

## 7.1.4 計画地点の地質

### (1) 貯水池

#### a) 地形

貯水池地域は、Figure 7-4 に示すようにDevrek川の最上流部、Devrek川が小さな曲流を繰り返しながらも全体としてNW方向に流下する山間地に位置する。この貯水池となる地域のDevrek川は各所でV字谷を形成しており、貯水池は急斜面に接する部分が多く、貯水池の形状としては全体に細長い。ダム直上流右岸部の長さ2 km以下の小さな沢からなる2つのポケット部を除いて、貯水池に流入する支流や沢で大きなポケットとなるものはなく、貯水池の長さはDevrek川沿いに約15kmとなる。貯水池を囲む山体は、標高350mから1,400mを示し、貯水池の最上流部のNE-SW方向に伸びる幅約1 kmの緩斜面を除き、全体的に急峻な地形を示す。Devrek川沿いに段丘平坦面および河床が分布するが、その範囲はそれほど大きくない。また、扇状地の発達は見られない。

貯水池地域には、既往地形資料の検討結果と現地踏査結果から判断して、最上流部の緩斜面に認められる古い地回り地形を除いて、大規模な地回りや崩壊などの不安定地形は認められない。航空写真判読結果からは、N-S、E-WあるいはNE-SW方向に伸びる数kmのリニアメントが確認されているが地表調査で明らかに断層破碎帯と確認されたものはなかった。

#### b) 地質

貯水池周辺には Figure 7-4 に示すように古生代-先カンブリア紀の片麻岩、片岩、結晶質の石灰岩、変質した花崗岩類からなる変成岩類、中生代ジュラ紀の花崗岩類、新生代第三紀のフリッシュ及び段丘堆積物、崖錐および河床堆積物を主とする第四紀堆積物が分布する。以下に詳細な分布を述べる。なお、本レポートでは本プロジェクト地域内に分布する変成岩類は、一部のトルコの地質に関する文献では、先カンブリア紀より新しいとする説がある。今回の地質調査では、それに関する明確な証拠は見られなかったため、DSIの作成した既往地質レポート (Table 7-1 の①) の見解に従って、それらの地質時代を古生代-先カンブリア紀としている。

貯水池下流部の両岸には、中生代ジュラ期の花崗岩類が分布する。これらの花

崗岩類は粗粒花崗閃緑岩および変質した花崗閃緑岩からなり、部分的には N-S~NW-SE の走向で 50-70° E~NE 傾斜もしくは E-W~NW-SE の走向で 10-70° S~SW 傾斜の片理構造が見られる。輝緑岩は数10cmの幅、E-W~NW-SE の走向、40-90° S~SW 傾斜で、変質した花崗閃緑岩に局部的に貫入している。卓越した節理の方向は N50° W60° NE, N30° E65° NW, NS50° W の3方向である。

貯水池中上流部の両岸には、古生代-先カンブリア紀の片麻岩、片岩、再結晶性の石灰岩、変質した花崗岩類からなる変成岩類が分布する。片岩は既述の中生代ジュラ期の花崗岩類および古生代-先カンブリア紀の変質した花崗岩類と NE-SW の地質境界で不整合に接し、幅約1kmで NE-SW 方向に分布する。この片岩は、片麻岩および変質した花崗岩類と部分的に混在しており、卓越する片理の方向は NE-SW の走向で、NWに 30-50° の傾斜である。

変質した花崗岩類は①片岩および片麻岩と NE-SW の地質境界で不整合に接し、幅約2kmで NE-SW 方向に分布するものと、②片麻岩の中にブロック状に分布するものと、③片麻岩と NE-SW の地質境界で不整合に接し、新生代第三紀のフリッシュと NE-SW の走向で見かけ傾斜20° でNW方向に傾斜する衝上断層を地質境界とする貯水池左岸に幅約1kmで NE-SW 方向に分布するものの3種類がある。この変質した花崗岩類は片岩および片麻岩と部分的に混在しており、一部は粗粒な鉱物組成を持つものもある。また局部的には N-S~ NE-SW の走向で E~NW 方向に 30-70° に傾斜した片理構造が見られる。

片麻岩は変質した花崗岩類と両側で NE-SW の地質境界で不整合に接し、南東の一部は新生代第三紀のフリッシュと NE-SW の走向で見かけ傾斜20° でNW方向に傾斜する衝上断層を地質境界として、幅約2kmで NE-SW 方向に分布する。この片麻岩は片岩・変質した花崗岩類および石灰岩と混在していることが多い。

N-S~NE-SW の走向で E~SE 方向に 30-70° に傾斜した片理構造が見られることが部分的にある。

再結晶性の石灰岩は広域には分布しておらず、上記の片麻岩の中にブロックとして取り込まれた産状を示し、オリストロームの中のオリストリスの形態を示している。

貯水池最上流部の両岸には、新生代第三紀のフリッシュが、変質した花崗岩類と片麻岩と NE-SW の走向で見かけ傾斜20° でNW方向に傾斜する衝上断層を地質

境界として、中生代白亜紀の石灰岩と NE-SW の地質境界で不整合に接し、幅約 1 km で NE-SW 方向に分布する。このフリッシュの走向傾斜は主として NE-SW 30° NW である。

段丘堆積物は、礫、砂、およびシルトからなり、両岸に点在している。現河床堆積物は礫と中～粗粒砂を主体としており、大規模には貯水池中・上流部に 3ヶ所分布するだけである。崖錐堆積物は、計画満水位以下の所に小規模に分布するのみである。貯水池最上流部の NE-SW の走向で見かけ傾斜 20° で NW 方向に傾斜する衝上断層を除いて、貯水池周辺には顕著な断層はない。航空写真判読によれば、南-北方向、北西-南東方向、北東-南西方向のリニアメントが見られるが、いずれも長く連続しておらず、地表踏査で断層と確認されたものもない。

地すべりは、貯水池最上流部の両岸の新生代第三紀のフリッシュ分布域の緩斜面に古い小規模なものが見られるが、いずれも満水位標高より高い所に位置している。

#### c) 地質工学評価

##### i) 保水性

貯水池周辺を構成する古生代-先カンブリア紀の片麻岩、片岩、変質した花崗岩類からなる変成岩類、中生代ジュラ期の花崗岩類、新生代第三紀のフリッシュは全て非溶解性の岩石である。他方、貯水池地域中に古生代-先カンブリア紀の結晶質石灰岩の分布も一部に認められる。当該石灰岩はカルスト性を示しているが、広域には分布しておらず、片麻岩の中にブロックとして取り込まれた産状を示し、オリストロームの中のオリストリスの形態であり、石灰岩の連続性はそれほど良くないことが明らかになった。それ故、石灰岩を通じての貯水池の水の他流域へは漏水の可能性はほとんど無いと考えられる。また、周縁部には地形的に他流域への漏水が懸念されるような、やせ尾根、鞍部等は見あたらない。以上の調査結果および貯水池周辺の急峻な地形および沢の流水状況等を総合的に考えると当貯水池の保水性について問題はないと判断される。

## ii) 斜面の安定性

貯水池地域ならびに貯水池周辺斜面には、大規模な地切りや崩壊などは認められなく、貯水池リムの斜面の安定性、貯水池への突発的な大量堆砂供給等の問題は見当たらない。

貯水池最上流部周辺の緩斜面に見られる古い地すべり地形は、規模も小さく、満水位より高い所に位置しており、貯水池周辺斜面の安定性を損なうものではないと判断される。

また、崖錐堆積物はその分布が小規模であり、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) (M/P) ダム地点

#### i) 地形

ダム地点は Figure 7-5, 7-6, 7-7 に示すように Devrek川が大きく曲流を繰り返す区間にあり、ダム軸は右岸側から左岸側（北から南）へ張り出した尾根の先端部の流路が西流する部分に位置する。貯水池満水位標高は437mで計画され、ダム軸付近での河床標高は約 350mである。ダム地点の谷の形状は Figure 7-7 に示すように上に開いたU字形をなし、満水位と河床部の谷幅はそれぞれ約500mと約50mである。

ダム地点の右岸側の尾根はその途中に鞍部（標高約 450m）を持ちそれが貯水池の上限を規制している。Spillwayは Figure 7-5 および 7-9 に示すようにこの鞍部を利用して右岸部に開渠で計画されている。洪水吐のフリップバケット部の乗る部分およびその対岸斜面は段丘地形を示す。

ダム地点は、左岸アバット部の直上流の小断層および節理による小崩壊部を除いて、両岸斜面ならびに右岸側尾根とも安定した地形を呈している。

#### ii) 地質

ダム地点の基盤岩は Figure 7-5 に示すように中生代ジュラ紀の花崗岩類とそれに部分的に貫入する輝緑岩からなる。新鮮な岩盤は堅硬・緻密である。この花崗岩類は岩石薄片顕微鏡観察結果によると、完晶質組織をもつ花崗閃緑岩であるが、変質作用を受けて有色鉱物は黒雲母、緑泥石、緑簾石、セリナイト

などに交代されている。Figure 7-6~11 に示すボーリング柱状図および地質断面図では、この変質作用の程度により強い変質、中程度の変質、弱い変質の3つに細分して示している。また、構成鉱物の粒度により岩石名を区別し、粒度が4 mm程度以上のものが卓越している岩石を粗粒花崗閃緑岩としている。粗粒花崗閃緑岩はダム地点周辺では比較的変質の程度が少ない。

ダム・洪水吐・Diversion Tunnelの予定地点はある程度変質した中粒ないし細粒の有色鉱物が多い暗緑灰色の花崗閃緑岩が卓越した地帯に相当している。地表踏査では、変質作用を受けている花崗閃緑岩は部分的には E-W~NW-SE の走向で 20-60° S~SW 傾斜した片理構造が見られた。この走向傾斜はダム地点でボーリングから推定された強変質帯や中程度の変質帯のものと調和的である。この変質を強く受けている花崗閃緑岩にはヘアークラックがこの片理構造に平行して発達している。一軸圧縮試験では、このヘアークラック沿いに破壊するものが多かった。

上記の花崗岩緑岩は局部的に輝緑岩の貫入がみられる。

輝緑岩の貫入面は一般にダム軸に斜交し、下流側に傾斜する E-W~NW-SE 50-90° S~SW の走向・傾斜を示している。貫入幅は数10cmから数mが多く、左右両岸に同じように分布する。この貫入による、岩盤の劣化は見られなく、輝緑岩およびその周辺の花崗岩類ともに堅硬である。

ダム地点周辺には、幅広い破砕帯を伴う長く連続する大規模な断層は存在していない。地表踏査では、破砕幅 10-20cmの小規模な断層が3条確認されただけである。それらの走向・傾斜は、NS40° W, N35° W56° SW, N75° W53° SW である。節理は両岸に一般に10~40cm間隔で発達しており、ダム左岸で流れ目となるN50° W60° NE, N10° E45° E, ダム右岸で流れ目となるN60° W50° SW の走向・傾斜の3方向のものが卓越している。ボーリング調査では、SK-5 の深度52m, 65m、SK-6 の深度64m、SK-7 の深度28m、TSK-2 の28m、TSK-3 の22m、30m、TSK-4 の22m、24mおよび DSK-1 の14m付近に区間長2 m以下の破砕部が、主として強もしくは中程度の変質を示す部分に確認されているが、幅広い破砕帯を伴う大規模な断層を示すものは確認されていない。ボーリング調査では、変質に関するヘアークラック沿いに 20-60° の低角のものが多くみられた。これは掘削中にヘアークラック沿いに割れた可能性

が指摘される。

岩盤表面は、地表付近では褐色に風化変色していることが多い。ボーリング調査によると、ダム地点地点では、亀裂沿いの風化変色は地表から深度10～30m付近まで顕著に認められる。

表層堆積物としては、両岸とも表土が数mの厚さで分布し、Spillway予定地点の地表には径10cmの円礫、砂およびシルトからなる約10mの段丘堆積物が分布している。

河床堆積物の厚さは、河床部で掘削された3本のボーリングの結果によると約15mである。河床堆積物は主として径1～6cmの礫・砂・シルトよりなる。

崖錐堆積物は、斜面の裾部に小規模に分布するのみである。

### iii) 水理地質

#### 1. 地下水位

ダム地点および右岸側尾根部で掘削されたボーリングの最終孔内水位を、Figure 7-7～12 に示す。河床部の地下水位は河床水位と同標高で約340mである。ダム予定地点の斜面の地下水位は両岸ともに緩やかではあるが、ほぼ地形なりに上昇しており、地表から約7m～26mの深さに存在している。右岸側尾根部の地下水位も両斜面とも緩やかではあるが、ほぼ地形なりに上昇しており、地表から約5m～20m深さにある。これらの深度は地表からの風化深度や岩盤の劣化深度と調和的であり、特に異常を示すボーリング孔はない。また、掘削中の地下水位も異常なものは見当たらない。ダム予定地点の斜面の地下水位で最も深いのは、左岸ではSK-2孔の深度26m、右岸ではTSK-3孔の深度19mである。右岸側尾根部の中心部の地下水位の標高はDSK-1孔で約438m、TSK-3孔で約420mである。

#### 2. 透水性

ダム地点ではボーリング孔を利用したルジオンテストが Figure 7-7～12 および Appendix A-3-3 に示すように合計14孔、441ステージ、883mの区間で、表層堆積物、河床堆積物を除く基礎岩盤を対象とし、夫々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方法で解析された。

試験結果であるルジオン値 (Lu) は全て10kgf/cm<sup>2</sup>の注入圧での注入量 (単

位  $\ell/m/min/10kgf/cm^2$  ) である。

従って、何らかの理由により注入圧が  $10kgf/cm^2$  まで上げられなかったものについては、次式により換算した値を使用した。

$$Lu = \frac{10Q}{P \cdot L}$$

ここで Q : 注 入 量 ( $\ell/min$ )

L : テスト区間長 (m)

P : 注 入 圧 ( $kgf/cm^2$ )

この結果からダム地点の透水性は以下のようにまとめられる。

• ダム左岸

岩盤部は、SK-1, 2孔のルジオン試験の結果では、SK-2孔の深度60m付近の3区間 ( $Lu=3\sim5$ )を除く全区間で透水性は小さく  $Lu=0\sim3$  を示している。

• 河床部

SK-3, 7, 8孔のルジオン試験の結果では、基盤岩の表面から約20mの深さまでは  $Lu=3\sim5$  とやや大きな透水性を示すが、それ以深では透水性は小さく、 $Lu=0\sim3$  を示している。

• ダム右岸

SK-4, 5, 6孔および TSK-3, DSK-1 のルジオン試験の結果では、 $Lu \geq 3\sim10$  と大きな透水性を示す区間は、地表から深度10~30m付近までである。深度10~30m以深ではすべての区間で  $Lu=0\sim3$  と小さな透水性を示している。

• 洪水吐

DSK-1, 2孔のルジオン試験では、地表から30m区間の透水係数が求められているが、斜面中腹部では、深度10m付近まで  $Lu \geq 3\sim10$  と大きな透水性を示し、深度10m以深では一般に  $Lu=0\sim3$  と小さな透水性を示している。一方、頂上部では深度30mまで  $Lu=3\sim10$  と比較的大きな値を示す。

• Diversion Tunnel

TSK-1, 2, 3, 4孔のルジオン試験の結果では、Diversion Tunnelの通過レベル(標高約340m)付近ではすべての区間で  $Lu=0\sim3$  と小さな透水性を示している。

iv) 室内試験

ダム地点の岩盤強度の基礎資料とするために、SK-2孔の3コアサンプルとTSK-3孔の2コアサンプルを用いて一軸圧縮試験が行なわれた。試験結果は、Table 7-8 に示す。岩種はすべて花崗岩類である。

Table 7-8 Unconfined Compression Test at Dam Site

Drill hole No.	Depth (m)	Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Dimension (cm)
SK-2	74.00 ~ 74.30	335	φ=6.2 h=12.4
SK-2	74.30 ~ 74.60	160	φ=6.2 h=12.4
SK-2	93.20 ~ 93.50	290	φ=6.2 h=12.4
TSK-3	90.30 ~ 90.80	330	φ=6.2 h=9.6
TSK-3	90.30 ~ 90.80	800	φ=6.2 h=12.4

## v) 岩盤分類

工学的評価に用いた岩盤分類は、水路および発電所ともにつぎの方法を採用した。

ボーリングコアに関しては、Table 7-6 に示すように、岩石コアは風化程度 (W)、硬さ (H)、割れ目間隔 (C) について5段階に分けて分類され、それらはボーリング柱状図 (Appendix A-3-1参照) に記録されている。さらにこれら分類結果は Table 7-7 に示すようにグルーピングによるコア評価が行われ、それらが地質断面図および地質柱状図 Figure 7-6~11 に図示されている。今回はこのコア評価をそのまま岩盤の評価として用いた。

## vi) 地質工学評価

1. ダム地点に分布する花崗岩類は表層部の亀裂が発達し、強く風化した部分 (岩盤評価 (㊠および㊡)) を除去すれば、現在計画している高さ100mクラスのフィルダムの基礎として十分な地耐力を有するものと判断される。この強く風化した表層部は、左岸アバットメントで地表から10m、左岸中腹部で約20m、右岸アバットメントで地表から30m、右岸中腹部で約10mであり、右岸アバットメントで少し深くなっている。右岸アバットメントで深くなっている理由は、強く変質した花崗岩閃緑岩が分布するためと考えられる。

洪水吐部では尾根部で、地表から約12m、下流側斜面で地表から約7mの区間に亀裂が発達し、強く風化している岩盤評価 (㊠および㊡) の部分が分布するが、ダムの右岸斜面ほど深くはない。Diversion tunnelの通過部の岩盤は、岩盤評価㊢および㊣で良好である。



2. 基礎岩盤内の不連続面としては、断層と節理および輝緑岩の貫入面がある。前述したように、ダム地点および洪水吐部で確認されている断層はいずれも小規模で連続性も乏しく、顕著な断層粘土や断層角礫は伴っておらず、今のところ特別な基礎処理の必要性のある断層は認められていない。

節理は比較的発達しており、節理面沿いの風化変色は、左岸側で地表から深度20～30m付近まで、右岸側で地表から深度10～60m付近まで認められる。

左岸アバットメント部に見られるN50°W60°NE, N10°E45°Eの2つの節理系は法面に対して流れ目となっており、既設道路の法面で小さな崩壊がこの節理系により起こっているため、ダム法面の掘削の際には注意を要する。

輝緑岩の貫入面は完全に密着しており、亀裂の発達したゾーンを伴わず、粘土や角礫等は挟在していない。

変質部の片理構造沿いに発達するヘアークラックも変形性や透水性の観点からフィルダムの基礎としてはそれほど問題にならないと考えられる。

3. ルジオン試験の結果によれば、ダム河床部および右岸の地表から深度20～30m付近までは $Lu \geq 3 \sim 10$ と少し大きな透水性を示しているが、それ以深では、極く一部の区間を除き $Lu = 0 \sim 3$ と透水性は小さい。洪水吐では深度30m付近まで、 $Lu = 3 \sim 10$ と少し大きな透水性を示している。Diversion tunnelの通過部では $Lu = 0 \sim 3$ と透水性は小さい。

本地点の岩盤の透水性は、前述した節理等の不連続面に支配されていると考えられる。また、深部には高透水部はないので、ダム基礎としては地表付近の亀裂が発達し、強く風化した部分（岩盤評価◎および◎）を掘削・除去し、地表から一般的に用いられているセメントグラウチングを行うことにより、十分な保水性は確保できると考えられる。

ダム地点の右岸部の尾根はその途中に鞍部をもつので、今後更に調査を実施し、その結果に基づいてカーテングラウト等止水処理の必要性を判断すべきであろう。

4. ダム基礎ロック部の河床部は、厚さ約10～20mの礫及び粗粒砂よりなる河床堆積物が、また、左右両岸斜面には一部に礫を含む厚さ約5mの表土がそれぞれ分布している。この部分はダム基礎としては掘削除去する必要がある。

洪水吐の部分にも厚さ数mの表土が分布するが、これも、また洪水吐基礎としては掘削除去する必要がある。

5. 以上の結果を総括すると、ダム・洪水吐・Diversion tunnel等の構造物にとって今後大きな問題となるような土木地質的条件はなさそうである。

#### b) Upperダム地点

##### i) 地 形

マスタープランのダム地点から上流約1kmの地点が代替ダム地点の候補地として考えられる。このダム地点の谷幅はマスタープランに比較して狭く、河床幅約40m、天端幅約360m（標高437m）で兩岸とも傾斜約30°の斜面となり、比較的V字型に近い形状をなしている。また、右岸側は細く伸びた途中に1カ所鞍部をもつやせ尾根（鞍部標高435m）となっている。

##### ii) 地 質

代替ダム地点およびその周辺部には比較的基盤岩の露頭が多いが、当地点の基盤岩は、前述のマスタープランダム地点と同様、中生代ジュラ期の花崗岩類とそれに部分的に貫入する輝緑岩からなる。両岩石とも露頭で観察するかぎり、多少風化はしているが、マスタープランダム地点と比較すると地形がやや急峻なことから相まってその風化程度は少なく、全体的に地表から数mの深さで比較的新鮮な岩質の岩盤が期待できそうである。

代替ダム地点の兩岸斜面、右岸の尾根部ともに全体に表層堆積物は少なく、その厚さは1m以下と思われる。また、河床部には流路沿いに河床砂礫が分布しているが、流路ならびに河床部の地形的特徴からみて河床堆積物の分布状況はマスタープランダム地点のそれと概ね同様かそれより小規模であると思われる。

##### iii) 地質工学評価

代替ダム地点の地質状態は大局的にM/Pのダム地点と同様であると考えられ、基盤岩自体の工学的性状に特に致命的な問題はなさそうであるが、右岸側の尾根部には途中にやせた鞍部があり、満水位の設定如何ではその部分に副ダムの築造が必要となる。副ダムの築造については、その基礎部はやせ尾根に位置することから、基盤岩の力学的安定性ならびに透水性に関する慎重な地質調査が不可欠となる。

### (3) 水路および発電所

水路および発電所地点は、Figure 7-1, 12, 13, 14 に示すようにD Layout (Underground Power House-Tailrace Tunnel Type) とA Layout (Headrace Tunnel-Open Air Power House Type) が比較検討され、経済性の点からD Layout が最終的に選定された。

#### a) D Layout (Underground Power House-Tailrace Tunnel Type)

##### i) 地 形

取水口は、ダム直上流の右岸尾根南斜面中腹の約30度の傾斜部標高 385m地点に設置され、そこから尾根の芯方向（北方向）に水平に65mの導水路が延びる。そして、右岸尾根北斜面に平行に下方に45° の傾斜、山盛り約200mで北方向に約265mの水圧管路が続き、地下発電所予定地点に至る。地下発電所予定地点は右岸尾根北斜面末端部の山体深部（アーチ部の山盛り約170m）に位置する。

そこから、約4,900mのトンネル式および約200mの開渠式の放水路が標高約225mで北西方向に続く。放水路トンネルの経過地は、全般に緩斜面の山地よりなり、発電所側約4,000m区間は、山盛り約100m～300mであり、放水口側約1,000m区間は、山盛り約100m以下で、その長さは全区間の約20%にあたる。約200mの開渠式の放水路は、標高約225mのDevrek川の氾濫原に位置する。放水路トンネルを横切る沢は、10数条みられるが、いずれも小さなものであり、山盛りは、ほとんどの沢底部から放水路トンネルまでは約150m以上の被りがある。

##### ii) 地 質

取水口・導水路・水圧管路・地下発電所・放水路トンネルの経過地には、Figure 7-12, 13, 14 に示すように中生代ジュラ紀の花崗岩類とそれに部分的に貫入する輝緑岩からなる。両岩石とも新鮮な岩盤部は堅硬・緻密である。この花崗岩類は岩石薄片顕微鏡観察結果によると、完晶質組織をもつ変質花崗閃緑岩であり、主として、斜長石・石英・ホルンブレンド・黒雲母からなり、弱い破碎作用や変質作用を受けて緑泥石・セリサイト・緑泥石・炭酸塩鉱物を伴う。ダム地点に分布する変質花崗閃緑岩に比較して、一般に粗粒で、熱水変質を受けた部分を除けば、変質の程度は少ない。

開渠式の放水路ルートには、地表には第四紀の河床堆積物、その深部には崖錐堆積物が分布し、ボーリングDD-4孔では深度25mまで岩着していない。

熱水変質は放水路トンネルの経過地の中央部約800m区間と放水口付近約800m区間の地表に顕著に認められ、その部分の岩盤を非常に劣化させている。この変質部のX線回折試験では、変質鉱物として、多量の方解石、微量のモンモリロナイト鉱物、極微量のカオリン鉱物が検出され、熱水変質を受けたことが推定されている。この熱水変質は放水路の西側に分布する火成岩（ひん岩）の活動に関連するものと考えられる。

放水路トンネルと交差する断層のうち、地質踏査確認された断層としてはDD-2 付近でトンネルとほぼ直交する北東-南西の走向で北西に85° 傾斜のものだけである。航空写真では放水路トンネルと斜交する南北の走向をもつ3条のリニアメントが判読されているが、それが断層がどうか不明である。D Layoutの放水路トンネルのために掘削されたボーリングでとらえられた顕著な断層破碎帯はDD-2 の深度60m~65mおよびDD-3 の深度22m~25mの2カ所である。

節理は一般的に比較的発達しており、卓越した方向はEW70° N, N30° E70° NW, N20° 60° SW の3方向である。ボーリングコアの割れ目間隔は、断層破碎帯周辺を除いて、水路通過地で3~10cm程度であり、地下発電所地点で、10から30cmである。RQD 値は、断層破碎帯周辺を除いて、水路通過地で50%前後（普通~悪い）、地下発電所地点で概ね100%（非常に良好）である。

地表からの風化は、断層破碎帯周辺を除いて、深度30m以浅である。

また、構造物の分布域周辺には大規模な地滑りは認められない。

### iii) 水理地質

#### 1. 地下水位

水路および発電所地点で掘削されたボーリングの最終孔内水位を、Figure 7-15~16、掘削中の地下水位の変化を Figure 7-14 に示す。

地下発電所予定地点付近に掘削されたDDV-1 孔（L=270m）の孔内水位は掘削中は深度約40mでほぼ一定しており、最終孔内水位は深度59mである。DD-2孔（L=80m）は掘削中地表付近に水位があり、最終孔内水位は深度0.8mである。DD-3孔（L=50m）は最終孔内水位は深度12mであり強風化

部の下部にあたる。DD-4孔 (L=25m) は最終孔内水位は深度 2 m であり、Devrek川の水位標高にはほぼ等しい。

## 2. 透水性

水路および発電所地点ではボーリング孔を利用したルジオンテストが Figure 7-15~16 および Appendix A-3-3 に示すように合計 5 孔、82 ステージ、165mの区間で実施された。これらは水路トンネルおよび発電所予定深度の岩盤の透水性および湧水状況を推定するための基礎資料とするために、夫々 2 m のテスト区間で実施された。

ルジオン試験の方法は一般的なものであるが、地下発電所予定地点は深度が 200m 以深と深くなるので、最大圧力を 20kg/cm<sup>2</sup> まで上昇させて行った。その結果はダム地点と同様の方法で解析された。

地下発電所予定地点付近に掘削された DDV-1 孔のルジオン試験結果は Figure 7-14 に示す通り最大圧力を 20kg/cm<sup>2</sup> まで上昇させて行っても亀裂の発達する深度 200m 付近を除き流入量はほとんど 0 であった。DD-2 孔の深度 50m 以深は 1 Lu 前後の小さな透水性を示す。

### iv) 室内試験

地下発電所の岩盤の力学的性質に関する基礎資料とするために DDV-1 孔の 3 サンプルを用いて一軸圧縮試験を行った。試験結果は、Table 7-9 に示す。岩種はすべて花崗岩類である。

Table 7-9 Unconfined Compression Test at Underground Power House

Drill Hole No.	Depth (m)	Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Dimension (cm)
DDV-1	236.00 ~ 236.18	899	φ=4.6 h=8.2
DDV-1	236.20 ~ 236.40	869	φ=4.6 h=9.2
DDV-1	266.50 ~ 266.62	395	φ=4.7 h=9.0

v) 物理探査

物理探査（屈折法）は、A-Layoutのサージタンク－水圧管路－発電所－放水路のルート、D-Layoutの放水口近くの放水路ルート沿いの露頭の少ない比較的丸みを帯びた尾根および平坦地で、構造物周囲もしくは基礎地盤の地質工学的性状を把握するために実施した。

これらの調査結果は Appendix A-3-5 にまとめられている。また、各岩質毎の特徴は、Table 7-10 のようにまとめられる。

Table 7-10 Relation between Geological Layers and Vp

Symbol	type	P Wave Velocity (m/sec)
1a	Clayed soil, talus	375 - 630
1b	Alluvion (gravel, sand, clay, silt)	500 - 1914
2a(⊙)*	Highly weathered granodiorite	610 - 1115
2b(⊙)*	Weathered granodiorite	1021 - 1893
2c(⊙)*	Highly Fissured granodiorite	1850 - 2684
2d(⊙)*	Fissured granodiorite	3112 - 3589

\* Rock classification

D-Layoutの尾根で実施された物理探査の結果は、地表から約10mの1 a層、その下位に約20mの2 b, 2 c層、そしてその下に2 d層が、ほぼ尾根の地表面に沿った深度で分布している。

D-Layoutの平坦部で実施された物理探査の結果は、地表から10~15mの1 a, 1 b層そしてその下に2 c層がほぼ水平に分布している。また、部分的には深度25mより深くまで、1 a, 1 b層が続いているところもある。

これらの結果は、ボーリング調査の結果と概ね調和的である。

vi) 地質工学評価

1. 取水口は、ダム直上流の右岸尾根南斜面中腹の約30°の傾斜部で、花崗閃緑岩露頭域に計画されている。地形的には地滑り・崩壊等は見られず安定した斜面である。そこに分布する花崗閃緑岩は比較的粗粒で変質の程度は小

さく、露頭でも新鮮・堅硬・緻密である。航空写真判読結果では、取水口付近に北西-南東に延びるリニアメントが抽出されたが、現地踏査ではそれに対応する大きな断層は確認されなかった。節理は、南北方向の走向で鉛直に近い傾斜をもつものが卓越している。

2. 導水路・水圧管路は、ダム右岸尾根を横断するように計画されているが、山被りは導水路・水圧管路の極一部を除いて、200m以上ある。トンネル通過地は、比較的粗粒で変質の程度は小さい花崗閃緑岩分布域であり、岩質は一般にいずれも新鮮・堅硬・緻密で、断層周辺の破碎帯部を除いて、◎級以上の良好な岩盤が期待できる。トンネル通過地を横切る顕著な断層は確認されていない。

3. 地下発電所予定地点はダム右岸尾根北斜面末端部の山体深部（アーチ部の山被り約170m）に位置しており、変質の程度は小さい花崗閃緑岩分布域であり、岩質は一般にいずれも新鮮・堅硬・緻密で、◎級以上の良好な岩盤が期待できる。割れ目間隔はボーリングコアで10~30cmであり、RQDは概ね100%（非常に良好）である。風化はほとんど認められない。地下発電所予定地点で掘削したDDV-1孔では顕著な断層は確認されていない。しかし、最大幅1.5mの破碎区間（㊸~◎級）が6~7ヶ所みられる。地下発電所予定深度では、掘削中の孔内水位も地表からの深度60m付近で安定しており、逸水層はなかった。また、透水試験でも流入量はほとんどなくルジオン値は0のものが多い。それらから掘削中の大きな湧水はないと考えられる。また、一軸圧縮試験の結果は、平均721kgf/cm<sup>2</sup>であり、地下発電所の空洞として十分な強度を有すると考えられる。ただし、試験結果にはバラツキが大きいので、Definite Designの段階ではヘアクラックの発達方向に注意して、より詳細な試験を行って、その安定性について検討する必要がある。

4. 放水路トンネル経過地は全般に緩斜面の山地よりなり、花崗閃緑岩分布域である。山被りは一般に約100m~300mであり、放水口側約1,000m区間は山被り約100m以下となっている。それらの山被りが小さい区間、断層周辺の破碎帯部および熱水変質部を除いて、岩質は一般にいずれも堅硬・緻密で、◎級程度の岩盤が期待できる。

割れ目は比較的多く、その間隔はボーリングコアで3~10cmであり、RQD

は50%前後（普通～悪い）である。放水路トンネルを横切る顕著な断層はDD-2孔付近のトンネルにはほぼ直交する北東-南西の走向で北西に85°傾斜するものだけであるが、航空写真ではトンネルに斜交する南北の走向をもつ3条のリニアメントが認められており、これらが岩盤中の弱線となっている可能性がある。

熱水変質が放水路トンネル経過地の中央部約800m区間と放水口付近約800m区間の地表に顕著に認められており、この熱水変質がトンネル通過標高の岩盤を非常に劣化させていると考えられる。

風化が地形沿いに地表から深度10m区間は◎級、その下の約20m区間を①級に岩盤を劣化させている。

以上の結果をまとめると、山被りが小さい区間、断層周辺の破碎帯部、熱水変質部および風化帯等でトンネル掘削に支障をきたす岩盤劣化があり、その区間長は全区間長の3分の1にあたると考えられる。

透水試験結果によるとその透水性は3Lu以下と小さいので、断層周辺部を除いて、山被りが大きな深度では大きな湧水は無いと考えられる。

5. 開渠式の放水路は、Devrek川の氾濫源に位置し、地表には第四紀の河床堆積物が分布し、その深部には崖錐堆積物が分布し、深度25mまでは岩着していない。

表土を除去し、砂礫層を基礎とすれば十分な強度が得られると考えられる。

## b) A Layout (Headrace Tunnel - Open Air Power House Type)

### i) 地 形

取水口は、D Layoutと同様ダム直上流の右岸尾根南斜面中腹の約30度の傾斜部標高385m地点に設置され、そこから尾根の芯方向（北方向）に約100m、そして北西方向に向きを変えて総長約5,500mの導水路トンネルが標高約360mにほぼ水平に延びる。導水路トンネルの経過地は、全般に緩斜面の山地よりなり、山被り約60m～160mであり、D Layoutに比較して山被りは小さい。導水路トンネルを横切る沢は、10数条みられ、いずれも小さなものであるが、山被りがもともと小さいので、沢周辺は山被り約100m以下となる。サージタンク周辺部を加えると、導水路トンネルの総延長部の約半分（約2,700m区間）が、



山被り約100m以下となる。

サージタンクは、南北に伸びるなだらかに北に傾斜する尾根の標高450m付近に計画されている。サージタンクからこの尾根筋沿いに北側に向かって、約400m区間はトンネル式で、約500m区間は地表式の水圧管路が続く。トンネル式水圧管路区間では山被りは約80m以下である。地表式の水圧管路予定地点の尾根の傾斜は約15~20°である。

発電所はこの尾根の末端部に地上式で計画されている。そして、約480mの開渠式の放水路はD Layoutと同様標高約225mのDevrek川の氾濫原に位置する。

## ii) 地質

取水口・導水路トンネル・サージタンク・水圧管路・地表式発電所・放水路の経過地には、Figure 7-12, 13 に示すようにD Layoutと同様、中生代ジュラ紀の花崗岩類とそれに部分的に貫入する輝緑岩からなる。新鮮な岩盤は堅硬・緻密である。この花崗岩類はD Layoutの区間と同様の岩質を持っている。

開渠式の放水路には、地表には第四紀の河床堆積物、その深部には風化した花崗岩類が分布する。

熱水変質は導水路トンネルの経過地の中央部約800m区間とサージタンク付近約800m区間および水圧管路の経過地全域の地表に顕著に認められ、その部分の岩盤を非常に劣化させている。

顕著な断層は、サージタンクから約800mダム側の導水路トンネルに斜交する北東-南西の走向で北西に85°傾斜のものだけであるが、航空写真では導水路トンネルと斜交する南北の走向をもつ3条のリニアメントが判読される。

A Layoutのために掘削されたボーリングで把えられた顕著な断層破碎帯はDA-2の深度52m~53mと深度65m~66mの2ヵ所およびDA-3の深度22m~25mと深度36m~39mの2ヵ所である。

節理は一般的に比較的発達しており、卓越した方向はBW70° N, N30° E70° NW, N20° W60° SWの3方向である。トンネル通過部に相当するボーリングコアは割れ目が非常に多く、その間隔は1~10cm程度であり、RQD値は20(%)以下である。

地表からの風化は、断層破碎帯周辺を除いて、一般に深度30m以浅であるが、熱水変質帯に位置するDA-2孔(L=70m)およびDA-3(L=70m)は孔底近

くまで風化が及んでいる。

構造物の分布域周辺には大規模な地滑りは認められない。

### iii) 水理地質

#### 1. 地下水位

DA-1孔 (L=50m) は掘削中深度約 8 m ではほぼ一定しており、最終孔内水位は崖錐堆積物と基盤との境界付近にあり、その深度は約 6.5 m である。

DA-2孔 (L=70m) は掘削前後の水位差が深度 50 m 以浅で約 10 m と大きく、最終孔内水位は深度約 25 m である。DA-3孔 (L=70m) は掘削前後の水位差がほぼ全区間で約 10 m 以上と大きく、最終孔内水位は深度約 44.5 m と深い。

このことは透水試験の大きなルジオン値と調和的である。尾根の末端部に近い斜面にある DA-4孔 (L=20m)

は掘削中および最終孔内水位はすべて孔底以深である。DA-5孔 (L=30m) と DA-6孔 (L=20m) は最終孔内水位はそれぞれ深度 4.5 m と 2.6 m であり、Devrek川の水位標高にほぼ等しい。

#### 2. 透水性

DA-1孔の深度 25 m 以深および DA-2孔の 40 m 以深はすべて 1 Lu 以下の小さな透水性を示す。DA-3孔は、深度 10 m ~ 50 m 区間は 3 ~ 10 Lu と比較的大きな透水性を示し、50 m 以深は 1 ~ 3 Lu を示す。

### iv) 物理探査

A Layoutの尾根で実施された物理探査の結果は、地表から数 m の 1 a 層 (0.5 ~ 0.7 km/s)、その下位に 10 ~ 15 m の 2 a 層 (0.6 ~ 1.0 km/s)、そしてその下に 2 c (約 2.0 km/s) もしくは 2 b (1.0 ~ 2.0 km/s) 層が分布している。

A Layoutの平坦部で実施された物理探査の結果は、地表から数 m の 1 a、1 b 層、その下位に 10 ~ 15 m の 2 b 層、そしてその下に 2 c もしくは 2 d ( $\geq 2$  km/s) 層が分布している。

これらの結果は、ボーリング調査の結果と概ね調和的である。

### v) 地質工学評価

1. 取水口は、D Layoutと同じ地形・地質であり、その評価も同様であり、大きな問題点はない。

2. 導水路トンネルの経過地は、全般に緩斜面の山地よりなり、トンネルから地表までの山被り約60m～160mであり、D Layoutに比較して山被りは全体に小さい。導水路トンネルを横切る沢は10数条あり、いずれも小さなものであるが、山被りがもともと小さいので、沢周辺は山被りが100m以下となる。サージタンク周辺の低標高部を加えると、導水路トンネルの総延長部の約半分が、山被りが100m以下となる。それらの区間は風化等によりなんらかの岩盤の劣化が考えられる。

導水路トンネル経過地は花崗閃緑岩分布域であり、岩質は新鮮な部分では、一般に堅硬・緻密で、㊸級の岩盤が期待できるが、今回のボーリング調査結果ではトンネル通貨標高では㊸級の岩盤がほとんどであった。

熱水変質が導水路トンネル経過地の中央部約800m区間とサージタンク付近約800m区間の地表に顕著に認められており、この熱水変質がトンネル通過標高の岩盤を非常に劣化させていると考えられる。

割れ目は一般的に多く、その間隔はボーリングコアで1～10cmであり、RQDは20%以下（非常に悪い）である。放水路トンネルを横切る顕著な断層はサージタンクから約800mダム側のトンネルにはほぼ斜交する北東-南西の走向で北西に85°傾斜するものだけであるが、航空写真ではトンネルに斜交する南北の走向をもつ3条のリニアメントが認められており、これらが岩盤中の弱線となっている可能性がある。

以上の結果をまとめると、山被りが小さい区間、熱水変質部、断層周辺の破碎帯部および亀裂発達部等でトンネル掘削に支障をきたす岩盤劣化があり、その区間長は全区間長の半分以上にあたると考えられる。

透水試験結果によるとその透水性は3 Lu以下と小さいので、断層周辺部を除いて、山被りが大きな深度では大きな湧水は無いと考えられる。

3. サージタンクは、南北に伸びるなだらかに北に傾斜する尾根の標高450m付近に計画されている。この位置は熱水変質を受けた花崗閃緑岩分布域であり、ここに掘削されたDA-3孔の結果では深度70mの孔底まで風化・変質しており㊸級の岩盤である。割れ目も発達しており、RQDが0%（非常に悪い）の区間も多い。岩盤は強く劣化しているので掘削には注意する必要がある。

透水試験で深度50mまで3 Lu以上の透水性を示し、最終孔内水位も45.5m

と深いので、掘削中の湧水にも注意する必要がある。

4. 水圧管路は、サージタンクから南北に伸びるなだらかに北に傾斜する尾根に北側に向かって約400m区間はトンネル式で、約500m区間は地表式で計画されている。トンネル部はサージタンク付近で山被り最大約80mで北に向かってすこしずつ薄くなる。地表式予定地点の尾根の傾斜は約10~20°である。この場所は熱水変質を受けた花崗閃緑岩分布域であり、ここに掘削されたDA-4孔の結果では深度20mの孔底まで強く風化・変質しており㊸級の岩盤である。また、風化は一般的に地形に沿って深度約20mまで及んでいる。岩盤は場所により強く劣化し軟質となっているのでトンネルの掘削、水圧管路の設置には十分な注意が必要である。
5. 発電所はこの尾根の末端部に地上式で計画されている。この位置は河床堆積物と熱水変質を受けた花崗閃緑岩分布域の境界部であり、ここに掘削されたDA-5孔の結果では深度5mで岩着しており㊸~㊹級の岩盤となる。
6. 開渠式の放水路はD Layoutと同じ地形・地質であり、その評価も同様である。

## 7.2 材 料

本計画に関する材料調査（含室内試験）は、E I E (1964)およびD S I (1991)により実施されたものと今回調査団とD S Iにより実施されたものがある。今回の調査では、採取可能地点の地表調査が調査団とD S Iにより、各地点より採取された試料の室内試験がD S Iにより実施された。なお、今回の室内試験は不透水材料（コア材）・透水性材料（コンクリート骨材）・ロック材について行われた。ここでは、それらを総合的に解析した結果について述べる。材料調査地点の位置をFigure 7-17および7-18に、各調査地点の名称と調査対象材料の種類をTable 7-11に示す。

Table 7-11 Investigation Areas for Construction Materials

Name of Investigation Area	Kind of Construction Material
A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , B, E, H, I, L, M, N	Impervious Material (Core Material)
D, F, K	Semi-Pervious Material (Filter Material)
C, G	Pervious Material (Concrete Aggregate)
T-1, T-2, T-3, T-4, T-5, Q	Rock and Ripra Material

又、ダム盛立とコンクリートの数量は以下のとおりである。

Table 7-12 Volume of Dam Embankment and Concrete

Work Item	Unit	Volume
Embankment		
Impervious Core	m <sup>3</sup>	779,000
Fine Filter	m <sup>3</sup>	328,000
Coarse Filter	m <sup>3</sup>	407,000
Rockfill	m <sup>3</sup>	3,132,000
Riprap	m <sup>3</sup>	132,000
Concrete	m <sup>3</sup>	107,000

### 7.2.1 不透水材料（コア材）

ダム盛立に必要な不透水材料（コア材）の数量は約 800,000 m<sup>3</sup>である。

不透水材料（コア材）の候補地点としてダム地点を中心にその上下流半径6～7 km以内の地域で9地点がマスタープランで選定されている。いずれの調査地点も地質的

には基盤岩の強風化部を含め、表土・段丘堆積物および崖錐堆積物が比較的厚く分布する地形的な緩斜面ないし平坦地である。

不透水材料（コア材）に関する既存の調査結果は以下のとおりである。

#### (1) 既存試験結果

土質材（コア）試験は、A, B, E, F, H, I, L, MおよびN地点の9ヶ所より採取された試料について実施されている。試験結果は、Table7-13 に示すが、評価は以下の通りである。

- 比重は、全地点について2.57-2.85の範囲にあり良好である。
- 締固め試験の結果は、最適含水比時で単位体積重量が、全地点について 1.640-2.200gf/cm<sup>3</sup>の範囲にあり、かなり高い値を示し良好である。
- 最適含水比も、全地点について8.2 -21.7%であり、一般的な値である。
- 液性限界（LL）、塑性限界（PL）および塑性指数（PI）は、I, L, MおよびN地点の土質材料の一部に液性限界（LL）が若干高い値が見られるものの、塑性図上で不透水土質材料として最適とされる土質分類、GCおよびSCの領域に大半が含まれており、一般フィルタイプダムの土質材（コア材）として十分である。
- 自然粒度分布は、A, B, E, F, H地点の土質材料は概ね良好であり、土質材料の標準粒度分布範囲にも包含されているので問題はない。

調査地点のI, L, MおよびN地点の材料は、一部に液性限界（LL）が若干高い部分があること、自然粒度分布に細粒子が占める割合がやや多すぎる部分があることを示しているので、もしこれらの材料を使用する場合には、人工的な粒度調整（ブレンディング）が必要となる。

#### (2) 追加調査

既往のコア材料調査地点のうち、その質的、量的、距離的条件および湛水池内で用地補償、環境に対する影響のないことなど総合的に有利な候補地点としてAとF地点があげられた。この両地点に対し追加調査が行われたが、その調査内容は以下のとおりである。

##### • 野外調査

- 地質踏査 : 使用地形図 縮尺1/5,000 により地質図作成。
- テストピット調査 : 各地点3坑、地質柱状図作成、資料採取。  
各ピットの深さ — 5 m

- 室内試験：既往の試験項目に下記の項目を追加する。
  - 含水比測定：自然含水比。
  - 粒度測定：0.074 mm以下の粘土分布。
  - 透水試験：最適含水比時の透水係数。
  - 三軸圧縮試験：粘着力（C）と内部摩擦角（ $\phi$ ）。
  - 試験/測定数：上記の試験/測定の回数は3回もしくはそれ以上とする。

上記調査の位置及び各テストピットの断面は Figure7-19, 7-20 に、試験結果は Table 7-14 および Figure7-21, 22, 23, 24, 25 に集約される。

試験結果の要約は以下のとおりである。

- 比重は2.73～2.85の範囲にあり良好である。
- 締固め試験結果は乾燥密度 1.730～2.060gf/cm<sup>3</sup>で高い値を示しており良好である。
- 液性限界（LL）、塑性限界（PL）試験の結果、塑性指数（PI）は、全体的に7.0～15.1と低い。特にA1では土質分類でシルト質砂（SM）とされ、試験不可能の試料が3ケのうち2ケあり注意を要する。A2, A3およびF地点ではPIの範囲は7.1～15.1で、土質分類はSCおよびCLの領域にあり不透水土質材料として良好である。
- 粒度分布は#200 通過百分率が16.0～60.8%、#4 通過百分率が60.0～95.9%であり、土質材料の標準粒度分布範囲に包含されており良好である。
- 三軸せん断試験は、非圧密・非排水（UU）及び圧密・非排水（CU）条件下で行われたが、粘着力と内部摩擦角は、それぞれ、0.25kgf/cm<sup>2</sup>～1.10kgf/cm<sup>2</sup>と13°～35° および0～0.43kgf/cm<sup>2</sup>と18°～38° である。
- 透水試験はA1, A2, A3およびF各地点より3ケずつ採取した試験の最適含水比で行った。その結果A1は $4.32 \times 10^{-4}$  cm/s～ $4.4 \times 10^{-3}$  cm/sとやや高く、アッターベルグ試験結果と共に土質材料としては問題がある。A2, A3およびF各地点の試験結果は $1.7 \times 10^{-4}$  cm/s～ $2 \times 10^{-7}$  cm/sとなっており問題ない。

### (3) 評 価

以下に追加試験結果の評価を示す。

- A 1 土質材料は統一分類法では粘土質砂 (S C) を含むシルト質砂 (S M) である。粒度分布上は #200 通過百分率が 16.0~36.1% あり土質材料として良好であり、乾燥密度も  $1.91\sim 2.06\text{gf}/\text{cm}^3$  と大きい。最適含水比に於ける透水係数が高い。
- A 2 土質材料は粘土質砂 (S C) に分類され粒度 - #200 通過百分率が 26.4~49.7%、乾燥密度  $1.83\sim 1.99\text{gf}/\text{cm}^3$ 、内部摩擦角  $13^\circ\sim 19^\circ$ 、最適含水比に於ける透水係数  $1.69\times 10^{-4}\sim 2.2\times 10^{-5}\text{cm}/\text{sec}$  で他の候補地点と比較しても均質であり、土質しゃ水壁材料として良好で直送も可能である。
- A 3 土質材料は無機質粘土 (C L) 混じりの粘土質砂 (S C) である。粒度は #200 通過百分率が 32.8~56.9% と比較的細粒である。乾燥密度は  $1.80\sim 1.94\text{gf}/\text{cm}^3$  と良好である。内部摩擦角は  $15^\circ\sim 27^\circ$  であり透水係数  $1.7\times 10^{-5}\sim 4\times 10^{-7}\text{cm}/\text{sec}$  となっており土質しゃ水壁材料として良好である。
- F 土質材料は粘土質砂 (S C) 混じりの無機質粘土 (C L) である。粒度は #200 通過百分率が 18.0~60.8% とバラつきが大きい。乾燥密度も  $1.73\sim 2.09\text{gf}/\text{cm}^3$  である。内部摩擦角は  $15^\circ\sim 26^\circ$  の間にある。透水係数は  $1.48\times 10^{-4}\sim 2.0\times 10^{-7}\text{cm}/\text{sec}$  と小さい。土質材料として問題ないが距離が他の 3 地点と比較し長くなり、運搬のための橋梁が必要となる。

以上の試験結果及び地形、運搬距離等考慮すると A 1 地点を主な採取候補地とするには透水係数に問題があり、F 地点は架橋、運搬距離に難がある。

A 2 地点はテストピットの結果、地形 (勾配 1 : 6) およびその成因から採取深さを 20m~30m とすることも可能と思われる。その場合土質しゃ水壁盛立量  $800,000\text{m}^3$  が確保出来る。

又、A 3 地点も同様に 10m の深さで掘削をすれば  $600,000\text{m}^3$  が採取可能となる。

A 2, A 3 地点は共に室内試験の結果は上述したように土質しゃ水壁材料として良好であり、ダムまでの運搬距離と採取可能量を考慮すると A 2 地点を主採取場とし A 3 地点を予備地点とするのが適当である。

実施設計にあたり上記 2 地点の採取可能量確認のためのボーリング調査が希まれる。



L, MおよびN地点について今回の追加調査から除外したが、詳細設計では一連の室内試験を実施し、比較検討すべきであろう。

### 7.2.2 半透水性材料（フィルター材）

ダム盛立に必要な細粒フィルター材料と粗粒フィルター材料の数量はそれぞれ約330,000 m<sup>3</sup>と410,000 m<sup>3</sup>である。

フィルター材（半透水性材料）を対象としてマスタープランで調査されたD, FおよびK地点の材料室内試験の結果は、細粒子（主に粘土）の含有量がやや多すぎる傾向を示していたので、これらの地点から得られる材料をフィルター材として使用する場合には、部分的に粒度調整を必要とする材料が混入することに留意すべきであることが指摘されていた。今回の追加調査では、室内試験は実施されず、現地踏査だけが行われた。

その結果、質的、量的条件および距離的条件など総合的に判断すると、細粒フィルター材は、コンクリート骨材として調査したC地点の河床砂礫を、粗粒フィルター材は、ダム近傍で得られる岩掘削ズリと原石山採取ロックのうち細粒のものをを用いることが最も適切であることが明らかになった。

C地点の試験結果はコンクリート骨材の項で述べるがフィルター材料として材質、粒度分布共に問題ない。又採取可能量については、現地踏査の結果 Figure 7-19 に示すように河床堆積物(GI)の範囲が当初予想よりはるかに広く問題ない。

### 7.2.3 透水性材料（コンクリート骨材）

透水性材料（コンクリート骨材）については、CとG地点でDevrek川の河床礫を対象とした調査が行われた。C地点は貯水池内中流部で、G地点は放水口予定地点周辺に位置する。

#### (1) 既存試験結果

コンクリート骨材試験は、C及びG地点の2ヶ所より採取された試料について実施されている。細骨材および粗骨材についての評価は以下の通りである。試験結果はTable 7-13 に示す。

#### 細骨材について

- 比重は、2.59-2.71であり、この値はコンクリート骨材として標準的範囲内にある。
- 単体体積重量は、1.65-1.82gf/cm<sup>3</sup>であり、コンクリート骨材として標準的範囲内にある。
- 吸水率は、0.8-2.7%であり、一般的な骨材の吸収率0.3-3.0%の範囲内にあり問題ない。
- 骨材の洗い試験(0.074mm以下の土粒子)は1.64-9.31%であるが、コンクリート骨材としての標準値は、細骨材の場合5%以下とされているので、やや多い値を示している。
- 安定性は5.8-14.2%であるが、標準値は細骨材の場合10%以下とされているので、やや多い値を示しているものがある。
- 粗度分布は、概ね細骨材の標準粒度の範囲内であり良好である。粗粒率(F.M.)も2.54-3.40であり標準値である。

#### 粗骨材について

- 比重は2.67-2.75であり、この値はコンクリート骨材として標準的範囲内にある。
- 単体体積重量は1.91-2.00gf/cm<sup>3</sup>であり、コンクリート骨材として標準的範囲内にある。
- 吸水率は0.6-0.9%であり、一般的骨材の吸水率0.3-3.0%の範囲内にあり問題ない。
- 骨材の洗い試験(0.074mm以下の土粒子)は0.06-0.40%以下であり、良好である。
- 安定性は10.8-23.3%であるが、標準値は粗骨材の場合12%以下とされているので、やや多い値を示しているものがある。
- 粒度分布は、概ね粗骨材の標準粒度の範囲内であり良好である。粗粒率(F.M.)も7.54-7.80であり標準値である。

#### (2) 追加調査

コンクリート骨材調査としては、前述したように、C地点とG地点から採取した試料について既に粒度試験および物性試験が実施されている。

今回はフィルター材料も含めた数量及び物性確認のため以下の調査を行うこととし

た。

• 野外調査

－地質踏査：使用地形図 縮尺1/5,000により地質図作成。

－試験採取：両地点ともコンクリート骨材として代表的な場所から試料を採取する。(各地点3坑、深さ5m)

• 室内試験：既往の試験項目に下記の項目を追加する。

－すりへり試験

－アルカリ骨材反応試験

－試験数：上記両試験とも3回もしくはそれ以上

－試験仕様：上記両試験の技術仕様は原則としてASTMの基準によるものとする。

上記調査の結果についてはFigure 7-19, 7-20に平面およびテストピットの地質断面をしめす。試験結果はTable 7-15と7-16に、粒度試験結果は Figure 7-26に示す。

(3) 評価

調査結果では、細骨材については洗い試験と安定性試験結果に、また粗骨材については安定性試験結果に、各々わずかに難点があるものの、それ以外の物性値、粒度分布については問題がないことが判明している。したがって、これらの材料を使用する場合には、骨材の水洗いを慎重に行えば十分に適性をもつコンクリート骨材となりうると考えられる。

今回の調査で、その質的、量的条件および距離的条件など総合的に判断すると、G地点で得られる河床砂礫材料を用いることが最も適切であることが明らかになった。

なお、追加調査で予定されていた、すりへり試験とアルカリ骨材反応試験について今回報告を受けていないが、詳細設計時までには実施することが望ましい。

7.2.4 ロック材

ロック材およびリップラップ材については、T-1, 2, 3, 4および5の5地点を対象とした調査が既に実施されていた。それらの試験結果はTable 7-13に示す。

そのうちの1地点はダム地点の直下流左岸側の花崗閃緑岩を対象に調査された以外は、貯水池の上流部に分布する石灰岩を対象とした調査地点である。これらの地点が

ら得た試料については、ロック材としての適性を判断する為の室内試験が実施されているが、それらの諸試験結果は、質的には問題がないことを示している。しかし、貯水池内の石灰岩は運搬距離が約9～11kmとダム地点から遠くなる欠点がある。

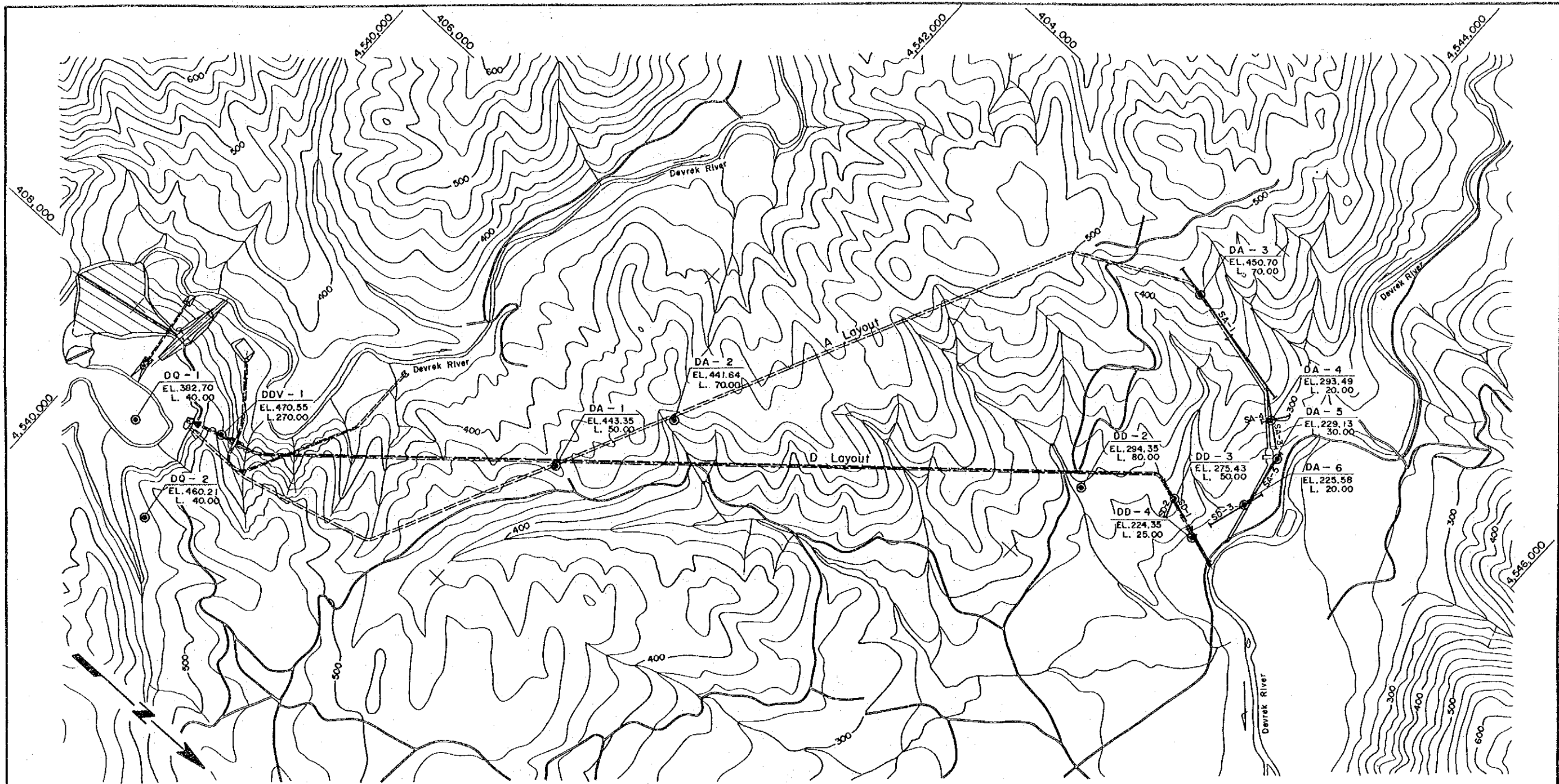
そこで、ダム地点近傍で十分な量が採取できる地点として、花崗閃緑岩分布域内のQ地点（ダム地点直上流側の中之島状の山体とその対岸の右岸側の山体）を新たに選定し、追加調査を実施した。その調査結果は、ロック材として質的には問題がないことを示している。

試験結果は Table 7-17 にボーリング位置はFigure 7-1に、ボーリング柱状図は Figure 7-15 に示す。

その質的、量的条件および距離的条件など総合的に判断すると、ロック材はQ地点で得られる花崗閃緑岩を、リップラップ材はT地点で得られる石灰岩を用いることが最も適切であることが明らかになった。



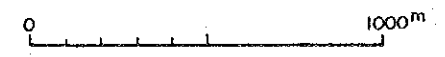




Drillhole No. (Temporary)	Location	Length (m)	Elevation (m)	Coordinate X	Coordinate Y	Water Measurement	Lugeon Test
DA-1	Headrace tunnel route - Case A	50.0	442.35	407,207.52	4,541,060.37	o	25.0 - 50.0 m
DA-2	Headrace tunnel route - Case A	70.0	441.64	406,637.66	4,542,341.05	o	40.0 - 70.0 m
DA-3	Surge tank site - Case A	70.0	450.70	404,411.42	4,543,853.42	o	10.0 - 70.0 m
DA-4	Penstock route - Case A	20.0	293.49	404,661.93	4,544,544.84	o	-
DA-5	Powerhouse site - Case A	30.0	229.13	404,778.36	4,544,698.57	o	-
DA-6	Tailrace canal route - Case A	20.0	225.58	405,057.20	4,544,721.52	o	-
DDV-1	Powerhouse site - Case D	270.0	470.55	408,206.77	4,540,749.22	o	170.0 - 270.0 m
DD-2	Tailrace tunnel route - Case D	80.0	294.35	405,550.55	4,545,050.00	o	50.0 - 80.0 m
DD-3	Tailrace tunnel route - Case D	50.0	275.43	405,264.17	4,544,050.41	o	-
DD-4	Tailrace canal route - Case D	25.0	224.35	405,346.89	4,544,646.09	o	-
DQ-1	Quarry site	40.0	382.70	408,426.05	4,540,366.51	o	-
DQ-2	Quarry site	40.0	460.21	408,750.87	4,540,723.95	o	-

Legend

- DA - 1  
 EL. 443.35  
 L. 50.00  
 Drillholes
- SA-1  
 Seismic Prospecting



KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

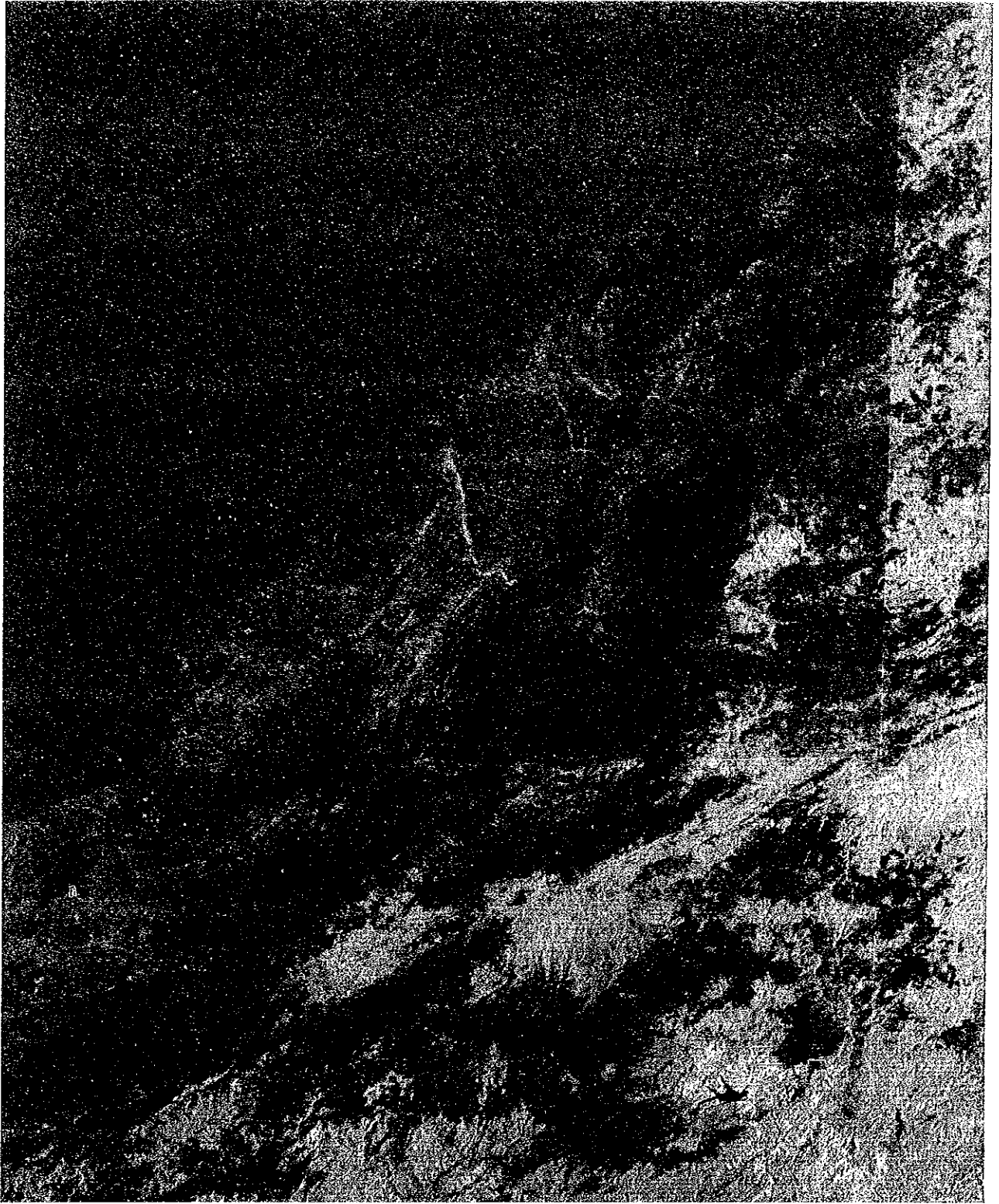
LOCATION MAP OF ADDITIONAL INVESTIGATIONS

Figure 7-1





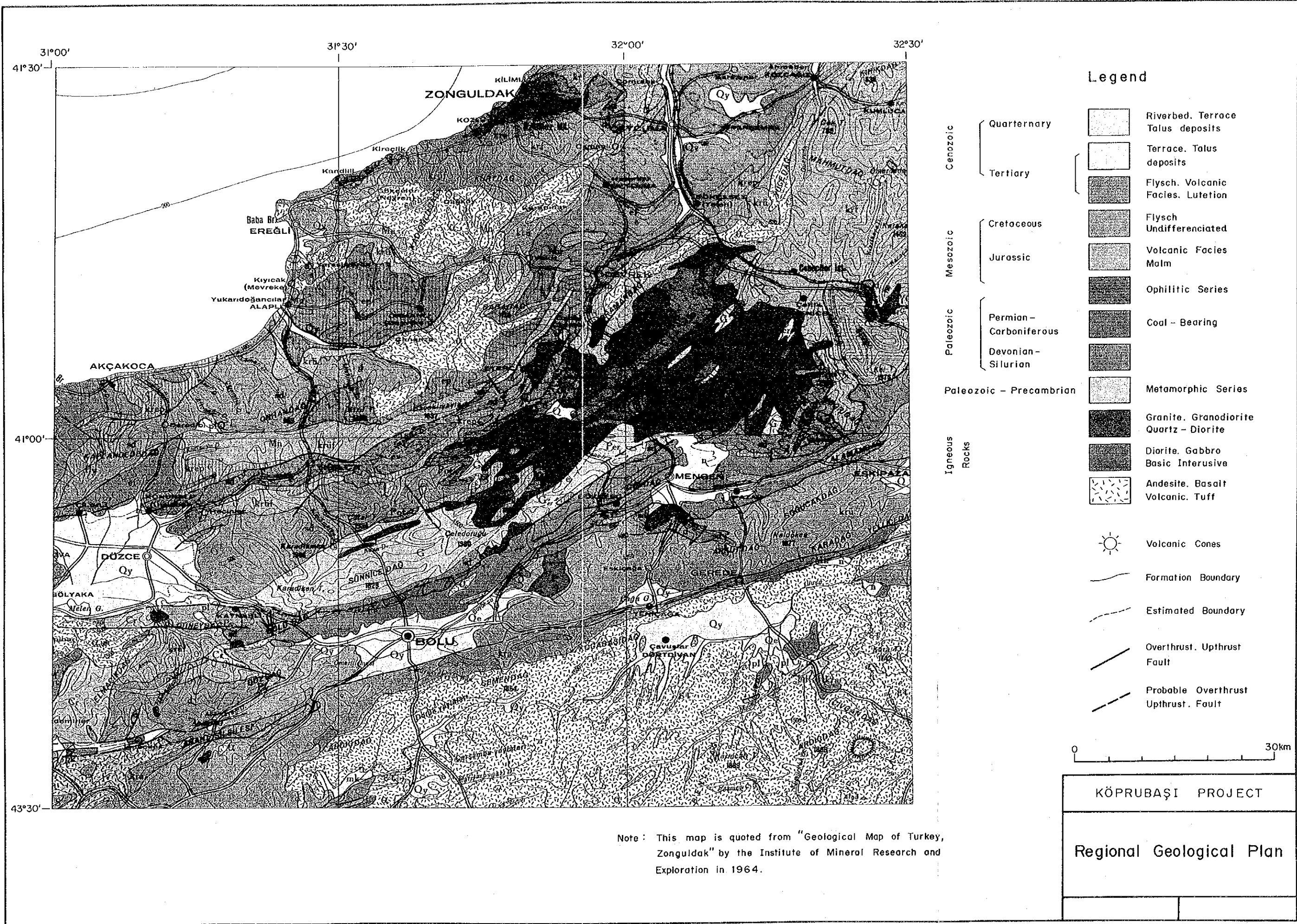




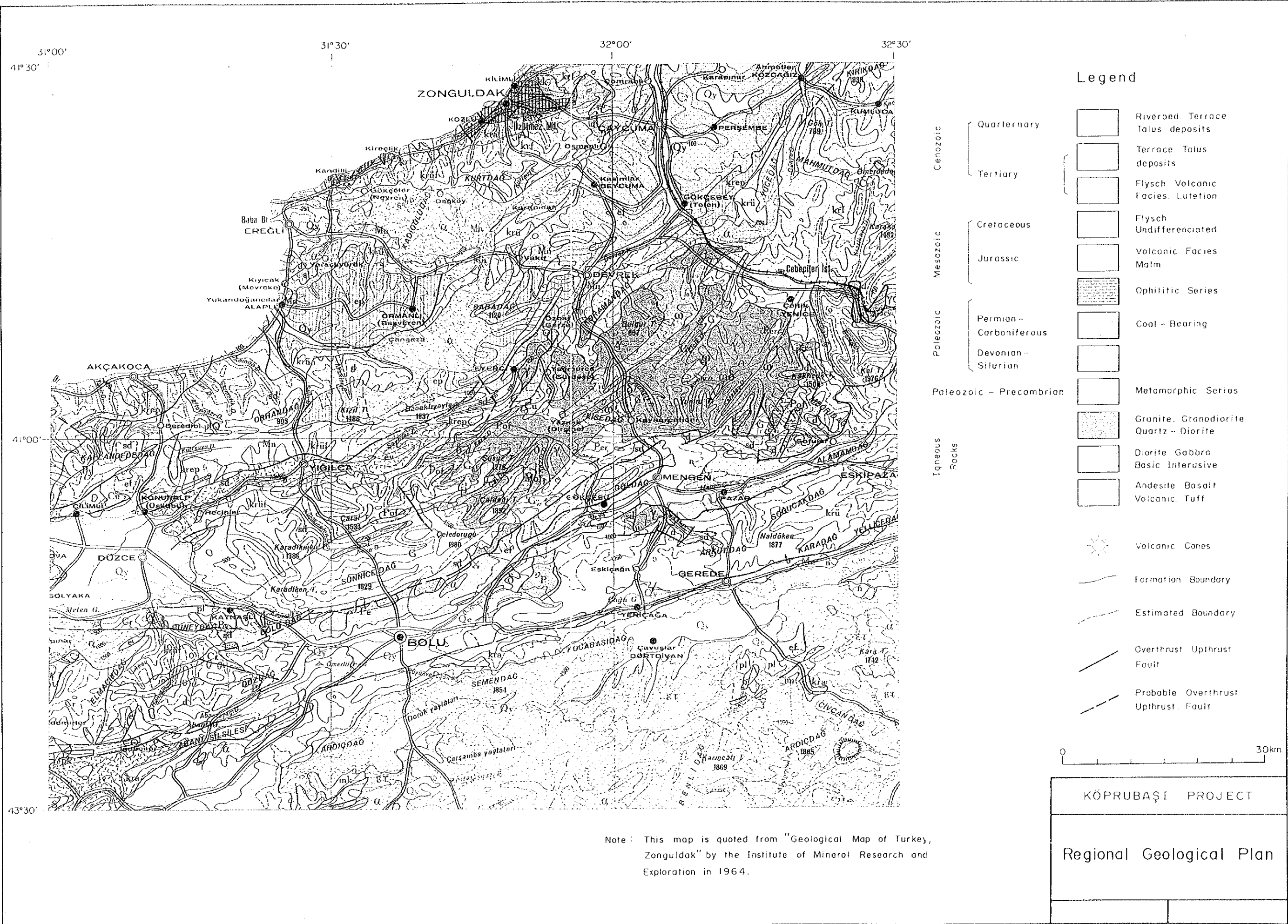
Landsat Image of Project Area





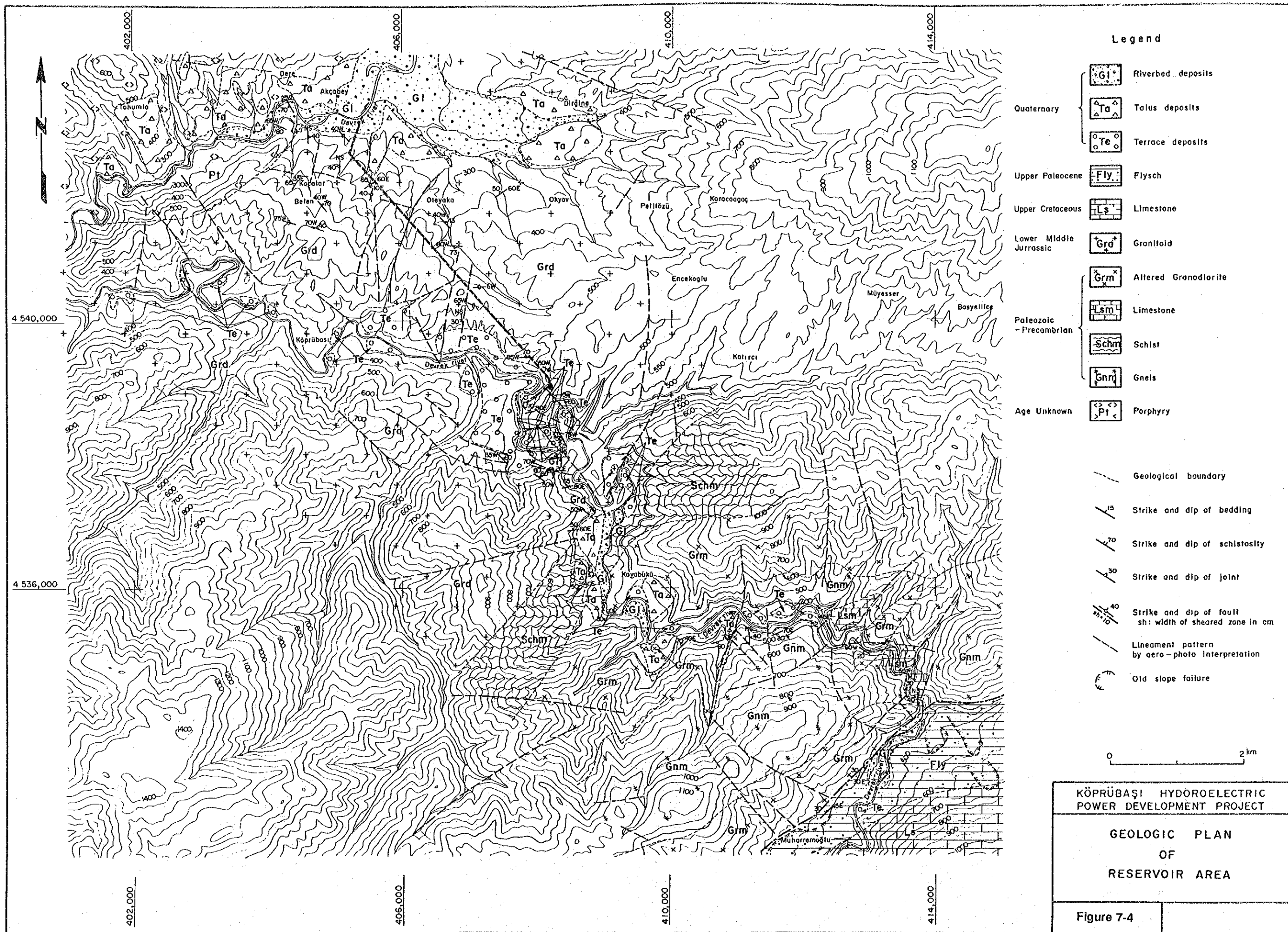


Note: This map is quoted from "Geological Map of Turkey, Zonguldak" by the Institute of Mineral Research and Exploration in 1964.



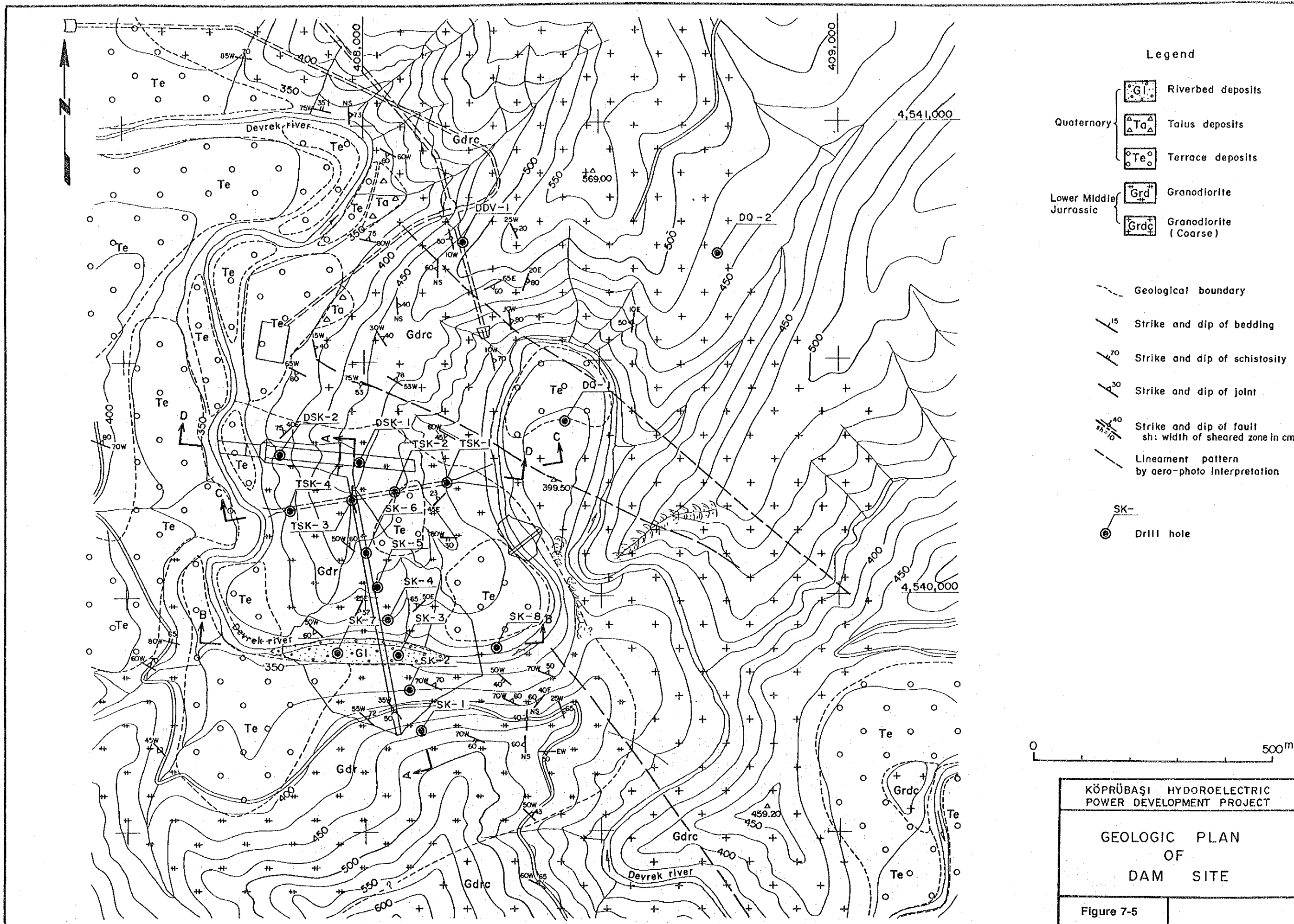
Note: This map is quoted from "Geological Map of Turkey, Zonguldak" by the Institute of Mineral Research and Exploration in 1964.











- Legend**
- Quaternary
    - Gdrc Riverbed deposits
    - △ Ta Talus deposits
    - Te Terrace deposits
  - Lower Middle Jurassic
    - Grdc Granodiorite
    - Grdc Granodiorite (Coarse)
  - Geological boundary
  - 15 Strike and dip of bedding
  - 70 Strike and dip of schistosity
  - 30 Strike and dip of joint
  - 40 Strike and dip of fault  
sh: width of sheared zone in cm
  - Lineament pattern  
by aero-photo interpretation
  - SK- Drill hole

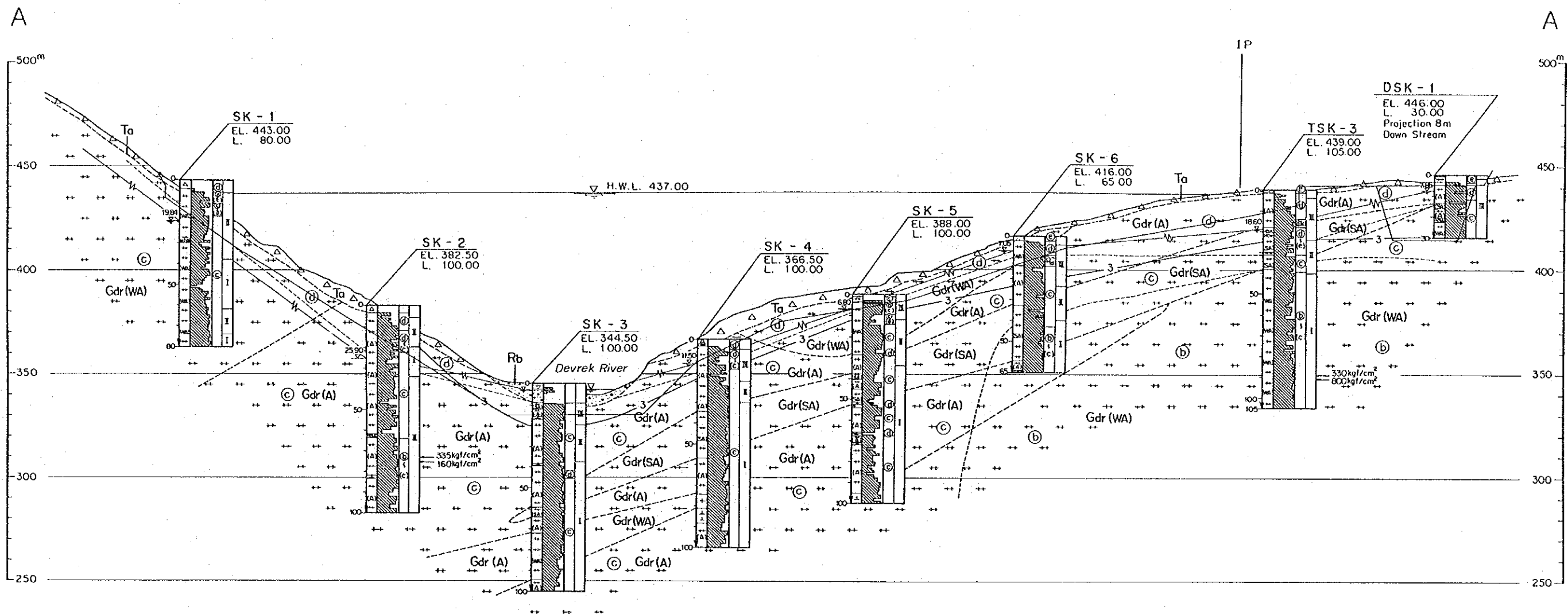
0 500m

KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGIC PLAN  
OF  
DAM SITE

Figure 7-5





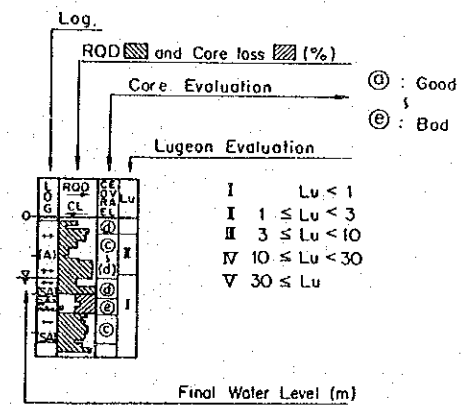
(Drilling Log)

[Symbol]	Rb	Riverbed Deposits (Clay)
[Symbol]	Rb	Riverbed Deposits (Silt)
[Symbol]	Rb	Riverbed Deposits (Sand)
[Symbol]	Rb	Riverbed Deposits (Gravel)
[Symbol]	Ta	Top Soil
[Symbol]	Re	Residual Soil
[Symbol]	Te	Terrace Deposits
[Symbol]	Gr	Granite
[Symbol]	Dgd	Weathered Granodiorite
[Symbol]	Gd	Granodiorite
[Symbol]	Gd(WA)	Granodiorite (Weakly altered)
[Symbol]	Gd(A)	Granodiorite (Altered)
[Symbol]	Gd(SA)	Granodiorite (Strongly altered)
[Symbol]	Fgd	Fine-grained Granodiorite
[Symbol]	Db	Diabase
[Symbol]		Core Loss
[Symbol]	F	Fault
[Symbol]	Shr	Shear Zone
[Symbol]	Br	Breccia

LEGEND

[Symbol]	Rb	Riverbed Deposits
[Symbol]	Ta	Top Soil
[Symbol]	Te	Terrace Deposits
[Symbol]	Gdr(WA)	Weakly Altered Granodiorite
[Symbol]	Gdr(A)	Altered Granodiorite
[Symbol]	Gdr(SA)	Strongly Altered Granodiorite
[Symbol]	Db	Diabase
[Symbol]		Geologic Boundary
[Symbol]		Ground Water Table
[Symbol]		Boundary of Rock Mass Classification
[Symbol]		Boundary of Lu (Value of Lugeon Test)
[Symbol]		Value of Unconfined Compression Test

(Drilling Log)

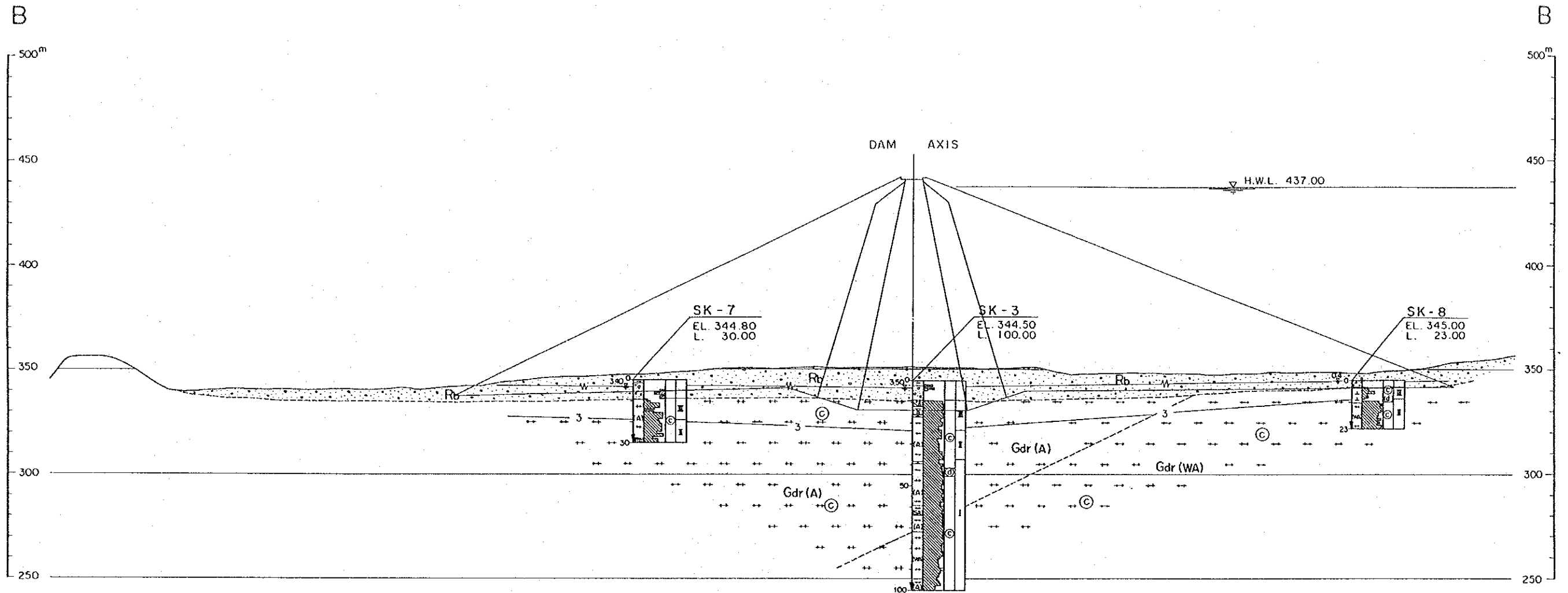


KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGIC SECTION OF DAM SITE

Figure 7-6





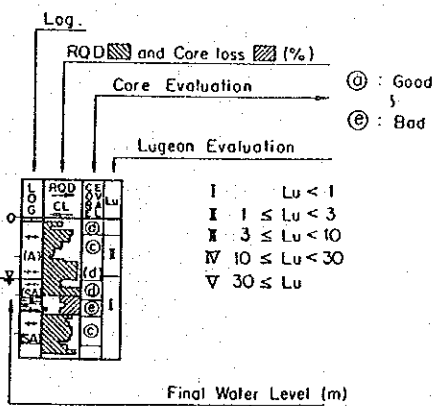
(Drilling Log)

	Rb	Riverbed Deposits (Clay)
	Rb	Riverbed Deposits (Silt)
	Rb	Riverbed Deposits (Sand)
	Rb	Riverbed Deposits (Gravel)
	Ta	Top Soil
	Re	Residual Soil
	Te	Terrace Deposits
	Gr	Granite
	Dgd	Weathered Granodiorite
	Gd	Granodiorite
	Gd (WA)	Granodiorite (Weakly altered)
	Gd (A)	Granodiorite (Altered)
	Gd (SA)	Granodiorite (Strongly altered)
	Fgd	Fine-grained Granodiorite
	Db	Diabase
		Core Loss
	F	Fault
	Shr	Shear Zone
	Br	Breccia

LEGEND

	Rb	Riverbed Deposits
	Ta	Top Soil
	Te	Terrace Deposits
	Gdr (WA)	Weakly Altered Granodiorite
	Gdr (A)	Altered Granodiorite
	Gdr (SA)	Strongly Altered Granodiorite
	Db	Diabase
		Geologic Boundary
		Ground Water Table
	(b)	Boundary of Rock Mass Classification
	(b)	Good
	(c)	Fair
	(d)	Bad
	3	Boundary of Lu (Value of Lugeon Test)

(Drilling Log)



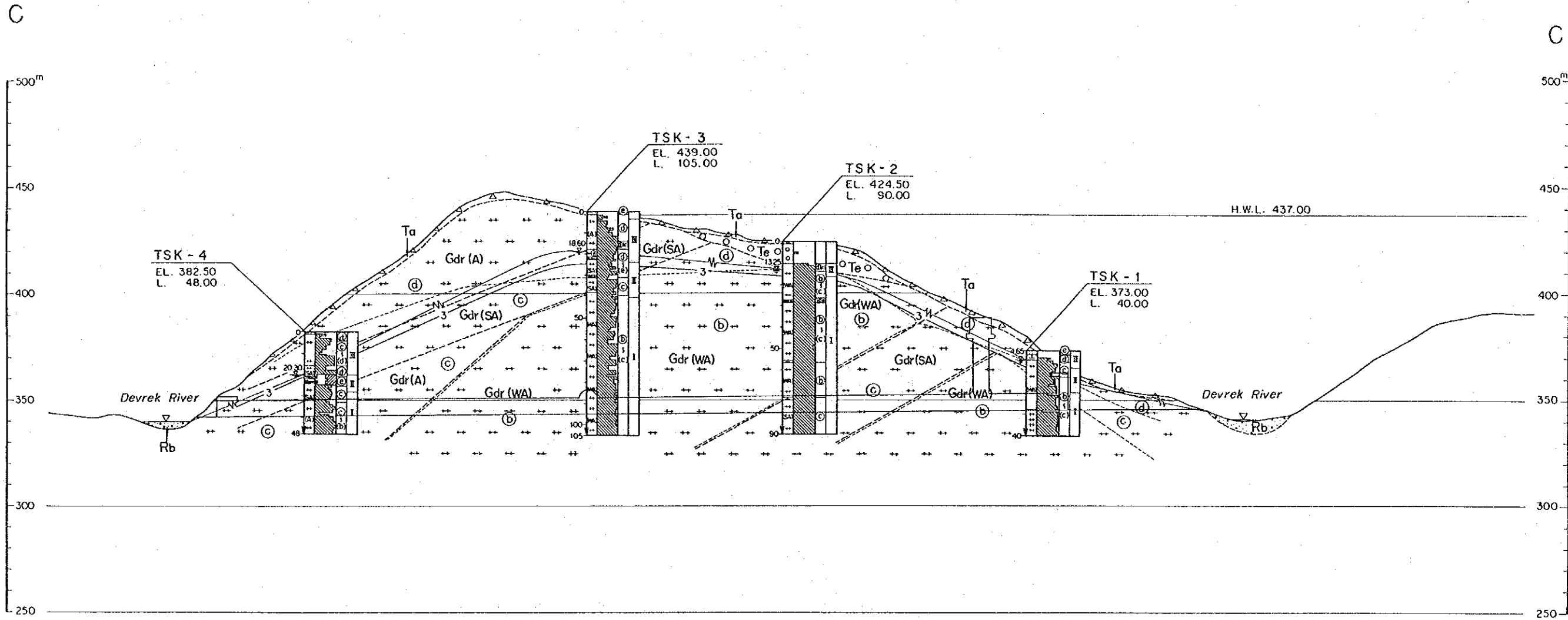
0 100 m

KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGIC CROSS-SECTION  
OF  
DAM SITE

Figure 7-7





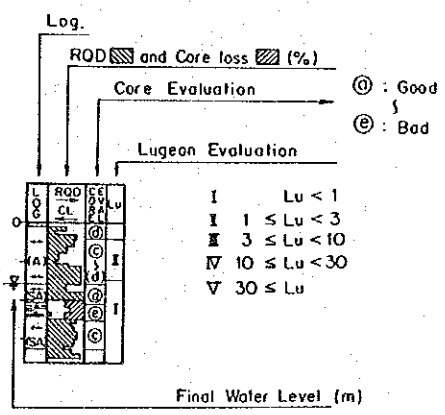
(Drilling Log)

	Rb	Riverbed Deposits (Clay)
	Rb	Riverbed Deposits (Sill)
	Rb	Riverbed Deposits (Sand)
	Rb	Riverbed Deposits (Gravel)
	Ta	Top Soil
	Re	Residual Soil
	Te	Terrace Deposits
	Gr	Granite
	Dgd	Weathered Granodiorite
	Gd	Granodiorite
	Gd(WA)	Granodiorite (Weakly altered)
	Gd(A)	Granodiorite (Altered)
	Gd(SA)	Granodiorite (Strongly altered)
	Fgd	Fine-grained Granodiorite
	Db	Diabase
		Core Loss
	F	Fault
	Shr	Shear Zone
	Br	Breccio

LEGEND

	Rb	Riverbed Deposits
	Ta	Top Soil
	Te	Terrace Deposits
	Gdr(WA)	Weakly Altered Granodiorite
	Gdr(A)	Altered Granodiorite
	Gdr(SA)	Strongly Altered Granodiorite
	Db	Diabase
		Geologic Boundary
		Ground Water Table
	(b)	Boundary of Rock Mass Classification
	(b)	Good
	(c)	Fair
	(d)	Bad
	3	Boundary of Lu (Value of Lugeon Test)

(Drilling Log)



KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGIC SECTION  
OF  
DIVERSION TUNNEL

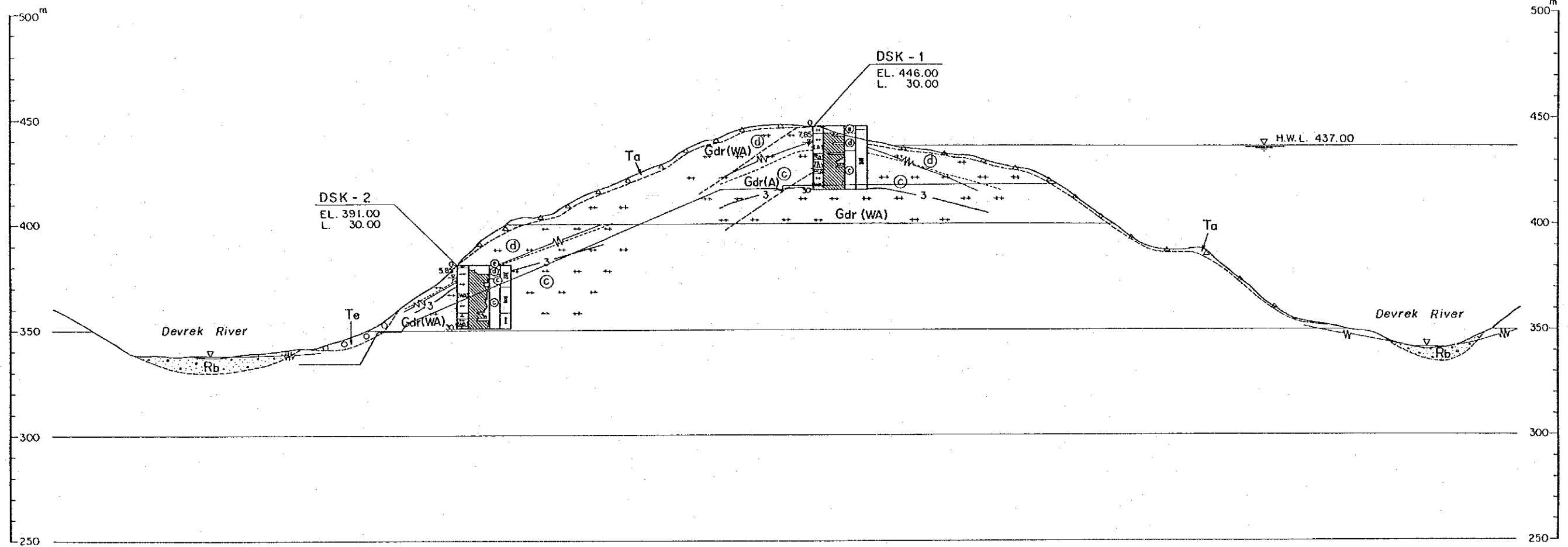
Figure 7-8





D

D



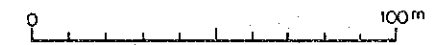
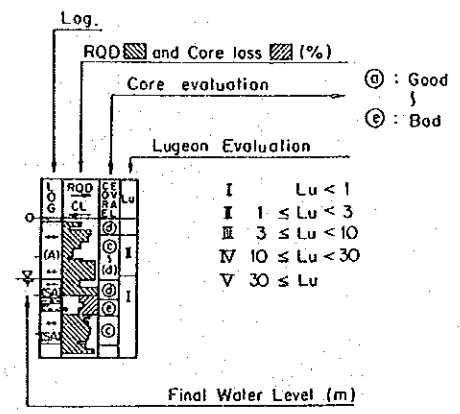
(Drilling Log)

- Rb Riverbed Deposits (Clay)
- Rb Riverbed Deposits (Silt)
- Rb Riverbed Deposits (Sand)
- Rb Riverbed Deposits (Gravel)
- Ta Top Soil
- Re Residual Soil
- Te Terrace Deposits
- Gr Granite
- Dgd Weathered Granodiorite
- Gd Granodiorite
- Gd (WA) Granodiorite (Weakly altered)
- Gd (A) Granodiorite (Altered)
- Gd (SA) Granodiorite (Strongly altered)
- Fgd Fine-grained Granodiorite
- Db Diabase
- Core Loss
- F Fault
- Shr Shear zone
- Br Breccio

LEGEND

- Rb Riverbed Deposits
- Ta Top Soil
- Te Terrace Deposits
- Gdr (WA) Weakly Altered Granodiorite
- Gdr (A) Altered Granodiorite
- Gdr (SA) Strongly Altered Granodiorite
- Db Diabase
- Geologic Boundary
- Ground Water Table
- Boundary of Rock Mass Classification
- (b) Good
- (c) Fair
- (d) Bad
- Boundary of Lu (Value of Lugeon Test)

(Drilling Log)



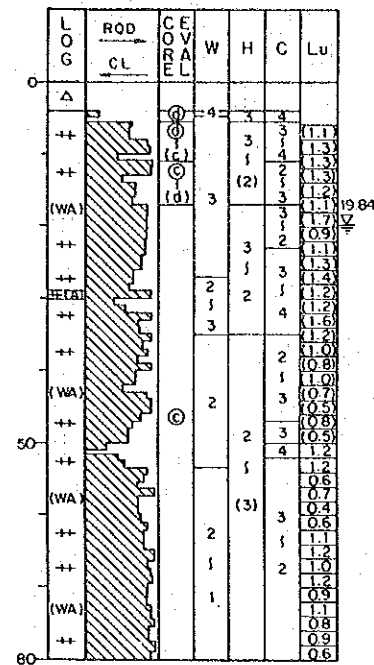
KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGIC SECTION OF SPILLWAY

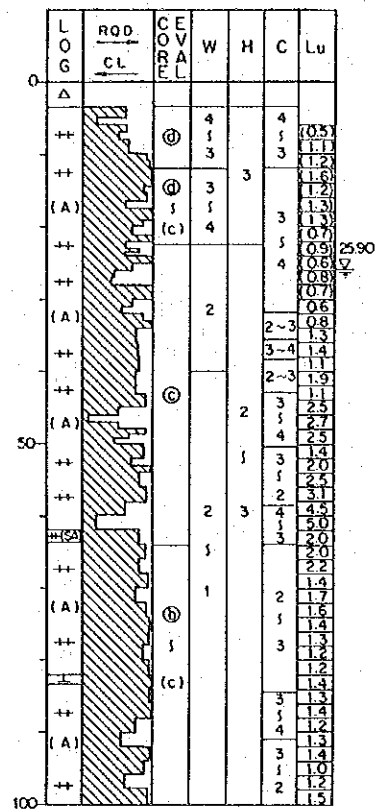
Figure 7-9



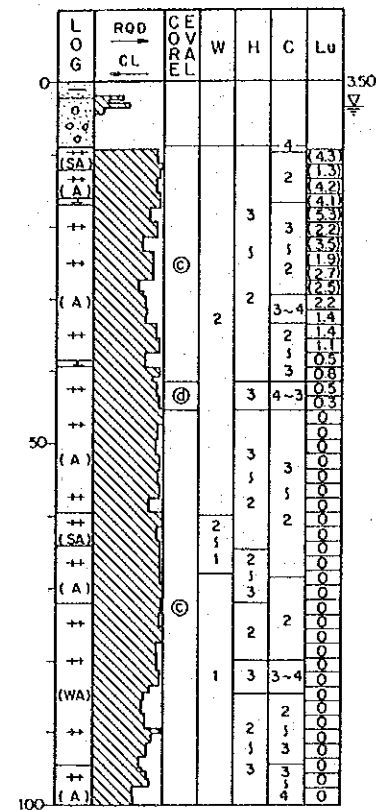
**SK - 1**  
EL. 443.00m  
L. 80.00m



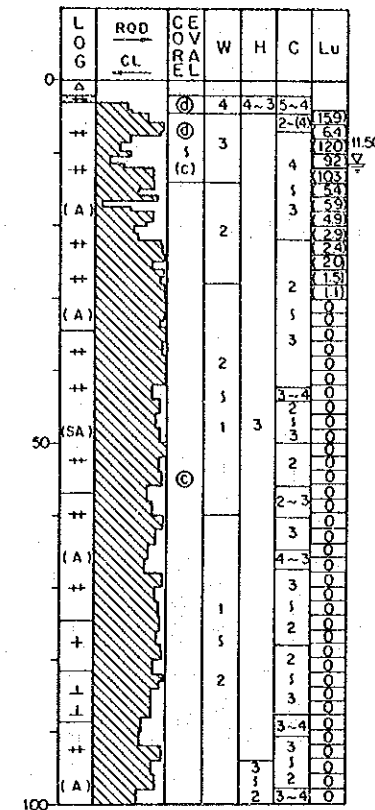
**SK - 2**  
EL. 382.50m  
L. 100.00m



**SK - 3**  
EL. 344.50m  
L. 100.00m



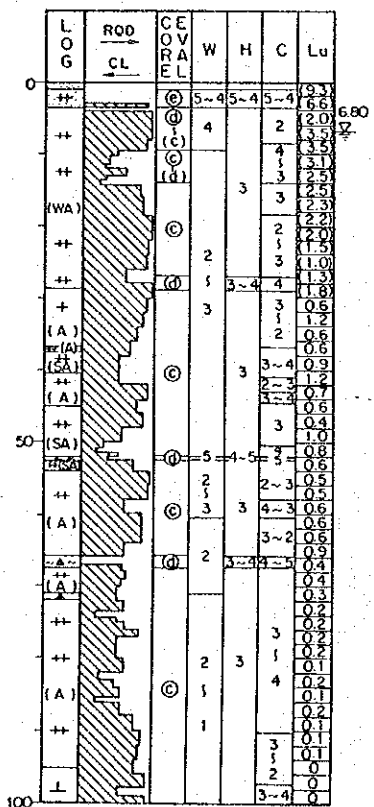
**SK - 4**  
EL. 366.50m  
L. 100.00m



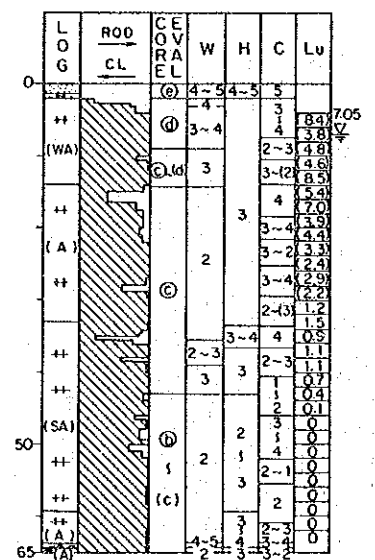
**LEGEND**

- Rb Riverbed Deposits (Clay)
- Rb Riverbed Deposits (Silt)
- Rb Riverbed Deposits (Sand)
- Rb Riverbed Deposits (Gravel)
- Ta Top Soil
- Re Residual Soil
- Te Terrace Deposits
- Gr Granite
- Dgd Weathered Granodiorite
- Gd Granodiorite
- Gd (WA) Granodiorite (Weakly altered)
- Gd (A) Granodiorite (Altered)
- Gd (SA) Granodiorite (Strongly altered)
- Fgd Fine-grained Granodiorite
- Db Diabase
- Core Loss
- F Fault
- Shr Shear zone
- Br Breccia

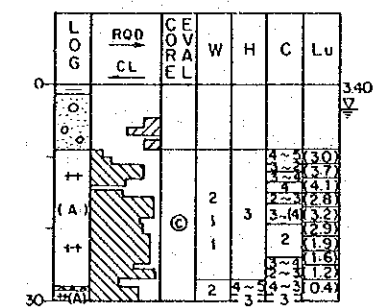
**SK - 5**  
EL. 388.00m  
L. 100.00m



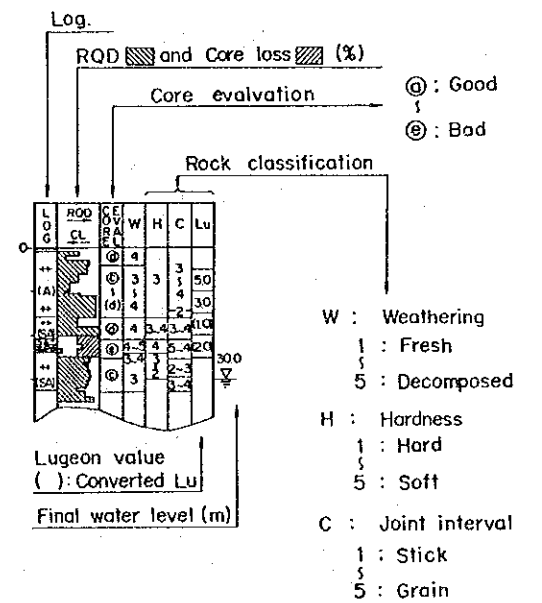
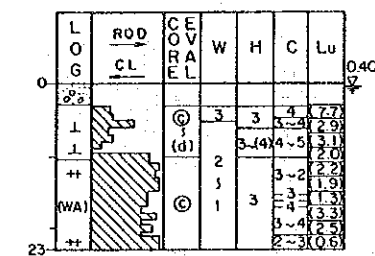
**SK - 6**  
EL. 416.00m  
L. 65.00m



**SK - 7**  
EL. 344.80m  
L. 30.00m



**SK - 8**  
EL. 345.00m  
L. 23.00m



KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

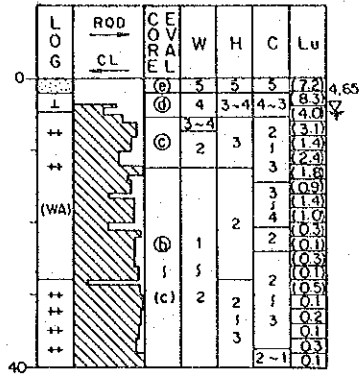
GEOLOGIC LOG OF DRILLHOLES  
AT  
DAM SITE

Figure 7-10



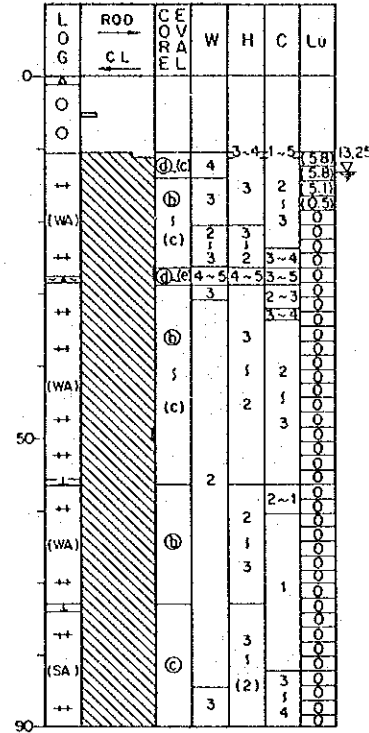
**TSK - 1**

EL. 373.00 m  
L. 40.00 m



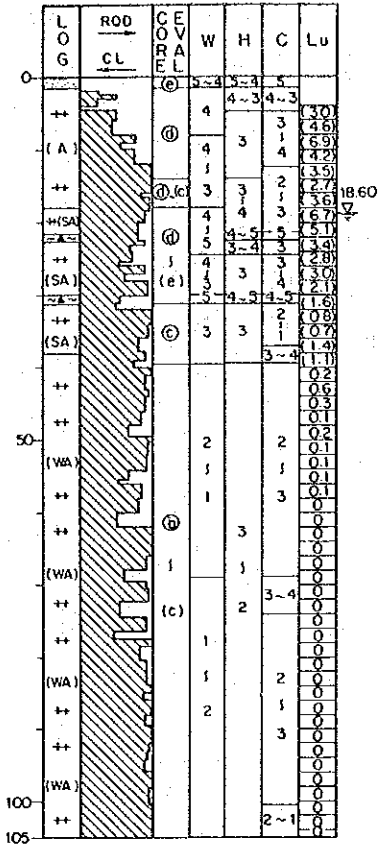
**TSK - 2**

EL. 424.50 m  
L. 90.00 m



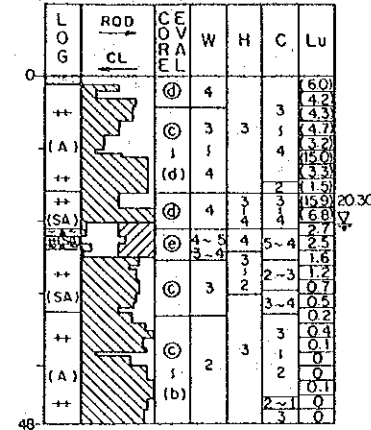
**TSK - 3**

EL. 439.00 m  
L. 105.00 m



**TSK - 4**

EL. 382.50 m  
L. 48.00 m

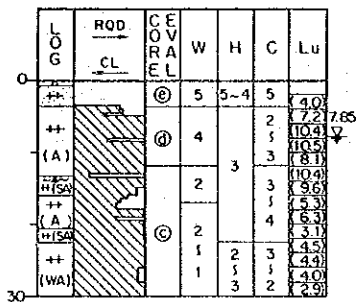


**LEGEND**

- Rb Riverbed Deposits (Clay)
- Rb Riverbed Deposits (Silt)
- Rb Riverbed Deposits (Sand)
- Rb Riverbed Deposits (Gravel)
- Ta Top Soil
- Re Residual Soil
- Te Terrace Deposits
- Gr Granite
- Dgd Weathered Granodiorite
- Gd Granodiorite
- Gd (WA) Granodiorite (Weakly altered)
- Gd (A) Granodiorite (Altered)
- Gd (SA) Granodiorite (Strongly altered)
- Fgd Fine-grained Granodiorite
- Db Diabase
- Core Loss
- F Fault
- Shr Shear zone
- Br Breccia

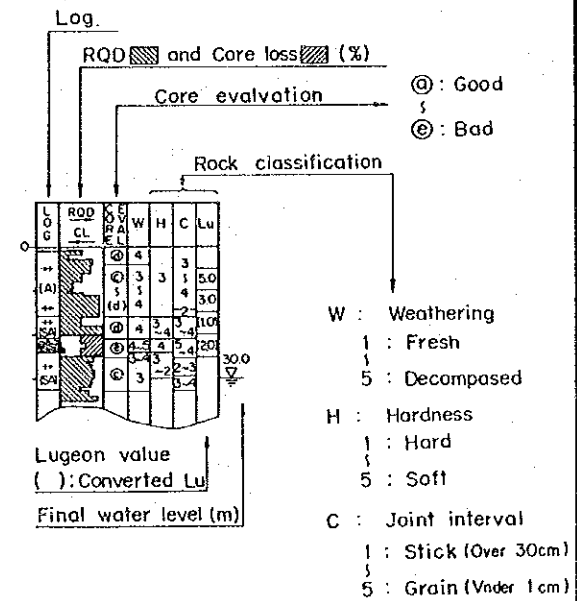
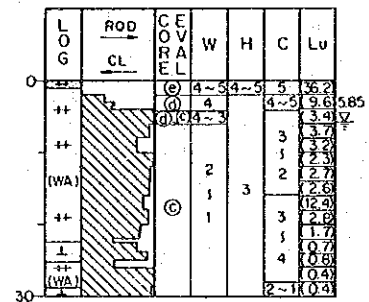
**DSK - 1**

EL. 446.00 m  
L. 30.00 m



**DSK - 2**

EL. 391.00 m  
L. 30.00 m

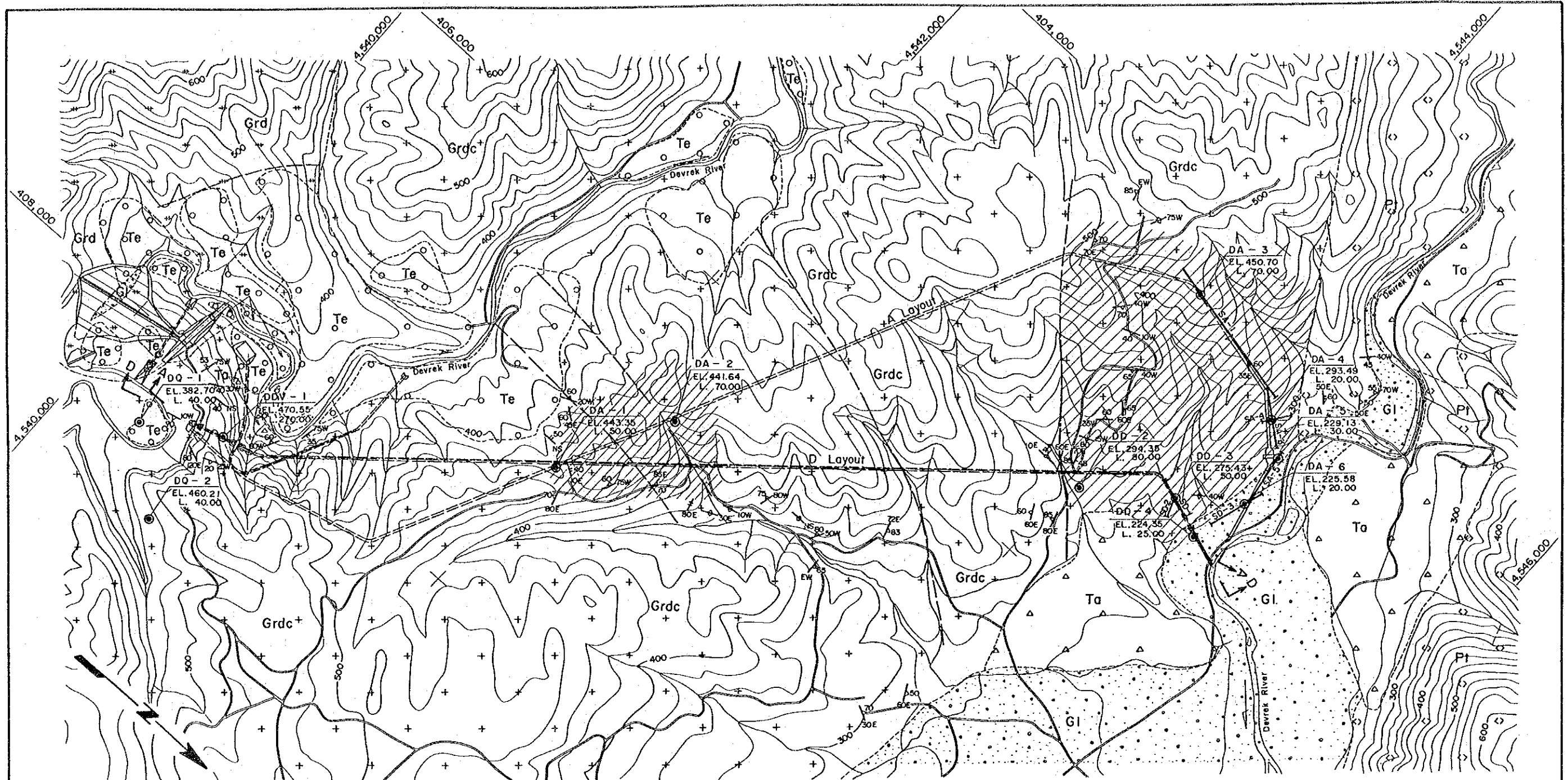


KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGIC LOG OF DRILLHOLES  
AT  
DIVERSION TUNNEL AND SPILLWAY

Figure 7-11





Legend

- |                       |      |                       |  |  |   |
|-----------------------|------|-----------------------|--|--|---|
| Quaternary            | GI   | Riverbed deposits     |  | Geological boundary  | <p>DA - 1<br/>EL. 443.35<br/>L. 50.00</p> <p>Drillholes</p> |
|                       | Ta   | Talus deposits        |  | Strike and dip of bedding                                  |   |
|                       | Te   | Terrace deposits      |  | Strike and dip of schistosity                              |   |
| Lower Middle Jurassic | Grd  | Granodiorite          |  | Strike and dip of joint                                    | <p>0 1000m</p>  |
|                       | Grdc | Granodiorite (Coarse) |  | Strike and dip of fault<br>sh: width of sheared zone in cm |   |
| Age Unknown           | Pt   | Porphyry              |  | Lineament pattern by aero-photo interpretation             |   |
|                       |      |                       |  | Alteration zone  |   |

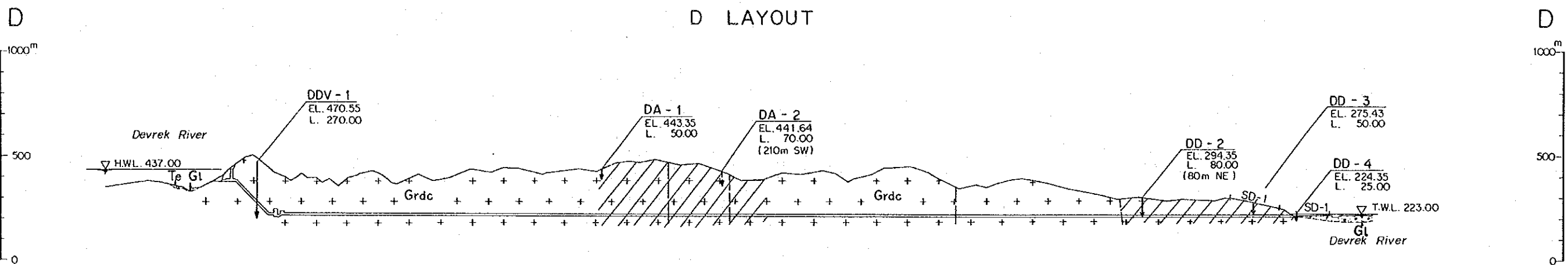
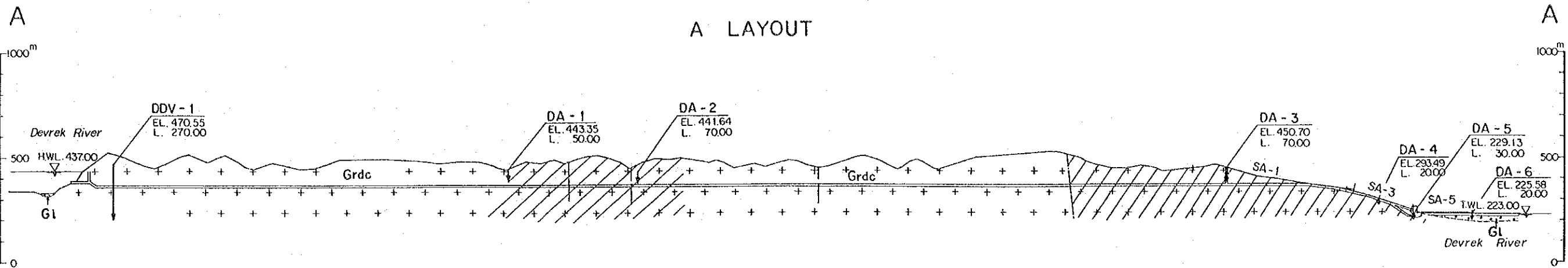
KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGIC PLAN OF WATERWAY AND POWERHOUSE

Figure 7-12

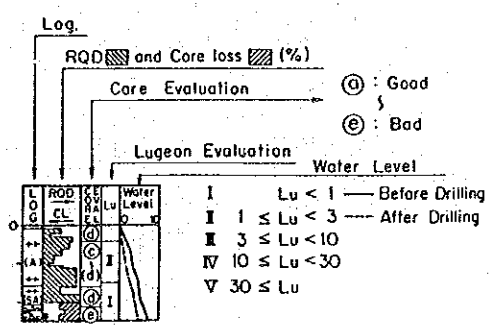
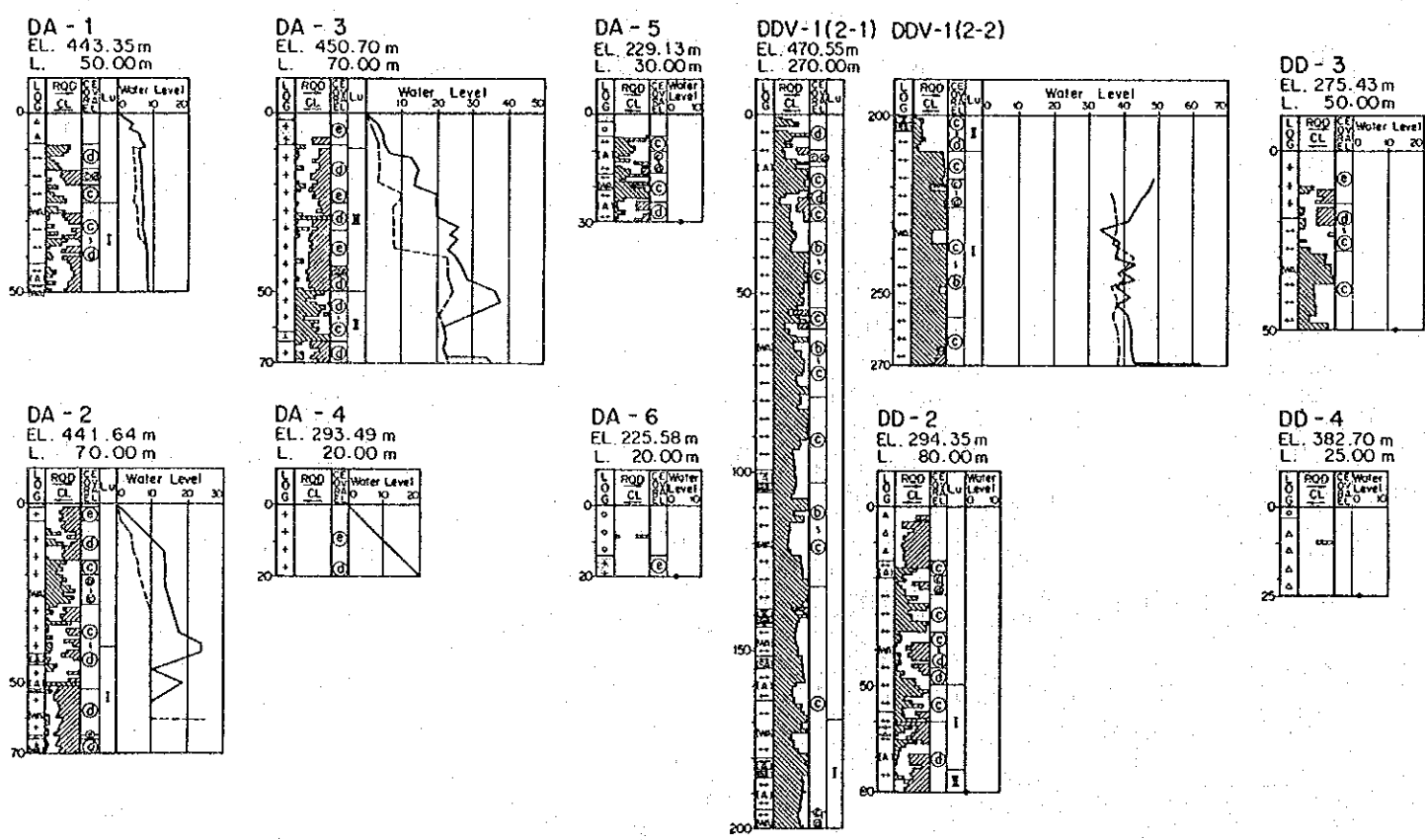
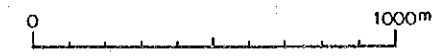






### LEGEND

- |                       |      |                                    |
|-----------------------|------|------------------------------------|
| Quaternary            | Gl   | Riverbed Deposits                  |
|                       | Te   | Terrace Deposits                   |
| Lower Middle Jurassic | Grdc | Granodiorite (Coarse)              |
|                       | —    | Fault                              |
|                       | —    | Linea by Aero-photo Interpretation |
|                       | ///  | Alleration Zone                    |
|                       | DA-1 | Drill Holes                        |
|                       | SA-1 | Seismic Prospecting                |
- 
- |              |      |                                 |
|--------------|------|---------------------------------|
| Drilling Log | △    | Riverbed Deposits               |
|              | △    | Talus Deposits                  |
|              | ○    | Terrace Deposits                |
|              | +    | Weathered Granite               |
|              | +    | Granite                         |
|              | ++   | Granodiorite                    |
|              | (WA) | Granodiorite (Weakly altered)   |
|              | (A)  | Granodiorite (Altered)          |
|              | (SA) | Granodiorite (Strongly altered) |
|              | ⊥    | Diabase                         |
|              | ~    | Fault, Shear Zone               |



KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

**GEOLOGIC SECTION  
OF  
WATERWAY AND POWERHOUSE**

Figure 7-13

