

6.6 可能最大洪水量(PMF)調査

6.6.1 可能最大降雨(PMP)による洪水流量

(1) 12 時間持続露点

計画地域の近傍では、Artvin と Ardanuç の気象観測所で、蒸気圧の定時観測(7:00、14:00、及び 21:00)が実施されている。

全観測期間に亘って 10 日毎に抽出された最大 12 時間持続蒸気圧を、発生日に対してプロットを行い、Figure 6-20 に示したように包絡線を描いた。

Artvin 気象観測所、Ardanuç 気象観測所共に、豪雨時には同一の降雨域内にあると考えられるので、洪水時の代表 12 時間蒸気圧は両観測所の平均値とした。尚、蒸気圧は Figure 6-21 を用いて露点温度に変換した。また、異なる標高に位置する両観測所の露点温度の値の比較を可能にするため、Figure 6-22 を用いて 12 時間持続 1,000mb 露点温度に変換した⁷。

(2) 主要豪雨の DAD 解析

過去に発生した主要豪雨の DAD 解析⁸を行った。DAD 解析の結果得られた各値は、豪雨発生時前後 15 日間の最大 12 時間持続露点温度から求めた可能降水量(w_m)の豪雨時の代表最大 12 時間持続露点温度から求めた可能降水量(w_s)に対する比($r_m = w_m/w_s$)を乗ずることにより最大化された⁷。尚、可能降水量は、露点温度を Figure 6-23 を用いて変換することにより得られた。各豪雨の最大化率 (r_m)を以下に示す。

Table 6-17 Maximization of Major Storms

Storm date	Station numbers	Storm duration (hour)	Precipitable water for storm (w_s) (mm)	Maximum precipitable water (w_m) (mm)	$r_m = w_m/w_s$
1967, Dec. 3-4	4	60	16.51	33.78	2.05
1968, Apr. 18	4	18	34.54	47.00	1.36
1969, Oct. 28-30	7	48	19.30	49.53	2.57
1971, Dec. 24-25	6	48	12.75	27.74	2.18
1975, Mar. 3-4	7	30	13.34	29.21	2.19
1985, Dec. 5-6	5	48	14.61	29.20	2.00

各継続時間に対する最大化降水量をプロットし、包絡線を描いた結果、Figure 6-24 と Figure 6-25 に示すように、春季と冬季に対して、それぞれ DAD 曲線が得られた。

冬季の DAD 曲線がより大きな可能最大降雨（以下、PMP と呼ぶ）を与えるように見えるが、冬季には高標高部では根雪となって流出しない。また、春季には融雪流量の影響が顕著となる。従って、本調査では春季の可能最大洪水量（以下、PMF と呼ぶ）を重点的に調査することとした。

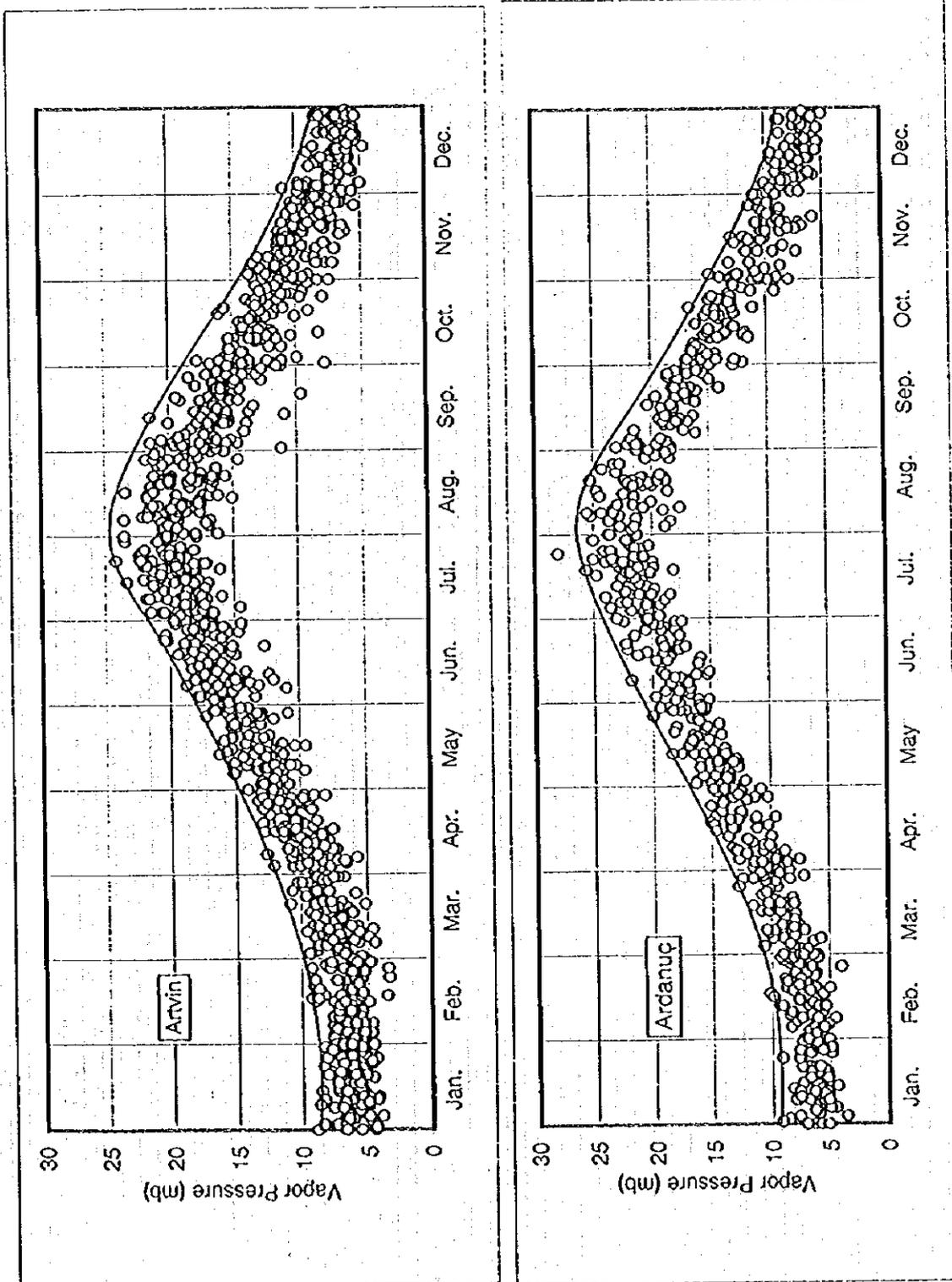


Figure 6-20 Enveloping Curves of Maximum Persisting 12-hour Vapor Pressure

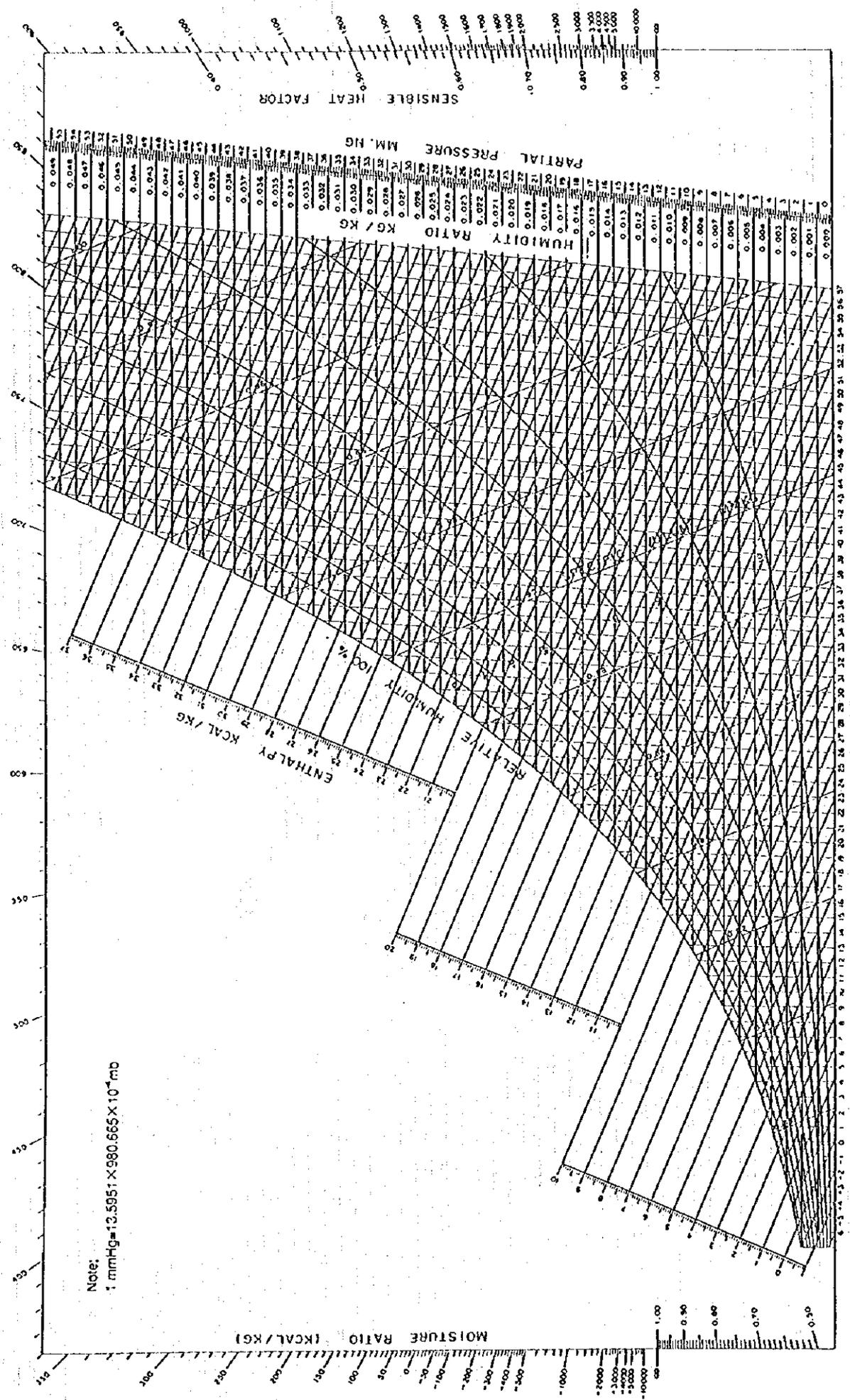


Figure 6-21 Variation of Vapor Pressure with Temperature at Percentage of Saturation

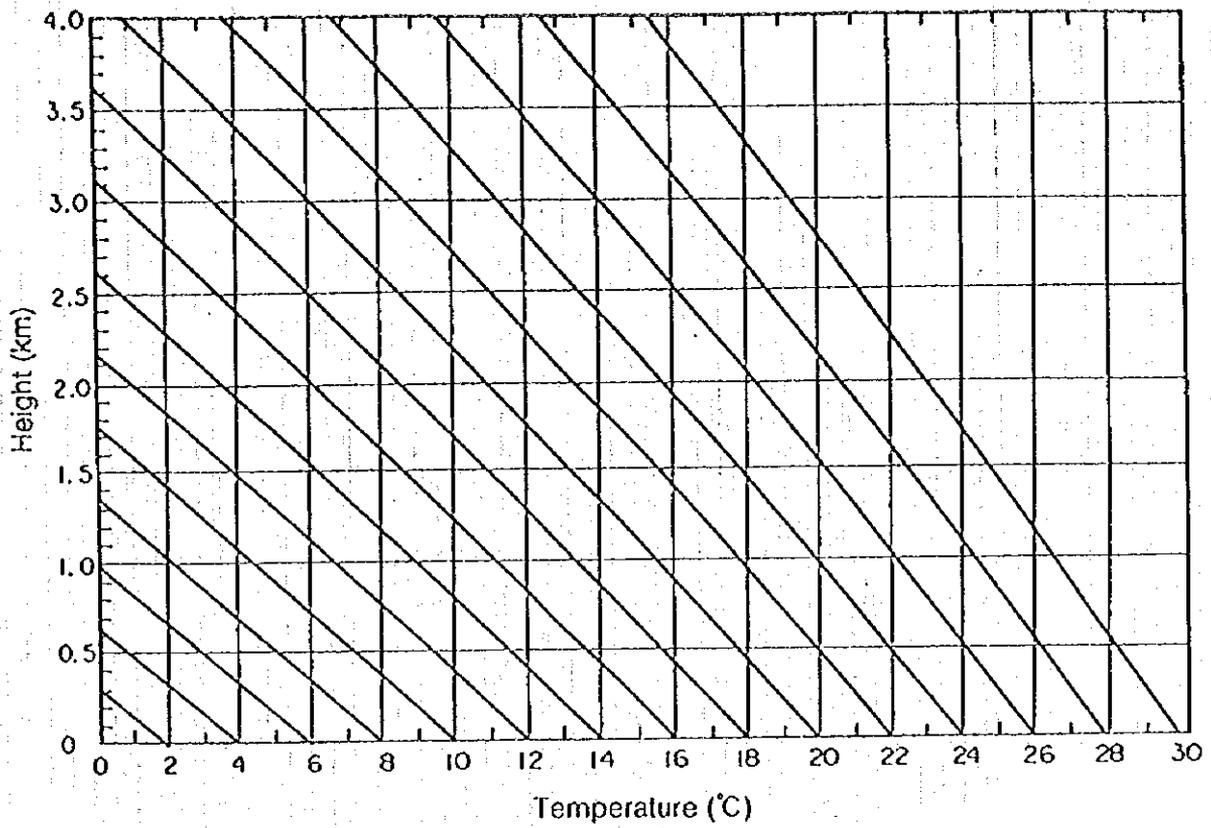
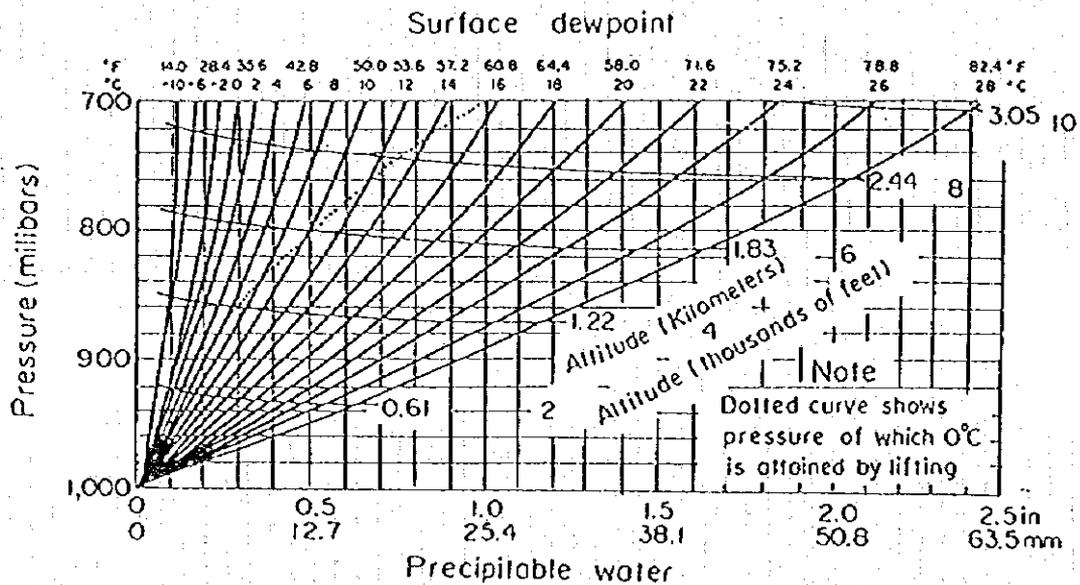
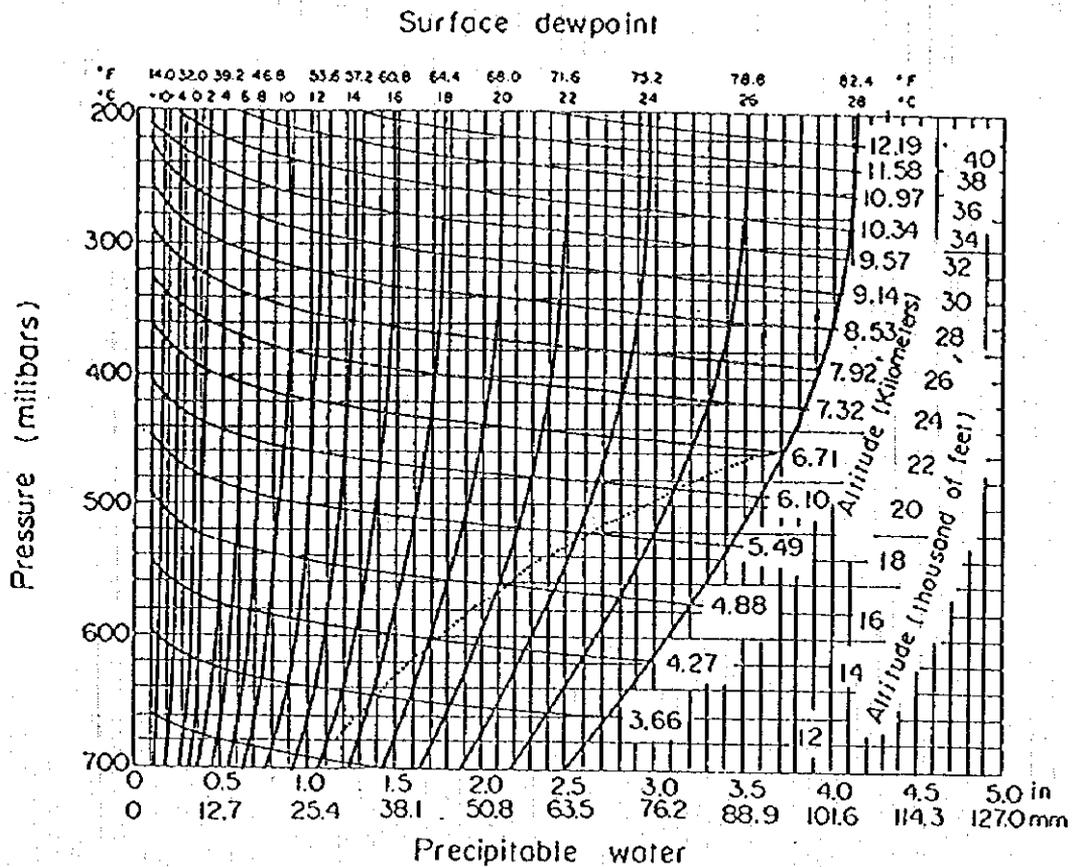


Figure 6-22 Pseudo-adiabatic Diagram for Dew Points Reduction to 1,000mb at Height Zero



Depths of precipitable water in a column of air of any height above the 1000-milibar level as a function of the 1000-milibar dewpoint, assuming saturation and pseudo-adiabatic lapse rate.
(U.S. National Weather Service.)

Figure 6-23 Depths of Precipitable Water in a Column of Air

(3) 設計降雨の決定

Figure 6-24 を用い、各ダム計画地点に対して6時間毎のPMPの増分を算定した。更に、ピーク値を押しつぶさないように、Figure 6-26 を用いて、最強の（最初の）6時間については、有効降雨継続時間を2時間に3分割した。Figure 6-26 は、Artvin 気象観測所の自記雨量計を用いた豪雨時の時間雨量データ⁸を平均することによって得られた、6時間降雨の時間分布図である。

更に、得られた増分雨量を、最大の洪水量を生起させるよう配列し直した。

(4) 超過雨量の算定

超過雨量を算定するために、合衆国土壌保全局（以下、SCSと呼ぶ）のCN法⁹を適用した。

下表に、Şavşat 郡における土地利用状況を示す。

Table 6-18 Land Usage in Şavşat District

Land Use	%	CN	Product
Cultivated land	10.7	78	835
Pasture: poor condition	17.3	79	1,367
Pasture: good condition	12.4	61	756
Meadow	7.6	58	441
Forest	27.0	55	1,485
Residential	3.1	68	211
Others	21.9	72	1,577
Weighted average	100.0		67

(Source: 1991 Census of Agriculture; Results of Village Survey)

Table 6-19¹⁰に示されている標準的な各土地利用形態に対するCN値と上記のŞavşat 郡の土地利用状況を参考にし、過重平均することによって計画地域のCN値を67と決定した。

次に、Figure 6-27 を用いて超過雨量を計算した。算定結果を Table 6-20 に示す。

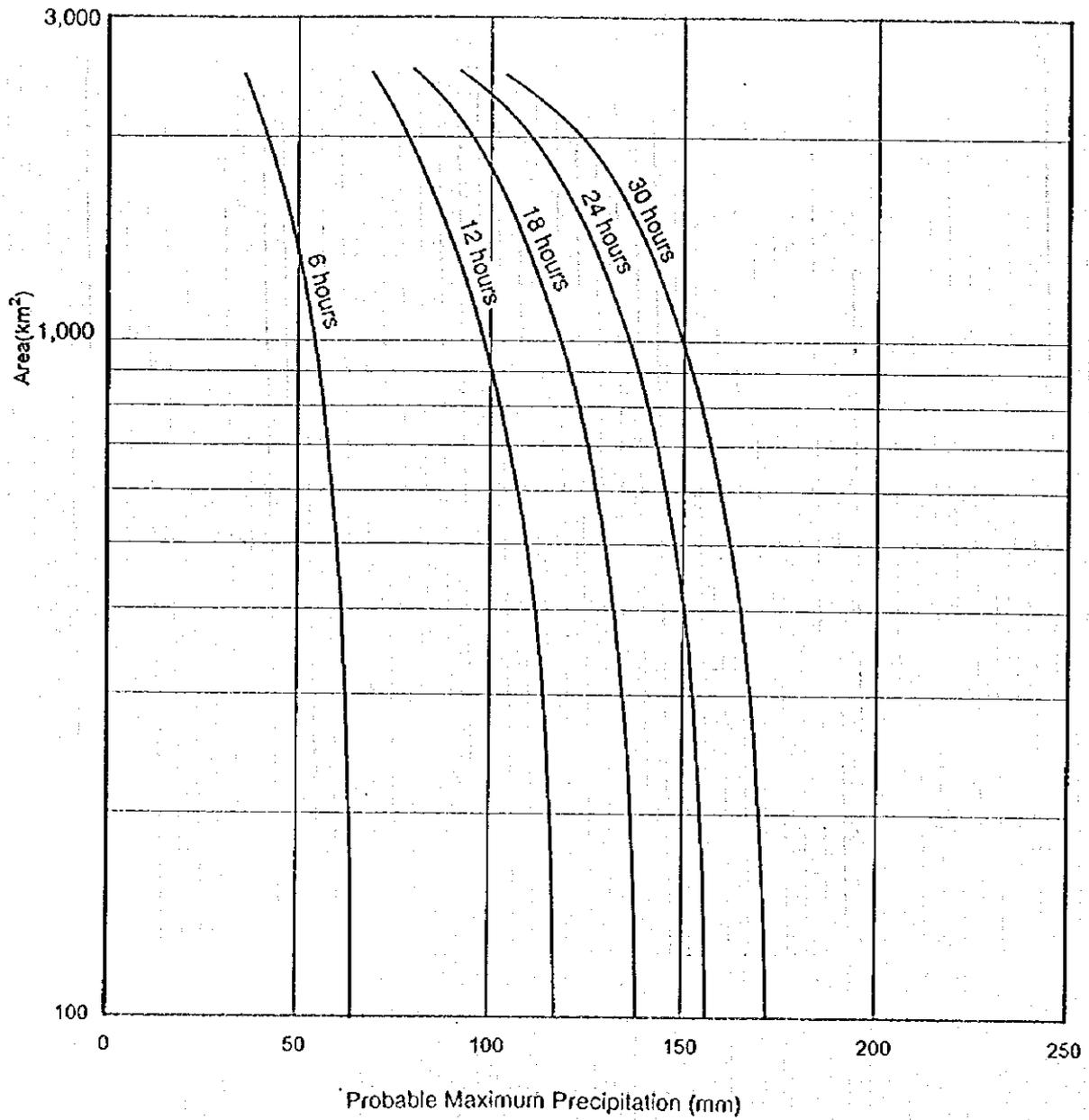


Figure 6-24 Enveloping-Depth-Area-Duration Curves of Probable Maximum Precipitation for Spring Storms

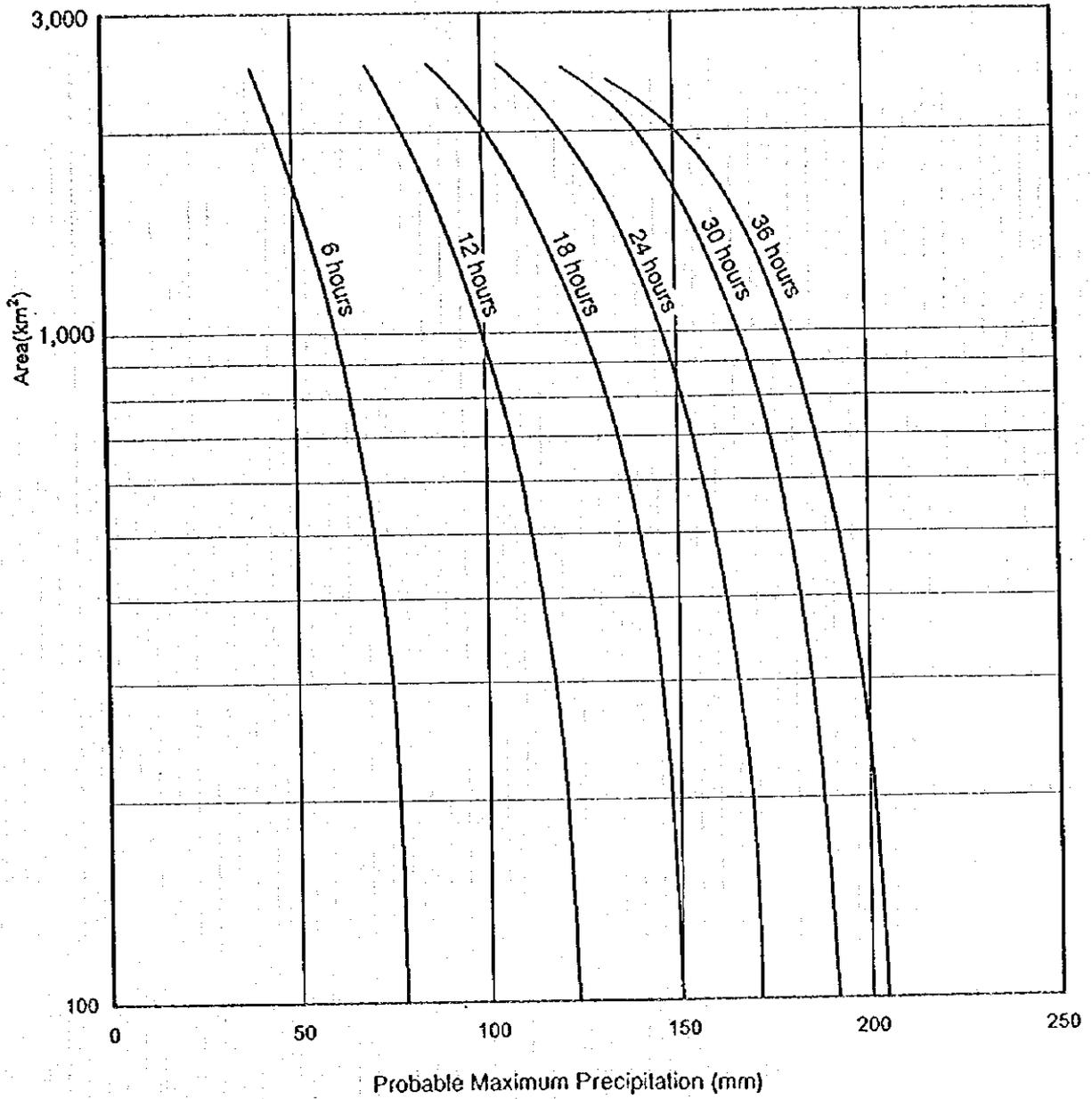


Figure 6-25 Enveloping-Depth-Area-Duration Curves of Probable Maximum Precipitation for Winter Storms

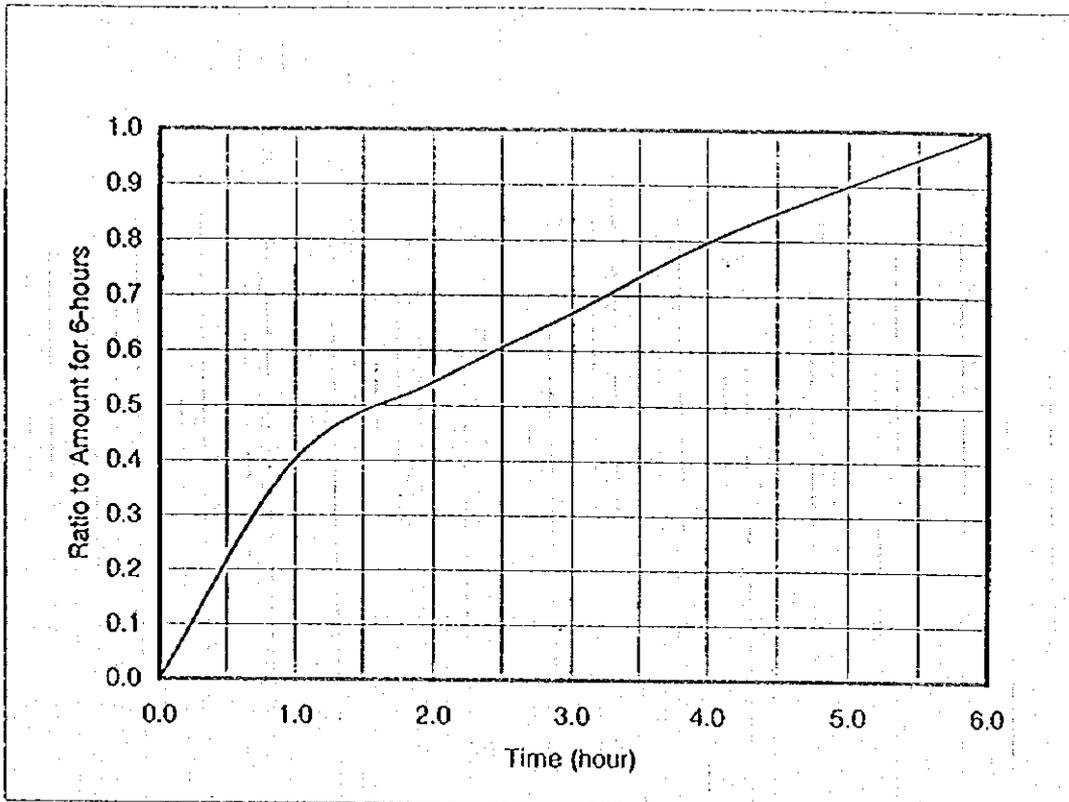


Figure 6-26 Average Hourly Rainfall Distribution at Artvin M.S.

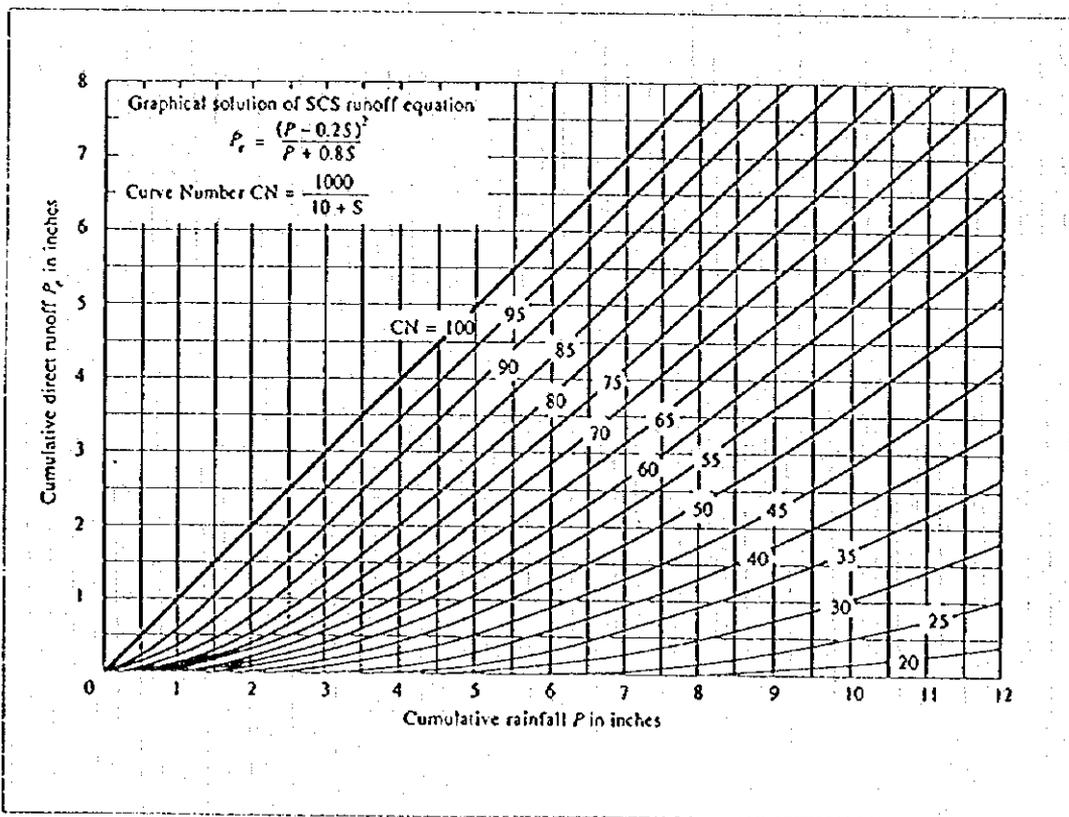


Figure 6-27 Direct Runoff from a Storm by the SCS Method

Table 6-19

Runoff curve numbers for selected agricultural, suburban, and urban land uses (antecedent moisture condition II, $I_a = 0.25$)

Land Use Description	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land ¹ : without conservation treatment	72	81	88	91
with conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land: poor condition	68	79	86	89
good condition	39	61	74	80
Meadow: good condition	30	58	71	78
Wood or forest land: thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
good cover ²	25	55	70	77
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential ³ :				
Average lot size	Average % impervious ⁴			
1/8 acre or less	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. ⁵	98	98	98	98
Streets and roads:				
paved with curbs and storm sewers ⁵	98	98	98	98
gravel	76	85	89	91
dirt	72	82	87	89

¹For a more detailed description of agricultural land use curve numbers, refer to Soil Conservation Service, 1972, Chap. 9.

²Good cover is protected from grazing and litter and brush cover soil.

³Curve numbers are computed assuming the runoff from the house and driveway is directed towards the street with a minimum of roof water directed to lawns where additional infiltration could occur.

⁴The remaining pervious areas (lawn) are considered to be in good pasture condition for these curve numbers.

⁵In some warmer climates of the country a curve number of 95 may be used.

Table 6-20 Design Rainfall

(unit, mm)

	Dam Site	C.A. (km ²)	0 - 6 hr	6 - 12 hr	12 - 18 hr			18 - 24 hr
					12 - 14 hr	14 - 16 hr	16 - 18 hr	
PMP	Bağlık	1,509	19.8	39.0	26.0	12.2	9.7	16.8
	Bayram	1,159	19.8	42.1	28.6	13.4	10.6	17.9
	Kaledüzü	1,214	19.8	41.9	28.1	13.2	10.4	17.6
Loss	Bağlık	1,509	19.8	31.8	13.9	5.2	3.7	5.7
	Bayram	1,159	19.8	33.7	14.5	5.4	3.8	5.6
	Kaledüzü	1,214	19.8	33.6	14.3	5.4	3.7	5.6
Excess Rainfall	Bağlık	1,509	0.0	7.2	12.1	7.0	6.0	11.1
	Bayram	1,159	0.0	8.4	14.1	8.0	6.8	12.3
	Kaledüzü	1,214	0.0	8.3	13.8	7.8	6.7	12.0

(5) PMP による洪水量の算定

PMP による洪水流量は、SCS の三角形ハイドログラフ解析¹¹⁾によって算定した。同解析法の概要を以下に示す。

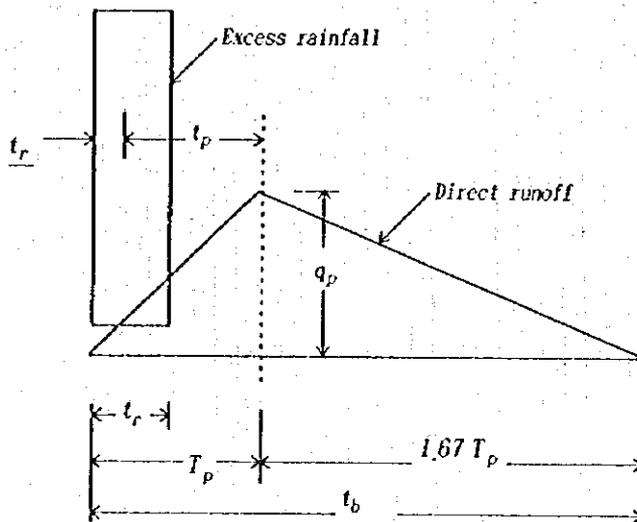


Figure 6-28 Triangular Unit Hydrograph

$T_c = \text{集中時間 (hour)} = 0.0003245 (L/\sqrt{S})^{0.7}$

$L = \text{基準点から分水界に至る最長の水路の長さ (m)}$

$S = \text{流域の平均勾配}$

$t_r = \text{有効降雨継続時間 (hour)}$

$t_p = \text{遅滞時間 (hour)} \cong 0.6T_c$

$$T_p = \text{流出開始から最大流量までの時間 (hour)} = \frac{t_r}{2} + t_p$$

$$q_p = \text{最大流量 (m}^3/\text{s)} = \frac{2.08A}{T_p}$$

$$A = \text{集水面積 (km}^2\text{)}$$

本解析に用いた各パラメーターを Table 6-21 に示す。

Table 6-21 Unit Hydrograph Parameters

Dam Site	L (km)	S	C.A. (km ²)	t _r (hour)	*) T _c (hour)	T _p (hour)	q _p (m ³ /sec)
Bayram	46.9	0.027	1,159	2.0	5.15	4.09	589
				6.0	5.15	6.09	396
Bağlık	59.0	-	1,509	2.0	6.11	4.67	672
				6.0	6.11	6.67	471
Kaledüzü	50.7	-	1,214	2.0	5.46	4.27	591
				6.0	5.46	6.27	403

*) Bağlıkダムと Kaledüzüダム地点の集中時間は、Bayramダム地点の洪水波が、12.6 km/hr. (Kraven 値) で伝播すると仮定して算出した。

計算結果を Figure 6-29、6-30、及び 6-31 に示した。

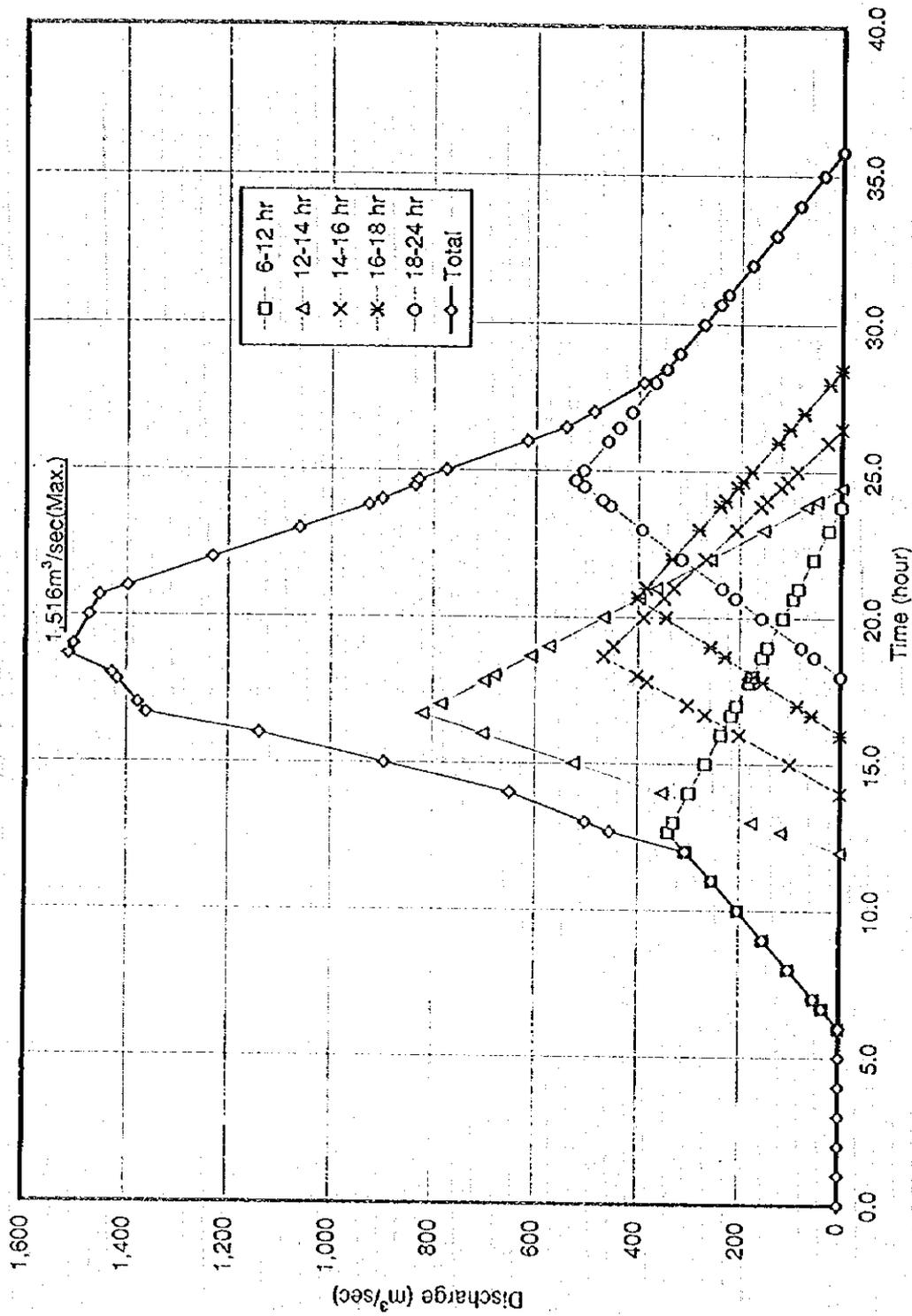


Figure 6-29 Flood Discharge from PMP at Bağlık Dam Site

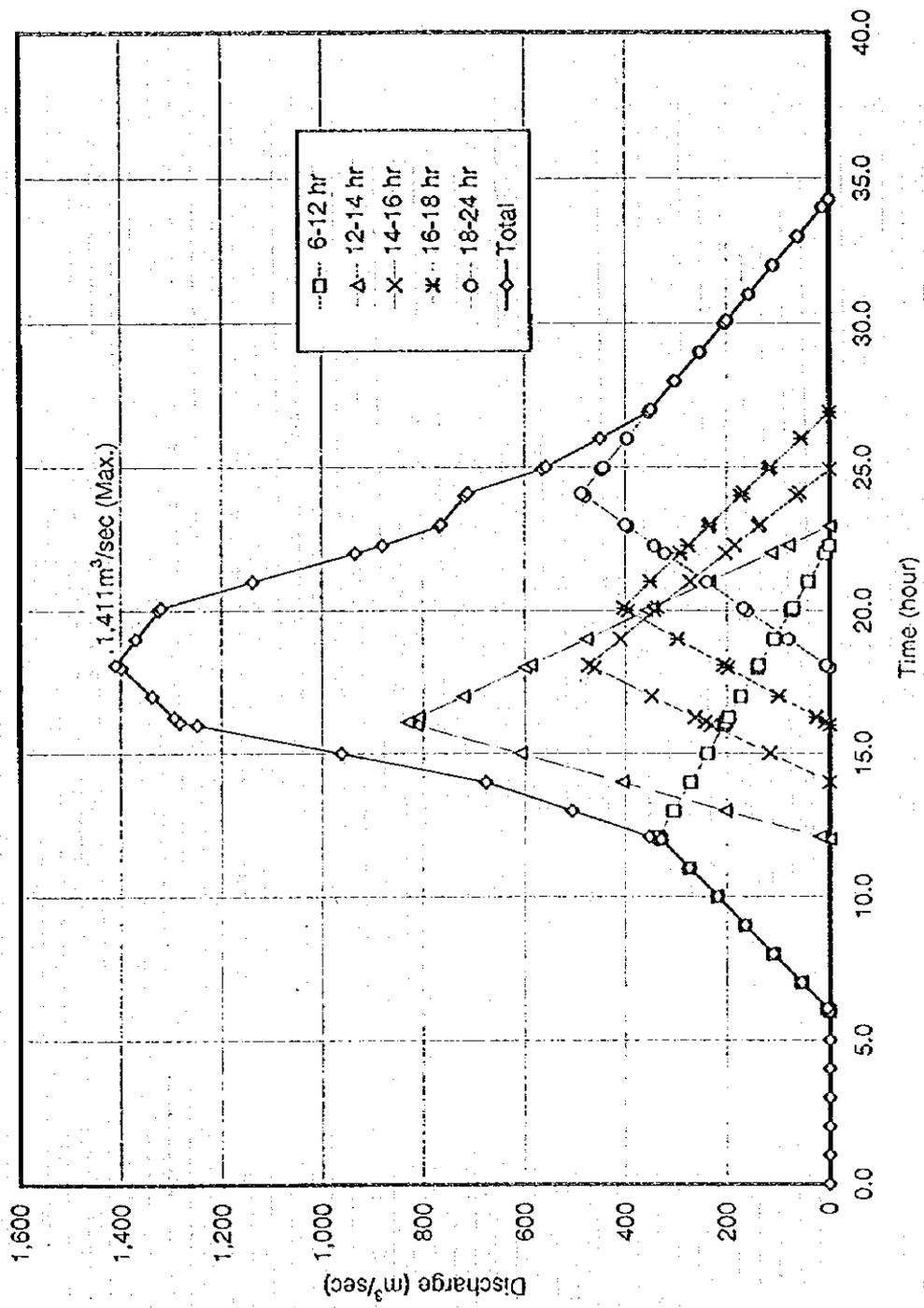


Figure 6-30 Flood Discharge from PMP at Bayram Dam Site

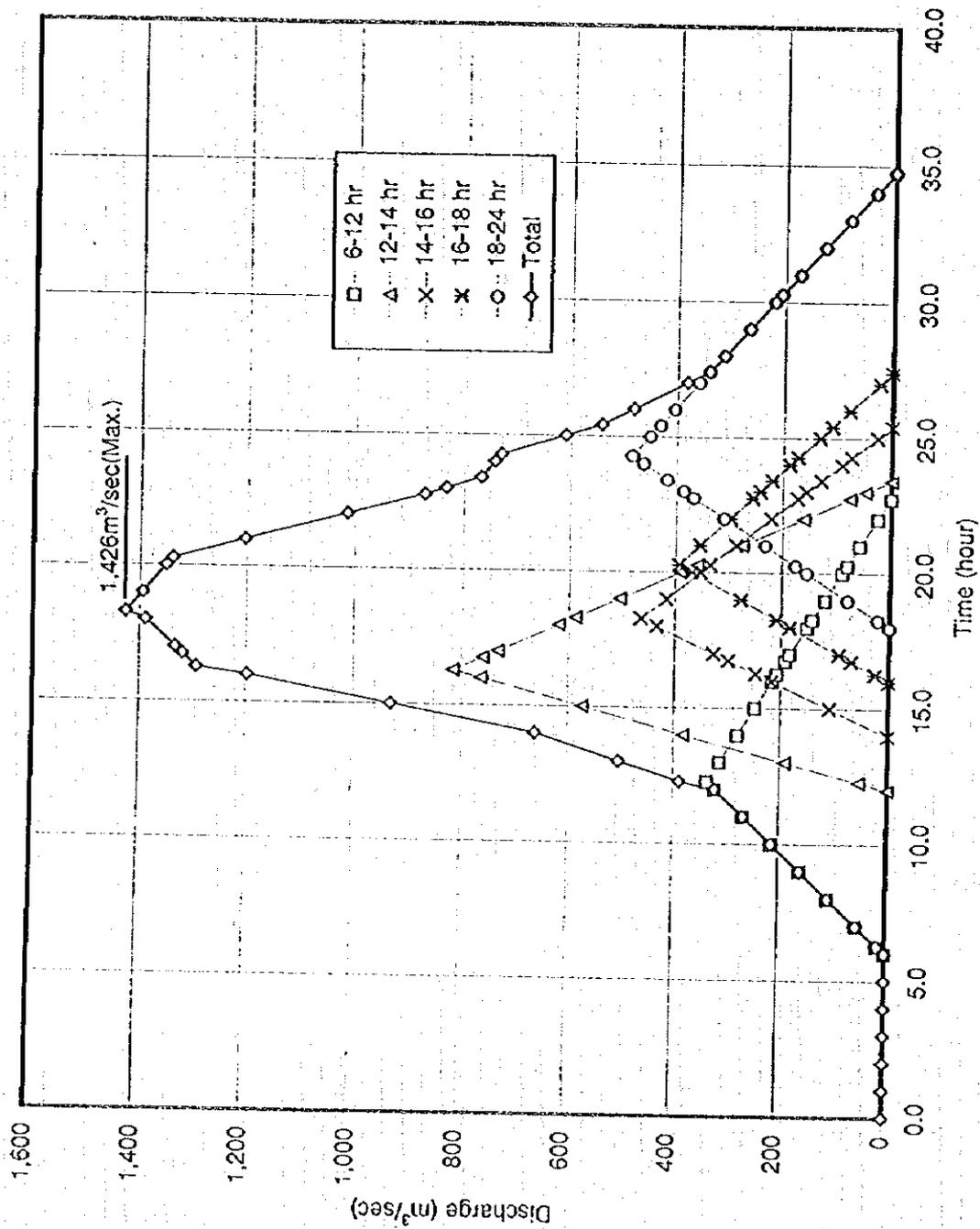


Figure 6-31 Flood Discharge from PMP at Kaledüzü Dam Site

6.6.2 融雪流量

融雪流量に関しては、以前、EIE が解析を行っており、解析結果を本調査に適用することとした。同解析結果を Table 6-23 に示した。

6.6.3 最大基底流量

測水所 No.2327 及び No.2334 の日流量資料を精査し、Bağlık、Bayram 及び Kaledüzü の各ダム地点の最大基底流量をそれぞれ、39.0、29.5、31.0 m³/s と決定した。

6.6.4 PMF の算定

PMP による洪水流量、融雪流量及び最大基底流量を重ね合わせた値をもって PMF とした。

各ダム地点に対する PMF のハイドログラフを Figure 6-32、6-33、及び 6-34 に示した。

PMF の最大値を次表にまとめた。

Table 6-22 Estimates of Maximum Value of PMF

unit (m³/sec)

	Flood from PMP	Snowmelt runoff	Base flow	PMF
Bağlık	1,516	268.5	39.0	1823.5
Bayram	1,411	217.6	29.5	1658.1
Kaledüzü	1,426	217.6	31.0	1674.6

参考に、トルコ国内の既設及び計画中のダムの PMF 算定値を Figure 6-35 に示した。

Table 6-23 Maximum Snowmelt Runoff for Each Dam Site

Day	Maximum Cumulative Temp. (°C)	Maximum Temp. Difference (°C)	Temp. Design Pattern (°C)	Temp. at Average Elevation (°C)	x 0.312	Bayram		Bağlık		Kaledüzu	
						Daily Snowmelt Volume (10 ⁶ m ³)	Daily Snowmelt Discharge (m ³ /sec)	Daily Snowmelt Volume (10 ⁶ m ³)	Daily Snowmelt Discharge (m ³ /sec)	Daily Snowmelt Volume (10 ⁶ m ³)	Daily Snowmelt Discharge (m ³ /sec)
1	19.0	19.0	14.6	6.2	1.934	10.0	115.7	12.3	142.4	10.0	115.7
2	38.7	19.7	16.7	8.3	2.590	13.3	153.9	16.4	189.8	13.3	153.9
3	56.3	17.6	17.6	9.2	2.870	14.8	171.3	18.2	210.6	14.8	171.3
4	73.0	16.7	19.0	10.6	3.307	17.0	196.8	21.0	243.0	17.0	196.8
5	88.9	15.9	20.1	11.7	3.650	18.8	217.6	23.2	268.5	18.8	217.6
6	106.1	17.2	19.7	11.3	3.526	18.2	210.6	22.4	259.3	18.2	210.6
7	119.5	13.4	18.5	10.1	3.151	16.2	187.5	20.0	231.5	16.2	187.5
8	138.0	18.5	17.2	8.8	2.746	14.1	168.2	17.4	201.4	14.1	163.2
9	152.6	14.6	15.9	7.5	2.340	12.0	138.9	14.9	172.4	12.0	138.9
10	172.7	20.1	13.4	5.0	1.560	8.0	92.6	9.9	114.6	8.0	92.6

(1) Maximum Snowmelt Rate : 0.312cm/°C-day

(2) Lowest Elevation of Maximum Snowmelt for 10 days : 1,900 m

(3) Average Elevation of Area above 1,900 m

Bayram Dam : 2,300 m

Bağlık Dam : 2,300 m

Kaledüzu Dam : 2,300 m

(4) Area above the Elevation of 1,900 m

Bayram Dam : 515.0 km²

Bağlık Dam : 635.0 km²

Kaledüzu Dam : 515.0 km²

(5) Temperature Decrease Rate : 0.7°C/100 m

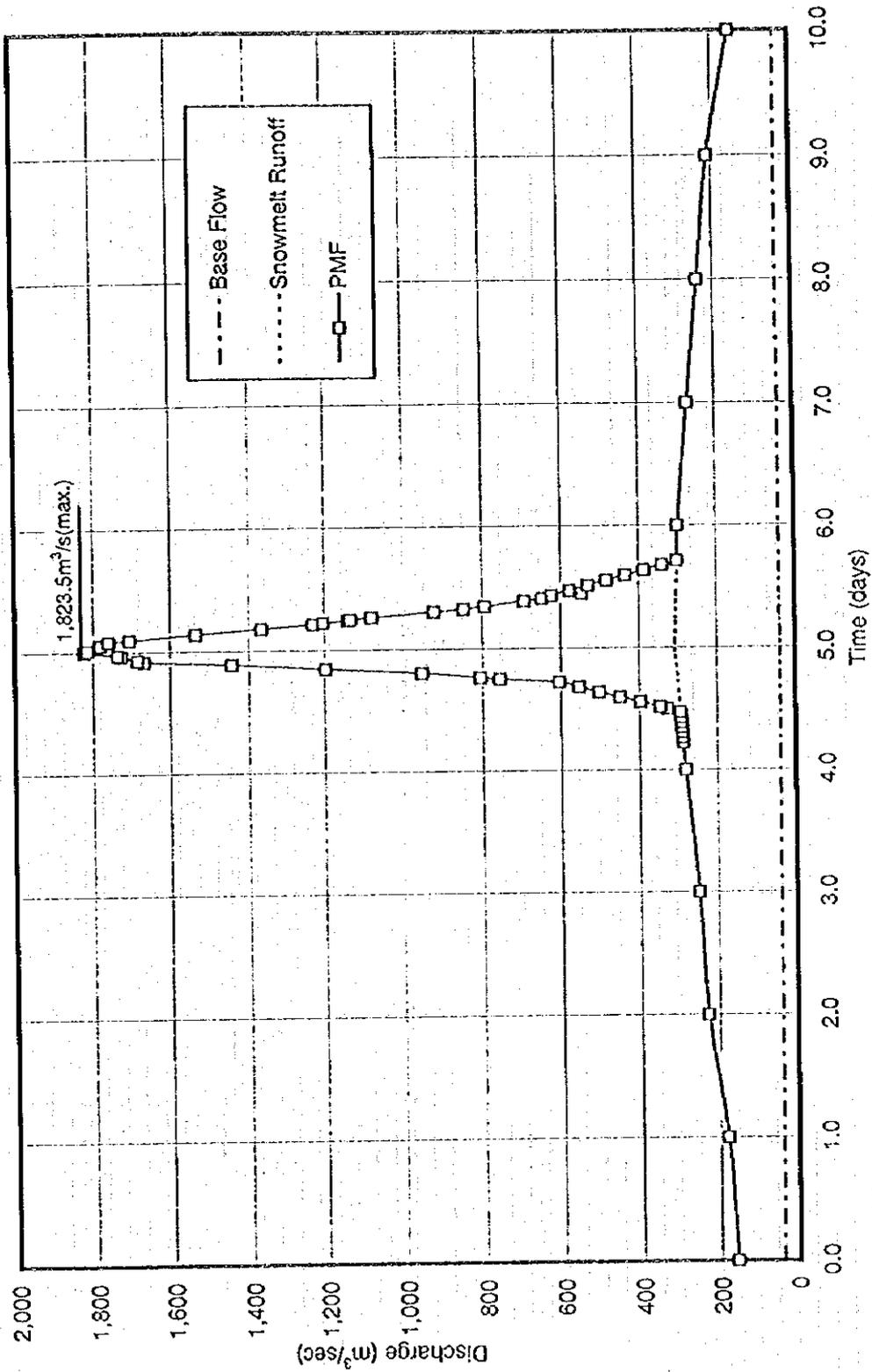


Figure 6-32 Hydrograph of PMF at Bağlık Dam Site

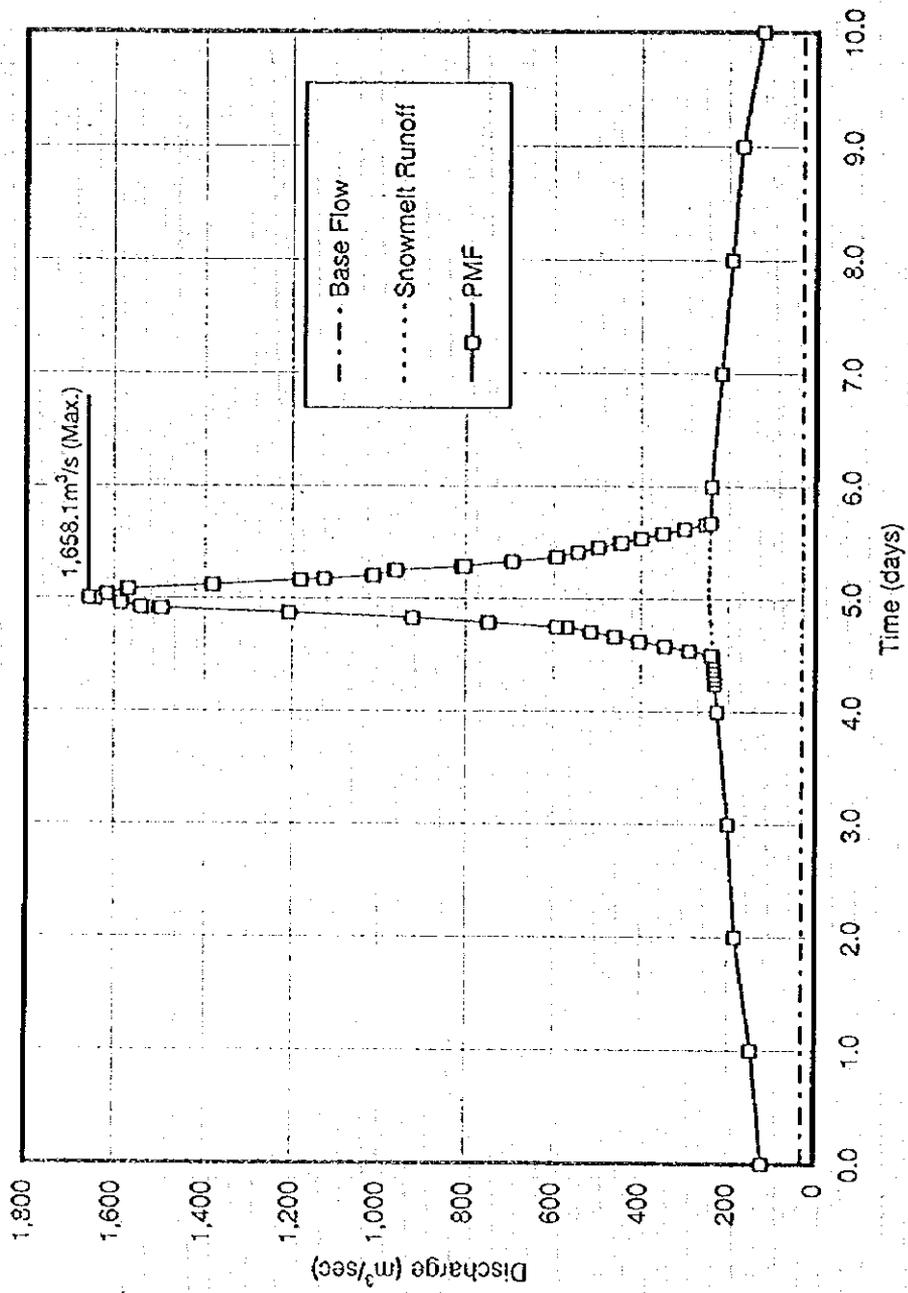


Figure 6-33 Hydrograph of PMF at Bayram Dam Site

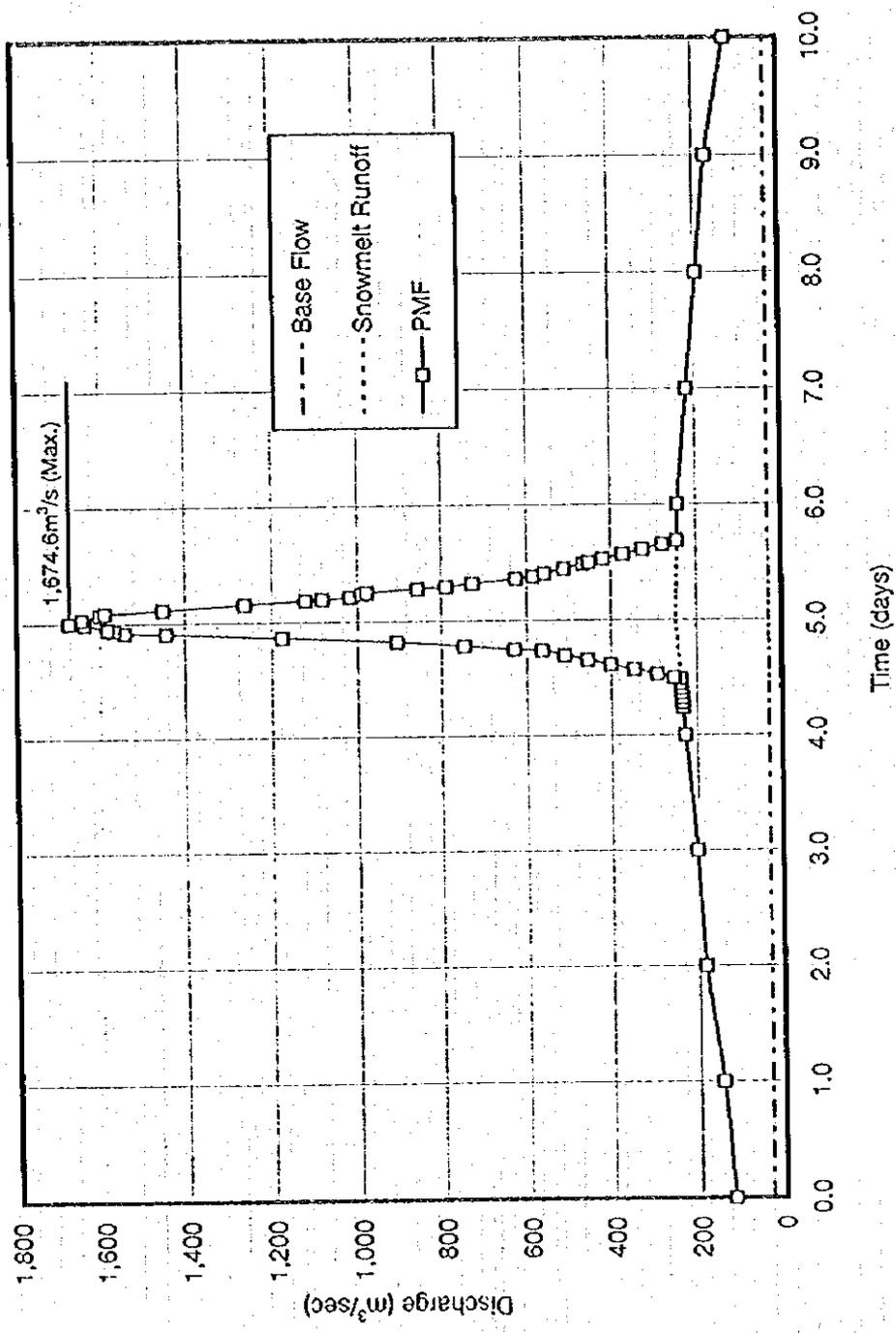


Figure 6-34 Hydrograph of PMF at Kaledüzü Dam Site

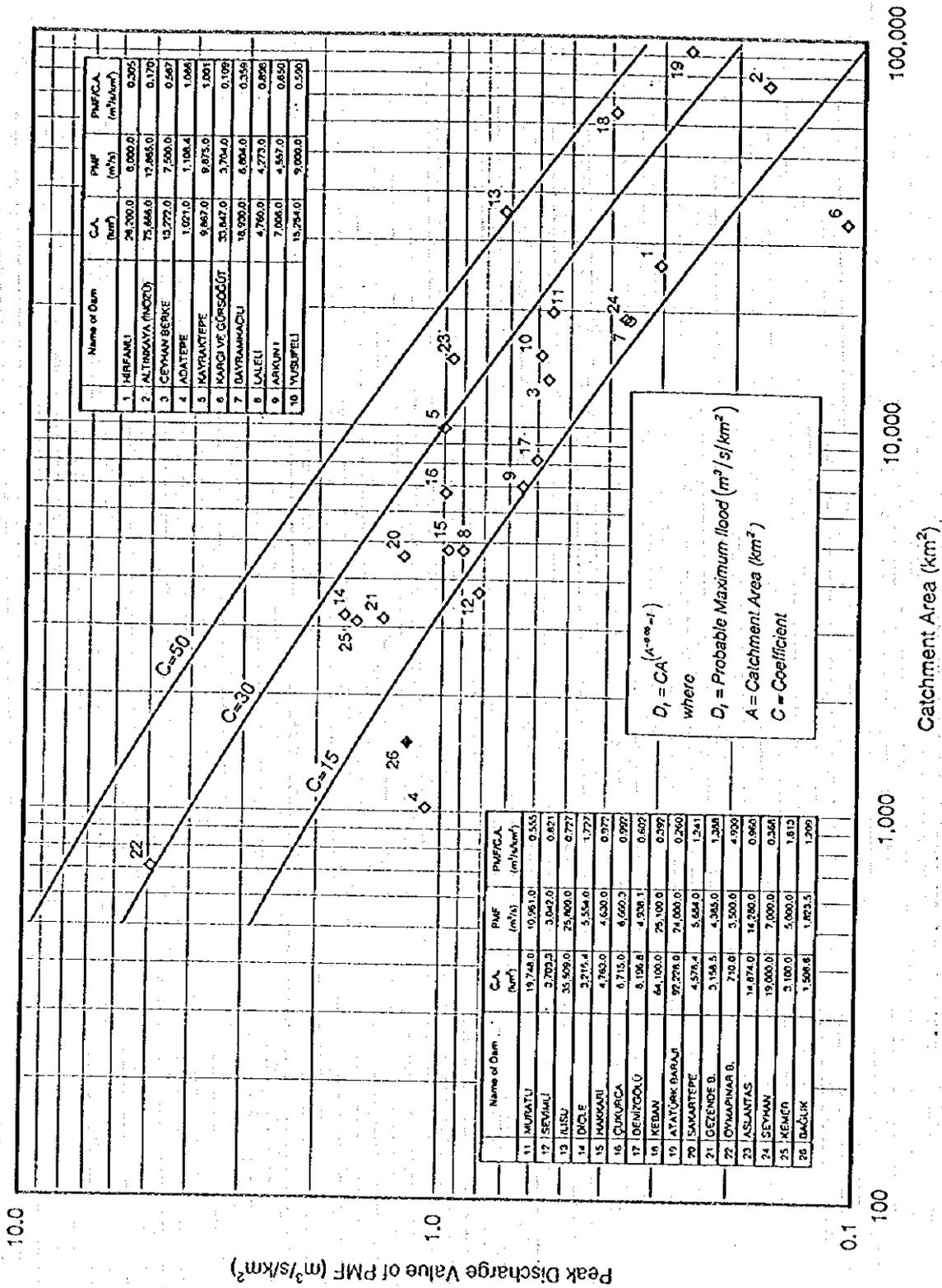


Figure 6-35 Peak Discharge Values of Computed Probable Maximum Floods in Turkey

参考文献

1. EİE, Çoruh N.-Berta Kolu Üzerinde Tasarlanan Proje Yerlerinin Mühendislik Hidrolojisi Raporu,1990.
2. EİE, Çoruh-Berta Kolu Havzası Master Plan Raporu,1992.
3. DSİ, Volume I - Point Precipitation Frequency Analysis,1989.
4. David R.M., *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill, New York, 1992.
5. Doorenbos,J., and W.O.Pruitt, "Crop Water Requirements," *Irrigation and Drainage Paper*, 24, UN Flood and Agriculture Organization, Rome, Italy, 1977.
6. Miller, Carl R., "Determination of the Unit Weight of Sediment for Use in Sediment Volume Computation," Bureau of Reclamation, Denver, Colo., 1953.
7. WMO, "Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation," WMO - No.332, Operational Hydrology Report No.1, 1973.
8. WMO, "Manual for Depth-Area-Duration Analysis of Storm Precipitation," WMO- No.237, Technical Paper No.129.
9. U.S. Bureau of Reclamation, Design of Small Dams, U.S. Government Printing Office, Washington, 1977.
10. Chow V.T., *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York, 1988.
11. Soil Conservation Service, Hydrology, sec. 4 of *National Engineering Handbook*, Soil Conservation Service, U. S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 1972.

第7章 地質および材料

第7章 地質および材料

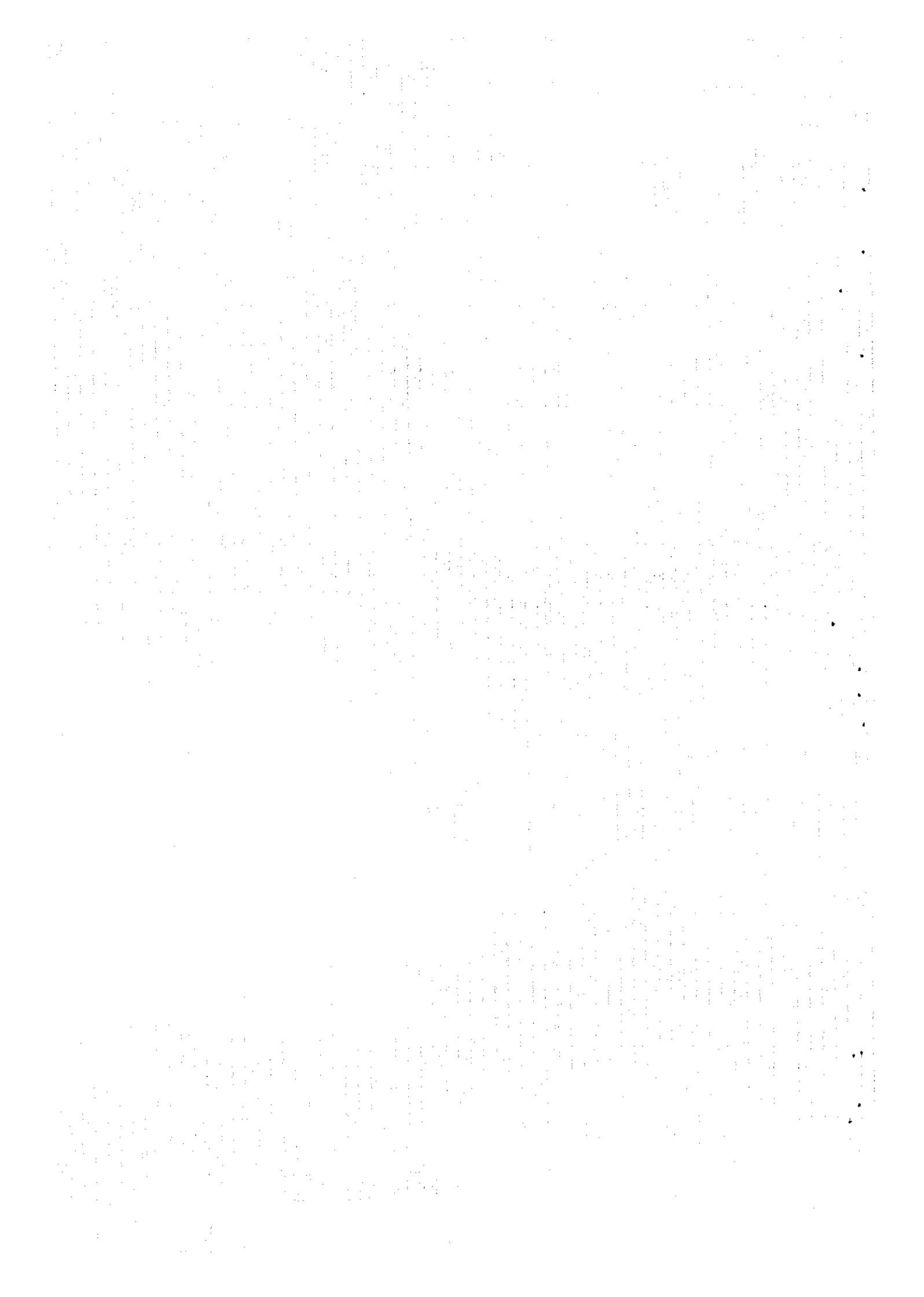
	頁
7.1 広域地質	7-1
7.1.1 地形	7-1
7.1.2 地質	7-1
7.2 調査概要	7-9
7.2.1 既存資料	7-9
7.2.2 地質調査工事	7-9
7.2.3 物理探査	7-14
7.3 計画地点の地質	7-15
7.3.1 Bayram計画	7-15
7.3.2 Bağlık計画	7-35
7.4 Savail斜面	7-57
7.4.1 一般	7-57
7.4.2 Savail Slope周辺の地質	7-58
7.4.3 Savail Slopeの地質	7-59
7.5 材 料	7-75
7.5.1 土質材料	7-79
7.5.2 ロック材料	7-87
7.5.3 フィルターおよびコンクリート骨材	7-88

List of Figures

- Figure 7-1 Regional Geological Plan
- Figure 7-2 Bayram Project, Geologic Plan of Reservoir Area
- Figure 7-3 Bayram Project, Geologic Plan of Dam Site
- Figure 7-4 Bayram Project, Geologic Profile of Dam Site
- Figure 7-5 Bayram Project, Geologic Profile of Penstock and Powerhouse
- Figure 7-6 Bayram Project, Geologic Plan and Profile of Waterway (Tailrace)
- Figure 7-7 Bağlık Project, Geologic Plan of Reservoir Area
- Figure 7-8 Bağlık Project, Geologic Plan of Dam Site
- Figure 7-9 Bağlık Project, Geologic Profile of Dam Site
- Figure 7-10 Bağlık Project, Geologic Profile of Penstock and Powerhouse
- Figure 7-11 Bağlık Project, Geologic Plan and Profile of Waterway (Tailrace)
- Figure 7-12 Savail Slope Area, Geologic Plan
- Figure 7-13 Savail Slope Area, Geologic Log
- Figure 7-14 Savail Slope Area, Geologic Profile
- Figure 7-15 Savail Slope Area, Geologic Profile
- Figure 7-16 Location of Construction Material Borrow Area
- Figure 7-17 Gradation Analysis of Test on Borrow Area C
- Figure 7-18 Gradation Analysis of Test on Borrow Area F

List of Tables

Table 7-1	Geologic Sequence
Table 7-2	Reference Data
Table 7-3	List of Drill Holes on the Bayram Project
Table 7-4	List of Drill Holes on the Bağlık Project
Table 7-5	List of Test Pits for Impervious material at Savail Slope
Table 7-6	List of Seismic Prospecting Survey at Savail Slope
Table 7-7	Investigation Areas for Construction Materials
Table 7-8	Volume of Dam Embankment and Concrete Aggregate
Table 7-9	Result of Gradation Analysis
Table 7-10	Test Results of Impervious Core Material of Borrow Area A and B
Table 7-11	Result of Gradation Analysis
Table 7-12	Test Result of Impervious Core Material of Borrow Area C
Table 7-13	Result of Gradation Analysis



第7章 地質および材料

7.1 広域地質

7.1.1 地 形

Berta川は、トルコ共和国の北東部を流れる全長約410kmのÇoruh川の支流の一つである。本河川は、トルコ国領内においてÇoruh川に右岸より流入する主な支流のうち最も北側（下流）に位置する。Çoruh川の最下流の河口は、トルコ国内ではなく、グルジア共和国にあり、その河口から国境までの距離は約35kmである。

Berta川流域は、その本流であるÇoruh川全流域の内、北東域に位置し、流域面積は、上流のBayram計画の流域面積は1159km²、下流のBağlık計画のそれは1509km²である。

Berta川は、Okçular川あるいはBulanık川と呼ばれる本流と3つの主要な支流、即ち下流域より上流域に向かってArđanuç川（Ferhath川）、Meydancık川およびŞavşat川よりなる。地形的には、一般に本流と支流の合流点付近は河幅が広く、現河床堆積物の厚い、緩やかな河川地形を示すが他の範囲の河川地形は、河幅が狭く、堆積物は薄く、河床勾配は急である。

当地域は、Karçal山地やYalnızçam山地に囲まれ、その標高は2000mから3000m級の高山が多く、流域の北側はグルジア共和国との国境で接している。計画流域を境する高山群以外にも、流域内には標高1000mから2000m級の急峻な山々が多数存在する。殊に、流域内の南西部、Bayramダム地点より下流域の山岳部には植生も少なく、基盤岩が直接露出する山並みが続いている。他方、流域内の北東部、MeydancıkおよびŞavşat川流域の山岳部は植生も多く、またŞavşat部落より上流域の山地の緩傾斜部は広く耕地や草地で覆われている。

7.1.2 地 質

(1) 概 要

Berta川流域は、古生代石炭紀に活動したヘルシニア造山運動および中生代から新生代にかけて活動したアルプス造山運動の影響を蒙った地域である。

本地域の地質は、Figure 7-1 および Table 7-1 の地質図と地質層序表に示した通り、中生代ジュラ紀のYusufeli層、白亜紀のBerta層、Berta層およびYusufeli両層に貫入しているIkizdere花崗岩類およびこれらを覆っている第四紀堆積物からなる。

これらのうち第四紀堆積物を除いたYusufeli層とBerta層の関係は不整合である。

(2) 各地層の説明

(a) Yusufeli 層

Yusufeli 層は、中生代ジュラ紀初期から中期に属する。本層の代表的な露頭(outcrop)は、Çoruh 川中流域に位置する Yusufeli 部落から下流域に分布し、Berta 川沿いでは比較的幅の狭い帯状の分布が 2カ所で見られる。

一カ所は Bağlık ダム地点で İkizdere 花崗岩類と接触し、その上流に幅約 800m 北北東から南南西(Berta 川右岸から左岸)に延びる帯状分布が、他は、同じく Bağlık 発電所から放水路トンネル終端部付近に北北東から南南西に延びる分布が認められる。

本層は、オフィオライト(ophiolite)、砂岩(sandstone)、粘板岩(slate)、塩基性凝灰岩(basic tuff)、輝緑岩(diabase)などから構成されるが、いずれも極めて堅硬であるため、この地層の分布域の地形は著しく急峻な山岳地形で特徴づけられている。場所により褶曲および断層も複雑に発達し、更に İkizdere 花崗岩類の貫入が見られるため、本層内の各岩石間の関係は複雑である。また、İkizdere 花崗岩類の貫入により、本層はホルンフェルス化している部分が見られる。

(b) Berta 層

Berta 層は、中生代白亜紀後期に属する。本層の代表的な露頭は Çoruh 川にある Yusufeli 部落付近より上流の Çoruh 川中流域に広く分布する。Berta 川沿いでは、 Bağlık ダム地点に分布する Yusufeli 層の東側の上流域に広く分布する。

本層は凝灰岩(tuff)、凝灰角礫岩(tuff breccia)、火山角礫岩(volcanic breccia)、塩基性または酸性火山岩類 (basic or felsic volcanic rocks: basalt, dacite 等)、薄い石灰岩(limestone)と泥灰岩(marl)の互層(interbedded strata)や石灰質砂岩(calcareous sandstone)などから構成されている。石灰質な地層は、本層中では上位に見られ、一般的には標高 1000m より高い位置に分布している。本地層は局所的な小断層や溶岩流(lava flow)による堆積の不規則性は認められるも全体的には、緩く褶曲(fold)するかまたはほぼ水平な堆積構造が広範囲に連続している。構成する各岩石は十分堅硬であり、各所に急崖や絶壁を形成している。

なお、下部の Yusufeli 層とは不整合(unconformity)またはスラスト断層 (thrust fault)で接している。

(c) İkizdere 花崗岩類

İkizdere 花崗岩類は上述した Yusufeli 層および Berta 層に貫入(intrusion)する底盤(batholith)で、Çoruh 川流域、殊に中-下流域に広く分布する。Berta 川沿いでは Bağlık ダム地点より下流域一帯に広く分布している。

İkizdere 花崗岩類は流域全体としては、granodiorite-tonalite group, adamellite group, porphyritic microgranite group および granite-gneiss group が報告されている (EIE 研究による)。

(d) 段丘堆積物

既に述べた通り、計画地域は急峻な山岳地形を特徴とする地域である。したがって段丘地形および段丘堆積物はそれほど顕著に見られない。そのような環境のなかで比較的目立つ段丘は、標高約 650m から 700m 付近に発達するやや規模の大きい段丘である。

これらの典型的な露頭は Berta 川中流域右岸の所々で見られる。また、その厚さは数 m 以内が一般的である。

(e) 崖錐堆積物および崩積堆積物

急峻な山地の中腹から山麓に見られる斜面の崩壊あるいは重力による落下により形成された堆積物である。その規模や厚さは後背地となる斜面の傾斜や地質条件により異なる。

これらのうちダム地点近傍の崖錐堆積物の露頭としては、厚さは数 m 規模のものが Bayram village 周辺で見られる。

また、Bayram ダム地点より約 1km 下流の左岸には、'Savail Landslide' と呼称される斜面堆積物が厚く堆積している。

(f) 現河床堆積物

概括的に言うと、Bayram ダム地点を境として、上流と下流で現河床堆積物厚さに違いがある。例えば、Bayram ダム地点では砂礫の厚さは約 33m であるが、Bağlık ダム地点では数 m 以内に過ぎない。

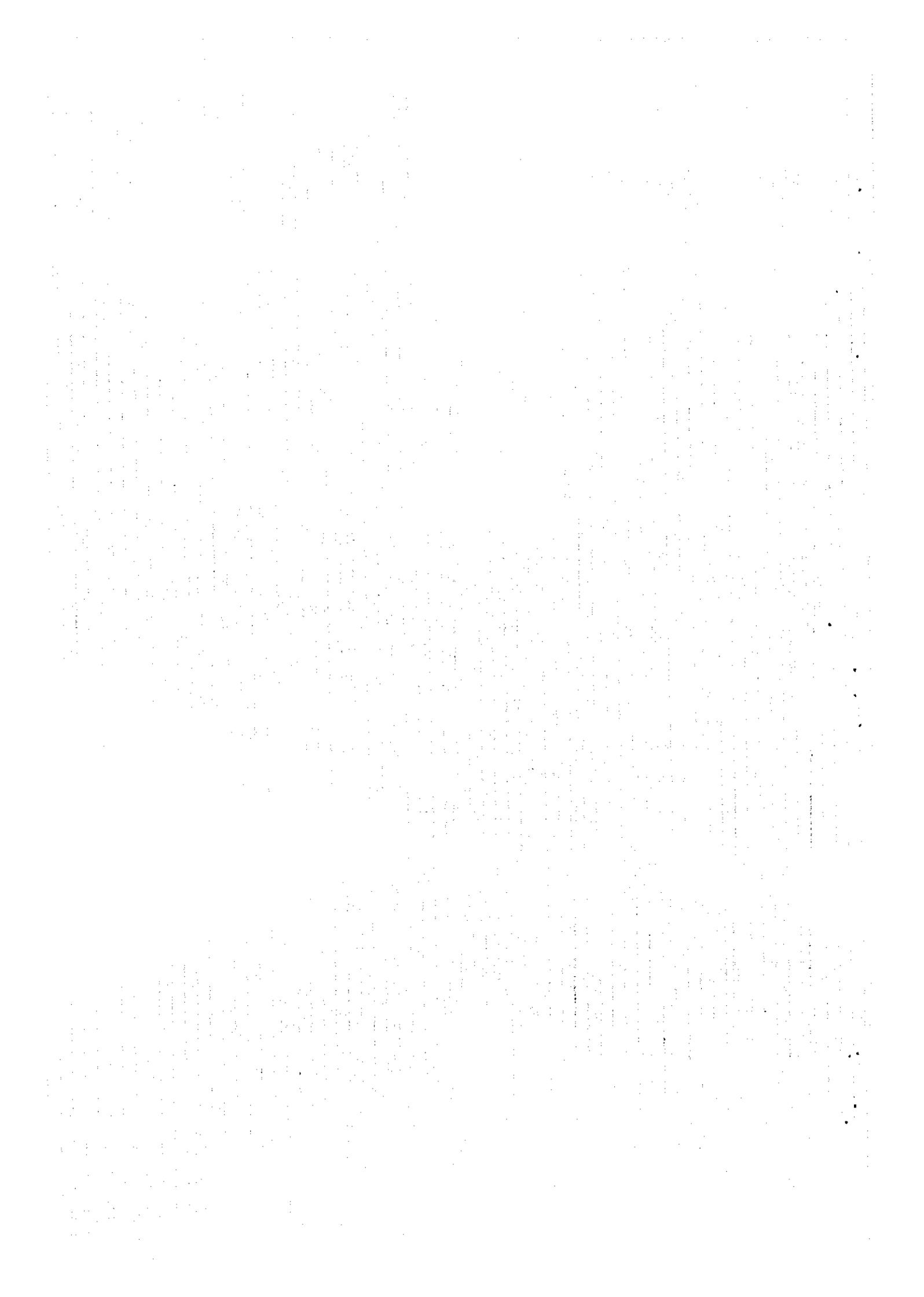
堆積物はシルト、砂および礫より構成される。礫は、花崗岩(granite)、花崗閃緑岩(granodiorite)、輝緑岩(diabase)、石灰岩(limestone) および各種火山岩類(various

volcanic rocks) などの多様な岩種から構成され、大きさも、ボルダーからペブルサイズまでが見られる。

Table 7-1 Geologic Sequence

GEOLOGIC TIME		Regional Geology of Çoruh-Berta River (EİE June, 1990)			
Era	Period	Formation	Lithology	Remarks	
CENOZOIC	Quaternary	Quaternary System	Alluvial deposit, Terrace deposit Talus deposit Slope wash Colluvial deposit Landslide deposit		
	1.7Mo Tertiary	Borçka F. (Tb) Oltu F. (To)	Basic and andecitic lava, Volcanoclastics, Tuff, Agglomerate, Marl, Impure Limestone, Claystone, Sandstone		
MESOZOIC	65Mo Cretaceous	Late	Berta F. (Kb)	Mudstone Marl Limestone Sandstone, Conglomerate Alternation of Basalt, Rhyolite & Dacite Volcanoclastic rock İkizdere Granitic Rocks intruded (Ti)	Bayram dam site
		Early	Püğe F. (J-Kp)	Up : Alternation of Limestone & Marl with Silexite Low : Basal conglomerate, Alternation of Sandstone & Marl	
	143Mo Jurassic	Late (Malm)			
		Mid (Oogger)	Ayvalı Volcanics (Ja)	Rhyolite, Acidic and Basic lava, Volcanoclastic rock, Tuff, Agglomerate, Granite	
	212Mo 247Mo Permo-Carboniferous Pre-Permian	Early (Lias)	Yusufeli F. (Jy)	Up : Greywacke, Slate, Phyllite Mid : Spilite (pillow lava), Metalava, Green Schist Low : Gabbro, Amphibolite Hornfels	Bağlık dam site
PALEOZOIC			İkizdere Granitic Rocks intruded (Ti)		

Mo: million years





LEGEND

AUTOCHTHONOUS UNITS

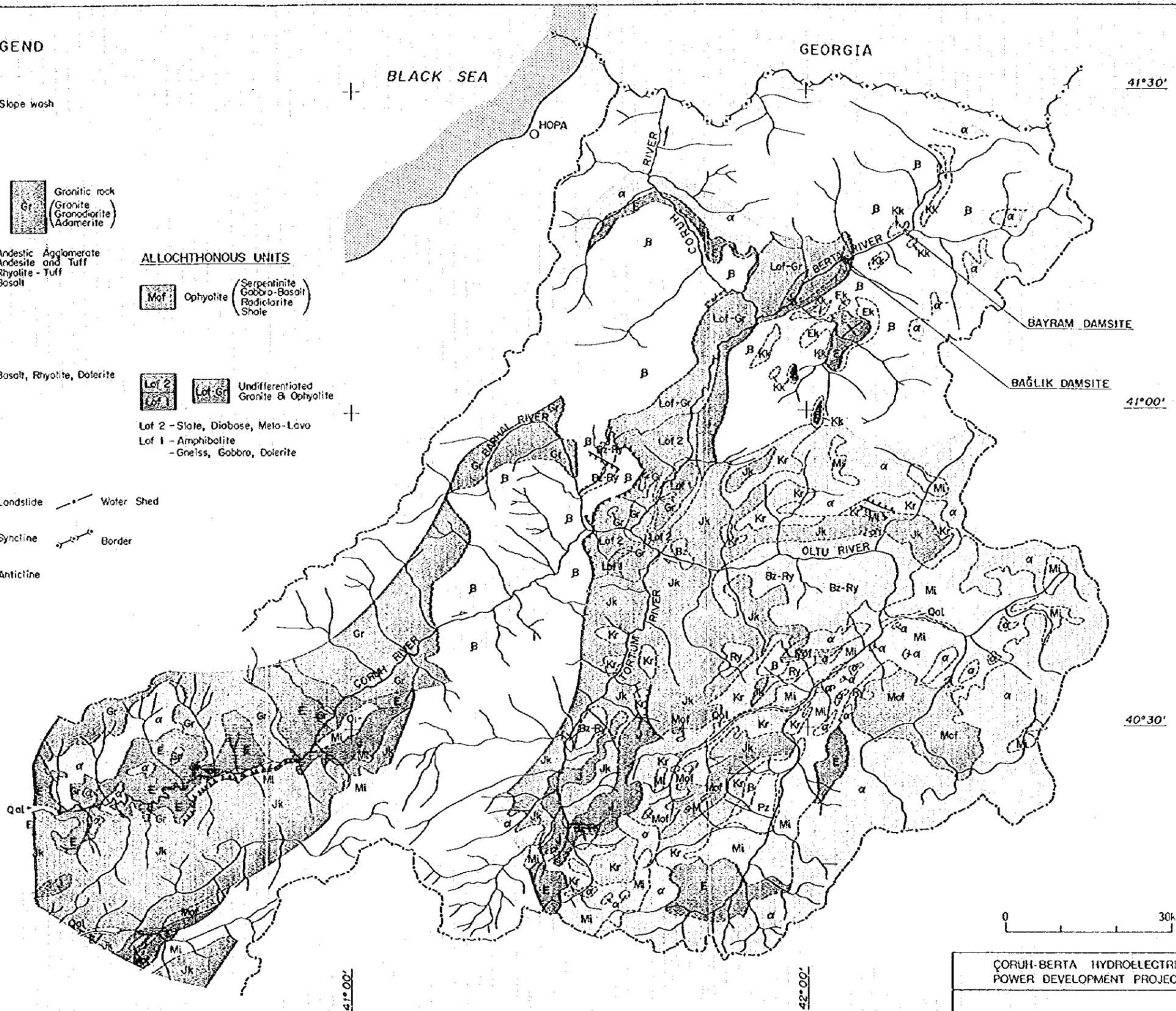
Quaternary	Qol	Alluvium	Qym	Slope wash
Miocene	Mi	Fine-Coarse Clastics		
Oligocene	Oi	Mudstone Sandstone Evaporite Intercolation		
Eocene	E	Shale, Sandstone Tuff, Volcano Clastics (Flysch)	α	Gr Granitic rock (Granite Granodiorite Adamellite)
	Ek	Limestone		
Upper Cretaceous	Kr	Shale Sandstone (Flysch)	β	Andestic Agglomerate Andesite and Tuff Rhyolite - Tuff Basalt
	Kk	Limestone, Marl		
Lower Cret. Upper Jurassic	Jk	Carbonaceous Flysch Limestone Conglomerate		
Lower Jurassic		Fine-Coarse Clastics and Siltite	Bz-Ry	Basalt, Rhyolite, Dolerite
Pre-Permian		Slate, Phyllite Granite and Marble Lense		
Permo- Carboniferous	Pk	Limestone, Shale Quartzite Arkose		

ALLOCHTHONOUS UNITS

Mof	Ophiolite (Serpentinite Gabbro-Basalt Radiolarite Shale)
Lot 2	Undifferentiated Granite & Ophiolite
Lot 1	Undifferentiated Granite & Ophiolite

Lot 2 - Slate, Diabase, Melo-Lava
Lot 1 - Amphibolite
- Gneiss, Gabbro, Dolerite

	Geologic Boundary (inferred or confirmed)		Landslide		Water Shed
	Fault		Syncline		Border
	Thrust		Anticline		



Note : This map is Compiled and Simplified from Geological Map of Çoruh River prepared by JICA in 1986 and Geological Map of Turkey (Trabzon, Kars, (1/500,000) prepared by MTA in 1961.

ÇORUH-BERTE HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

REGIONAL GEOLOGICAL PLAN

Figure 7-1

LEGEND

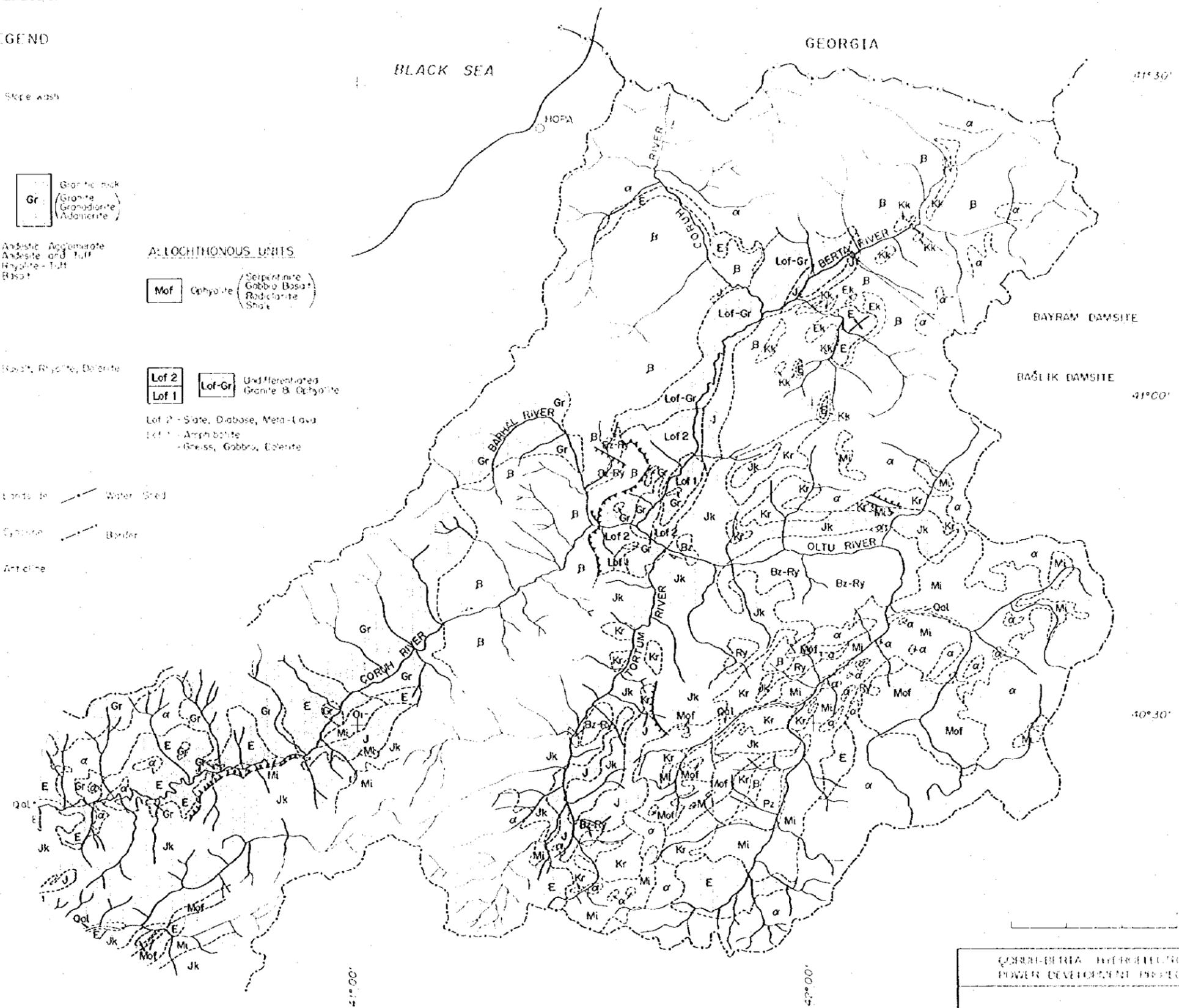
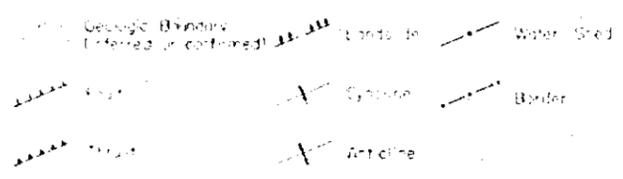
AUTOCHTHONOUS UNITS

Quaternary	Qal	Alluvium	Qym	Stone wash
Miocene	Mi	Fine Grained Clastics		
Oligocene	Oi	Mudstone Sandstone Evaporite Interbedding		
Eocene	E	Shale, Sandstone Tuff, Volcanic Clastics (Flysch)	α	Gr
	Ek	Limestone		
Upper Cretaceous	Kr	Shale Sandstone Flysch	β	
	Kk	Limestone, Marl		
Lower Cret. Upper Jurassic	Jk	Carbonaceous Flysch Limestone Conglomerate	Bz-Ry	
	J	Fine Grained Clastics and Siltite		
Lower Jurassic	J	Fine Grained Clastics and Siltite		
Triassic	Pz	Shale, Tuff Granite and Marble Lenses		
Permian Carboniferous	Pk	Limestone, Shale Quartzite Arkose		

ALLOCHTHONOUS UNITS

Mof	Ophiolite (Serpentine Gabbro Basalt Radiolarite Shale)
Lof 2	Undifferentiated Granite & Ophiolite
Lof 1	Undifferentiated Granite & Ophiolite

Lof 2 - Slate, Diabase, Meta-Lava
Lof 1 - Amphibolite
-Gneiss, Gabbro, Dolerite



Note: This map is compiled and simplified from Geological Map of Çoruh River prepared by JICA in 1986 and Geological Map of Turkey (Trabzon, Kars, 1:500,000) prepared by MTA in 1961.

ÇARŞAMBA HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

REGIONAL GEOLOGICAL PLAN

Figure 7-1

7.2 調査概要

7.2.1 既存資料

本報告書をとりまとめるに当り参考とした既存資料は、次ページの Table 7-2 に示す通りである。

7.2.2 地質調査工事

Bayram 計画および Bağlık 計画地点において実施された地質調査工事は、下記の通りである。その詳細は、Table 7-3～7-5 に示す。

Bayram 計画

・ボーリング (含透水試験)		
ダム地点	14 孔	計 1435.45m
発電所地点	1 孔	計 100m
放水路トンネルルート	1 孔	計 60m
・ Savail Slope 調査	7 孔	計 472.5m
・土質材料調査		計 23 ピット
・ロック材料調査	2 孔	計 170m
・コンクリート骨材調査		計 3 ピット
・地表地質調査 (Surface geological survey)		
ダム地点	縮尺	1/1000
貯水池、トンネルルート	縮尺	1/5000

Bağlık 計画

・ボーリング (含透水試験)		
ダム地点(Alternative)	14 孔	計 1479.2m
ダム地点(Selected)	3 孔	計 280m
発電所地点(Alternative)	1 孔	計 100m
発電所地点(Selected)	1 孔	計 130m
・地表地質調査		
ダム地点	縮尺	1/1000
貯水池、トンネルルート	縮尺	1/5000

Table 7-2 Reference Data

No.	Name of Data	Publication
1.	Çoruh River Basin Barhal-Oltu-Berta Creeks Hydroelectric Projects Investigations on Engineering Geology	EİE, 1984
2.	Çoruh-Berta Kolu Bayram ve Bağlık Baraj Yerleri Mühendislik Jeolojisi Raporu (by Turkish)	EİE, 1989
3.	Master Plan Report on Çoruh-Berta River Basin	EİE, 1991
4.	Çoruh-Berta Kolu Enerji Kademeleri Doğal Yapı Gereçleri Raporu (by Turkish)	EİE, 1992
5.	Construction Material Report for Çoruh River Berta Creek Dam and HPP Projects	EİE, 1995
6.	Çoruh-Berta Kolu Bayram Baraj Yeri ve HES Projesi Geçirimsiz Malzeme Deney Sonuçları (by Turkish)	EİE, 1996
7.	Geological Map of Turkey, TURKEY, 1:2,000,000	MTA, 1989
8.	Geological Map of Turkey, TRABZON, 1:500,000	MTA, 1961
9.	Geological Map of Turkey, ERZURUM, 1:500,000	MTA, 1961
10.	Geological Map of Turkey, KARS, 1:500,000	MTA, 1961
11.	Geological Map of Turkey, VAN, 1:500,000	MTA, 1961

Table 7-3 List of Drill Holes on the Bayram Project

No. of Hole	Location	Length (m)	Direction	Elevation (m)	Remarks
M/S stage					
SK-7	Dam site, right bank	150.00	Vertical	744.62	G.W.L. 94.90m
SK-8	Dam site, right bank	100.30	Vertical	692.74	G.W.L. 57.70m
SK-9	Dam site, riverbed	54.00	Vertical	639.13	
SKE-10	Dam site, left bank	100.00	45°inclined	690.49	
SKE-11	Dam site, right bank	100.00	45°inclined	692.74	
SK-12	Dam site, left bank	150.00	Vertical	754.71	G.W.L. 65.60m
SK-13	Dam site, left bank	100.00	Vertical	690.49	G.W.L. 54.40m
SKE-14	Dam site, left bank	100.00	45°inclined	754.71	
SK-15	Dam site, left bank	100.00	Vertical	660.05	G.W.L. 21.10m
SK-16	Dam site, right bank	104.00	Vertical	661.64	G.W.L. 25.60m
SKE-17	Dam site, right bank	100.00	45°inclined	744.62	
SKE-18	Dam site, left bank	75.00	45°inclined	660.05	
SKE-19	Dam site, right bank	75.00	45°inclined	661.64	
		1308.3			
F/S stage					
SK-7AD	Dam site, right bank, underground P/S site	100.00	Vertical	744.62	Additional drilling of SK-7
SK-101	Dam site, riverbed	127.15	Vertical		
BYT-1	Tailrace tunnel	60.00	Vertical		
RQ-1	Quarry site	75.00	45°inclined		
RQ-2	Quarry site	95.00	Horizontal		
H-1(HS-1)	Savail Slope area	55.00	Vertical		
H-2(HS-2)	Savail Slope area	85.00	Vertical		
H-3(HS-3)	Savail Slope area	74.80	Vertical		
H-4(HS-4)	Savail Slope area	80.00	Vertical		
H-5(HS-5)	Savail Slope area	55.40	Vertical		
H-6(HS-6)	Savail Slope area	57.90	Vertical		
H-7(HS-7)	Savail Slope area	64.40	Vertical		
		929.65			

Remarks: M/S stage; Master plan stage F/S stage; Feasibility study stage

G.W.L.; Depth of ground-water level

Table 7-4 List of Drill Holes on the Bağlık Project

No. of Hole	Location	Length (m)	Direction	Elevation (m)	Remarks
M/S stage					
SG-1	EIE Dam site, right bank	230.00	Vertical	601.80	G.W.L. 44.55m
SL-2	EIE Dam site, left bank	200.00	Vertical	589.41	G.W.L. 107.06m
NI-3	EIE Dam site, NEHIR ICI	50.00	Vertical	469.04	
SK-4	EIE Dam site, right bank	120.00	Vertical	534.65	G.W.L. 70.34m
SK-5	EIE Dam site, left bank	100.00	Vertical	519.79	G.W.L. 49.44m
SK-6	EIE Dam site, NEHIR ICI	28.00	Vertical		
SKE-7	EIE Dam site, left bank	100.00	45°inclined	519.78	
SKE-8	EIE Dam site, right bank	101.20	45°inclined	534.65	
SKE-9	EIE Dam site, right bank	100.00	45°inclined	601.80	
SKE-10	EIE Dam site, left bank	100.00	45°inclined	589.41	
SK-11	EIE Dam site, right bank	100.00	Vertical	469.42	G.W.L. 2.45m
SK-12	EIE Dam site, left bank	100.00	Vertical		
SKE-13	EIE Dam site, left bank	75.00	45°inclined		
SKE-14	EIE Dam site, right bank	75.00	45°inclined	469.43	
		1479.20			
F/S stage					
BGA-1	Proposed dam site, left bank	100.00	Vertical		
BGA-2	Proposed dam site, right bank	100.00	Vertical		
BGA-3	Proposed dam site, riverbed	80.00	Vertical		
BGA-15	Proposed underground powerhouse site	130.00	Vertical		
BGP-1	Alternative underground powerhouse site	100.00	Vertical		
		510.00			

Remarks: M/S stage; Master plan stage F/S stage; Feasibility study stage

G.W.L.; Depth of ground-water level

Table 7-5 List of Test Pits for Impervious Material at Savail Slope

No. of Line	Location	Depth(m)	Remarks
<u>F/S stage</u>			
MÇ-1	Savail Slope area	1.55	
MÇ-2	Savail Slope area	1.50	
MÇ-3	Savail Slope area	3.30	
MÇ-4	Savail Slope area	3.00	
MÇ-5	Savail Slope area	4.50	
MÇ-6	Savail Slope area	3.50	
YMÇ-7	Savail Slope area	3.00	
YMÇ-8	Savail Slope area	3.00	
YMÇ-9	Savail Slope area	5.00	
		28.35	

Remarks: F/S stage; Feasibility study stage

7.2.3 物理探査

Bayram 計画の材料調査に関連して実施された Savail Slope での物理探査は、以下の Table 7-6 の通りである。

Table 7-6 List of Seismic Prospecting at Savail Slope

No. of Line	Location	Length(m)	Remarks
<u>F/S stage</u>			
A	Savail Slope area	1350	
B	Savail Slope area	1100	
C	Savail Slope area	650	
D	Savail Slope area	450	
E	Savail Slope area	800	
F	Savail Slope area	650	
Total		5000	

Remarks: F/S stage; Feasibility study stage

7.3 計画地点の地質

7.3.1 Bayram 計画

(1) 貯水池

(a) 地 形

Bayram 貯水池が計画されている Berta 川は、トルコ国領内において Çoruh 川に右岸より流入する主な支流のうち最も北側に位置する支流である。その全長は約 72km であり、Bayram ダムは Çoruh 川と Berta 川の合流点より約 32km 上流に計画されている。

Bayram 貯水池の長さは、本流の Berta 川沿い(Şavşat 川沿い)では約 5.5km、ダム地点より約 2.3km 上流の右岸に流入する支流の Meydancık 川沿いでは約 5km である。

貯水池内の本流(Şavşat 川)は、貯水池背水端より Meydancık 川合流点までほぼ北西方向に流れ、それより下流、ダム地点までは、西南西方向に流れる。また、Meydancık 川は全体として南西方向に流れるが、貯水池内では北から南の流路を示す。

満水位標高を 740m とした場合の貯水池幅は、ダム軸上で、約 380m、上記合流点付近で 400m 前後、更に上流域の本流では 300m 前後、そして支流(Meydancık 川)沿いでは 150m-400m である。

貯水池の流域を囲む山体は、標高 2600m 前後から 3415m までの高山が多く、命名された山では、Egripinar (標高 3054m)、Ziyaret (標高 3200m)等がある。これらの高山以外にも、流域内には標高 1000 から 2000m 前後の急峻な山岳が多く、当貯水池の地形的特徴として河床部に平坦部が少ないことと、河川の左右両岸が直接、急峻な山地形につながっていることがあげられる。

なお、当貯水池内には地滑り地形や大規模な崩落地形および他の流域と接する薄い鞍部地形などは見あたらない。

(b) 地 質

貯水池周辺には、Figure 7-2 に示すように中生代白堊紀の Berta 層および段丘堆積物、崖錐堆積物、現河床堆積物を主とする第四紀堆積物が分布する。なお、Yusufeli 層および İkizdere 花崗岩類は当貯水池基礎に分布せず、主として下流の Bağlık 計画域に分布する。

Berta 層は主として各種火山岩類(玄武岩、変質玄武岩、流紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩、火山角礫岩)と各種堆積岩類(泥岩、砂岩、礫岩、泥灰岩、石灰岩、石灰質砂岩)等から成る。貯水池の基礎には火山岩類が分布し、堆積岩類は、ほぼ標高 1000m 以上の

高地に分布している。したがって、貯水池の耐水性に関係する石灰岩については、分布が満水位標高(740m)よりはるかに高い位置にあるうえに、単層の厚さが薄いため石灰岩の溶食(karstic solution)による貯水池の漏水発生というケースは起こり得ないと判断できる。貯水池基礎に分布する火山岩類については、この地層が中生代に属する古い地層であること、上記した各岩石が非常に厚く分布していること等から漏水の恐れはない。事実、Bayram ダム地点の地質調査結果によると、地下水面はアバットメントでやや低いものの、透水試験結果からは、貯水池漏水に結びつくような地下空隙の存在を示唆するデータは認められない。

第四紀堆積物は、河床砂礫を除いて、すべて貯水池斜面の安定性に関係する。殊に、厚く、広く堆積する崖錐分布地点の斜面の安定性には注意が必要である。調査の結果、ほとんどの崖錐地形は貯水池満水面標高 740m 以下に位置するが、ダム直上流右岸に分布する崖錐堆積物の一部は標高 740m 以高にも連続して分布している。これらの崖錐の下部が貯水池の湛水により浸水した場合、満水面以高の範囲が不安定となる可能性がある。今後、この付近の崖錐については、i)満水面と崖錐分布範囲の関係、ii)満水面以高の崖錐の厚さ・幅等の調査、iii)崖錐斜面の傾斜角等地形調査の実施等が必要である。(次項 斜面の安定性参照)

なお、河床砂礫の厚さはダム地点において約 33m である。

(c) 土木地質的評価

(i) 保水性

貯水池基礎を構成する Berta 層は、上部には薄い石灰岩を挟在する堆積岩の分布が認められるものの、その位置は満水位よりはるかに高く、貯水池には直接関係しない。貯水池基礎および周辺の Berta 層は上記した各種火山岩類より成る。各層は一般に厚く、緻密である。また、ダムおよび貯水池周辺の沢には流水が認められ、地下水の分布を示唆している。さらに、地形的にも漏水が懸念されるような鞍部、やせ尾根等はない。

このような地形、地質状況から判断すると、貯水池の保水性は十分保証されるものと考えられる。

(ii) 斜面の安定性

ダム右岸直上流の崖錐堆積物の一部は、満水位より高くまで分布している。しかし、

外見的にはその規模は小さく、たとえ一部に崩壊が発生したとしても当貯水池やダムに被害をおよぼすものではない。いずれにしても、Feasibility study stageでは、特に地質調査の必要はなく、次の、Definite design stageにおいて、ダム近傍の道路や取水口等の諸設備の配置を検討する段階で、崖錐と諸設備の位置関係を調べたうえで、必要ならば上記したような詳細地質調査を実施する。

その他の表層堆積物は、ほとんどが満水面（標高 740m）以下であるか、または、斜面の傾斜が緩く、安定しているため、貯水池周辺斜面の安定性を損なうものではないと考えられる。

(2) ダム

(a) 地 形

Bayram ダム地点は、Çoruh 川と Berta 川の合流点より約 32km 上流に位置し、ダム軸上の河床標高は約 634m である。JICA 調査団が提案するダム地点は、EIE が Master plan stageにおいて検討したダム地点と一致している。

この付近の Berta 川は、緩く蛇行しながら北東から南西へ流れている。

ダム地点の左岸斜面は、河床から標高 720m 付近まで約 40 度の傾斜、標高 720m 以上で 25 度の傾斜を示す。また、右岸斜面は、河床付近で約 50 度の傾斜、標高 660m 以上で 30 度の傾斜をなしている。これらの斜面は、表土はほとんど無く、基岩が露出している。

ダム軸上での河床幅は、約 80m、満水位標高 740m での谷幅は、約 380m である。

(b) 地 質

ダム地点には、Figure 7-3~4 に示すように、Berta 層の玄武岩、変質玄武岩、火山角礫岩、凝灰岩などの火山岩類とそれらを覆う段丘堆積物、崖錐堆積物、扇状地堆積物、河川堆積物が分布している。

(i) 基礎岩盤

・構成岩種と岩質

ダムの基礎岩盤は、玄武岩、変質玄武岩、火山角礫岩、凝灰岩よりなる。玄武岩、変質玄武岩および火山角礫岩は、兩岸の斜面に広く露出し、緑灰色から暗灰色を呈する塊状・硬質な岩石であり、顕微鏡下では初生鉱物(primary mineral)が熱水変質

(hydrothermal alteration)の交代作用により大部分が交代鉱物(replacement mineral)となっていることが確認された。凝灰岩は、緑灰色を呈する縞状組織をもつ岩石で、右岸の一部には熱水変質の交代作用による珪化が見られる。この凝灰岩層は、N70E15-35NWの走向・傾斜をもっている。

なお、貫入岩(intrusive rock)としては、玄武岩の岩脈が多数認められるが、幅 100cm以下の小規模な岩脈が多く、貫入面は、他の岩石と完全に密着している。

これらの RQD は、一般に 60%~100%を示す。

・断層・節理

ダム地点周辺には、幅広い破碎帯を伴う大規模な断層は存在していない。ダム地点においてもこれまでの調査では、断層は確認されていない。

節理や亀裂は、全般に不規則に見られ、やや発達している。

・風化

本地点は、表土はほとんど無く、露頭している岩盤は、褐色に変色していることが多い。節理や亀裂の不連続面に沿う風化変色が、兩岸とも深さ 50m を越える深部まで認められる。

(ii) 表層堆積物

・段丘堆積物

段丘堆積物は、右岸上流の Bayram village 付近の標高 660m 付近に分布しており、径 10~30cm の礫、砂およびシルトからなる。

・現河床堆積物

現河床堆積物は、河床部で掘削された SK-9 孔のボーリング結果によると、約 33m である。本堆積物は、主として径 5~30cm の礫を主体として、砂を含む砂礫層である。

・崖錐堆積物

崖錐堆積物は、兩岸の山麓部や右岸上流の Bayram village 付近に小規模に分布するのみであり、その厚さは一般に 15m 以下である。

(iii) 地下水

ダム地点で掘削されたボーリングの最終孔内水位は、Figure 7-4 に示す通りである。地下水位は両岸とも深く、右岸の SK-7 孔で深度 94.9m、左岸 SK-12 孔で深度 65.6m である。両岸の地下水位は、深いものの両岸とも地形に沿って上昇している。

(iv) 透水性

ダム地点では、Master plan stage においてボーリング孔を利用した透水試験（ルジオン試験: Lugeon test）が合計 13 孔、579 ステージ、1161m の区間で実施された。これらは、表層堆積物を除く基礎岩盤を対象として、それぞれ 2m のテスト区間で実施された。

ルジオン試験の結果は、以下の通りである。

・ダム右岸

ルジオン値（以下“Lu”）が 30 以上の高い透水性を示す部分は表層付近のみならず深度 50m～110m の区間にも多く認められる。SK-7 孔の深度 80m から深度 110m の区間では、Lu=30 以上の高い透水性を示している。

・河床

河床下の基盤岩は、Lu=0～10 を示し、透水性は全般に小さい。

・ダム左岸

Lu=30 以上を示すの高い透水性の部分は、表層から深度 15m までの地表付近とそれより以深の深度 15m～80m 間の一部に存在している。

(c) 土木地質的評価

地表の地質状況および透水試験を含むボーリングの結果から判断すると、ダム地点に対して、以下の土木地質的評価がなされる。

i) ダム地点に分布する玄武岩、火山角礫岩、凝灰岩などの火山岩類は、節理や亀裂がやや発達しているものの、塊状・堅硬な岩盤であることまた風化の強い部分は表層の数 m に限られることから、現在計画している高さ 145m のフィルダム基礎として十分な地耐力を有するものと判断される。

ii) 基礎岩盤内の不連続面としては、節理、亀裂および貫入面があり、なお、断層は確

認められていない。貫入面は密着しているものの、兩岸のアップトメントでは節理面および亀裂面に沿う風化変色が深度 50m 以上まで進んでいる。

iii) ルジオン試験の結果によれば、左右岸は、地表から深度 110m 付近まで部分的に $Lu=30$ 以上の高い透水性の部分が多く見られ、それより以深は、全般に低い透水性を示す。一方、河床下の基盤は、 $Lu=0\sim 10$ を示し、透水性は全般に低い。本試験の 60% は、 $Lu=5$ 以下となっている。

本地点の岩盤は、堅硬な火山岩類から構成されており、岩石の鉱物粒子間を透過する水はなく、岩盤の透水性は、前述した節理等の不連続面に支配されている。したがって、透水性の高いゾーンに対しては、一般的に用いられているセメントグラウチングを適用することにより、十分な止水処理が可能と考えられる。

iv) ダムロック部基礎の一部は、厚さ最大 33m の現河床堆積物よりなる。この現河床堆積物は、主として礫および砂よりなり、概ね締まっているものと思われる。

(3) 発電所

(a) 地 形

発電所は、Bayram ダム右岸に地下式発電所が設けられる計画である。

この地下発電所地点は、北西から南東方向に延びる尾根の中に位置しており地表から発電所までの地山の被りは、250m から 300m である。

(b) 地 質

発電所地点周辺には、Figure 7-5 に示すように、ダム地点と同様に Berta 層の玄武岩、変質玄武岩(altered basalt)、火山角礫岩、凝灰岩などの火山岩類が分布している。

これらの各岩種は、上述のダム地点の項で述べたように、全体に熱水変質の影響を受けているが、岩質はほとんど劣化しておらず堅硬である。発電所地点近傍まで掘削した SK-7AD 孔のボーリング(drill hole)結果によると、棒状の長いコアが採取されており、RQD は、80%~100%の高い値を示す。本孔の地下水位は標高 650m 付近にあり、かなり低く、ルジオン値は、 $Lu=1$ 以下の不透水性を示す。

これまでの調査では、発電所地点周辺には、顕著な断層は確認されていない。また、方向性をもつ顕著な節理は認められない。

(c) 土木地質的評価

地表の地質状況および地下発電所地点近傍で掘削されている SK-7AD のボーリング孔などの結果から判断すると、発電所地点に対して以下の土木地質的評価がなされる。

i) 発電所地点周辺には顕著な断層は認められない。

ii) これまでの調査ボーリングの結果から、発電所地点周辺には、ダム地点と同様に Berta 層の玄武岩、変質玄武岩、火山角礫岩、凝灰岩などの火山岩類が分布している。これらは、いずれも堅硬かつ緻密であり、RQD は、80%~100%の高い値を示している。

このような岩盤の状況から考えると、地下発電所の地下空洞掘削を困難にするような地質的問題点はないと判断できる。

iii) SK-7AD 孔のルジオン試験の結果によれば、地下発電所の位置する深部では、ルジオン値が 1 以下の不透水性の部分が大部分であり、極めて低い透水性を示す。したがって、地下発電所周辺岩盤から地下空洞内へ流入する地下水（湧水）の量は小さいと推定される。

iv) 地下発電所地点付近では、前述の SK-7AD の調査ボーリング孔が 1 孔掘削されているのみである。このため、今後詳細設計を開始する前に、発電所位置での正確な岩盤状況、透水性および水理地質状態を明らかにするため、ボーリング調査を実施する必要がある。

(4) 放水路トンネル

(a) 地形

放水路トンネルは、Berta 川にほぼ平行し、ダム右岸の地下発電所から北東から南西方向に延び、途中 Berta 川の下を右岸から左岸に横切って設けられる全長約 8000m のトンネルである。

放水路トンネルは、標高 700m から 1000m の山地斜面の直下を通過（標高 530m 付近）するため、地山被りは比較的大きく、200m から 500m である。また、ベルタ川を横切る部分では、地山被りは 40m と最も薄くなっている。

(b) 地 質

放水路トンネル経過地には、Figure 7-6 に示すように、Berta 層が分布している。Berta 層は、玄武岩、変質玄武岩(altered basalt)、火山角礫岩、凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩、凝灰岩などの火山岩類とそれらを覆う石灰岩、石灰質砂岩、泥灰岩、泥岩の堆積類からなる。後者のうち厚い石灰岩は、ほぼ水平に分布し、下位の火山岩類とは、軽微な傾斜不整合の関係にあると推定され、標高 750m 以上に分布する。このため、標高 530m 付近を通過する放水路トンネルには出現しない。

放水路トンネル経過地のうち発電所側と放水口側には、玄武岩、変質玄武岩(altered basalt)、火山角礫岩が主として分布し、中間付近のベルタ川を横切る部分とその前後には、緑灰色の火山礫凝灰岩および凝灰岩の厚い層が広く分布する。前者は、亀裂がやや発達するものの全般に堅硬・緻密であるが、後者は緑色変質作用によりやや脆弱化した岩盤と予想される。なお、緑灰色を呈する火山礫凝灰岩および凝灰岩の地層は、全長約 8000m のトンネルのうち、約 3,400m の区間に出現すると推定される。

放水路トンネルおよびその坑口に影響をおよぼすような厚い表層堆積物や地すべり地形は、特に認められない。

(c) 土木地質的評価

地表の地質状況および Berta 川の河床で掘削されていた BYT-1 のボーリング孔などの結果から判断すると、放水路トンネル経過地に対して以下の土木地質的評価がなされる。

i) 放水路トンネル経過地に分布する Berta 層の玄武岩、変質玄武岩、火山角礫岩、凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩、凝灰岩などの火山岩類は、部分的に亀裂が発達するものの、全体としては堅硬な岩盤であり、トンネル掘削に大きな支障をきたすものではないと考えられる。

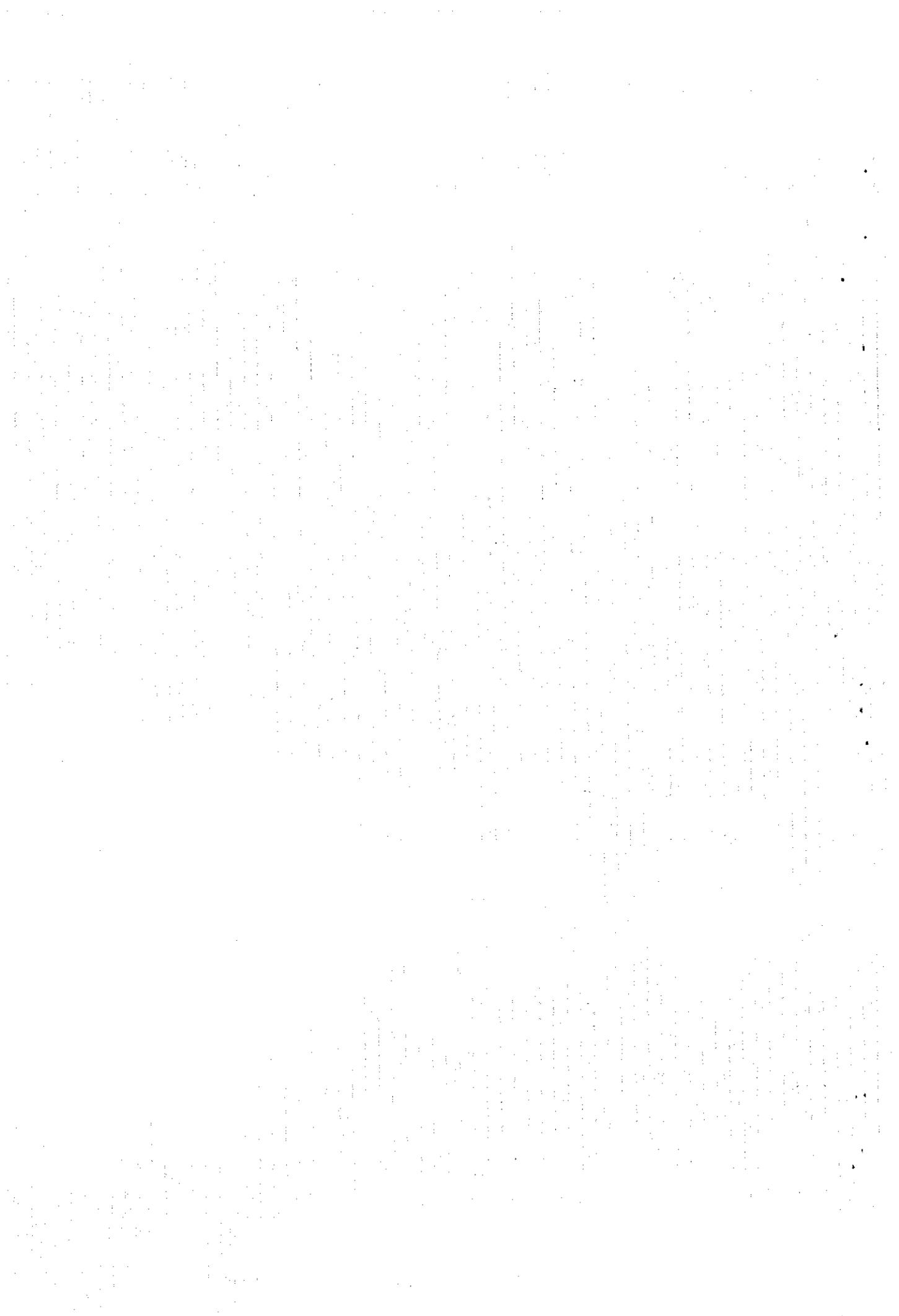
ii) 放水路トンネル経過地には顕著な断層は存在しない。しかしながら、被りの薄い部分などでは風化が進んでいる部分の存在が想定されるほか、玄武岩ないし変質玄武岩の溶岩と火山礫凝灰岩の地質境界付近や貫入岩（主として玄武岩）の部分では節理や亀裂の発達が認められる。このため、前述の区間のトンネル掘削に当っては適切な支保等による補強が必要となろう。

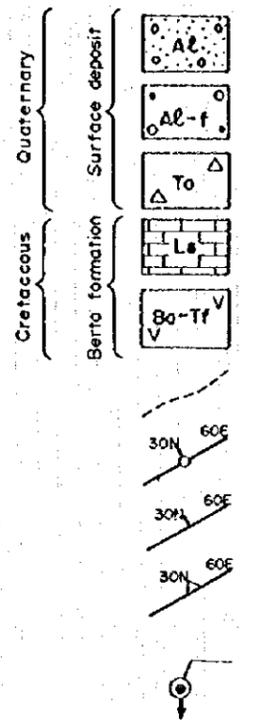
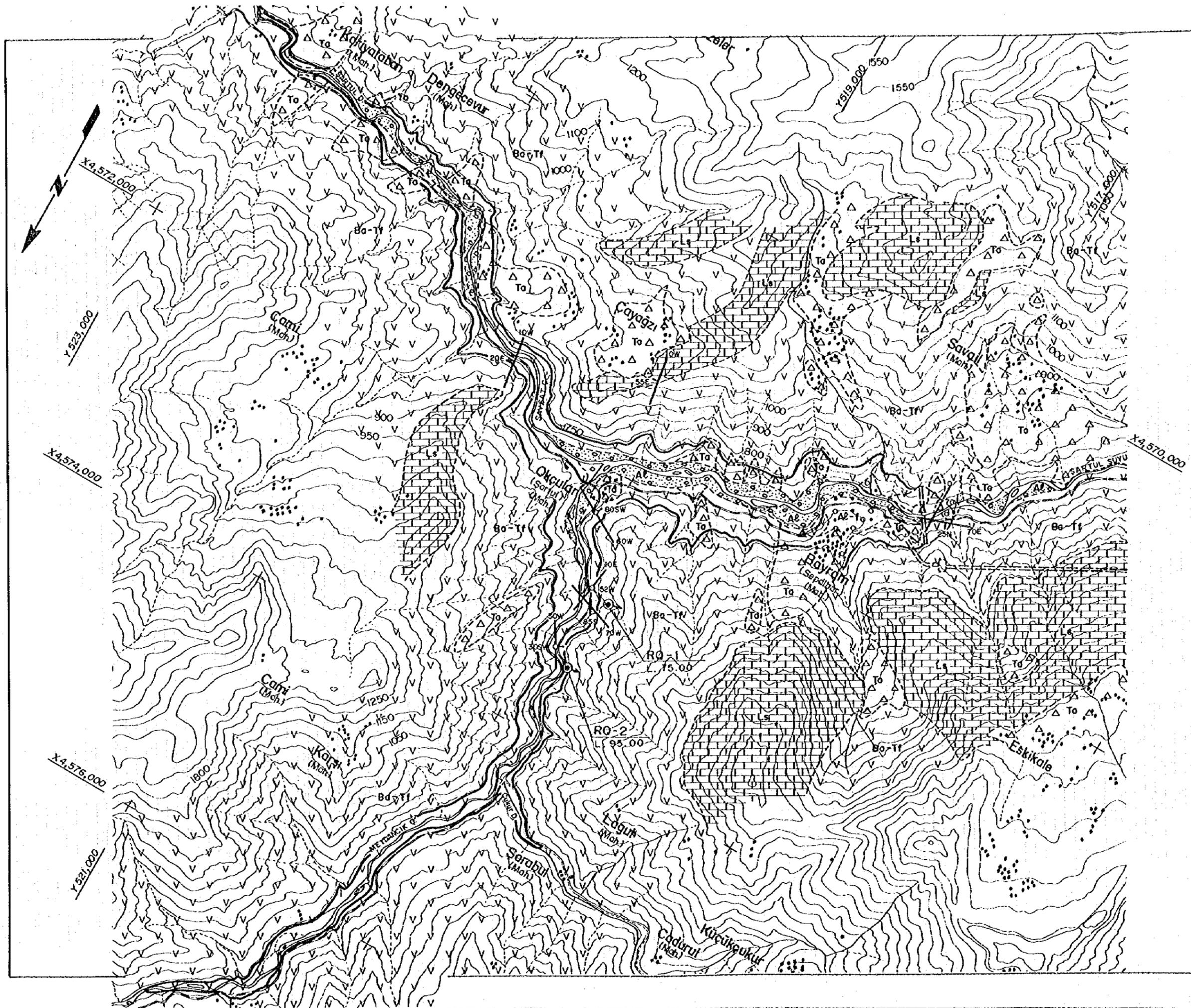
iii) 放水路トンネルは、Berta 川の下を通過している。この地点での地表から計画トンネル位置までの深さは約 40m である。この谷では、岩盤の深さを調査するため、BYT-1 のボーリング孔が掘削された。これらの結果によるとトンネル経過地沿いでの現河床堆積物の厚さは、約 18m であり、岩盤表面からトンネル位置までの厚さは、約 25m である。この部分は緑灰色の火山礫凝灰岩よりなり、節理や亀裂の発達認められるほか風化がやや進んでいる。このため、この区間のトンネル掘削に当っては適切な湧水対策や支保等による補強が必要となろう。

iv) 放水路トンネル経過地の地下水状態は以下のように考えられる。

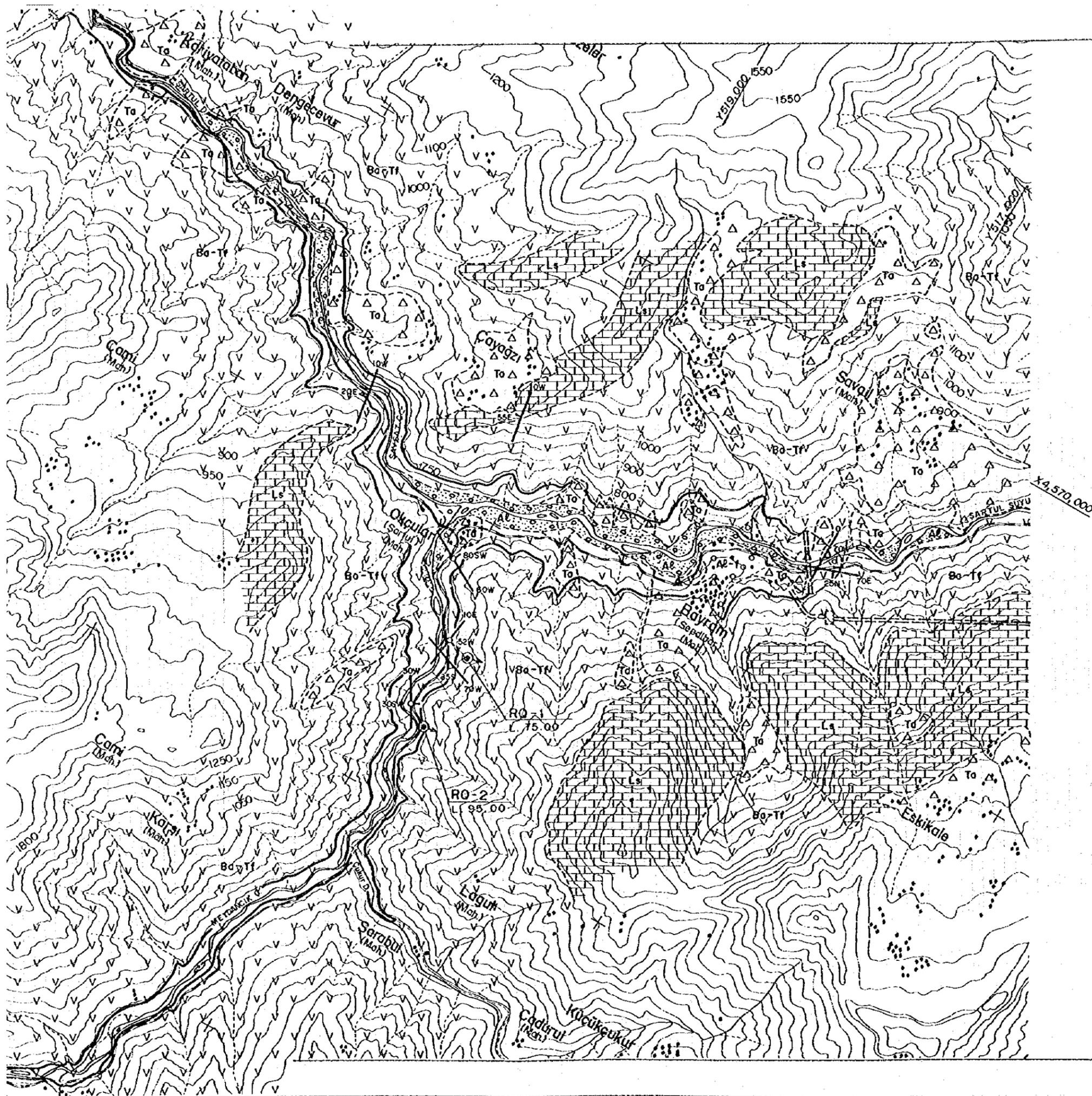
Berta 層の火山岩類の分布地域では、ダム地点で見られるように、河川から山側に向けて地下水位の上昇は非常に緩やかであり、Berta 川に沿う山地内を通過する放水路トンネル沿いの地下水も比較的低いものと推定される。また、ダム地点で実施されたルジオン試験の結果では、地表から 100m より深部の透水性は、不透水ないし難透水である結果が得られている。

したがって、放水路トンネル経過地は、大部分の区間で地下水位が比較的低くかつ透水性が小さい岩盤中を通過すると推定され、トンネル内への湧水は、基本的には小さいと推定される。ただし、部分的に亀裂や節理が発達する部分や沢を通過する部分では、局所的集中湧水が見られると予想されるため、建設にあたっては、十分な排水設備が必要と考えられる。



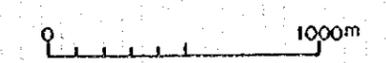


GEOLG
Figur



LEGEND

- | | | | |
|------------|-----------------|--|---|
| Cretaceous | Berta formation | | Alluvial deposit |
| | | | Alluvial fan deposit |
| | | | Talus deposit, Slope wash, Colluvial deposit |
| | | | Limestone, Marl, Tuff, Calcereous sandstone |
| | | | Basalt and altered basalt, Volcanic breccia, Tuff |
| Quaternary | Surface deposit | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | Geologic boundary | |
| | |
Strike and dip of fault | |
| | |
Strike and dip of strata | |
| | |
Strike and dip of joint | |
| | |
Drill hole for quarry
(RO-1 : inclined hole of 45 degree)
(RO-2 : horizontal hole) | |

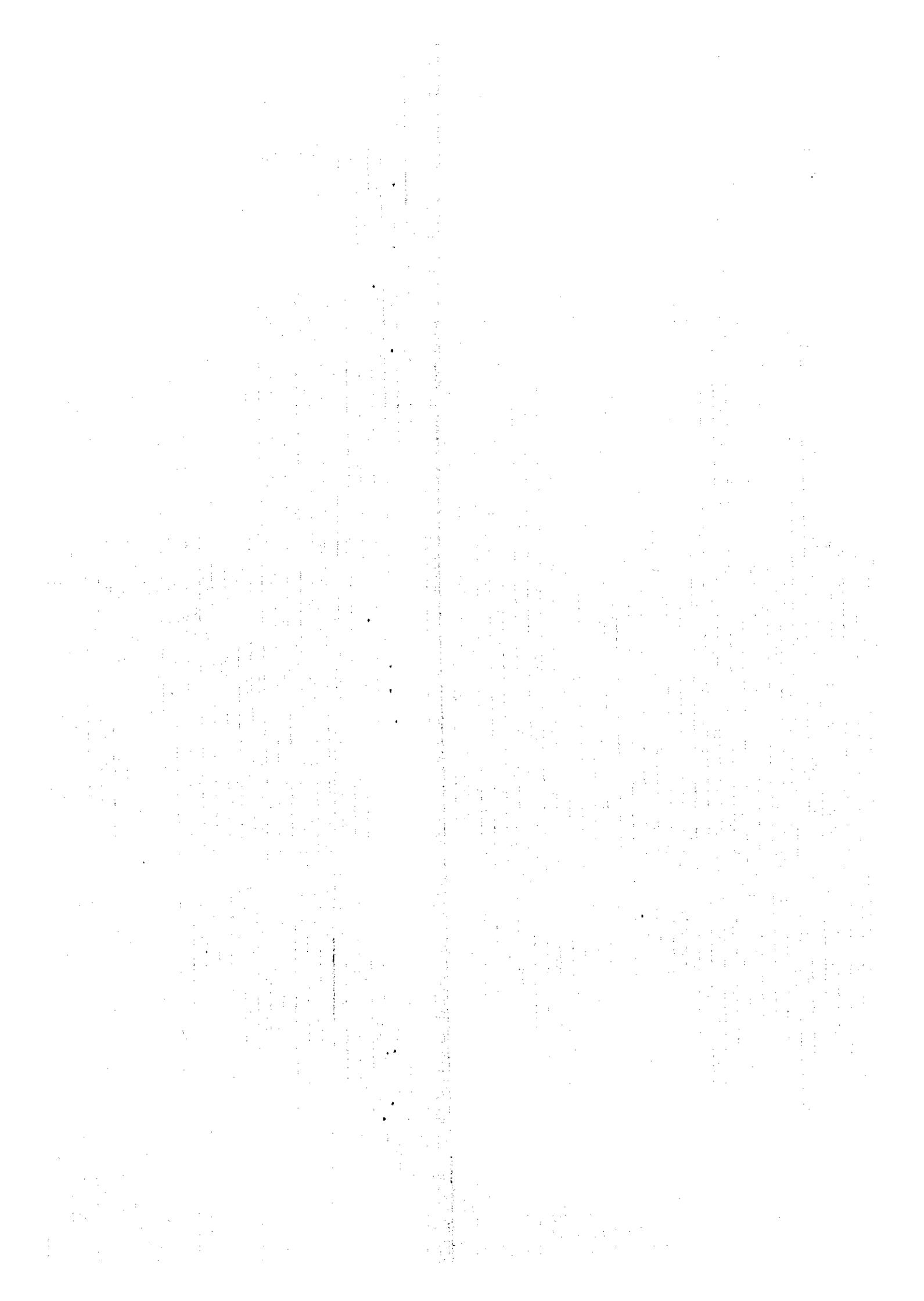


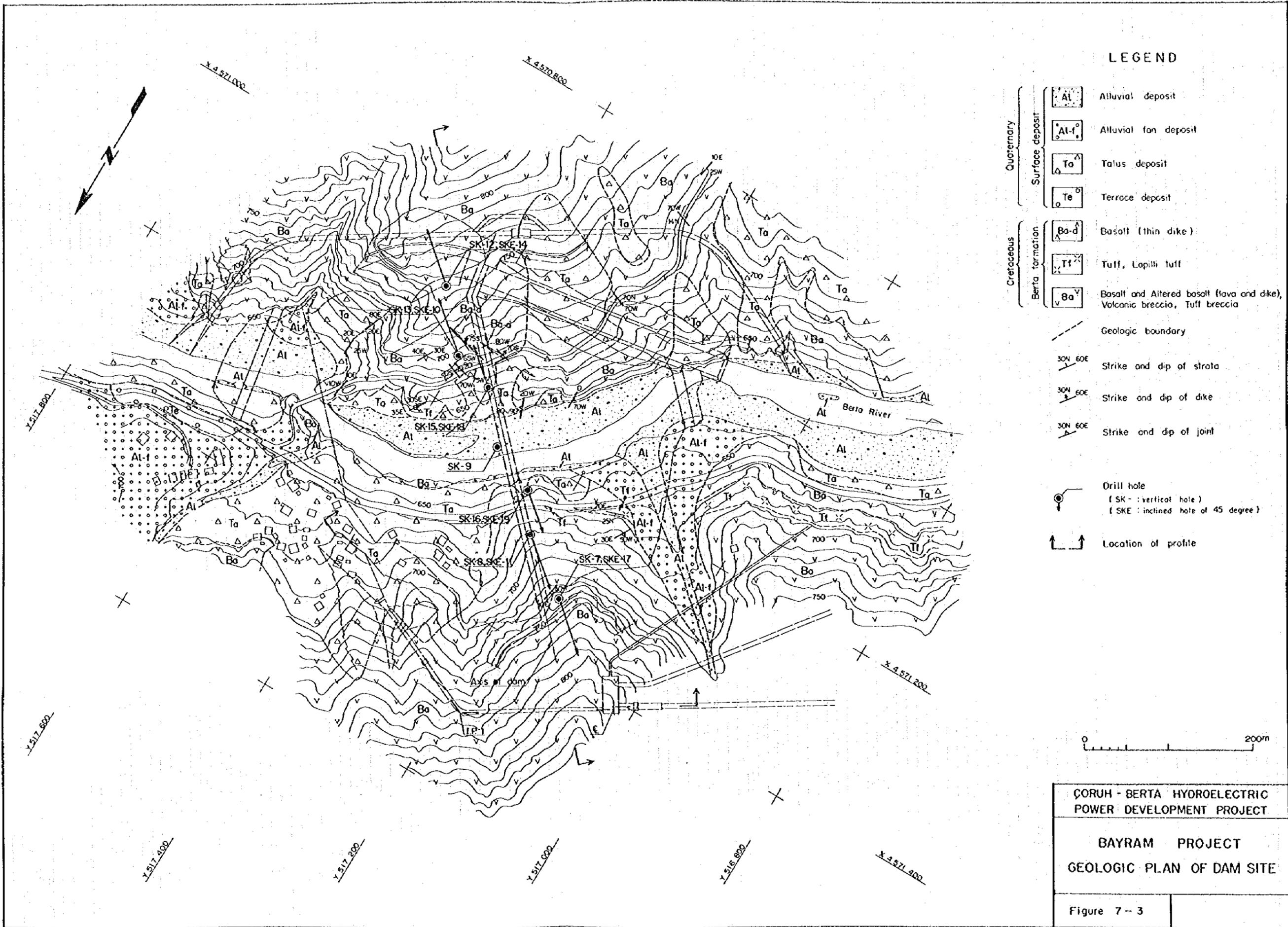
ÇORUH-BERTA HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

BAYRAM PROJECT
GEOLOGIC PLAN OF RESERVOIR AREA

Figure 7-2

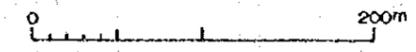
[The page contains extremely faint and illegible text, likely due to low contrast or scanning quality. The text is organized into several columns and paragraphs, but the individual characters and words are not discernible.]





LEGEND

- | | | | |
|------------|-----------------|--|---|
| Quaternary | Surface deposit | Al | Alluvial deposit |
| | | Al-f | Alluvial fan deposit |
| | | Ta | Talus deposit |
| | | Te | Terrace deposit |
| Cretaceous | Berta formation | Ba-d | Basalt (thin dike) |
| | | Tt | Tuff, Lapilli tuff |
| | | Ba-v | Basalt and Altered basalt (lava and dike), Volcanic breccia, Tuff breccia |
| | | --- | Geologic boundary |
| | | 30N 60E | Strike and dip of strata |
| | | 30N 60E | Strike and dip of dike |
| | | 30N 60E | Strike and dip of joint |
| | | ● | Drill hole
(SK - vertical hole)
(SKE - inclined hole of 45 degree) |
| | | ↑ | Location of profile |



ÇORUH - BERTA HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

BAYRAM PROJECT
GEOLOGIC PLAN OF DAM SITE

Figure 7-3

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for transparency and accountability, particularly in financial reporting and auditing. This section also highlights the role of internal controls in preventing errors and fraud, and the need for regular audits to ensure compliance with applicable laws and regulations.

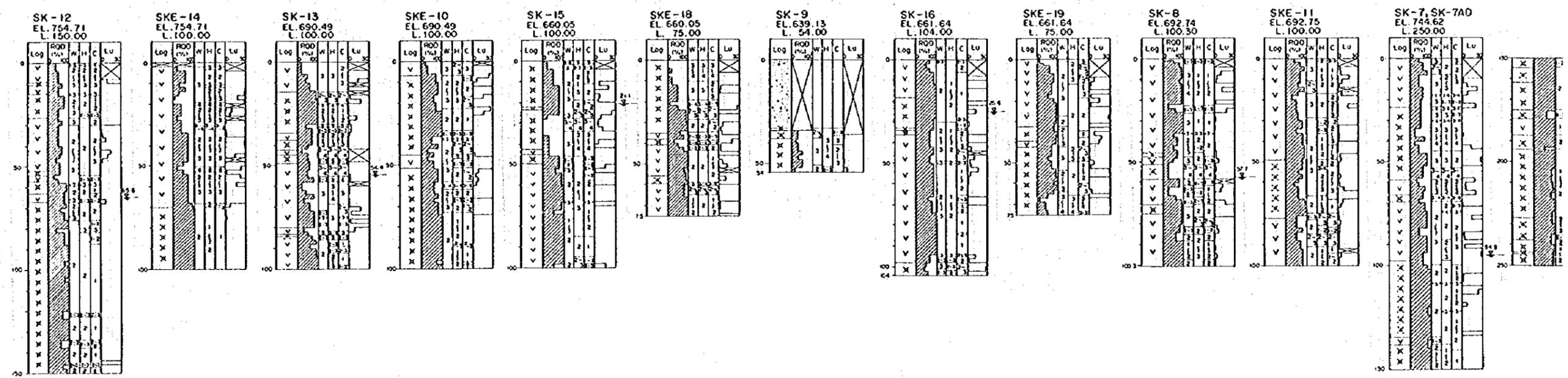
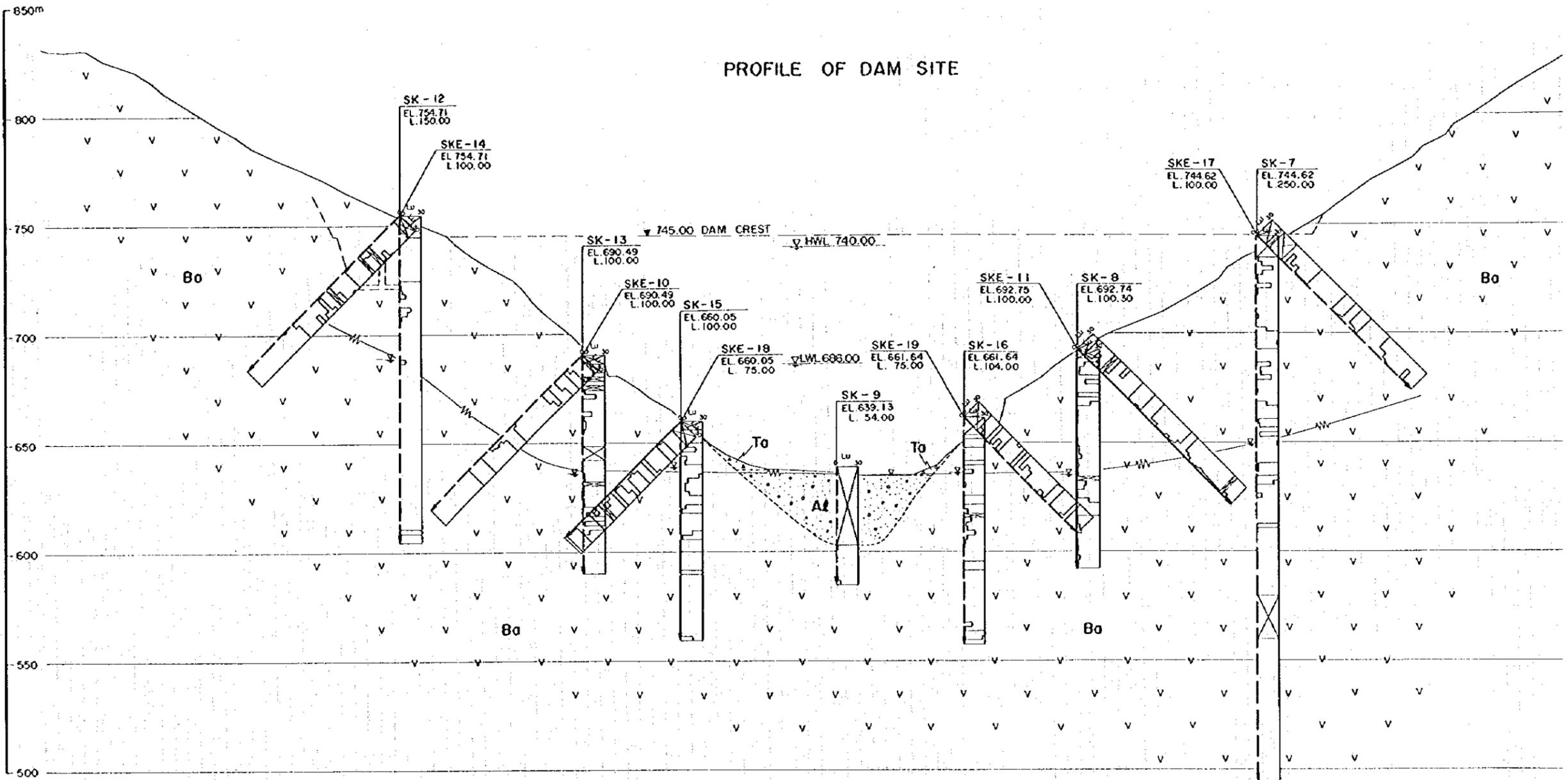
2. The second part of the document focuses on the importance of communication and collaboration between different departments and stakeholders. It stresses that effective communication is key to ensuring that everyone is on the same page and working towards common goals. This section also discusses the importance of regular meetings and updates, and the need for clear lines of communication and responsibility.

3. The third part of the document addresses the importance of risk management and contingency planning. It emphasizes that organizations should always be prepared for unexpected events and challenges, and that having a solid risk management strategy in place can help minimize potential losses and ensure business continuity. This section also discusses the importance of regular risk assessments and updates, and the need for clear contingency plans for various scenarios.

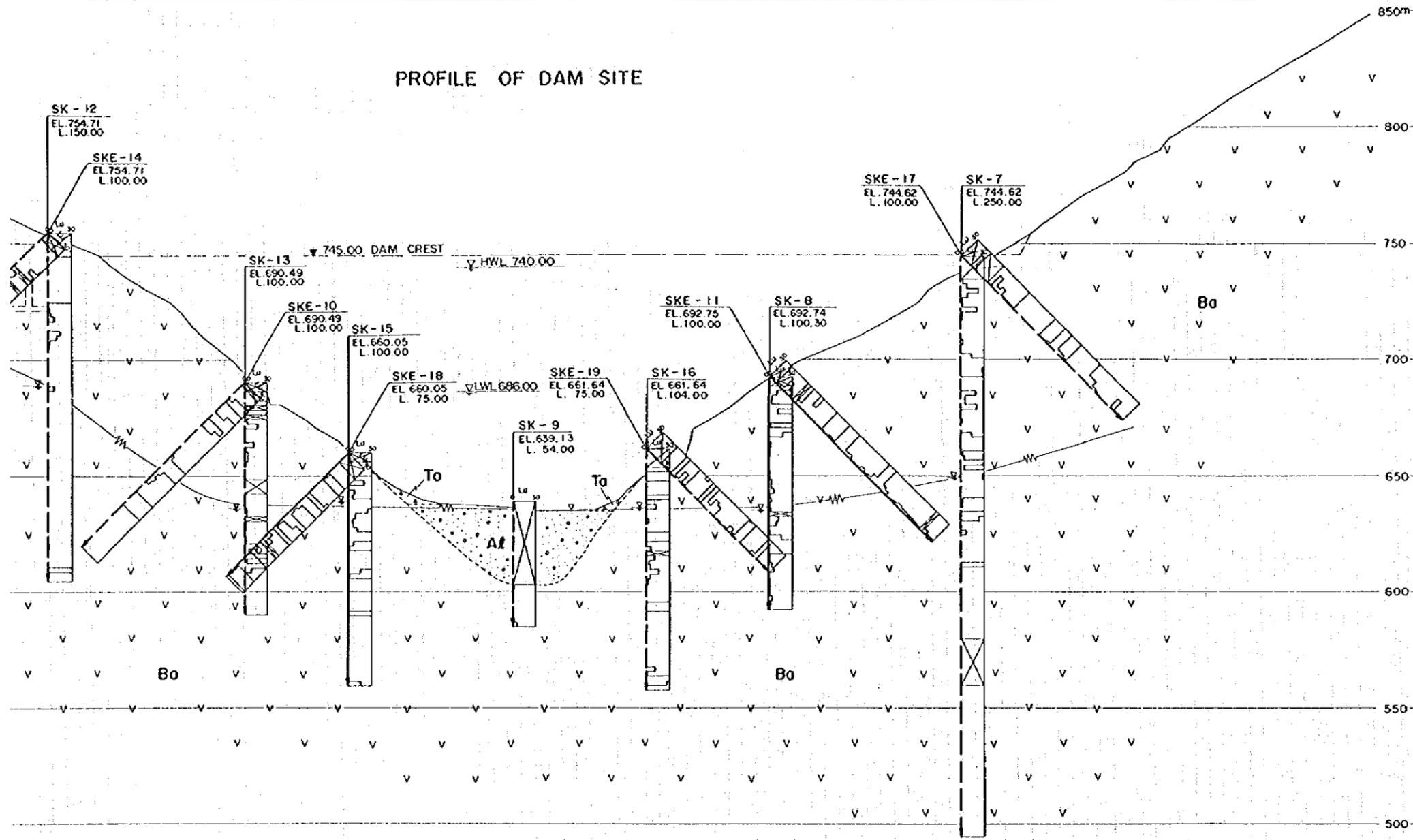
4. The fourth part of the document discusses the importance of employee training and development. It emphasizes that investing in employee education and skill development is crucial for long-term success, as it helps ensure that the organization has the talent and expertise needed to stay competitive in a rapidly changing market. This section also discusses the importance of providing ongoing training and development opportunities, and the need for clear career paths and performance expectations.

5. The fifth and final part of the document discusses the importance of ethical behavior and corporate social responsibility. It emphasizes that organizations should always act with integrity and transparency, and that being socially responsible is not just a nice-to-have, but a key component of long-term success. This section also discusses the importance of regular ethical training and updates, and the need for clear policies and procedures that promote ethical behavior and social responsibility.

PROFILE OF DAM SITE



PROFILE OF DAM SITE



LEGEND

- Quaternary
 - At Alluvial deposit
 - To Talus deposit
- Cretaceous
 - Bo Basalt and Altered basalt (lava and dike), Volcanic breccia, Tuff breccia
- Geologic boundary
- Ground water table
- Drill hole (↓: projected)

LEGEND (2)
(For Core Log)

Log

Log	ROD (%)	W	H	C	Lu	Grain
0	0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10

Rock classification

No test

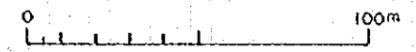
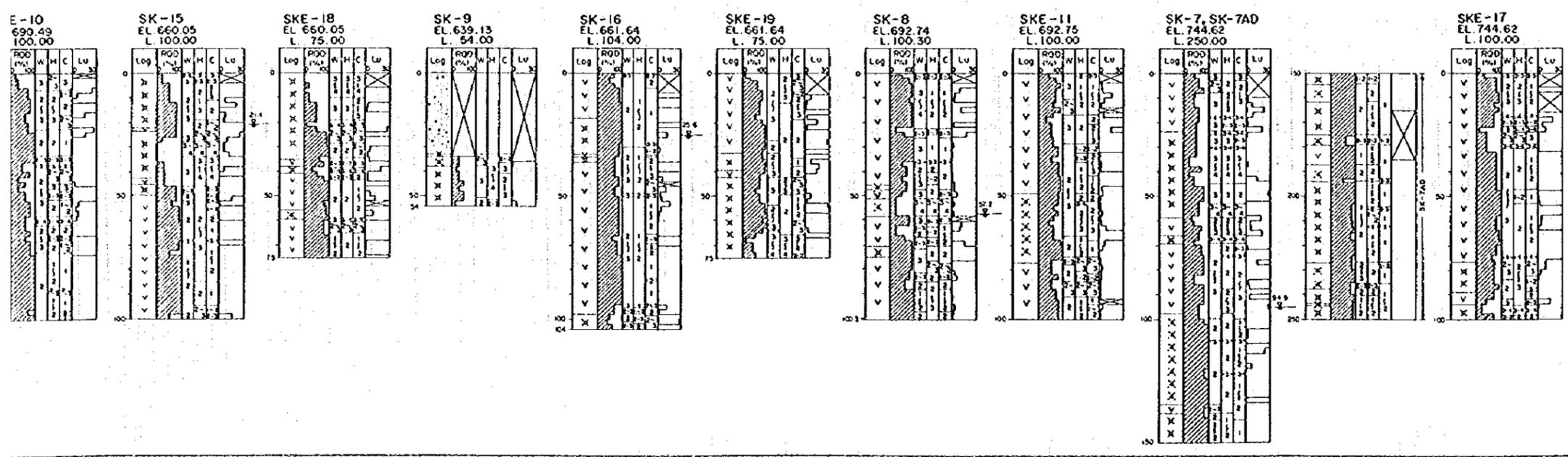
W : Weathering
 1 : Fresh
 5 : Decomposed

H : Hardness
 1 : Hard
 5 : Soft

C : Joint interval
 1 : Stick
 5 : Grain

Symbol of log

- Alluvial deposit
- Basalt
- Altered basalt
- Volcanic breccia
- Tuff breccia

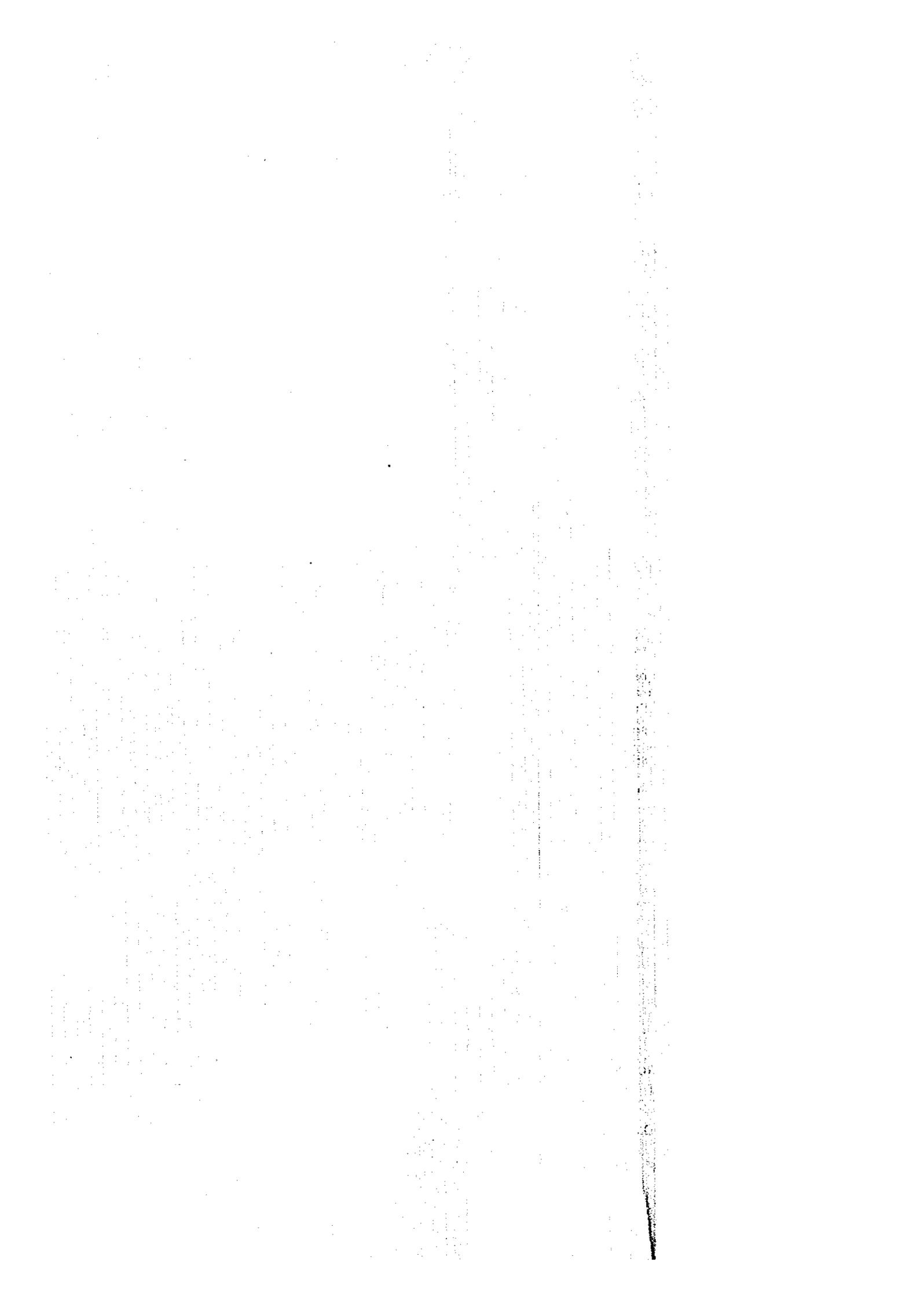


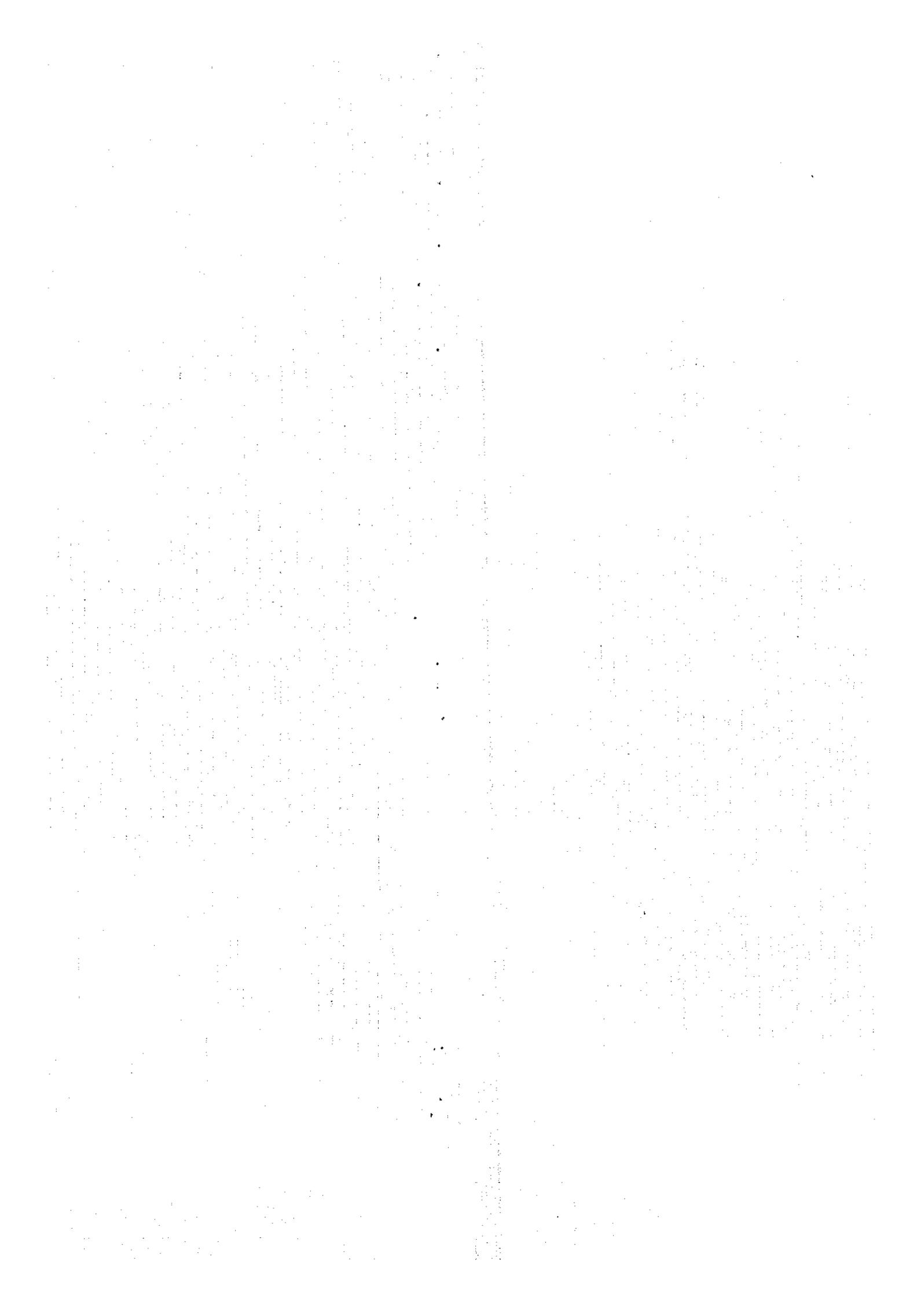
ÇORUH - BERTA HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

BAYRAM PROJECT

GEOLOGIC PROFILE OF DAM SITE

Figure 7-4





PROFILE OF PENSTOCK AND POWERHOUSE

LEGEND

- Quaternary Surface deposit **To** Talus deposit
- Cretaceous Berro formation **Bo** Basalt and Altered basalt (lava and dike), Volcanic breccia, Tuff breccia
- Geologic boundary
- Drill hole (↓: projected)

LEGEND (2)
(For Core Log)

Log

Log	ROD	W	H	C	Lu	Lu
0	0	4	4	4	4	No test
1	3	2	2	4	2	250
2	2	1	1	1	1	

Rock classification

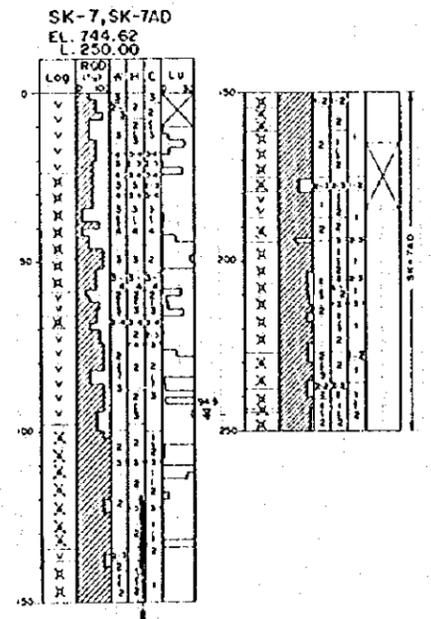
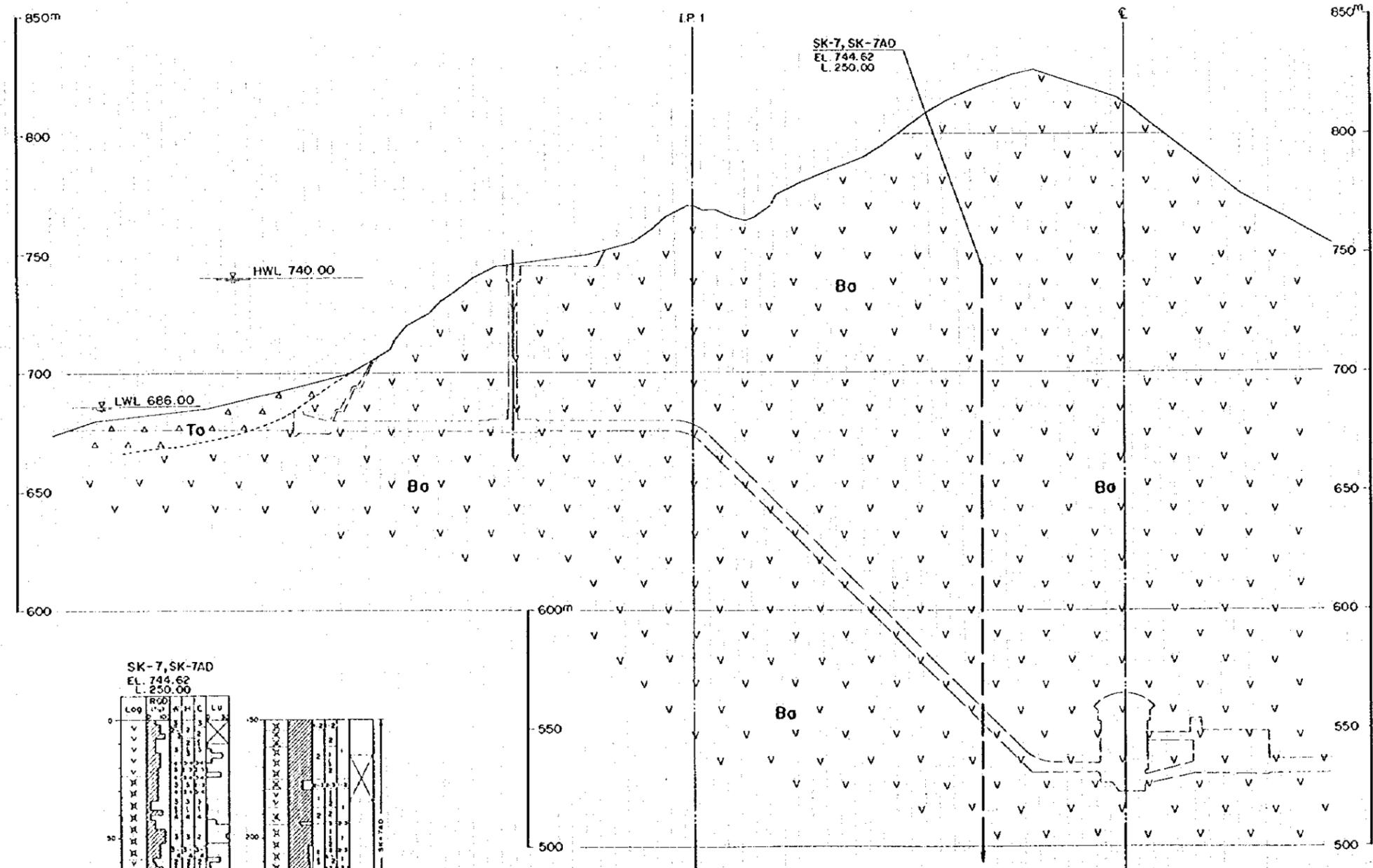
W : Weathering
 1 : Fresh
 5 : Decomposed

H : Hardness
 1 : Hard
 5 : Soft

C : Joint interval
 1 : Stick
 5 : Grain

Symbol of log

- Basalt
- Volcanic breccia
- Tuff breccia

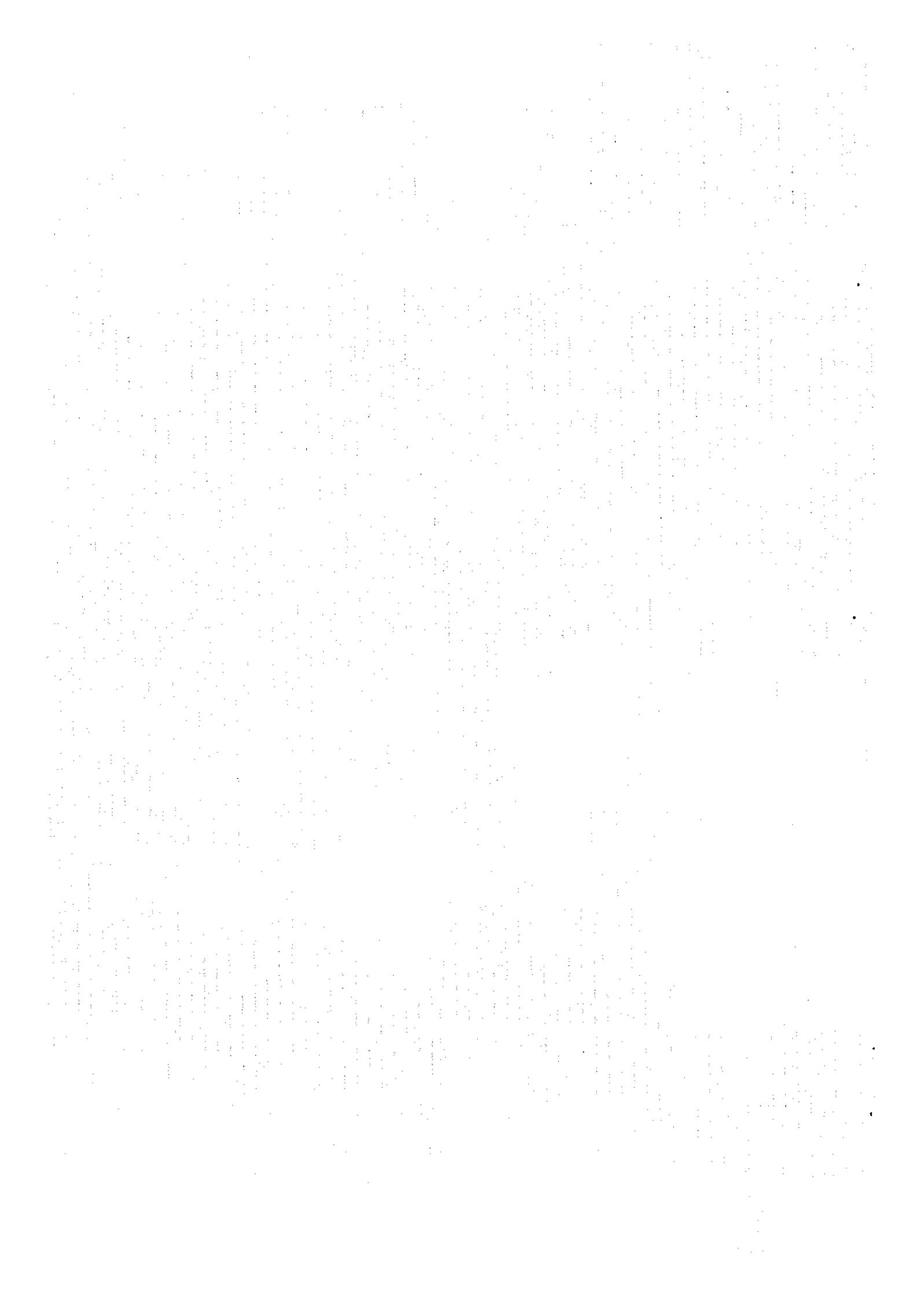


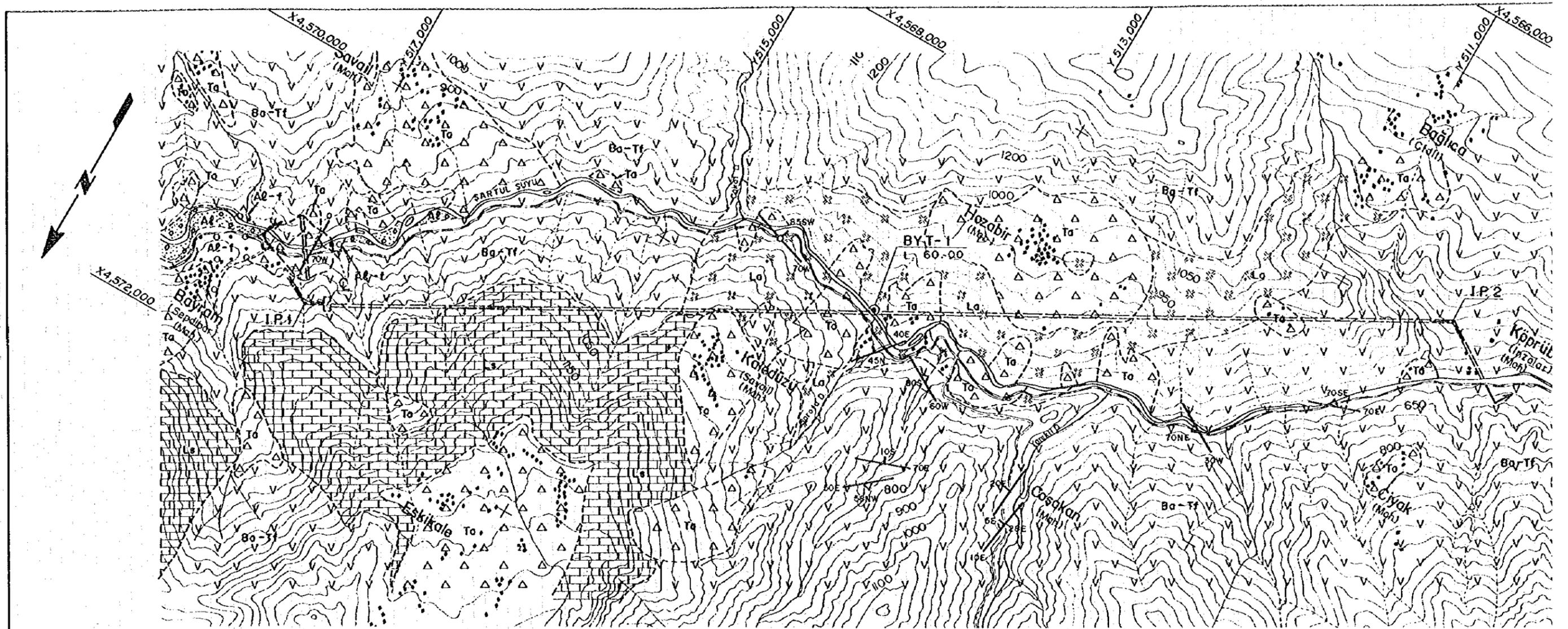
ÇORUH - BERTA HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

BAYRAM PROJECT

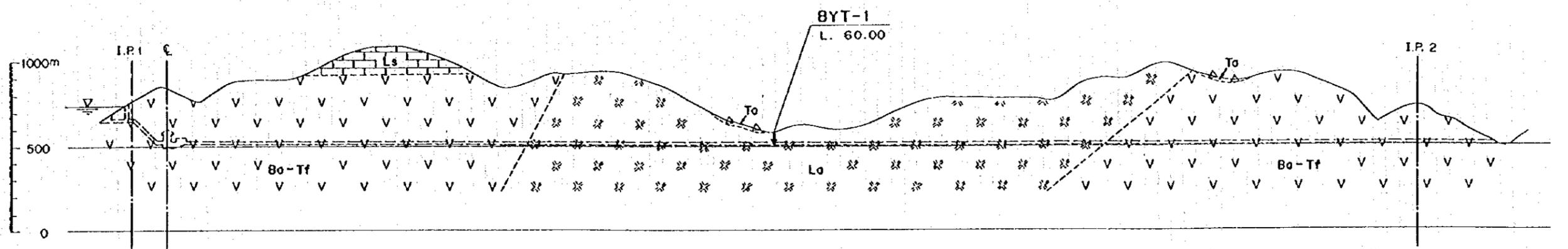
GEOLOGIC PROFILE OF PENSTOCK AND POWERHOUSE

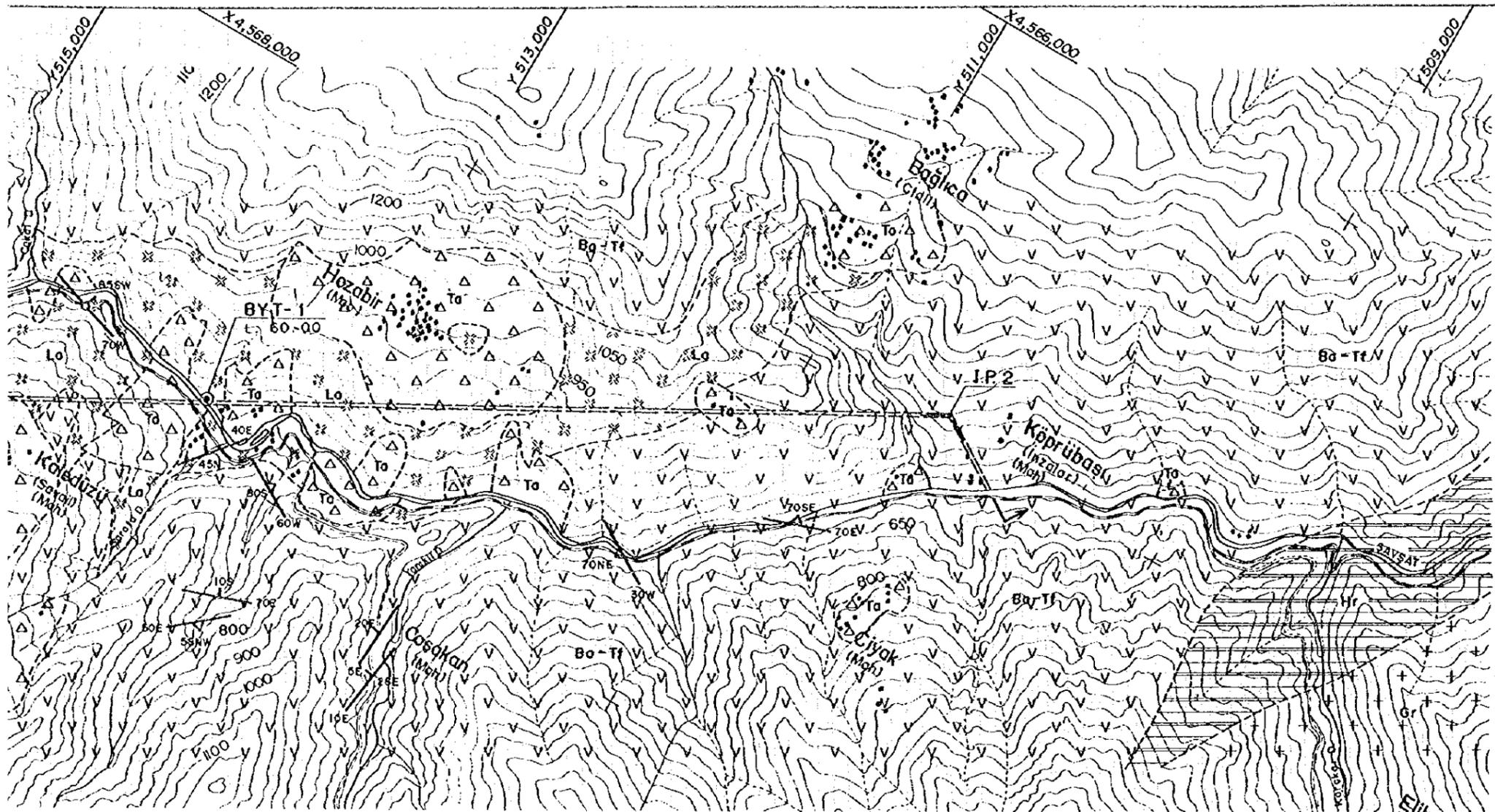
Figure 7-5





PROFILE OF WATERWAY

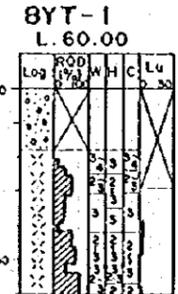
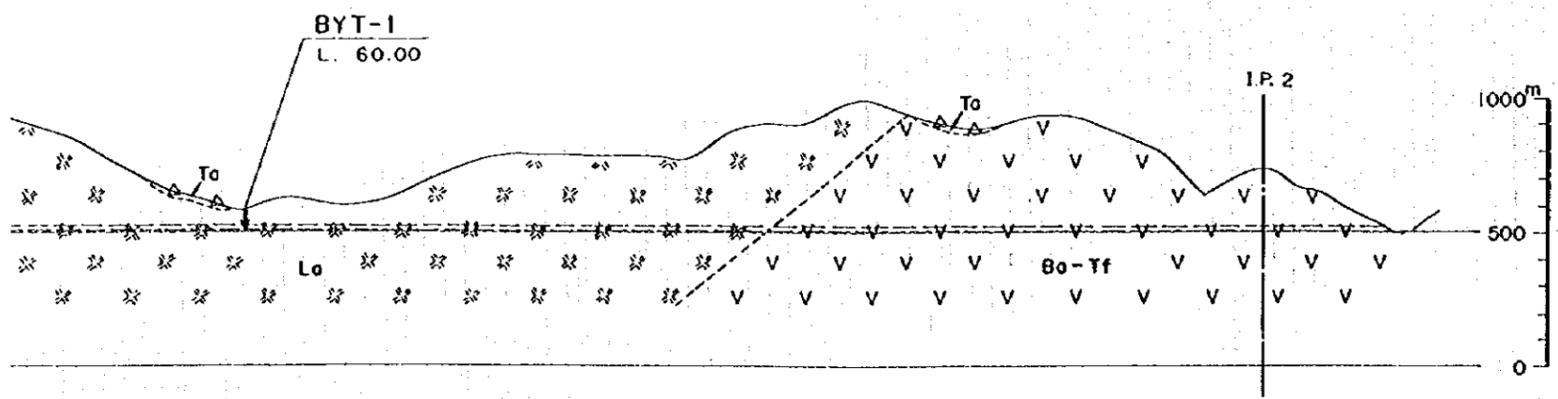




LEGEND

- | | | | |
|------------|------------------------|--|--|
| Quaternary | Surface deposit | | Alluvial deposit |
| | | | Alluvial fan deposit |
| Tertiary | Izidere granitic rocks | | Talus deposit, Slope wash
Colluvial deposit |
| | | | Granite, Aplite, Diabase,
Quartz porphyry |
| Cretaceous | Berta formation | | Limestone, Marl, Tuff
Calcareous sandstone |
| | | | Lapilli tuff, Tuff |
| Jurassic | Yusufeli formation | | Basalt, Volcanic breccia,
Tuff, Mudstone |
| | | | Hornfels
(with Meta-diabase, Meta-basalt) |
-
- Geologic boundary
 - Strike and dip of fault
 - Strike and dip of strata
 - Strike and dip of joint
 - Drill hole
 - Location of profile

PROFILE OF WATERWAY



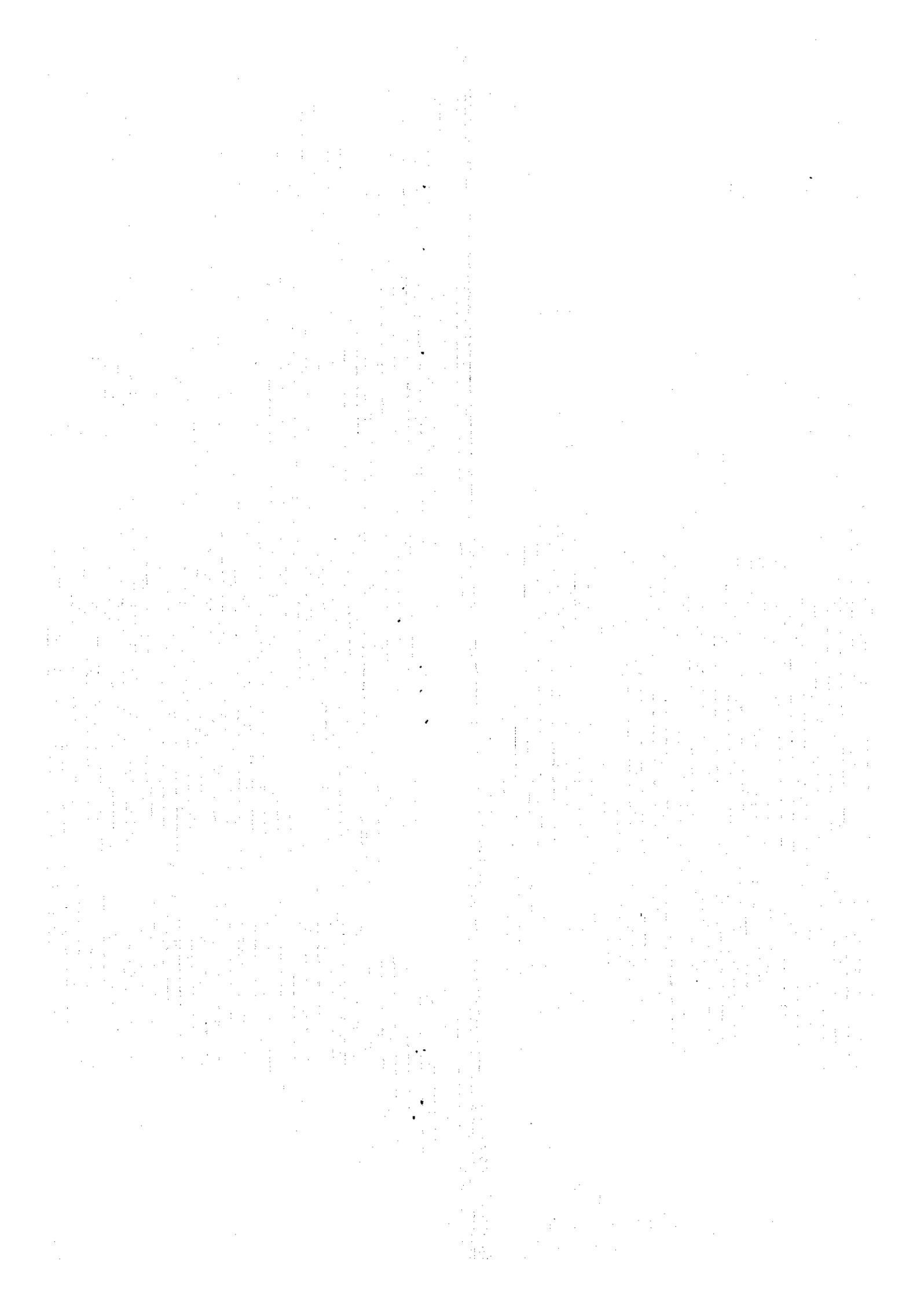
LEGEND (2)

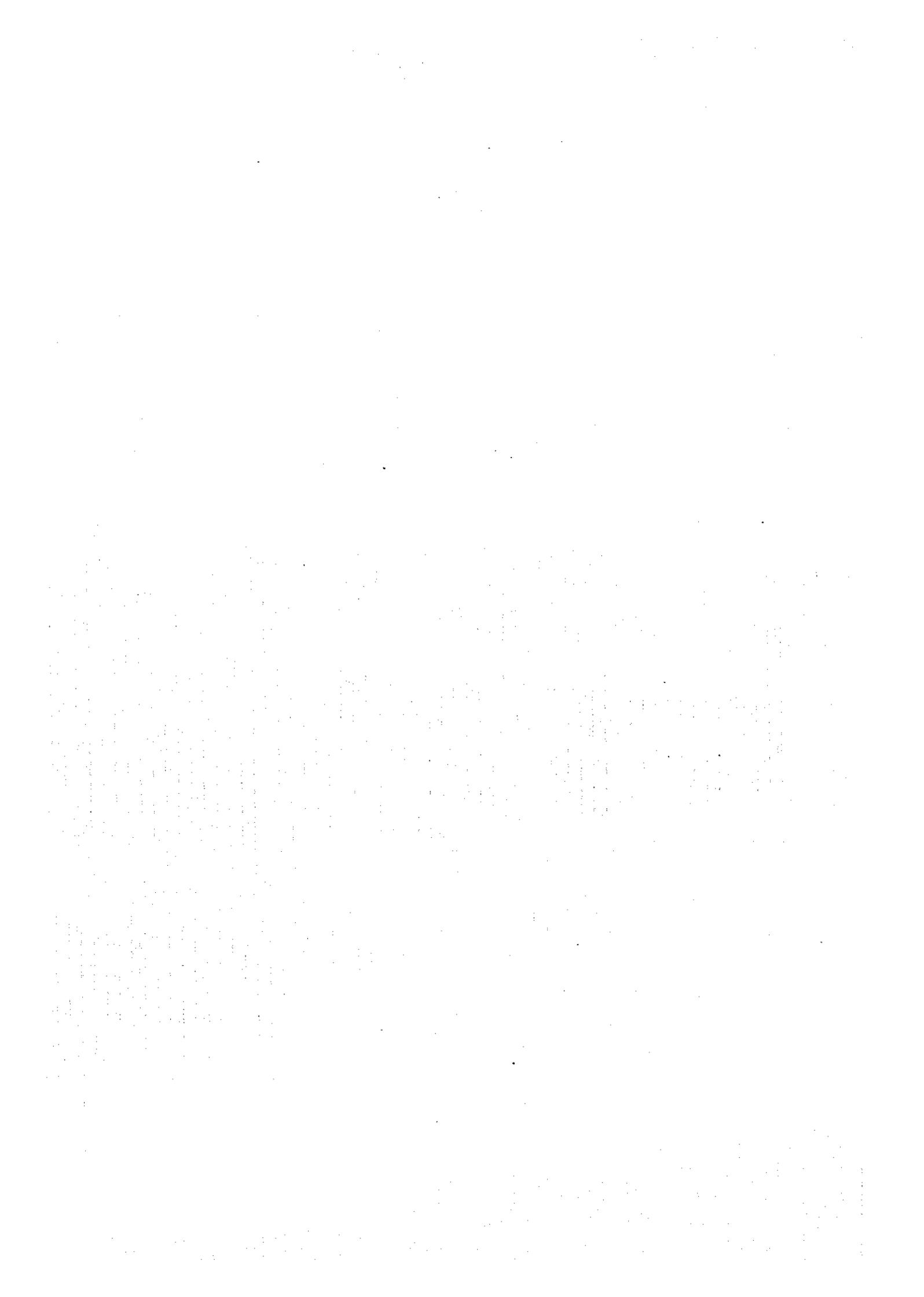
- Rock classification**
- Log
- | | |
|-------------------|----------|
| W: Weathering | 1: Fresh |
| 5: Decomposed | |
| H: Hardness | 1: Hard |
| 5: Soft | |
| C: Joint interval | 1: Stick |
| 5: Grain | |
- Symbol of log**
- Alluvial deposit
 - Tuff

ÇORUH-BERTA HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

BAYRAM PROJECT
GEOLOGIC PLAN AND PROFILE
OF WATERWAY (TAIL RACE)

Figure 7-6





7.3.2 Bağlık 計画

(1) 貯水池

(a) 地 形

Baglık ダム地点は、Bayram ダム地点の下流約 13km、Çoruh 川と Berta 川の合流点から約 19km 上流に位置する。JICA 調査団が提案するダム地点は、EIE が Master plan stage でボーリング調査した位置より約 150m 上流となっている。

Baglık 貯水池の長さは、Berta 川の本流沿いに約 4km で、貯水池内には幾つかの支流が流入するが、河川勾配が急なため支流内に湛水池を形成するのは、ダム左岸直上流の支流に約 800m の長さの湛水池が造られるだけである。

貯水池内の本流は、ほぼ南西方向に流れ、上記した支流は、ほぼ南北に流れる。

満水位標高を 530m とした場合の貯水池幅は、ダム軸上で、約 165m 貯水池中流付近で 50m から 80m である。

貯水池流域を囲む地形は、Bayram 貯水池の項で述べたとうり、全体に大変急峻な山地形を示し、殊に、この貯水池範囲内では Yusufeli 層や İkizdere 花崗岩類の分布が認められるため、河岸から直接急崖を形成している地形が各所に見られる。

地滑り地形は、貯水池内には見られないが貯水池背水端の上流約 3.5km 左岸に Savail 地滑りと呼称される地形が存在する。Baglık 発電計画検討に際しては、この地滑り範囲を貯水池内に入れないように配慮した。その他、大規模な崩落地形や他の流域と接する薄い鞍部地形などは見あたらない。

(b) 地 質

Baglık 貯水池基礎の地質は、Figure 7-7 に示す通り、中生代ジュラ紀に属する Yusufeli 層、同じく白亜紀の Berta 層とこれらを買入する İkizdere 花崗岩類からなる。これらのうち、花崗岩類はダム地点の直下流に分布し、ダム地点およびその直上流には Yusufeli 層が約 1.5km の区間に分布する。更に上流域は Berta 層の火山岩類が Bayram 貯水池域まで連続して分布する。当貯水池地質の特徴は、基盤岩類を覆う第四紀堆積物（表層堆積物）の分布が著しく少ないことである。

貯水池の背水端付近に広く分布する Berta 層は Bayram 貯水池の項にて説明した通りで、当貯水池域では Berta 層の石灰岩類は更に高標高部に位置し、貯水池の保水性とは関係がない。

Yusufeli 層は、この付近では主としてホルンフェルスまたはホルンフェルス化した砂

岩および粘板岩、変輝緑岩、変玄武岩および貫入岩の石英斑岩からなり、全体として堅硬かつ緻密な安定した岩体で、貯水池基礎として問題ない。

表層堆積物については上述した通り、当貯水池基礎およびその周辺には目立った分布はない。また、ダム軸における河床砂礫の厚さは6m以内である。

(c) 土地地質的評価

(i) 保水性

貯水池基礎を構成する Yusufeli 層の堆積岩類および Berta 層の火山岩類は、基本的には保水性のある基盤岩石である。ダムおよび貯水池周辺の谷には流水が認められ、十分な地下水の存在を示唆している。地形的にも漏水が懸念されるような鞍部、やせ尾根等はない。また、ダム地点では、山地内においては、河床より高位に地下水の存在が確認されている。したがって、このような地形および地質状況から判断すると、貯水池の保水性は十分保証されるものと考えられる。

(ii) 斜面の安定性

既述の通り、当貯水池内には表層堆積物（崖錐、段丘等）は全体に少なく河床から急崖を形成しているところが多い。絶壁は、Berta 層のうちほぼ水平に堆積した火山礫凝灰岩、凝灰岩の分布域に顕著に見られるが、本貯水池内には見られない。貯水池内の Berta 層と Yusufeli 層分布域においては、貯水池兩岸は、急崖ないし急斜面となっている。貯水池湛水後の両層内の急崖斜面の安定性については、特に不安定な箇所は見あたらない。既存の地滑り地形は貯水池内には見あたらないし、また湛水により新しく地滑りが発生する可能性もない。

(2) Bağlık ダム地点の選択

EIE 作成の Master plan report では、Bağlık ダム地点は、今回 JICA 調査団の指示により削孔を行った調査ボーリング孔の BGA-1 BGA-2 および BGA-3 より約 150m 下流の峡谷に位置していた。この地点には 15 孔、計 1,579.2m(ダム 14 孔、発電所 1 孔) の調査ボーリングが既に実施されていた。JICA 調査団がダム軸を、この峡谷地点より約 150m 上流の現在のダム地点に変更した理由は下記の通りである。

a) 旧ダム地点の基礎岩盤は花崗岩よりなる。地形は極めて急峻な峡谷を形成している

ため、地表堆積物は全く見られず、地点全体に堅硬な花崗岩の露岩が見られる。

b) しかし、この花崗岩には3方向の節理が顕著に発達し、コンクリート重力ダムを考慮した場合、その掘削深度は、河床(EL約469m)からダム天端(EL.533m)まで、左右岸とも40-50m(水平深度)を必要と評価される。即ち、峡谷を形成している花崗岩は一見安定した岩体のように見えるが、地表から水平深度で数十mの範囲の岩体は3方向の節理でブロック化されていることである。

c) 更に、地表部と深部では節理面の密着度の違いはあるが、この付近の花崗岩には、地表から数十mより深く迄、密着しているが水は浸透するかもしれない節理が発達しているものと判断するべきである。そして、ダム基礎およびダム近傍の貯水池の耐水性を考えた場合、相当深部までカーテングラウチングが実施される必要がある。

d) このような地質的判断がなされたので、この峡谷がダム地点として本当に適当か否か、さらに代案としてのダム地点が無いかという検討を行った。

その結果、花崗岩の上流に分布するYusufeli層にダム軸が選ばれる可能性があるかと判断された。そして、取りあえず地形的に最も狭い軸上の左右岸にBGA-1とBGA-2(各100m)と河床部にBGA-3(80m)および地下発電所計画地点にBGA-15(130m)の調査ボーリングを実施した。

地表地質調査および上述の4孔の調査ボーリングの結果に基づき、下記のような土木地質的データが得られた。

a) 当地点のYusufeli層は砂岩粘板岩互層から成り、その走向傾斜はおおよそN45-60E,15-30SEを示す。このような地層の走行・傾斜の方向は、ダム軸と約60度で斜交し、右岸から左岸に約25度傾斜している関係にある。

ここの互層は花崗岩貫入の影響を蒙り全体にホルンフェルス化しているため硬く、河床など新鮮部は塊状を示している。

b) 当地点の地表部には不規則な割れ目の分布は認められるが、下流の花崗岩の峡谷部で見られるような著しい節理の発達は認められない。

c) これらの地表地質的見地から判断すると、Yusufeli 層上のダム地点には、特異な地質現象は認められない。従って subsurface geological investigation によって通常の結果が得られたならば、ダム地点として可能性があるかと判断出来る。

d) 左右両アバットメントに実施した BGA-1 および 2 の結果は、ダム crest(EL.533m) より 35 乃至 40m 深部に地下水面が存在することが確認され、ほぼ地形と平行して上昇していることが分かった。さらに、一部高透水性部が存在するものの、全体として地下水面以下の岩盤は低透水性ないし難透水性岩盤と判断した。

e) 河床に実施した BGA-3(80m)の結果は、約 6m の河床砂礫の下部の岩盤の透水試験の結果は一部(17-22m)に 10Lu が認められるが、他の深度の試験結果はすべて 2Lu 以下乃至 0Lu であった。

f) 地下発電所地点に関しては、BGA-15(130m)を実施した。その結果、孔口より約 80m 付近迄は各所に茶褐色風化面を伴う亀裂帯が存在するため、高透水区間が認められる。しかし深度 80m 以下においては茶褐色風化面を伴った亀裂帯は著しく減少し、透水試験の結果も 8Lu 乃至 0Lu と小さい値を示す。

このデータは孔口より約 80m 以下の岩盤は緻密な岩盤であることを示唆している。なお、feasibility stage での発電所の位置は地表から約 110m(EL.約 420m) 付近と考えられている。BGA-15 の掘進中の孔内水位は孔口から 63-65m 付近であった。

g) 調査ボーリング孔の BGA-1, 2, 3, および 15 の各孔から 2 個ずつ、合計 8 個の試料を用いて行った一軸圧縮試験の結果は、最小値が 829kgf/cm²、最大値が 2265kgf/cm² であった。この数値は計画ダムおよび地下発電所の基礎として十分耐え得る値である。

以上の諸データから判断して Yusufeli 層上にダム地点を選定することは、十分可能性があることが分かったので、JICA 調査団は、Bağlık ダム地点を、EIE の旧ダム地点 (Master Plan dam site) から約 150m 上流に移動した。

(3) ダム

(a) 地形

Bağlık ダム地点は、Çoruh 川と Berta 川の合流点より約 19km 上流に位置し、ダム軸上の河床標高は約 467m である。前述した通り JICA 調査団が提案するダム地点は、EIE が Master plan stage でボーリング調査した位置より約 150m 上流となっている。ダム地点の Berta 川は、東から西へほぼ直線的に流れる。

ダム地点の左岸斜面は、河床付近で約 55 度の傾斜、標高 485m 以上で約 42 度の傾斜を示す。また、右岸斜面は、河床付近で約 55 度の傾斜、標高 505m 以上で約 40 度の傾斜をなしている。これらの斜面は、表土はほとんど無く、基岩が露出している。

ダム軸上での河床幅は、約 36m、満水位標高 530m での谷幅は、165m である。

(b) 地質

ダム地点には、Figure 7-8~9 に示すように、Yusufeli 層の砂岩ないし粘板岩起源のホルンフェルスが分布している。このホルンフェルスは、Ikizdere 花崗岩類の貫入により、Yusufeli 層の堆積岩がホルンフェルス化したものである。ダム直下流には、Yusufeli 層に貫入した Ikizdere 花崗岩類が分布する。さらに、それらを覆って崖錐堆積物および河川堆積物が見られる。

JICA 調査団が提案するダム地点のボーリング調査は、左岸で 1 孔 (BGA-1)、右岸で 1 孔 (BGA-2) および河床で 1 孔 (BGA-3) が終了している。

(i) 基礎岩盤

・構成岩種と岩質

ダムの基礎岩盤は、Yusufeli 層の砂岩および粘板岩起源の灰色ないし暗灰色を呈するホルンフェルスよりなる。これらは、河床および兩岸の斜面に広く露出し、節理はやや多いものの堅硬かつ緻密な岩盤である。この Yusufeli 層は、N45-60E, 15-30SE の走向・傾斜をもっている。

また、ダム直下流に広く分布する Ikizdere 花崗岩類は、角閃石花崗岩からなりそれ自体は非常に固く緻密であるが、水平と垂直の節理の発達が顕著である。

なお、ダム地点付近における Yusufeli 層中の貫入岩としては石英斑岩の岩脈が 1 条認められる。ほぼ鉛直に幅 100cm 以下の小規模な岩脈であり、Yusufeli 層との貫入面は、完全に密着している。

ダム地点のホルンフェルスの RQD は、一般に 30~80%を示す。

・断層・節理

ダム地点およびその周辺には、幅広い破砕帯を伴う大規模な断層は存在していない。ただし、節理や亀裂は、全般に不規則に見られ、10~50cm の頻度で発達している。

・風化

本地点は、表土はほとんど無く、露頭している岩盤は、褐色に変色している部分と比較的新鮮な部分がある。節理や亀裂の不連続面に沿う風化変色が、兩岸とも深さ 10m 付近まで顕著に認められる。

(ii) 表層堆積物

・現河床堆積物

現河床堆積物は、ダム地点下流の河床部に掘削された BGA-3 孔のボーリング結果によると、約 6m である。本堆積物は、主として径 5~30cm の礫を主体として砂を含む砂礫層である。

・崖錐堆積物

崖錐堆積物は、兩岸の山麓部に小規模に分布するのみであり、その厚さは一般に 5m 以下である。

(iii) 地下水

ダム地点で掘削されたボーリング孔の最終孔内水位は、Figure 7-9 に示す通りである。地下水位は兩岸とも深く、左岸の BGA-1 孔で深度 46m、右岸 BGA-2 孔で深度 47m である。兩岸の地下水位は、やや深いものの兩岸とも地形なりに上昇している。

(iv) 透水性

ダム地点では、ボーリング孔を利用したルジオン試験による透水試験がこれまでに合計 3 孔、50 ステージ、243m の区間で実施された。これらは、表層堆積物を除く基礎岩盤を対象として実施された。

ルジオン試験の結果は、以下の通りである。

・ダム右岸

BGA-2 孔の試験結果によると、ルジオン値（以下“Lu”）が 30 以上を示す高い透水性の部分は、表層から深度 25m までの地表付近とそれより以深の深度 45m～55m 間の区間に存在している。また、深度 70m 以深からは、Lu=1 以下の不透水性を示している。

・河床

BGA-3 孔の試験結果によると、ルジオン値が Lu=30 以上を示す高い透水性の部分は認められない。大部分は Lu=1 以下の不透水性を示す。

・ダム左岸

BGA-1 孔の試験結果によると、ルジオン値が Lu=30 以上の高い透水性を示す部分は表層の深度 37m 付近まで認められる。また、深度 67m から深度 77m の区間では、Lu=30 以上の高い透水性を示している区間がある。

(c) 土质地質的評価

地表の地質状況および透水試験を含むボーリングの結果から判断すると、ダム地点に対して、以下の土质地質的評価がなされる。

i) ダム地点に分布する Yusufeli 層は、砂岩および粘板岩起源のホルンフェルスよりなる。これらは、節理や亀裂がやや発達しているものの、堅硬かつ緻密な岩盤であること、また、風化の強い部分は表層の数 m に限られることから、電研式岩盤分類で CM-CH 級と判断され、現在計画している高さ 74m の重力式のコンクリートダム基礎として十分な地耐力を有するものと判断される。

ii) 基礎岩盤内の不連続面としては、節理、亀裂があり、断層は確認されていない。両岸のアバトメントでは節理面および亀裂面に沿う風化の強い部分が深度 10m まで見られる。ダム直下流に広く分布する Ikizdere 花崗岩類は、それ自体は非常に固く、緻密であるが、水平と垂直の節理の発達が顕著で、表層部は全体に緩んでいる。

なお、ダム左岸の直下流には、Yusufeli 層中の貫入岩として石英斑岩の岩脈が認められる。幅約 200cm の小規模な岩脈であり、その貫入面はほぼ密着している。

iii) ルジオン試験の結果によれば、左右岸は、地表から深度 25m から 37m までの区間では $Lu=30$ 以上の高い透水性の部分が見られ、それより以深は、全般に低い透水性あるいは難透水性を示す。一方、河床下の基盤は、新鮮であり、透水性は極めて低い。

本地点の岩盤は、堅硬・緻密なホルンフェルスから構成されており、岩石の鉱物粒子間を透過する水はなく、岩盤の透水性は、前述した節理等の不連続面に支配されている。

したがって、透水性の高いゾーンに対しては、一般的に用いられているセメントグラウチングを適用することにより、十分な止水処理が可能と考えられる。

iv) ダム地点付近には、地滑りは認められず、表層堆積物は、崖錐堆積物と現河床堆積物からなるが、これらの厚さは、6m 以下である。ダム掘削において、これらの堆積物は障害は無い。

(4) 発電所

(a) 地 形

発電所は、ダム左岸直下流の山地内に地下式発電所が設けられる計画である。

この地下発電所は、北傾斜の斜面下に位置しており、地表から発電所までの地山の被りは、115m から 160m である。

なお、地下式発電所地点への調査ボーリングは、BGA-15 孔が実施された。

(b) 地 質

地下発電所地点には、Figure 7-10 に示す通り、ダム地点と同様に Yusufeli 層の砂岩および粘板岩起源のホルンフェルスが分布する。これらは、節理や亀裂がやや発達しているものの、塊状・堅硬な岩盤であること、また、風化の強い部分は表層の数 m に限られている。

地下発電所地点で掘削した BGA-15 孔のボーリング結果によると、棒状の長いコアが採取されており、RQD は、60~80%を示す。

これまでの調査では、発電所地点およびその周辺には、顕著な断層は確認されてい

ない。また、方向性をもつ顕著な節理は認められない。

この地下発電所は、Yusufeli 層と İkizdere 花崗岩類の地質境界面（貫入面）の近くに位置するが、両者の境界は、ほぼ密着しており比較的堅硬である。

(c) 土木地質的評価

地表の地質状況および地下発電所地点近傍で掘削されている BGA-15 のボーリング孔などの結果から判断すると、本発電所地点に対して以下の土木地質的評価がなされる。

i) 発電所地点およびその周辺には顕著な断層は認められない。

ii) これまでのボーリングの結果から、発電所地点周辺には、ダム地点と同様に Yusufeli 層のホルンフェルスよりなる。これらは、節理や亀裂がやや発達しているものの、堅硬かつ緻密であると推定される。

このような岩盤の状況から考えると、現時点では地下発電所の地下空洞掘削を困難にするような大きな地質的問題点はないと考えられる。

iii) BGA-15 孔でのルジオン試験の結果によれば、深部ではルジオン値が 5 以下の難透水性ないし不透水性の部分が大部分であり、全般に低い透水性を示す。したがって、地下発電所周辺岩盤から地下空洞内へ流入する地下水（湧水）の量は小さいと推定される。

iv) 地下発電所地点近傍では、ダム地点左岸で BGA-15 のボーリング孔が 1 孔掘削されているのみである。このため、今後詳細設計を開始する前に、発電所位置での正確な岩盤状況、透水性および水理地質状態を明らかにするため、さらに詳細なボーリング調査を実施する必要がある。

(5) 放水路トンネル

(a) 地 形

放水路トンネルは、Berta 川左岸の地下発電所から北東から南西方向に延びる全長約 4500m のトンネルである。

本トンネルは、標高 600m から 840m の大きな山体の斜面下を通過（標高 390m 付近）するため、地山被りは比較的大きく、200m から 450m である。また、途中最も被りの薄いところでも 170m 以上ある。放水路トンネルおよびその坑口に影響をおよぼすような地すべり地形は、特に認められない。

(b) 地質

放水路トンネル経過地には、Figure 7-11 に示すように、地下発電所付近と放水口付近には Yusufeli 層が分布するものの、大部分の地域では Ikizdere 花崗岩類が分布している。Ikizdere 花崗岩類は、全長約 4500m のトンネルのうち、約 3700m の区間に出現すると推定される。

Yusufeli 層は、ダムおよび地下発電所地点と同様に砂岩および粘板岩起源のホルンフェルスよりなる。これらは、節理や亀裂がやや発達しているものの、塊状・堅硬な岩盤である。Ikizdere 花崗岩類は、花崗岩からなりそれ自体は非常に固く、緻密であるが水平と垂直の節理の発達が顕著である。なお、放水路トンネルは、Yusufeli 層と Ikizdere 花崗岩類の地質境界面（貫入面）を横切るが、その境界は密着して比較的堅硬・緻密である。

これらの岩盤内の不連続面としては、小断層、節理、亀裂があり、大規模かつ顕著な断層は確認されていない。

放水路トンネルおよびその坑口に影響をおよぼすような厚い表層堆積物は、特に認められない。

(c) 土地質的評価

地表の地質状況およびダム地点で掘削された BGA-15 と SL-2 のボーリング孔でのボーリング調査などの結果から判断すると、放水路トンネル経過地に対して以下の土地質的評価がなされる。

i) 放水路トンネル経過地に分布する Yusufeli 層のホルンフェルスと Ikizdere 花崗岩類の花崗岩類は、部分的に亀裂や節理が発達するものの、堅硬・緻密な岩石である。また、Yusufeli 層と Ikizdere 花崗岩類の地質境界面（貫入面）は、密着して比較的堅硬・緻密である。したがって、これらの地質条件は、トンネル掘削に支障をきたすものではないと考えられる。

ii) 放水路トンネル経過地には小規模な断層が認められるものの、連続した顕著な断層は存在しない。しかしながら、小規模な断層や貫入岩の付近では熱水変質による岩盤の劣化や節理や亀裂の発達した部分が認められる。このため、こうした箇所のトンネル掘削に当たっては湧水対策や支保等による適切な対策が必要となろう。

iii) 放水路トンネル経過地の地下水状態は以下のように考えられる。

Yusufeli層とIkizdere花崗岩類の分布地域では、Master plan stageで計画されたBağlıkダム地点の調査結果で見られるように、河川から山側に向かって地下水位は、緩やかに上昇しており、Berta川に沿う山地内を通過する放水路トンネル沿いの地下水も比較的低いものと推定される。また、ダム地点で実施されたルジオン試験の結果では、地表から100m以深の透水性は、一般に非常に小さい。

したがって、放水路トンネル経過地は、大部分の区間で地下水位が比較的低くかつ透水性が小さい岩盤中を通過すると推定され、トンネル内への湧水は、基本的には小さいと推定される。ただし、部分的に亀裂や節理が発達する部分や沢を通過する部分では、局所的集中湧水が見られると予想されるため、建設にあたっては、十分な排水設備が必要と考えられる。

