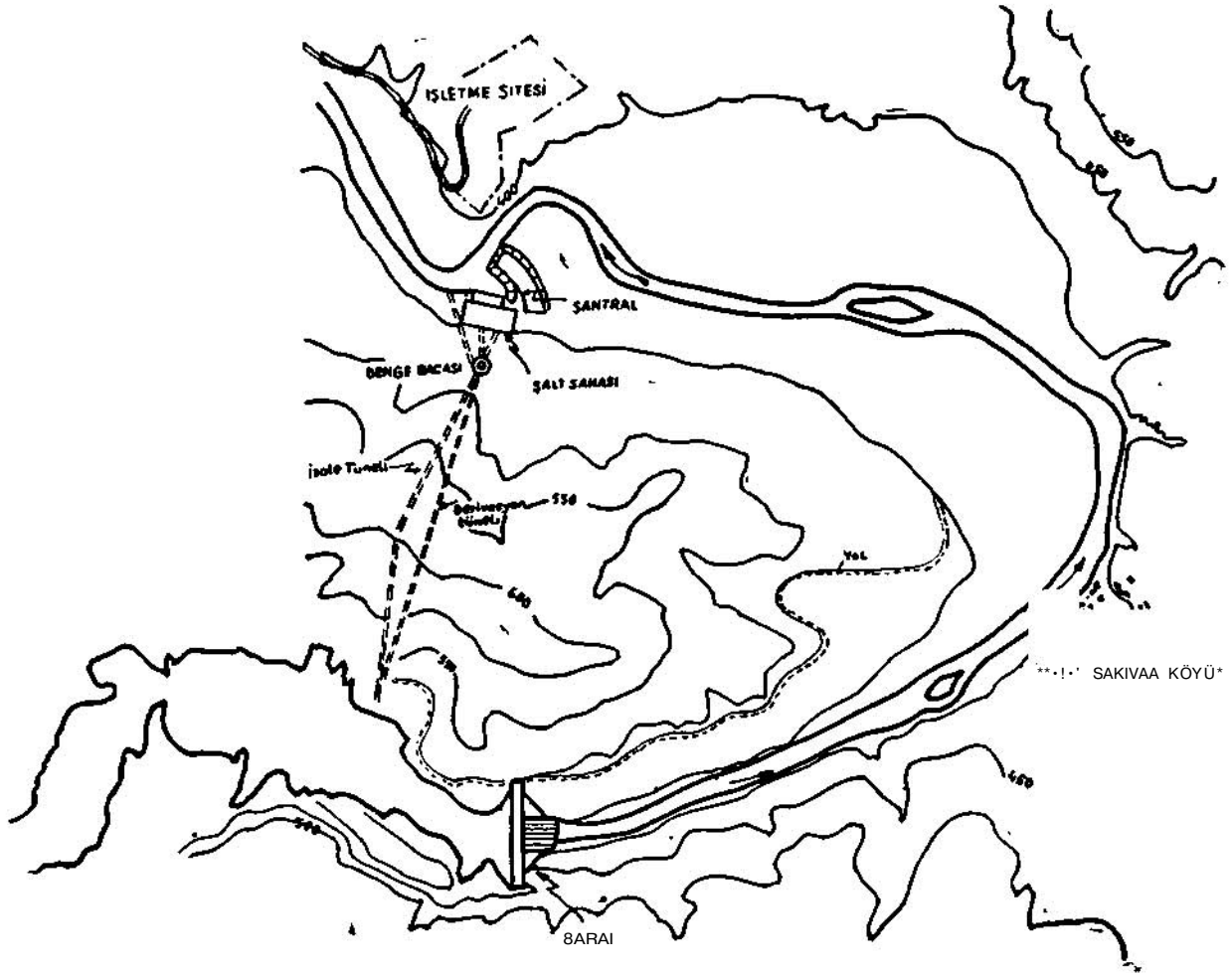
Sarıyar Hidroelektrik tesislerinin avan projesi ve ilk projesinde derivasyon ve isale için çift maksatlı tek bir tünel derpiş edilmişken, sonradan iki tünel inşa edilmesi memleketimiz mühendislik çevrelerinde alâka ile karşılanan bir vaka olmuştur.

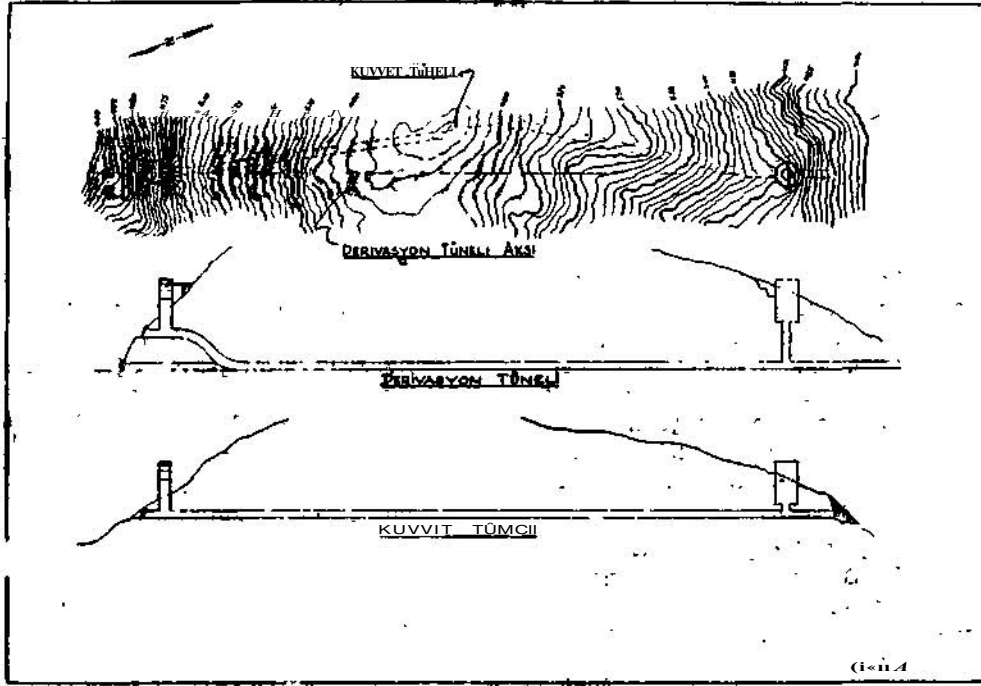
Bu yazıda, iki tünel inşasını zaruri kılan teknik ve ekonomik âmillerin izahının yapılmasına çalışılacaktır.

İlk projeye göre, Sanyar mevkiinde Sanyar nehri bir (S) yapar. Baraj mahallinin arkasında yapılacak bir batardo ile nehrin baraj temeli çukuruna akması önlenecek ve

tünel vasıtası ile nehir derive edilecekti. Derive edilen nehir tünele tabanı 399.00 kotundaki alt ağızdan girerek ve denge bacası civarındaki kurptan garba doğru dönerek santral mahallinin mansap tarafından tekrar yatağına akacaktı. Baraj inşaatı kâfi derecede ilerlediği zaman tünelin kapağı kapanarak su tutmağa başlanacak ve bu esnada yukarıda tabanı 430.00 kotundaki su alma ağzı ve su alma tesisleriyle mansap tarafından santrale giden tünelin alinyimandaki kısım inşa edilecek ve bu arada da memba ve mansap tarafındaki beton tıkaçlar ikmal edilecekti.

Borcij *Santnl ve tüneli gösteren vaziyet plâni*





Şekil: 1 (tik Projeye göre)

Bu suretle santral tamamlanınca su, tabanı 430.00 kotandaki su alma ağzından girecek ve mihvəri 384.50 kotundajü türbinleri çevirdikten sonra tekrar yatağına dönecekti

Bu ilk projenin tatbikinde tünelin işletme esnasında atıl kalacak olan memba tarafında 353.00 ve mansap tarafında 180.00 metre kadar iki kısım hariç bütün tünel hem deriwaşyon ve hem de işjüe maÇsadiyle kullanılmış olacaktı.

Tünelin işâle maksadiyle, yani bütün işletme esnasında kullanıldığı zaman dahildeki tazyik su darbesiyle beraber J3,30 atmosfere kadar çıkacağından, dış kayanın da buna mukavemet edecek kadar sağlam olması gerekmektedir.

18 Nisan 1952 tarihinde arazinin çürük ve insicamsız olması dolayışıyle vaki olan göçük bütün tünelin tekrar gözden geçirilmesini icap ettirdi.

Tünelin yeniden etüdü:

Tünel cidarının iksası çürük arazide dış yüklerle (toprak dafiası) mukavemet etmeli ve iş tazyik neticesinde beton veya betonarme iksadaki beton cer gerilmeleri tehlikeli çatlaklar tevliht etmemelidir. Tünelia çürük noktalarında hafriyat esnasında içeri destek olarak 1 NP 26 26 lık putreller konulmaktadır. Ve gerek pratikteki teamül ve gerekse şartnamelere göre bu putrellerin alinyimanda 10 cm. lık bir tolerans kaÇul edilmektedir. Bu hale njužaran kavis yerine «yeterin ikamesi ve demir "iksanın önünde zaruri olan bir beton

kalmağında nazarı itibara alınırca bu tip arazide betonarme, iksa kalınlığının 50 cm. den az olamayacağı meydana çıkar, bundan maada bu kalınlığı ve içeri konulacak teçhizatın statik şartları (mukavemet şartlarını) da taħkik etmesi ilımdır. Demekki iksanın asgari kalınlığı 0.50 m. olabilir.

İksanın azâmi kalınlığını tâyin edecek şartların en mühimlerinden biri de maliyet şartıdır.

Filhakika hidrolik sebepler dolayışıyle iç kuturda fazla bir daraltma yapılamıyacağına göre dışa doğru çıkmak yani hafriyatı da artırmak gerektir ki, bu "hal (ileride görülecek statik unşur hariç) gayri iktisadî neticeler doğurmaktadır.

Tüçslin iksası için iktisat şartının çizdiği kalıtfife limiti de 1.00 metre civarındadır. Aksamin dışındaki baya betonun iç tazyikle genişlemesine mukavejnet eder ve aksi tesir ile betona difardan içeri doğru bir tazyik yapar. Bu tazyikin değeri kaya kalınlığının artması ile artar ve biff limite doğru gider. Galerinin hesabında mütehavviller:

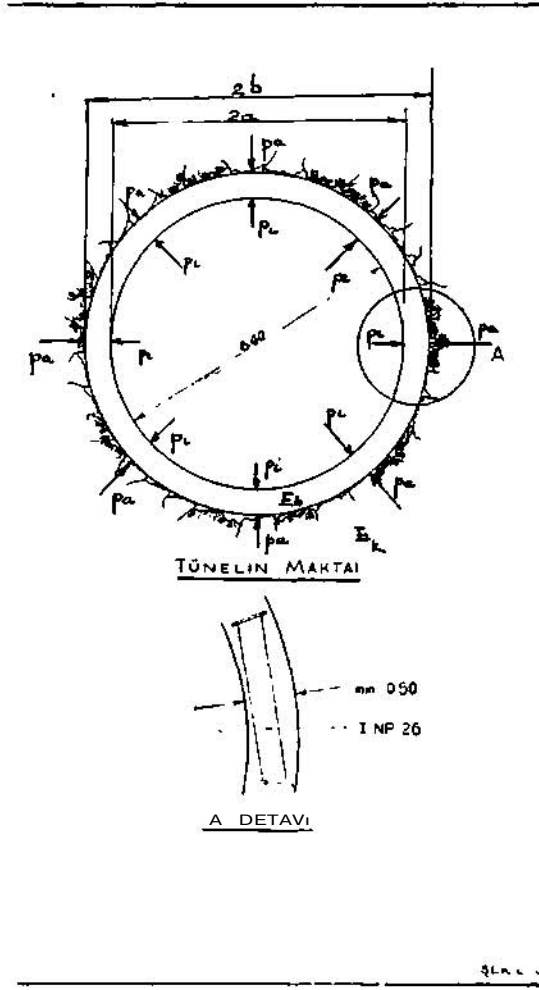
Ğ) Kayanın elastikiyet emsali Ek,

b) Kayanın kalınlığı d

olduğuna göre meseleyi basitleştirmek için kayanın limit değerini \* bulup muadelelerde bu değeri kullansak bir mütehav.vili ortadan kaldırmış olacağız.

Kalın cidaili silindirde :

2 a İç kutur



(ŞEKİL: 2)

- 2b Dış kutur
- P<sub>i</sub> İç tazyik
- P<sub>a</sub> Dış tazyik
- E Young emsali
- W Poisson emsali
- U<sub>b</sub> Silindir dış civarındaki bir noktanın radyal deformasyonu

olduğuna göre:

$$U_b = \frac{1 - W a^2 x P_i - b^2 P_a}{b^2 - a^2}$$

$$x_b + (1 + W) \frac{(P_i - P_a)}{(b^2 - a^2) b}$$

formülü, kaya ve betonun temas ettikleri P gibi bir noktada kayanın radyal olarak deformasyonunun beton deformasyonuna müsavi olduğu (burada rötrenin ikmalinden dolayı yapılan takribiyet ilerdeki daha dakik hesaplarda nazarı itibara alınarak kuPanılmalıdır.

Kaya kalınlığı 0.00 dan itibaren tahavül ettirilir ve:

$$P_i = 1100 \text{ Kg/cm}$$

$$W_b = 0.15 \text{ (betonda Poisson emsali)}$$

$$W_k = 0.20 \text{ (kayada } \gg \gg \text{)}$$

$$E_b = 200.000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (kabal)}$$

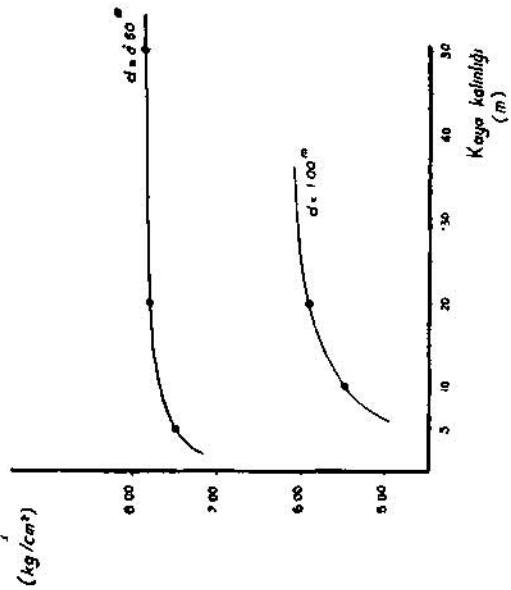
$$E_k = 100.000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (kabal)}$$

a = 4.20 alınıp 0.50 m ve 1.00 m. lik iksa kalınlıkları ve muhtelif kaya kalınlıkları için ıpa yani kayanın betona tazyiki aranırşa aşağıdaki münhaniler bulunur:

1 — Pratikte 20.00 m lik bir kaya kalınlığı gaye haline tekabül eder ve kaya kalınlığının bundan sonra artması pratik netice üzerine tesir etmez.

2 — İksanın kalınlığı **artıkça kayanın tesiri azalır.**

Şimdi de ince ve kalın iksalan gaye kalığında kaya sardığına göre ki (bu hâl mevzuu bahis tünelde daima mevcuttur) bu kayanın



(ŞEKİL: 3)

elastikiyet emsalinin tahavülünün iksalan tesirini ve beton iksadaki doğurduğu mümasesi cer gerilmelerini arayalım:

1.00 m lik iksada :

$$P_i = 110 \text{ t/m}^2$$

$$a = 4.20 \text{ m.}$$

$$b = 5.20 \text{ m. olursa,}$$

$$P_a = \frac{2146.20}{6.24 E_b + 2.93 E_k} \text{ bulunur.}$$

0.50 m lik iksada ise :

$$P_i = 110. \text{ t/m}^2$$

$$a = 4.20 \text{ m.}$$

$$b = 4.70 \text{ m. olursa}$$

$$P_o = \frac{410.20}{5.64 E_b + 41.42 E_k} \text{ bulunur.}$$

Kalın cidarlı boruda iç ve dış tazyikler malûm olunca âzami mümasesi gerilmeler

11X 30 1000 0100  
PH 1000 1000 0100  
0100 1000 0100  
0100 1000 0100

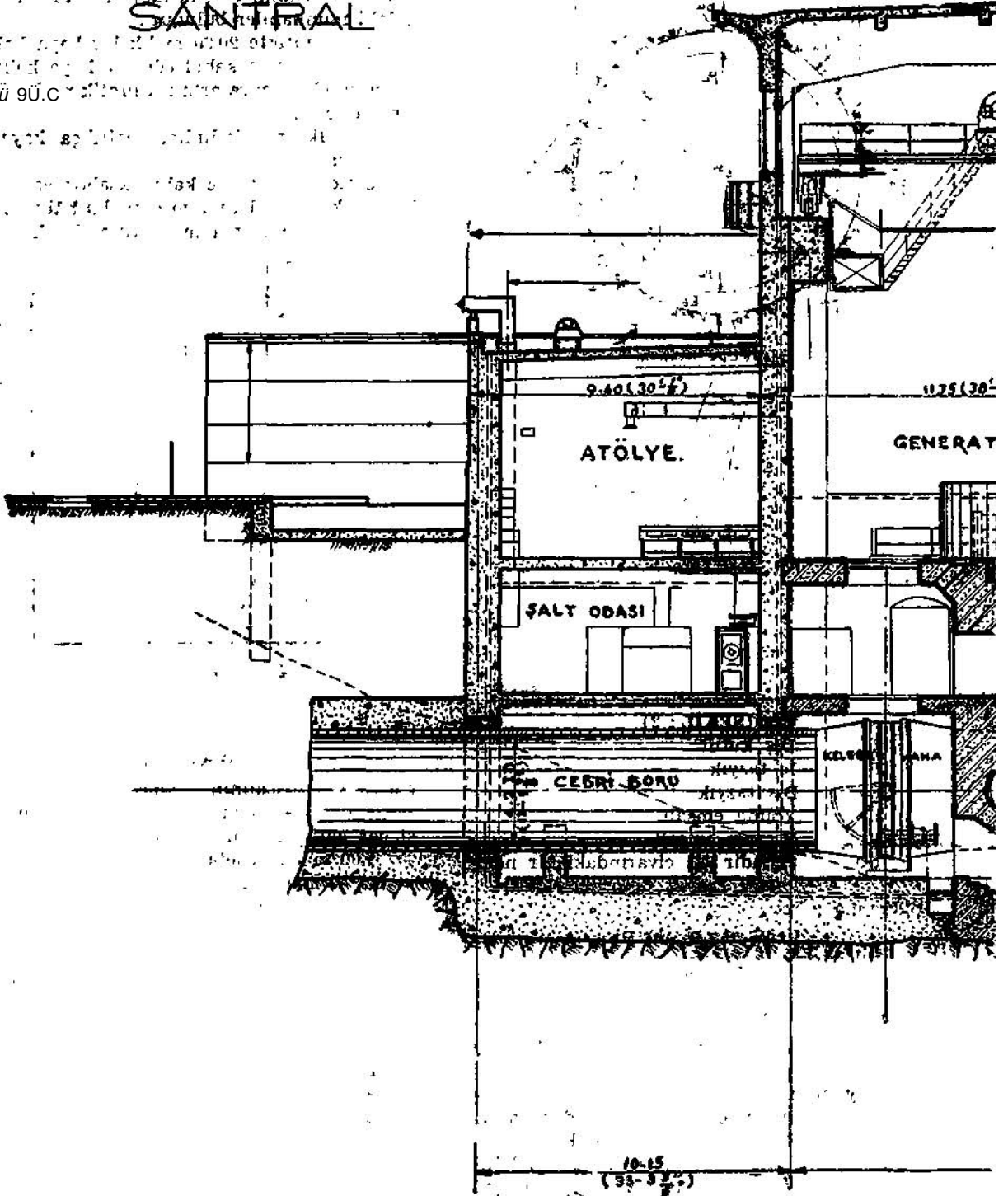
# HİDRO CEUSKTRİK SANTRAL

0100 1000 0100  
0100 1000 0100  
0100 1000 0100  
0100 1000 0100

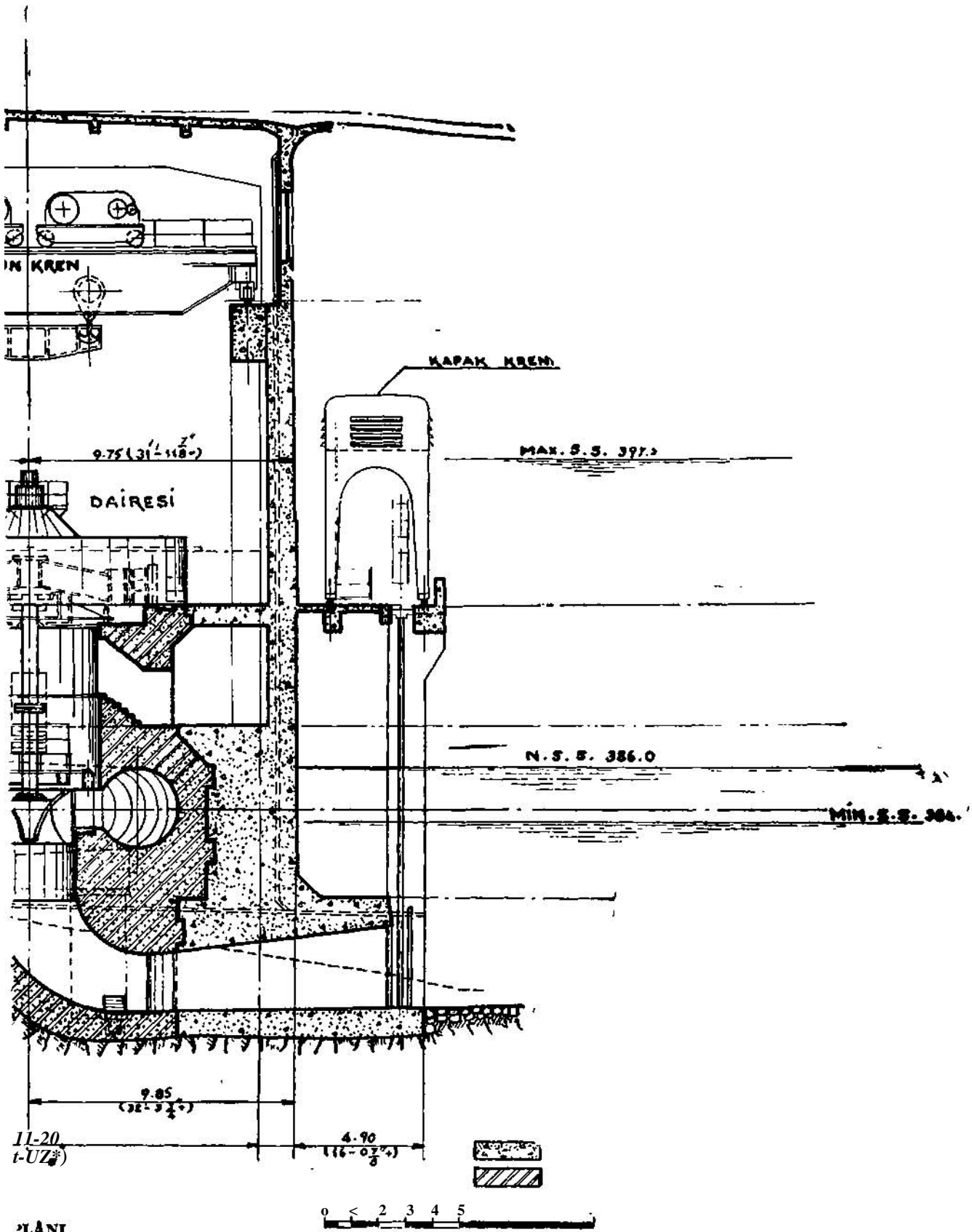
0100 1000 0100

0100 1000 0100

0100 1000 0100



SANTRAL BİNASINDA I No. LÜ ÜNİTENİN

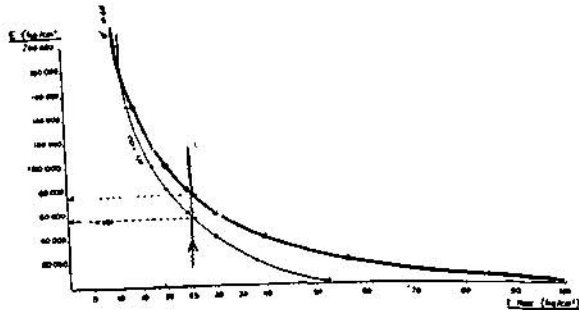


$$t = \frac{P_i (a^2 + b^2) - 2b^2 p_o}{26 \max (b^2 - a^2)} \text{ formülü}$$

ile muayyen olduğundan:  
0.50 m ve 1.00 m kalınlıkta iksalar için harici kayanın young amsaunı değiştirerek tu neticeleri toplarsak aşağıdaki tablo elde edilir:

Ek Kg/cm <sup>2</sup>	0.50 m lik iksada		1.00 m. lik ifciada	
	Po (Kg/cm <sup>2</sup> )	tmax (Kg/cm <sup>2</sup> )	Po (Kg/cm <sup>2</sup> -O	ttnax (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	98.34	0.00	52.30
5.000	1.54	83.04	0.78	47.82
10.000	2.66	72.24	1.45	43.95
20.000	4.20	56.74	2.50	37.90
30.000	5.20	46.74	3.30	31.30
40.000	5.90	39.84	3.90	28.90
50.000	6.50	33.84	4.40	27.15
60.000	6.82	30.74	4.90	24.10
70.000	7.13	27.54	5.10	22.90
80.000	7.40	24.84	5.50	20.70
90.000	7.61	22.84	5.70	19.50
100.000	7.80	20.84	6.90	18.30
150.000	8.40	14.94	6.70	13.70
200.000	3.73	10.69	7.11	11.40

Betonarme iksada, demir teçhizatı nazarı itibare almadan sadece betonda doğacak cer gerilmeleri 25 Kg/cm<sup>2</sup> değerini aşınca makta-ın değışmesi lâzımdır. Aksi halde vaki olacak çatlaklardan galeri fazla su kaçırır, kaçan su betonla kaya araşma nüfuz eder, burada kayanın dekompoze olmasını intaç eder, kayanın mukavemeti daha fazla azalır ve bu suretle istikbalde galeri yıkılabilir. Bu sebepten dolayı betontia 25 Kg/cm<sup>2</sup> değerinden daha büyük mümasi cer gerilmelerine tekabül eden elâsiööyet -emsali kayalarda betonarme iksa yapılamaz, çelik iksaya gitmek lâzımdır. Bu elâşlişiyet-eBışali değerlerinin de 0.50 m. lik iksa için Ek = 70.000 ilâ 80.000 Kg./cm<sup>2</sup> arasında ve 1.00 m. lik iksa için de Ek = 50.000 ilâ 60.000 Kg/cm<sup>2</sup> arasında olması gerektiği şekil 4 de görölmektedir.



Şekil: 4

İlk hesapların yapılması sırasında  $p_i = 110$  t/m<sup>2</sup> (yani statik tazyik) alındığı ve su dar-

besinin hesaba katılmadığı düşünülürse bu limitlerin dahi çok tehlikeli olduğu meydana çıkar.

Halbuki Sarıyar tünelinin 700 metre kadar tutan bir kısmında kayanın elastikiyet emsali bu değerin altındadır. Dolayısıyla iksa betonarme yapılamaz » elması lâzımdır. Bu hâlde tünelin ütöası için gerekli kalın-

çelik levhalar memleketimizde bulunmadığından dövizle dışarıdan temin edilecek ve bu iş için tünel servise takriben iki sene kadar geç girecekti. Bu hakle-pfojeyi iki sene geciktirmemek için nehri saâ veya sol sahilden bütün bir yatak derivasyonu ile derive etmeK lâzımdır

Bu halde maliyet:

	T. L.
a) Tünelin müşterek kısmını	26.000.000,—
b) Tünelin derivasy* n kısmı	2.350.000,—
c) Yatak derivasyonu' kanalı	3.500.000,—
d) Denge bacası	445.000,—
e) Cebri çelik borudaki ilâve	665.000,—
<b>Yekûn</b>	<b>32.960.000</b>

olacaktı.

Yukarıda vazih olarak anlatılan teknik güçlükler, fazla döviz ihtiyacı ve çok yüksek maliyet ve çelik iksanın ikmalı hesaba katılırsa 1956-1957 senesi feyzanın kaçırılarak su tutmaya geç başlama ihtimali idareyi başka solüsyonlar aramağa sevk etmiş ve bunun için Amerika'dan Mr. Mc Birney, İtalya'dan Dr. Claudio Marcello celbedilerek mesele kendilerine izah edilmiş ve ne gibi tavsiyelerde bulunabilecekleri sorulmuştur.

Yapılan müşterek araştırmalarda řu muhtelif varyantlar etüd edilmiştir:

- 1) Yukarıda bahsedilen tek, çelik kaplı tünel,
- 2) Santralı barajın dibine yapmak,

3) İki tünel yapmak.

Birinci solüsyonun takriben 33 000 milyon liraya malolacağı yukarıda izah edilmiştir. İkinci solüsyonun mahzurları şunlardır:

a) Sakarya'nın yatağında tünel giriş ağızı ile çıkış ağızı arasında takriben 700 m. lik bir seviye farkı vardır. Santral barajın dibinde yapmakla senede 37 milyon kilovat saat kadar yani senelik enerjinin takriben % 10 u kadar bir kayıpla karşılaşılır.

b) Baraj dolu savak sarfiyatı  $7500 M^3$  saşiye olduğuna göre santral barajın altına yaparken çok mühim ve pahalı bir inşaat sistemine kaçmak lâzımdır.

c) Santralin sağ veya sol yamaçta ve santralin tulâni mihverinin talveg hattına muvazi olarak vaz'ı da bu yamaçlarda çok fazla, tehlikeli ve pahalı hafriyatın yapılmasını icap ettirecek ve ayrıca sipariş edilmiş bulunan türbinlerin randımanını da düşürecekti.

d) Baraj dibinde vadi dar olduğundan gerek normal işletme ve bilhassa feyezan sıralarında burada su seviyesi çok yükselecektir. Santralin hali hazır vaziyetinde suyun en fazla 397.50 kotuna kadar çıkabileceği kabul edilmişti, ve burada nehir yatağı çok geniştir. Santral yatağın dar kısmına konulunca suyun çok daha yükseğe çıkacağına göre binanın bu ha'deki izolasyonu da ayrıca bir pahalılık doğuracaktır.

e) Santral baraj dibine inşa edip baraj seviyesini 700 m. daha kaldırarak a) daki mahzuru bertaraf etmek akla gelebilir. Bu halde rezervuar hacmi  $700.000.000 m^3$  ve rezervuar sahası 1400 hektar artar, ki bu halde hem daha fazla arazi satın almak yani maliyeti yükseltmek, hem de artacak rezervuar hacmini doldurmak için mevsimine göre iki ay veya 6 - 7 ay kadar beklemek lâzım gelir ve irtifai artacak barajın bizatihî maliyeti de bir hayli artar.

f) Santral baraj dibinde ve bu mahallî 700 m kadar hafrederek ve müteakiben nehir tabanını tarayarak inşa etmek ise gene hem baraj betonunu artıracak hem de nehrin yatağında büyük ve esaslı bir taramayı icap ettirecektir ki gerek bu halde ve gerekse e) halindeki mahzurlar b), c) ve d) mahzurları ile birlikte ortaya çıkacağından göze almalarına imkân olamaz.

iki tünel yapmak :

Altta halen kazılmış bulunan tüneli sadece dış yüklere (toprak dafiası, yeraltı suyu v.s.) göre iksa ederek biran önce derivasyonu buradan yapmak ve su alma ağzından mihver kotu 434.25 de olan 8.000 m. iç kuturlu ve 0/001 meyilli ikinci bir tünel yapmak. Bu halde su darbesi de hesaba katıldığı halde denge bacası civarındaki tazyik 6.35 at-

mosfere baüğ olur ki ilk projedeki tazyikin yarısı civarındadır.

Tünel güzergâhı plânda hattı müstakim olmayıp tepelerin altını takip etmektedir. Bunun sebebi şudur: Tepeler tesirâtı havaiyeye asırlar boyunca daha fazla mukavemet etmiş ve derelere nazaran daha az aşınmış olduklarından tepelerin altındaki kayanın daha sağlam olması ihtimali büyüktür. Ve filhakika hafriyat sırasında bu faide müşahede edilmiştir.

(Coup de belier) Türbinlerin âni kapanması ile hasil olacak şok dalgası ilk projede geriye tünelde giriş ağızına doğru in'ikâs ederken denge bacasının tünele bağlayan şakuli sarf hizasına gelince bu tesirin bir kısmı sarf vasıtasıyla denge bacasına intikal edecek, ancak iç kutru 7.30 metre ve uzunluğu 45.00 metre kadar olan bu şaftın mukavemetinden dolayı bir kısım da tünele intikal edecektir. Halbuki yeni projede şaftın iç kutrunun sabit kabasına mukabil irtifai 7.00 metre yani mukavemeti az olduğundan şok dalgasının hemen hepsi denge bacasına intikal edecek ve tünel (ufak bir ihmal ile) statik tazyik altında çalışacaktır ki bu da su alma ağzında âzami 5.00 atmosfer ve denge bacasından hemen biraz evvel âzami 6.00 atmosferdir.

Bu halde tünelin statik hesabı:

Kabuller:

a) Hariçteki tabaka kil  $E = 0$ , iksaya yardımı yok,

b) Tünel iksa maktai 1.00 m. kalınlıkta olduğuna göre :

İnci halka (Betonarme demirleri (130/10 cm.)

$$R_1 = 4.06 \text{ m.}$$

$$= 0.7070 \text{ cm. (Demirin mütemadi plâ-$$

ka tahvili halinde plâk kalınlığı

$$Z_1 = 574.761$$

$$E_1 = 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M_1 = 0.33$$

$$N_1 = 200.000 = 0.9524$$

$$\frac{2.100.000}{2.100.000}$$

2nci halka Beton

$$R_2 = 4.06$$

$$R_2 = 5.06$$

$$Z_2 = 4.6148$$

$$E_2 = 200.000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M_2 = 0.15$$

$$N_2 = 10.50$$

3 üncü halka (Her metrede 1 INP 26 ve 4

0 30).

$$R_3 = 5.06 \text{ m.}$$

$$S_3 = 0.8168 \text{ cm.}$$

$$Z_3 = 619.818$$

$$E_3 = 2.100.000$$

$$M_3 = 0.33$$

$$N_3 = 0.$$

