

トルコ共和国

ザマント・ギョクタシュ水力発電開発計画

調査報告書

要約版

1989年10月

国際協力事業団

鉅計資

CR 5

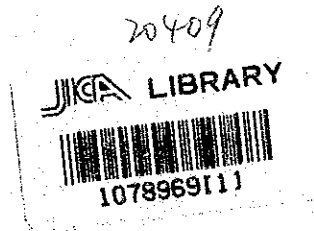
89-176

トルコ共和国

ザマント・ギョクタシュ水力発電開発計画

調査報告書

要約版



1989年10月

国際協力事業団



国際協力事業団

20409



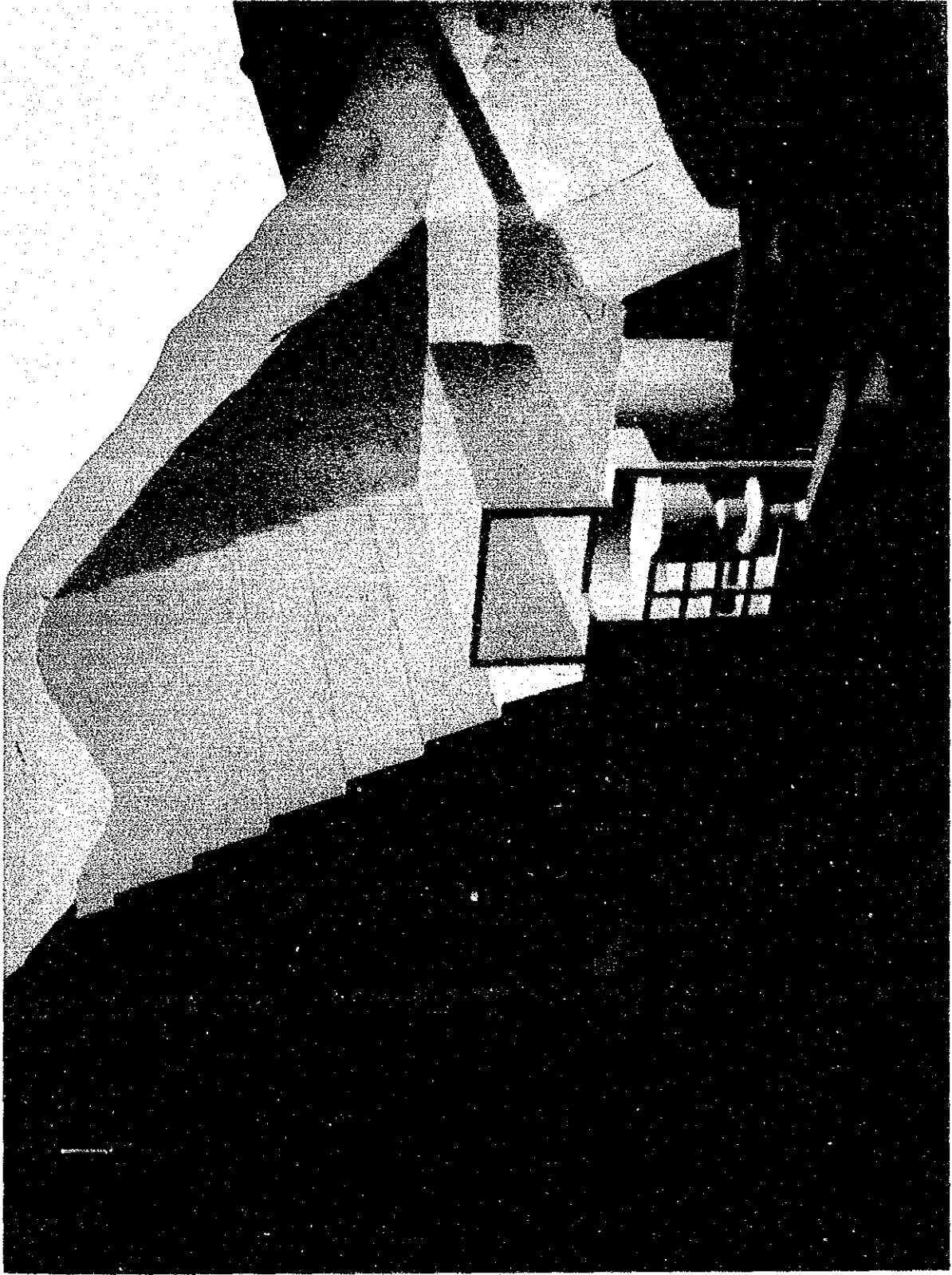
Downstream view of dam (Drawn with CAD)



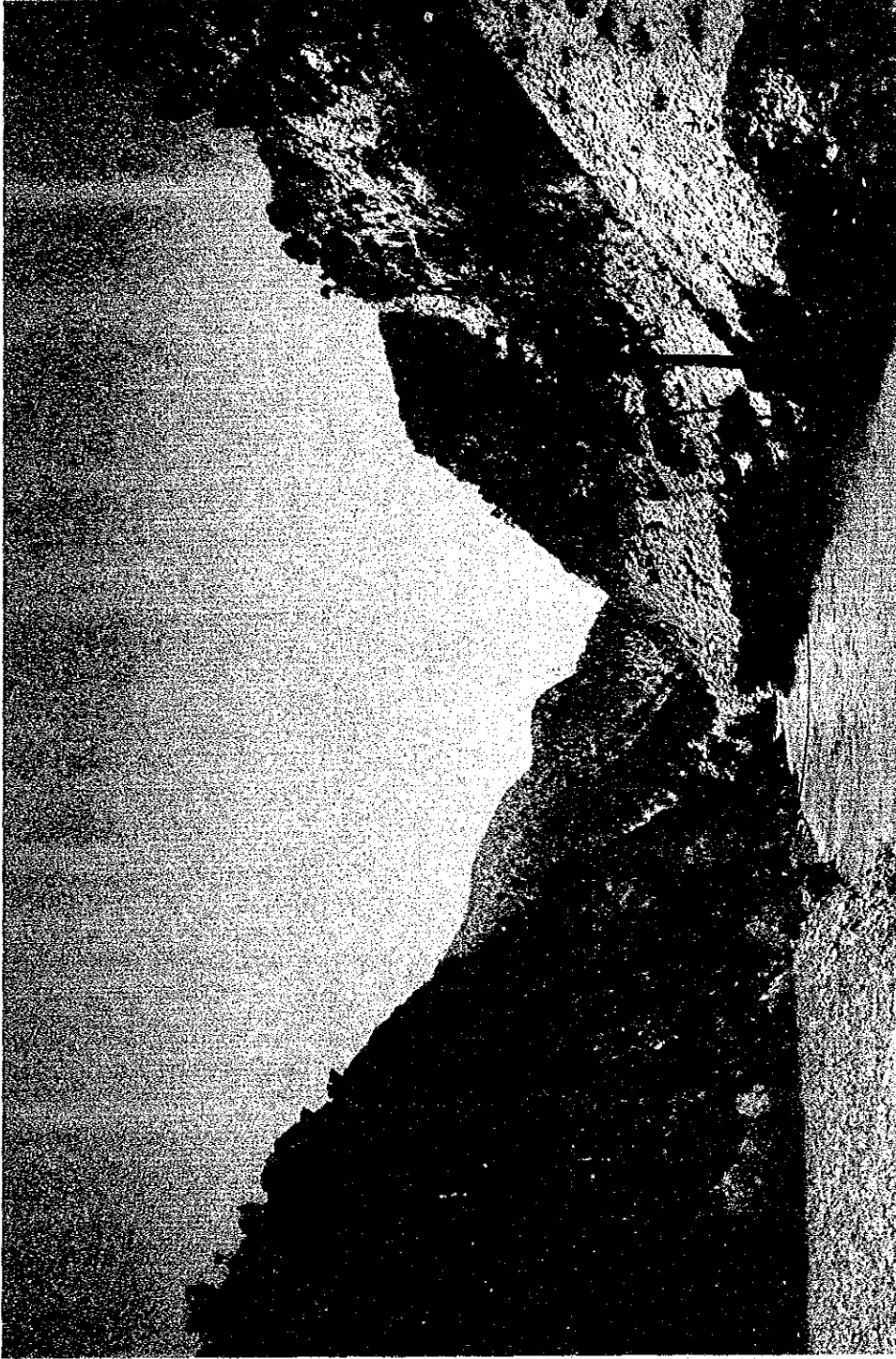
Upstream view of dam [Drawn with CAD]



Bird eye view of powerhouse (Drawn with CAD)



Transverse section of powerhouse [Drawn with CAD]

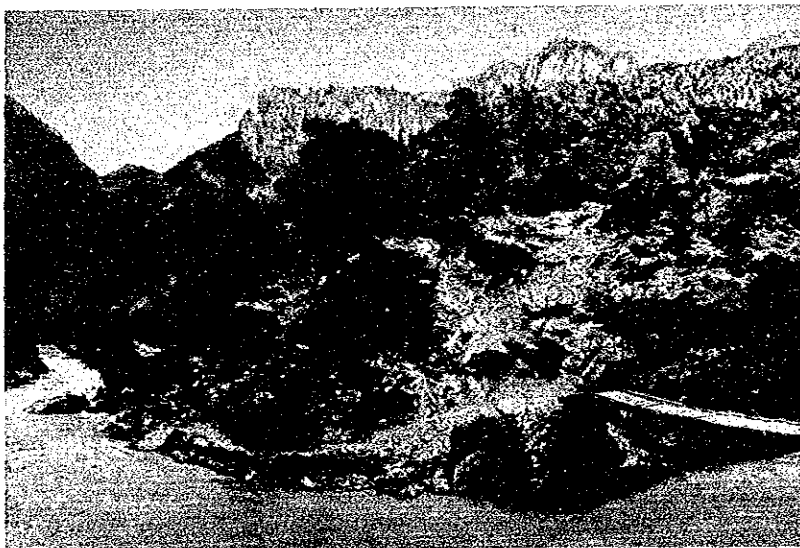


Göktaş Dam Site

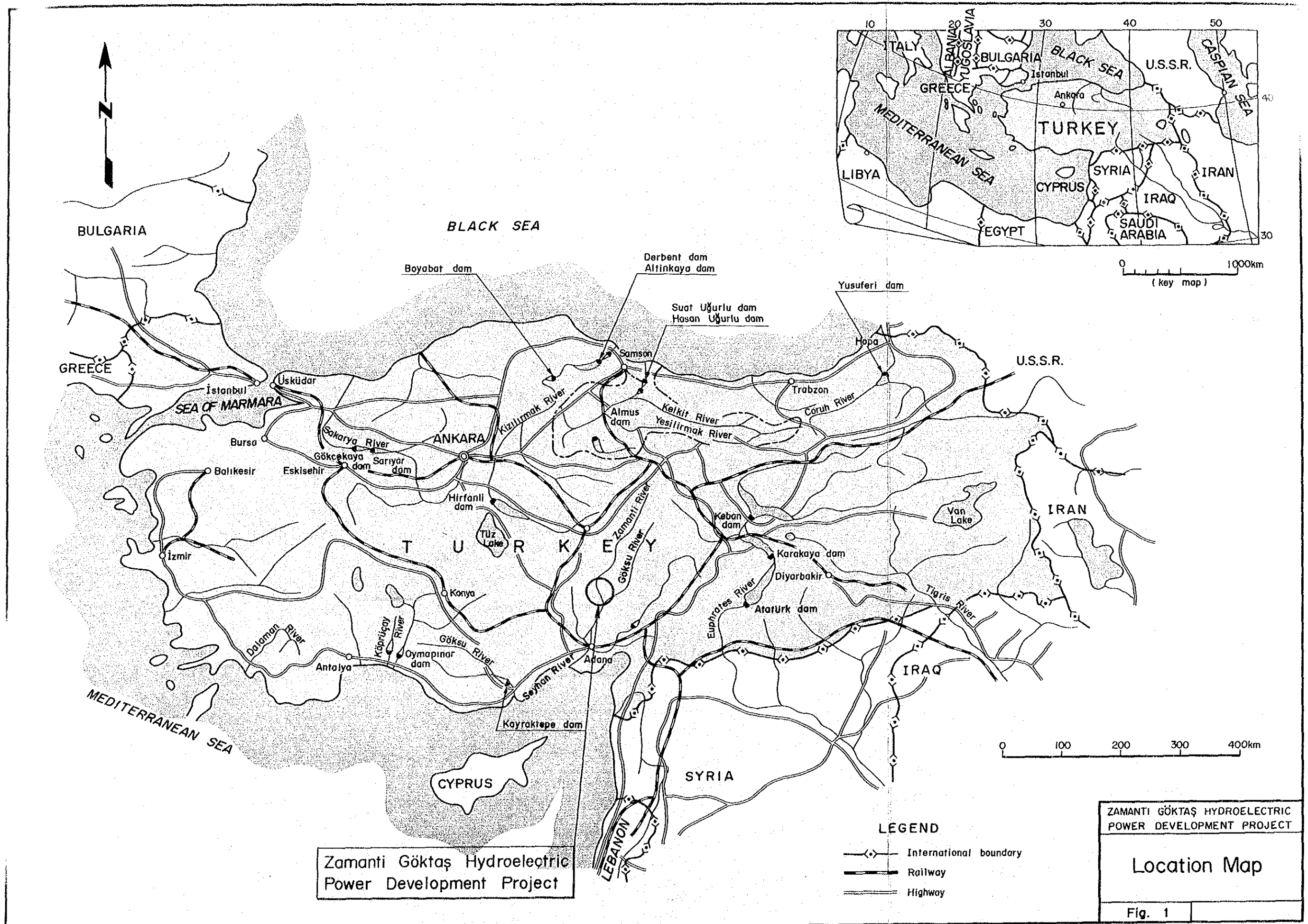
—Looking from the Downstream Side—



Powerhouse Site



Quarry Site



Zamanti Göktaş Hydroelectric Power Development Project

- LEGEND**
- International boundary
 - Railway
 - Highway

ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

Location Map

Fig. 1

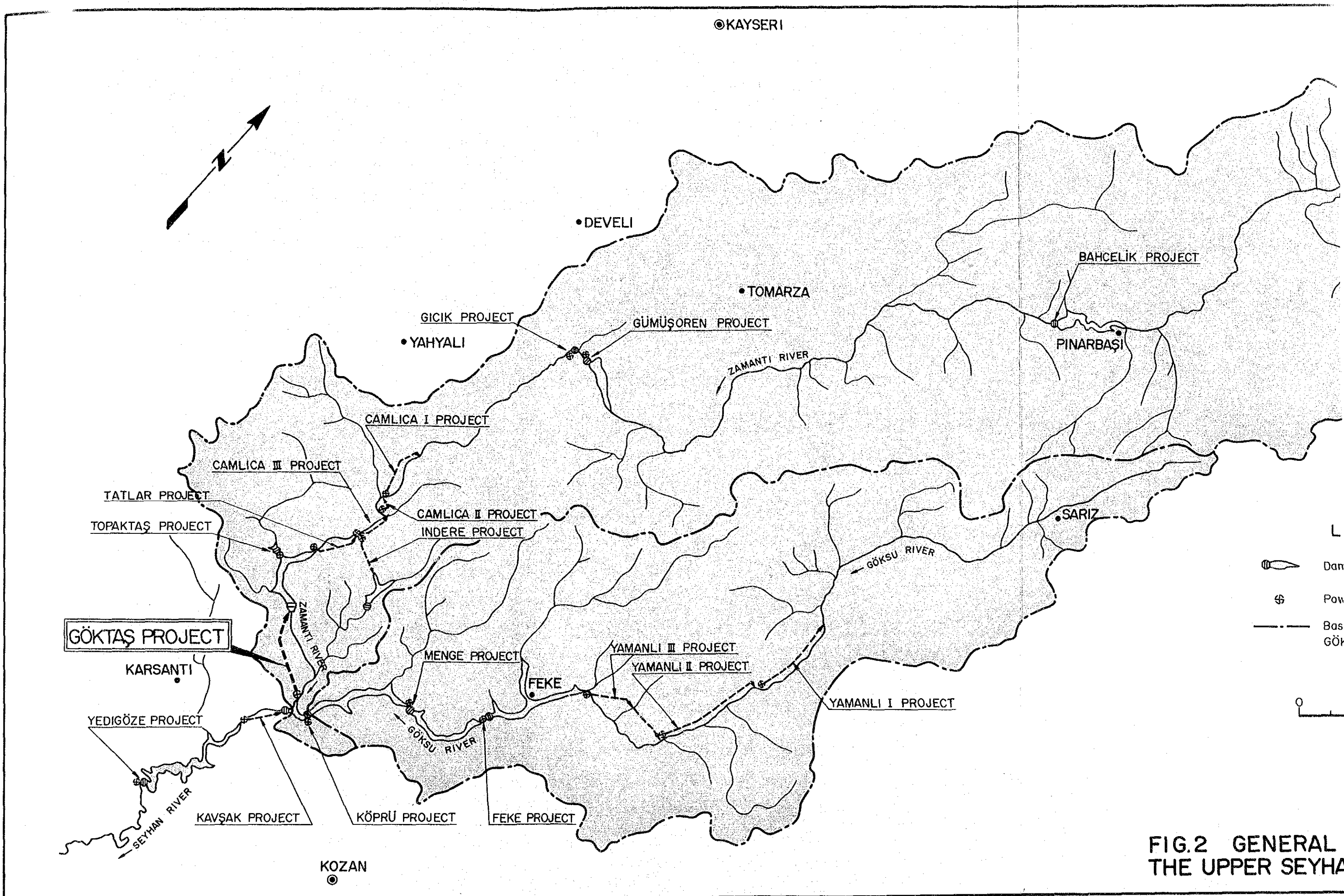


FIG.2 GENERAL THE UPPER SEYHA

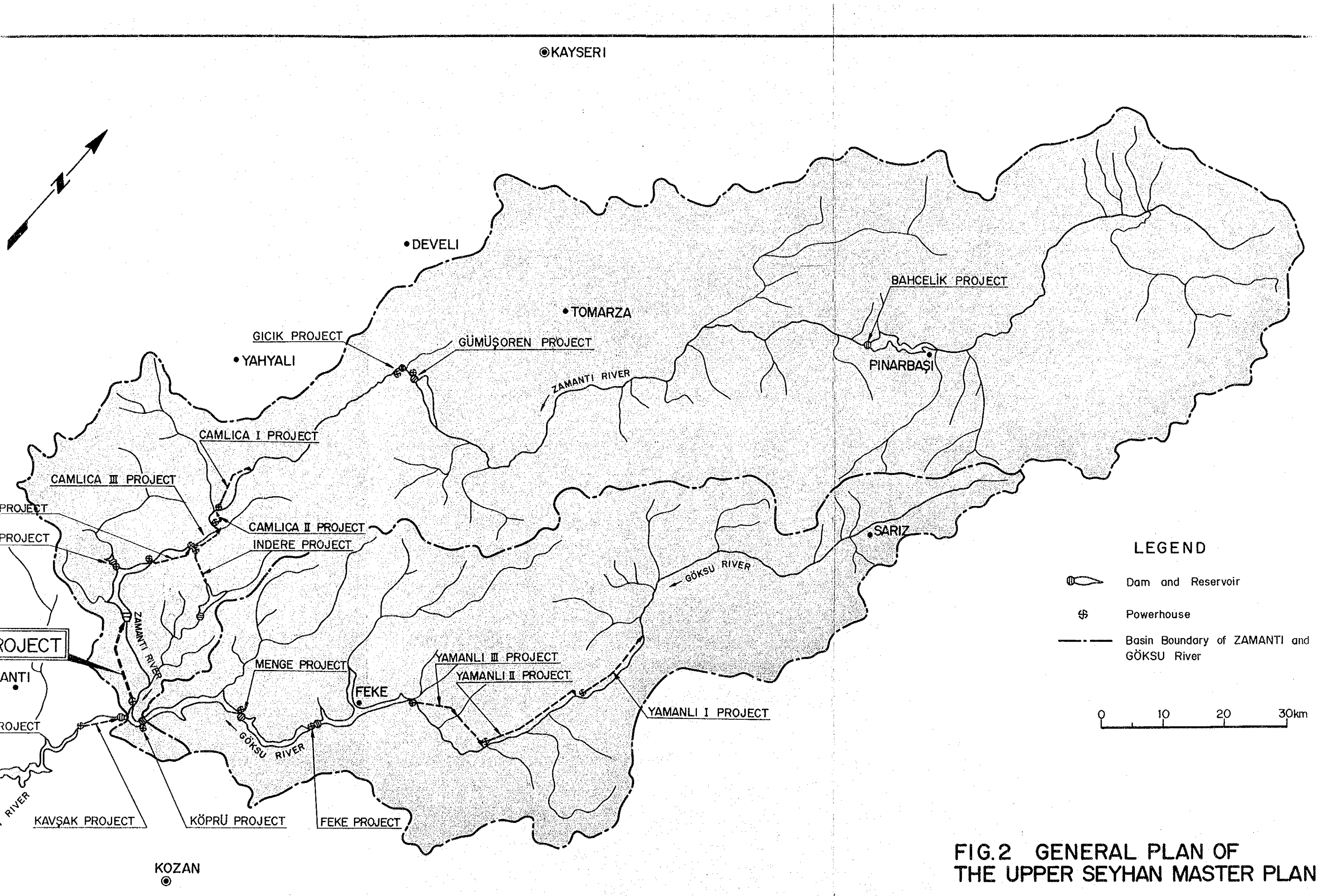
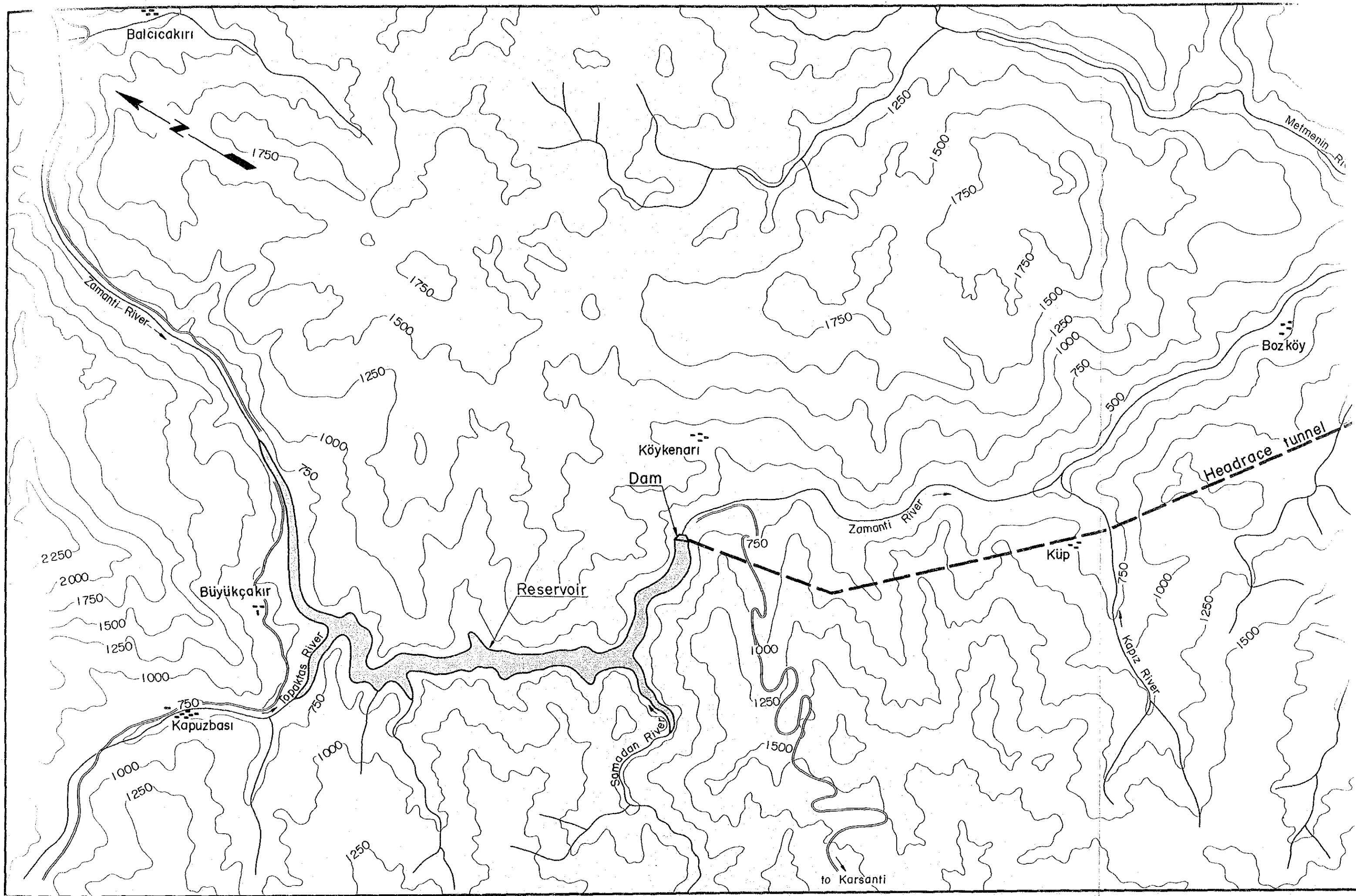


FIG.2 GENERAL PLAN OF THE UPPER SEYHAN MASTER PLAN



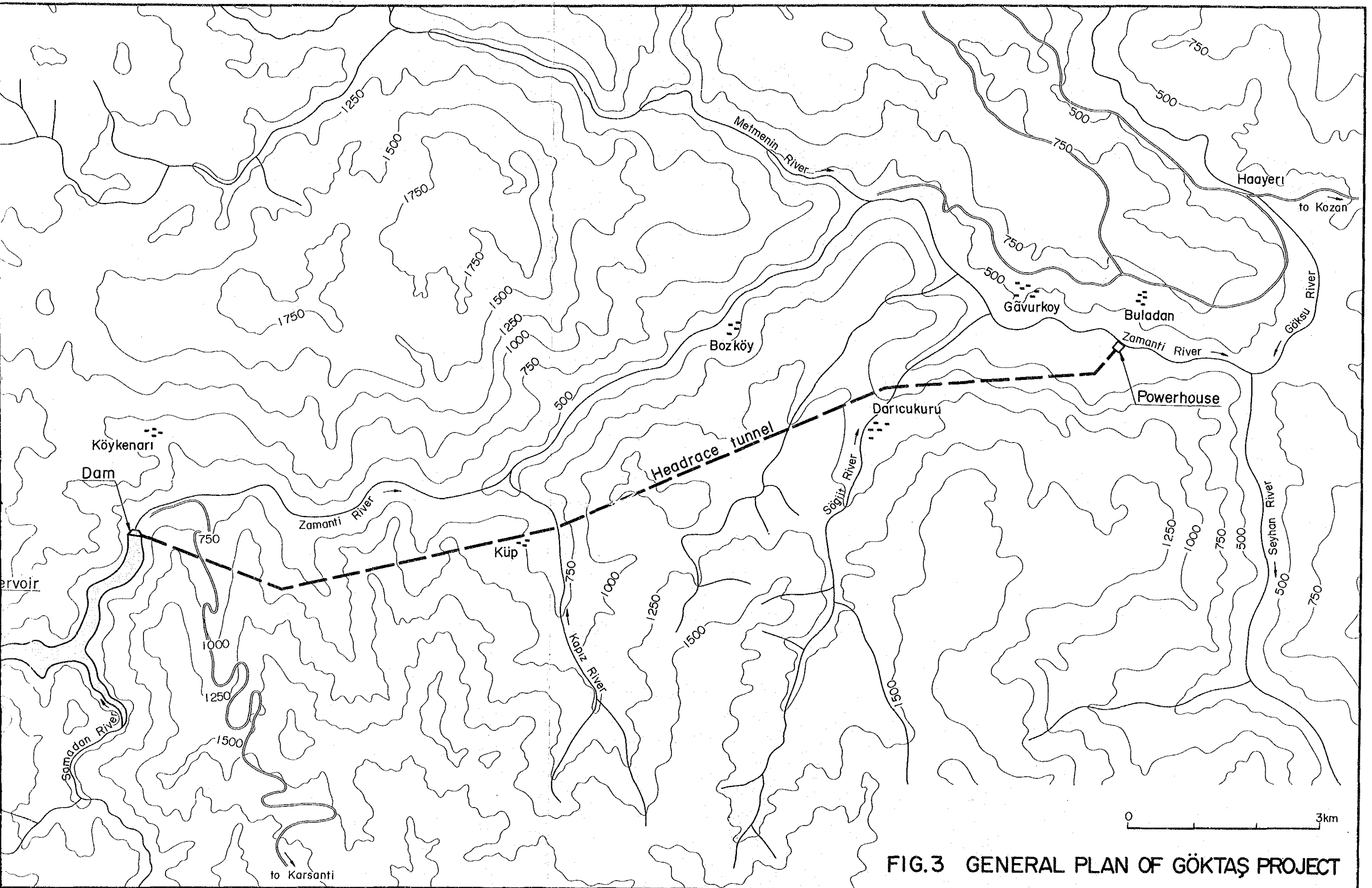


FIG.3 GENERAL PLAN OF GÖKTAŞ PROJECT

目 次

	頁
1. 序 論	1 - 1
2. 基礎資料の検討結果	2 - 1
2.1 本計画の特性	2 - 1
2.2 開発の必要性	2 - 1
2.3 気象および水文	2 - 2
2.4 地質および材料	2 - 3
2.5 原位置試験の結果と評価	2 - 5
2.6 地 震	2 - 6
2.7 環境評価	2 - 6
3. 最適開発計画の概要	3 - 1
3.1 計画概要	3 - 1
3.2 工事費および経済評価	3 - 1
4. 工事工程および工事費	4 - 1
4.1 工事工程	4 - 1
4.2 工事費	4 - 1
5. 結 論	5 - 1
6. 勅 告	6 - 1

1. 序 論

トルコ共和国においては、農業を主体とする同国の産業構造を工業化して国の経済成長を図るべき努力が続けられている。そのためにはエネルギーの確保は不可欠の要素であり、石油資源の乏しいこの国では、設定された経済成長を達成するよう国内エネルギー資源の開発に極めて高い優先度を与えている。

第4次5ヶ年計画（1979～1983）では8%のGNPの伸び率達成を目指したが、結果的にはこれを大きく下廻った。続いて1985年に始まった第5次5ヶ年計画（1985～1989）では6.3%のGNPの伸び率達成を目指している。1979年から1987年のGNPの伸び率および供給電力量の伸び率はそれぞれ以下の通りであった。

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
GNPの伸び率 (%)	-0.4	-1.1	4.1	4.6	3.2	5.9	5.1	8.1	7.4
供給電力量伸び率 (%)	5.5	4.5	6.8	7.7	4.4	12.5	9.3	11.3	11.0

この低い供給電力量の伸び率は、1978年に発生した第2次石油ショック後の経済活動への投資資金の不足から、潜在需要があるにもかかわらず供給力の不足から生じたものであり、これは1980年から1983年頃にかけて行われた計画停電によって証される。

当面の電力不足の緊急対策として、トルコ政府は、1975年～1986年までブルガリヤから、1979年以来ソ連から、1988年以来イラクから電力を輸入しており、その量は年々増加し、1984年には2,653GWhで、総発生電力量30,614GWhの8.7%に達している。しかし、その輸入量も1985年以来減少し、1987年の電力輸入量は572GWhで、総発生電力量45,000GWhの約1.3%程度である。

トルコ共和国の1987年における電力設備は、12,492MW（水力5,003MW、火力7,489MW）である。

長期的展望としてトルコ政府は1989年から2010年までの22年間の電力需要想定として設備出力は64,400MW（年平均増加率8.0%）および電力量は343,000GWh（年平均増加率8.6%）の開発が必要であると予測しており、そのうち水力はそれぞれ約27,000MWおよび約99,000GWhの開発を目標としている。

このような状況の中にあってトルコ政府は次代の大規模開発河川として、1981年にSeyhan河下流域および1984年にSeyhan河上流域の河川一貫開発計画についてのマスタープランを作成し、開発にそなえている。Seyhan河はトルコ国の包蔵水力の約6%（1,850MW）を占める河川である。

その流域は急峻な山岳地にかこまれ、河川流量もトルコ国内の他河川に比較して多い方であり、水力開発には絶好の河川である。

マスタープランによればSeyhan河開発計画の一環として、主要支流である Zamanti川に計画されているGöktas水力発電計画は有望な地点である。一方、本計画地点は Adana県 Adana市の近距離に位置している。Adana市を中心とするトルコ国南東部では、近年電力の需要が増大してきており、1987年には1,700GWh/年だった需要が、2000年には約10倍の 17,750GWh/年に増大することが予想される。

このような状況下においてGöktas水力発電開発計画を実現して行くため、トルコ政府は日本政府に対して本計画のフィージビリティ調査に関する技術協力を要請をして来た。日本政府はこの要請を受けて1987年8月に国際協力事業団に委託し、通商産業省資源エネルギー庁公益事業部北島正豪氏を団長とする事前調査団をトルコ国に派遣しトルコ政府と意見を交換するとともに現地の概括踏査を行った。

その結果に基づいて1987年8月、国際協力事業団（JICA）はトルコ国家水利庁（DSI）との間で“Scope of works for the Feasibility Study on the Zamanti Göktas Hydroelectric Power Development Project in the Republic of Turkey”を締結した。

本調査はトルコ国南東部の都市、Adana 付近で地中海に注ぐSeyhan河支流 Zamanti川下流域に位置するGöktas水力発電計画について、既存資料ならびに現地調査に基づいて検討を行い、本計画が技術的、経済的および財政的見地からフィージブルであるか否かを検討・評価し、その結果を報告書にまとめることを目的とする。

本調査は、予備調査、詳細調査、フィージビリティ設計の3段階より成る。第1段階の予備調査は国内事前準備、現地調査および国内解析作業に分けられる。トルコ国では現地踏査、資料収集および解析・評価を行う。国内では、解析作業を行い本計画の開発基本構想を策定する。この開発基本構想に基づいて調査工事計画および技術仕様書の作成を行う。第2段階の詳細調査は予備調査の結果に基づき、フィージビリティ設計を行うために実施されるもので現地調査、国内解析作業および現地調査工事よりなる。調査工事はDSIによって実施されるもので、地形測量、地質調査工事および諸試験より成る。第3段階は、予備調査および詳細調査の結果に基づきフィージビリティ設計、積算、経済および財務評価等を行う。

1987年10月、JICAは上記“Scope of Works”に基づいてその業務を開始した。続いて、

JICAは本プロジェクトの現地調査のため下記の調査団をトルコ国に派遣した。

- 1987年11月14日～12月28日 : 第1次予備調査
- 1988年3月14日～3月28日 : 第2次予備調査
- 1988年6月18日～7月17日 : 第1次詳細調査
- 1988年9月6日～11月4日 : 第2次詳細調査
- 1989年3月18日～3月31日 : 中間報告書協議
- 1989年8月19日～9月2日 : 最終報告書(案)協議

この間、調査団は、下記の報告書をDSIに提出した。

- 1987年11月 : インセプション・レポート
- 1988年3月 : 第1回進捗報告書
詳細調査計画書および技術仕様書
- 1988年11月 : 第2回進捗報告書
- 1989年3月 : 中間報告書
- 1989年6月 : 第3回進捗報告書
- 1989年8月 : 最終報告書(案)

1988年4月から1988年12月にかけて、DSIは上記の詳細調査計画書に基づいて現地調査および調査工事を実施した。これら現地調査および調査工事の概要はTable 1-1に示す通りである。

この最終報告書はJICAより日本国外務省を通じてトルコ政府、DSIに提出されることとなる。本計画のフィージビリティ調査の検討結果を要約すると以下に述べる通りである。

Table 1-1 Investigation Works

<u>Items</u>	<u>Description</u>
Topographic Survey	
Powerplant Site	: 1/1,000 3.68 km ²
Area A	" (1.24 km ²)
Area B	" (2.44 km ²)
Geological Investigation and Material Tests	
Drilling Work and Permeability Tests	
Dam Site	: 450 m
Powerplant Site	: 141 m
Tunnel Route	: 280 m
Exploratory Adits	
Dam Site	: 100 m
In-Situ Tests	
Dam Site	
Plate Bearing	: 7 Points
Rock Shear	: 8 Points
Seismic Prospecting	
Powerplant Site	: 865 m
Field/Laboratory Test for Material	
Quarry Site	: 8 Samples
River Deposit Sites	: 22 Samples
Social and Environmental Aspect	
Investigation for Compensation	

2. 基礎資料の検討結果

2.1 本計画の特性

本報告書で述べられる Zamanti Göktas 水力発電開発計画とは、ダム・水路・発電所等からなる発電計画と Göktas 発電所から Adana 変電所入口迄の送電線計画よりなる。

Seyhan 河は Zamanti 川及び Göksu 川の 2 大支流を有し、総流域面積約 20,730km²、延長約 506km であり、年間平均流出量は約 $7,100 \times 10^9$ m³ である。

本計画地点の含まれる Seyhan 河には 20ヶ地点、合計出力 1,849.5MW (既設 Seyhan 54MW、建設中 Catalan 156MW を含む) に達する開発計画地点がある。

このうち Zamanti 川には 9ヶ地点、合計出力 593.5MW の開発計画地点があり、本計画はこれらのうち最大規模の計画地点である。また、Zamanti 川の最下流に位置しており、早期に開発が期待される地点である。

本計画の下流には 3つの発電所が計画されており、さらに既設および建設中の発電所が各々 1つある。従って本計画によって行われる流量調節は、これら下流の 5つの発電所の利用効率を高めることができる。

2.2 開発の必要性

トルコ共和国の 1987 年における電力設備は 12,492MW (44,353GWh) で水力発電設備 (5,003MW) と火力発電設備 (7,489MW) との比率は約 40 : 60 である。一方、1979 年にソ連から、1988 年にはイラクから電力輸入が始まり、今日まで続いている。なお、1975 年より始まったブルガリヤからの電力輸入は 1986 年で終了した。この電力輸入は 1984 年に 2,653GWh のピークを記録した後、一旦減少しているがトルコ政府は今後 1996 年まで年間 1,600GWh の電力輸入を計画している。

将来の電力需要想定 (1989 年～2008 年) として、トルコ電力庁 (TEK) が行った想定結果とマクロ手法による想定結果を示すと以下の通りである。

	T E K の 想 定 値		マ ク ロ 手 法 想 定 値	
	(GWh)	(MW)	(GWh)	(MW)
1989	57,925	9,250	56,520	9,249
1990	64,910	10,370	63,049	10,317
1995	105,930	17,060	95,981	15,934
2000	166,830	26,955	142,453	23,997
2005	231,530	37,700	205,663	35,161
2008	283,170	46,110	252,861	43,231

これらの電力需要に対処する為に、Altinkaya 水力 (175MW × 4 = 700MW) が1987年から1988年にかけて運転を開始し、Karakaya水力 (300MW × 6 = 1,800MW) が1987年から1989年にかけて運転を開始する。また、Elbistan火力 (4,200MW)、Ataturk水力 (2,400MW)、Catalan水力 (156MW) 等が建設中である。一方、Kayraktepe水力 (420MW)、Ilisu 水力 (1,200MW)、Boyabat水力 (510MW)、Birecik水力 (670MW)、Yedigöze水力 (300MW) 等を至近年に着工すべく準備中である。

Cukurova電力会社は Adana周辺の3県に電力を供給する私営の電力会社である。このCukurova電力系統はTEKの電力系統と連系されており、不足電力をTEKから買電している。

本計画は上述したCukurova電力管内に位置していることから、Cukurova地域の電力需要に当てられる可能性が高い。

物理的な開発スケジュールから考えて、Göktas水力の運開は2000年頃と考えられる。この時期は、トルコ全体の発電設備の中で水力の占める割合が一旦低下する時期でもある。従って2000年代のなるべく早い時期にGöktas水力の運開が望まれる。また、Göktas水力の開発は当該地域の経済開発にも寄与することができる。

2.3 気象および水文

Göktas計画地点の位置する Zamanti川の流域は、流域の南部を横切る Toros山脈によって上流側の中央アナトリア性気候地域と下流側の地中海性気候地域に分けられており、その殆どは中央アナトリア性気候地域に属している。それぞれの地域の特性を以下に示す。

・中央アナトリア性気候地域

- ・年間降水量は 400mm程度と少ない。
- ・平均標高が 1,700mと高く、冬季には積雪がある。
- ・地形は比較的緩やかで、河川勾配も緩い。

・地中海性気候地域

- ・年間降水量は 800～ 1,200mmとかなりの多降水地域である。また、流域内に分布している石灰岩から地下水が湧出している地点が見られることもあり、この地域で河川流量が急激に増加する。

・雨期は11月～5月であり、1月～2月にはかなりの積雪がある。

・Toros 山脈の南側斜面にあたるため地形は急峻で、河川勾配も急である。

Göktasダム計画地点の上下流の測水所流量資料によれば、両測水所間の流量の増加量は、Zamanti 川下流域の降水量を上回っている。このため、流量資料の信頼性が問題となった。しかし、水文資料の解析および1988年にDSIと電力調査庁(EIE)が実施した流量調査の結果によって、流量資料の妥当性が確認された。この流量の増加は、石灰岩脈を通して流域内外に降った雨や雪が地下水の形で供給され、これがZamanti川下流域で河川に流出しているためであると考えられる。

気象および水文資料の解析によって得られたGöktasダム計画地点の気象および水文諸量を以下に示す。

- ・気 温 : 最高39.7℃、最低 -4.9℃、平均15.3℃
- ・年間貯水池面蒸発量 : 767mm
- ・年間流入量 : $1,704 \times 10^6 \text{ m}^3$
- ・年平均流量 : $54 \text{ m}^3/\text{s}$
- ・浮流砂量 : 152ton/年/km²
- ・計画堆砂量 : $22,020 \times 10^3 \text{ m}^3/50$ 年 (Gumusoren ダムがある場合)
 $57,820 \times 10^3 \text{ m}^3/50$ 年 (上流にダムがない場合)
- ・10年確率降水量 : $525 \text{ m}^3/\text{s}$ (Gumbel 分布による)
- ・可能最大洪水量(PMF) : $3,900 \text{ m}^3/\text{s}$

2.4 地質および材料

(1) 地 質

Göktasプロジェクトの計画地点は、主として古生代の石灰岩を含む砂岩、頁岩などの堆積岩類、中生代の石灰岩および同じく中生代のオフィオライト(かんらん岩)より構成される。計画される各主要構造物地点の基礎岩盤は、概ね以下の通りである。

貯水池最上流部付近 —— 中生代の石灰岩
貯水池・ダム —— 中生代のオフィオライト（かんらん岩）
導水路トンネル —— 中生代のオフィオライト（かんらん岩）および石灰岩、古生代の石灰岩、砂岩、頁岩など
発電所 —— 古生代の砂岩、頁岩、石灰岩など

貯水池（計画満水位630m）地域には、貯水池背水面に近い標高610mより上のみ石灰岩が分布し、それ以外はオフィオライト（かんらん岩）が広く分布している。貯水池地域には地すべり地は無く、貯水池斜面の安定性に問題はないと判断される。貯水池の保水性に関しては、最上流部に石灰岩が分布するものの、地表踏査結果から、ここからの多量の漏水の発生を明らかに示す地質的、水理地質的データは得られておらず、計画される標高630mまでの湛水は可能と判断される。ただし、安全を期するため、石灰岩分布域でのボーリング調査ならびにボーリング孔を利用した継続的な地下水位の測定といった補足調査が今後必要と考えられる。

ダム地点はオフィオライト（かんらん岩）から構成され、軽微な蛇紋岩化作用が割れ目沿いに認められるものの、高さ150m級のアーチ重力式コンクリートダムの築造は妥当である。

その他の導水路トンネル、水圧管路、発電所といった主要構造物地点も、計画を不可能とする致命的な地質上の欠陥は認められない。

(2) 材 料

コンクリート用骨材としては、ダム地点下流約 1.5km の Zamanti 川左岸に広く分布する石灰岩を砕石して使用することが最適と考えられる。本石灰岩は、質的にも量的にもコンクリート用骨材として適性を有している。

2.5 原位置試験の結果と評価

(1) ダム地点の原位置岩盤試験

(a) 平板載荷試験

変形係数は、調査横坑内で最も分布の卓越する㊦級の岩盤で107,700~132,100kgf/cm²、㊧級よりやや割れ目の多い㊨級の岩盤で39,900~103,000kgf/cm²であり、変形性の少ない岩盤であることを示す。

接線弾性係数は、㊦級岩盤で189,200~239,600kgf/cm²、㊨級岩盤で57,500~167,700kgf/cm²であり、非常に大きい弾性係数を示し、堅硬で良好な岩盤特性を持っている。

(b) ブロックせん断試験

せん断強度は、コンクリートブロックの強度と岩盤の緩みに原因して直接求めることはできなかったが、変形係数および弾性係数とせん断強度との相関より下記のような推定せん断強度を求めた。

	内部摩擦角 (ϕ)	粘着力 (C)
㊦級 岩盤	60°	50kgf/cm ²
㊨級 岩盤	55°	40kgf/cm ²

(2) 発電所地点の弾性波探査

3測線の弾性波探査（屈折法）により、発電所地点を構成する岩盤の弾性波速度（P波）として、以下の各速度層が求められた。

	速度 (km/s)	層厚 (m)	推定地質性状
第 1 層	0.35	0~5	崖錐堆積物
第 2 層	0.80 2.20	0~5	風化岩盤
		23~50	弱風化岩盤
第 3 層	3.70	—	新鮮岩盤

2.6 地 震

設計震度を決定するために、統計解析により、Göktas地点における地表面の最大加速度の予測評価を実施した。この予測評価に使用した地震データは、米国のNOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration Environmental Data Service) によって収集されたものであり、地震データ数は1901年から1985年までの期間に、5,980を数えている。

Göktas地点は、トルコ共和国政府 (IMAR ve ISKAN BAKANLIGI, 1972) が作成した地震危険度マップにおいて、地震危険度区域【Ⅲ】に近接するが地震危険度区域【Ⅳ】に位置する。従って、Göktas地点の設計水平地盤震度は0.10を採用することも可能であると判断される。

一方、地震発生に関する不確定要素に対する余裕度を考えると統計確率解析の結果に於いて再来周期が非常に長期の場合を適用することも必要である。

そこで、ここでは、統計確率解析による結果も考慮し、Göktas地点の設計水平地盤震度を0.12と設定することとした。

2.7 環境評価

本計画地域および周辺の自然環境と社会環境についてDSIが実施した現地調査、文献調査をもとに、本計画がこれらの環境に与える影響を定性的に検討した。

(1) 自然環境

計画区域には国立公園、環境保護区域、野獣野鳥保護区域等の自然保護区域は無い。従って、計画の遂行に伴う影響は考えられない。

・自然景観

貯水池周辺地域のほとんどが森林、残りは岩場の多い放棄地とわずかな耕地である。森林の大部分はマツの木である。河の流れは早く瀬の状態を呈している。

ダムおよび貯水池の出現は、新たな景勝地を創り出すことにつながるものと考えられる。

・植 生

貯水池周辺地域の森林の大部分はマツの木であり、保護すべき森林木は無い。発電用構造物の設置に伴って、森林の伐採が考えられるが、伐採面積を極力小さくするこ

と、工事終了後に緑化する等の対策を施すことによって影響を少なくすることが可能である。

・動物

貯水池周辺地域に生息する陸生動物としてはイノシシ、キツネ、タカ、ヘビ、カエル、トンボ等がいるが、保護指定されている珍しい動物はいない。

水生動物としてはマス、コイ、カニ等がいるが、保護指定されている珍しい動物はいない。

・水質

工事中に水質を悪化させると考えられる主な原因は、コンクリートプラント、吹付プラント等の仮設備からの排水および掘削、コンクリート工事に伴う排水等である。これらの排水については、できる限り処理して放流する等の対策を施すことによって影響を少なくすることが可能である。

運転開始後は貯水池の水の交換回数も多いと考えられること、流域内に顕著な流入汚濁源も考えられないことから、水温変化、濁水の長期化、富栄養化は考えられない。したがって、貯水池の出現によって、新たな水生動物の生息環境が創出されるものと期待される。

・騒音、大気汚染

工事中の主な騒音発生源、大気汚染源となるものは、建設機械および資機材輸送のトラック等によるものが考えられるが、工事の実施に当たっては、できるだけ低騒音型の機器を使用することによって、影響を少なくすることが可能である。

運転開始後は騒音を発生する機器も少なく、大気汚染源となる機器も使用しないと考えられるので、影響はないものと考えられる。

(2) 社会環境

・産業活動ならびに土地利用

貯水池によって水没する耕地の総面積は、43da(1,000 m²/da)であり、そのうち29daは農地であり、14daはブドウ園である。

計画の遂行にあたっては、関係者と十分協議し、適切な補償をすることが望ましい。

貯水池周辺とそれを囲み隣接する地域に小さな商業活動のみがある。しかし、工事

中および運転開始後は、人々の往来も多くなり、商業活動も活発になるものと考えられる。

・交通および公共施設

工事用の主な資機材の輸送のため、発電所地点からダム地点まで川沿いに工事用道路の新設が考えられる。工事の実施に伴って、既設道路の使用も考えられる。しかしながら、一時的に交通量が増加すると考えられるものの、現状の交通量がそれ程多くはないので、一般の交通に与える影響は少ないものと考えられる。

公共施設は貯水池周辺の村落中心地にある小学校以外に主な公共施設は無く、また工事用道路およびダム地点から遠く離れている。工事の実施に伴って、公共施設に与える影響はほとんど考えられない。

・水系利用

貯水池の周辺の水の消費は問題となっていない。将来は、貯水池の上流側の部分を除いて、周囲の土地において水を必要としないものと予想される。

Kopuzbasi 湧泉を利用した、水力により動く3つの製粉機がある。3つのうち2つは、標高640mと650mの間にあり、残りはもっと高い所にある。これらの製粉機で使った水は川に戻している。

以上のことから、計画の実施に伴って既設の水系利用に与える影響は、ほとんど考えられない。貯水池ができることによって、新たに魚の捕獲も可能になるものと考えられる。

・文化財およびレクリエーション施設

貯水池近辺に遺跡、文化財やレクリエーション施設は無い。運転開始後は、ダムや発電所の周辺がレクリエーション施設として活用されることが考えられる。

(3) 検討結果

検討結果からは、本計画を実施することにより貯水池によって水没する農地に係る住民への影響を除き、自然環境や社会環境に大きな影響は無いと言える。

3. 最適開発計画の概要

3.1 計画概要

Göktas計画の概要を述べると以下の通りである。

本計画はSeyhan河の支流 Zamanti川の下流部に位置している。Göksu 川との合流点より上流約22kmの地点に高さ 148m、体積 800,000m³ のコンクリート・アーチ重力式ダムを築造し、総貯水容量 109.3×10⁶m³、有効容量 24.7 ×10⁶m³を得る。この貯水池により、平均年間流入量1,704 ×10⁶m³を調整する。

ダム直上流の右岸に設ける取水口により、最大使用水量 108m³/secを取水し、延長約 15.7kmの導水路トンネルおよび水圧鉄管を経て、右岸に設ける発電所に導水し、最大出力 270MWおよび年間発生電力量 1,160GWh を得る。Göktas発電所により発電される電力は154kV および 380kV送電線により、Akarca変電所を経由してYedigoze変電所まで送電される。さらにYedigoze変電所より Adana変電所まで送電される。

3.2 工事費および経済評価

本計画の総建設費は、583,315×10⁶ T.L(US\$ 448.7×10⁶)
であり、建設に必要な期間は約6年である。

発電端におけるkWおよびkWh当りの建設費はそれぞれ 2,084.4×10³T.L(US\$ 1,603.4)
および 485.3T.L(US\$ 0.37)である。

また、本計画の発電原価は52.2TL/kWh(0.94US\$ /kWh)である(yedigoze変電所入口)。
輸入炭火力を代替発電設備とした場合の本計画の純現在価値(B-C)および便益・
費用比率(B/C)はそれぞれ 227,476×10⁶T.L(US\$ 174.98×10⁶) および1.69である。

また、本計画の財務的内部収益率(FIRR)および経済的内部収益率(EIRR)
はそれぞれ 14.02%および 14.38%である。

Zamanti Göktas 水力発電計画概要

項 目	単 位	内 容
場 所		Z a m a n t i 川
流 域 面 積	km ²	8.290
年 間 流 入 量	10 ⁶ m ³	1,703.92
設 計 洪 水 量	m ³ /sec	3.900
貯 水 池		
満 水 位	m	630
低 水 位	m	620
利 用 水 深	m	10
堆 砂 位	m	607
総 貯 水 容 量	10 ⁶ m ³	109
有 効 貯 水 容 量	10 ⁶ m ³	25
湛 水 面 積	km ²	2.67
仮排水路トンネル		
内 径	m	6.8
延 長	m	370
設 計 洪 水 量	m ³ /sec	530
条 数	—	1

項 目	単 位	内 容
ダ ム		
型 式	—	コンクリート・アーチ重力式
天 端 標 高	m	635
高 さ	m	148
堤 頂 長	m	242
体 積	10^3m^3	800
洪水吐		
型 式	—	シュート式
容 量	m^3/s	3,900
ゲ ー ト	set	3
ゲート；寸法	m	14 × 13
取水口		
型 式	—	ゲート立坑付スクリーン式
ゲ ー ト	set	ローラーゲート, 1
導水路トンネル		
型 式	—	円型圧力式
延 長	m	15,680
内 径	m	6.8
調 圧 水 槽		
型 式	—	下部水室, 上部越流式

項 目	単 位	内 容
水 圧 鉄 管 路		
型 式	—	上部露出下部埋設溶接鋼管
内 径	m	6.8 ~ 2.6
延 長	m	600
条 数	—	分岐後 2条
発 電 所		
型 式	—	円型シャフト式
寸 法	m	φ22m, 深さ29m
発 電 設 備		
基 準 取 水 位	m	626.7
基 準 放 水 位	m	321.8
総 落 差	m	304.9
基 準 有 効 落 差	m	284.4
最 大 使 用 水 量	m ³ /s	108.0
単 機 出 力	MW	135
台 数	台	2
設 備 出 力	MW	270

項 目	単 位	内 容
水 車		
型 式	—	立軸フランス水車
台 数	台	2
基 準 出 力	MW	137.5
回 転 速 度	rpm	300
発 電 機		
型 式	—	三相交流同期発電機
台 数	台	2
出 力	MVA	150
電 圧	kV	14.4
力 率		0.9 (遅れ)
周 波 数	Hz	50
回 転 速 度	rpm	300
主 変 圧 器		
型 式	—	屋外型単相変圧器
台 数	台	7 (予備1台含む)
容 量	MVA	50
電 圧	kV	14.4 : 154 / $\sqrt{3}$
開 閉 所		
母 線 構 成	—	主母線 + 点検母線
電 圧	kV	154
遮 断 器 型 式	—	ガス遮断器

項 目	単 位	内 容
連絡送電線		
区 間	—	発電所 — 開閉所
回 線 数	回 線	2
電 圧	kV	154
送 電 線		
区 間		Göktas開閉所 - Yedigoze変電所入口
回線数および電圧	cct × kV	3 × 154 , 1 × 380
発生電力量		
常時電力量	GWh	586.0
二次電力量	GWh	573.7
(計)	GWh	1,159.7
建設期間	年	6
建設費		
ダムおよび発電設備	10 ⁶ T.L	562,788 (US\$ 432.9 × 10 ⁶)
送電線および変電所	10 ⁶ T.L	20,527 (US\$ 15.8 × 10 ⁶)
(計)	10 ⁶ T.L	583,315 (US\$ 448.7 × 10 ⁶)
発電端建設単価		
kw 当り	10 ³ T.L / kWh	2,084.4 (US\$ 1.603)
kWh 当り	T.L / kWh	485.3 (US\$ 0.37)

4. 工事工程および工事費

4.1 工事工程

本計画の運開年を2001年とすると概略下記のスケジュールで着工準備を行う必要がある。

1987-11	~	1989-10	Feasibility Study (2Years)
1990-1	~	1990-12	Provision and Award of Final Design (1Year)
1991-1	~	1992-12	Final Design (2Years)
1993-1	~	1994-6	Finance Formalities (1.5Years)
1994-7	~	1995-12	Bidding and Award of Contract for Construction (1.5Years)
1996-1	~		Start of Construction
	~	2001-12	End of Construction

本計画の建設工事は工事規模、構造物の配置、準備工事等を考慮して検討した結果、約6年の工期を必要とすると考えられる。本計画の工事工程を Fig. 5 に示す。

4.2 工事費

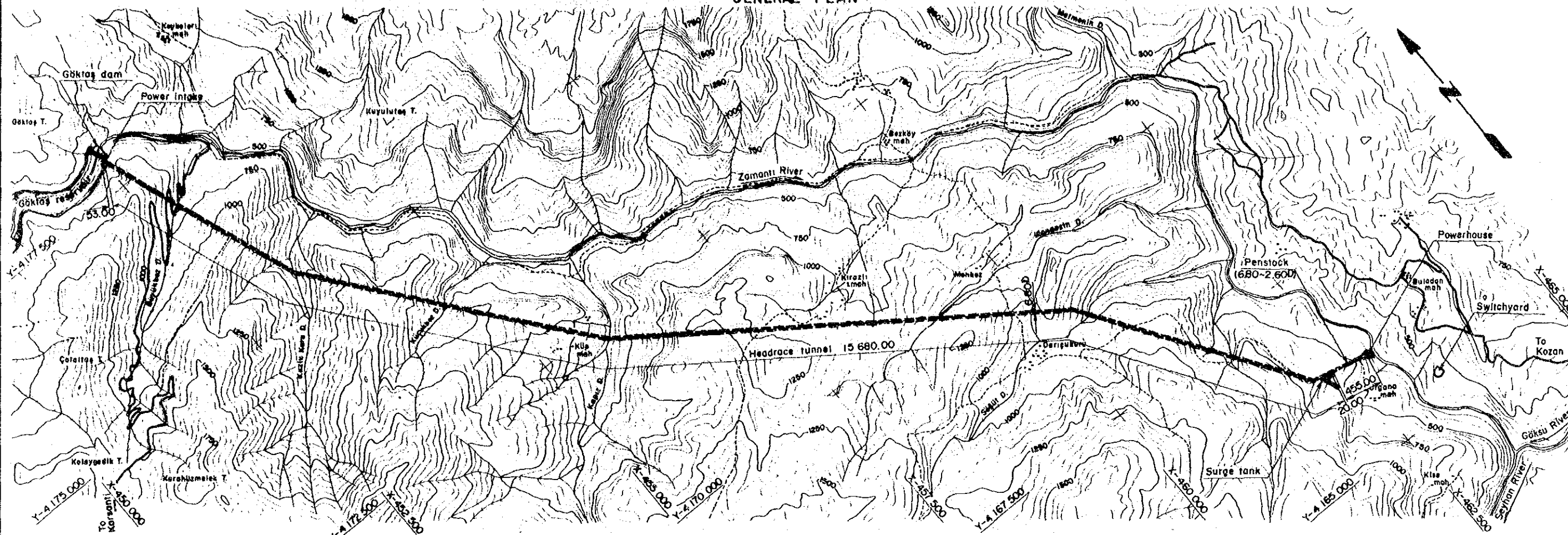
本計画の工事費は現時点で期待される技術水準による設計、施工方法および材料、製品を適用するものとした。さらに、計画地点の地質条件、地形条件および工事規模等を考慮して積算した。積算時点は、1988年6月時点とした。(交換レートは1 US\$ = 1,300 T.L である。)

工事費は、 583.315×10^6 T.L (US\$ 448.7×10^6) であり、その内・外貨の内訳は以下の通りである。

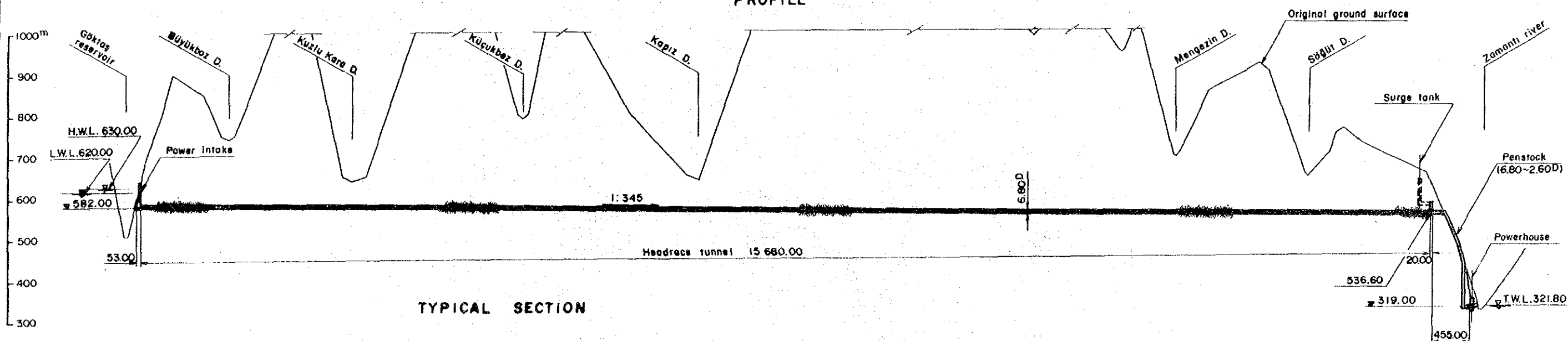
内 貨 : 329.458×10^6 T.L (US\$ 253.4×10^6)

外 貨 : 253.857×10^6 T.L (US\$ 195.3×10^6)

GENERAL PLAN

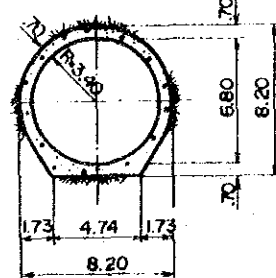


PROFILE

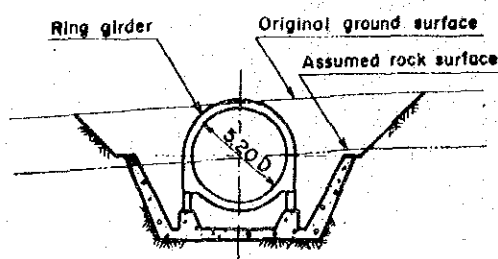


TYPICAL SECTION

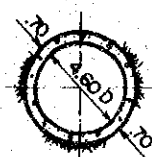
HEADRACE TUNNEL



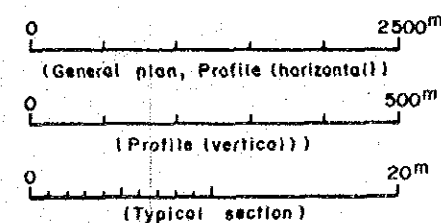
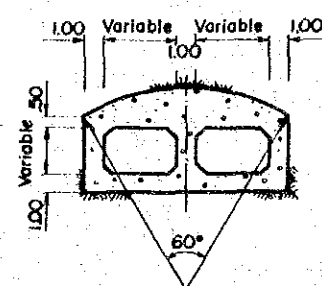
PENSTOCK (EXPOSED)



PENSTOCK (SHAFT)



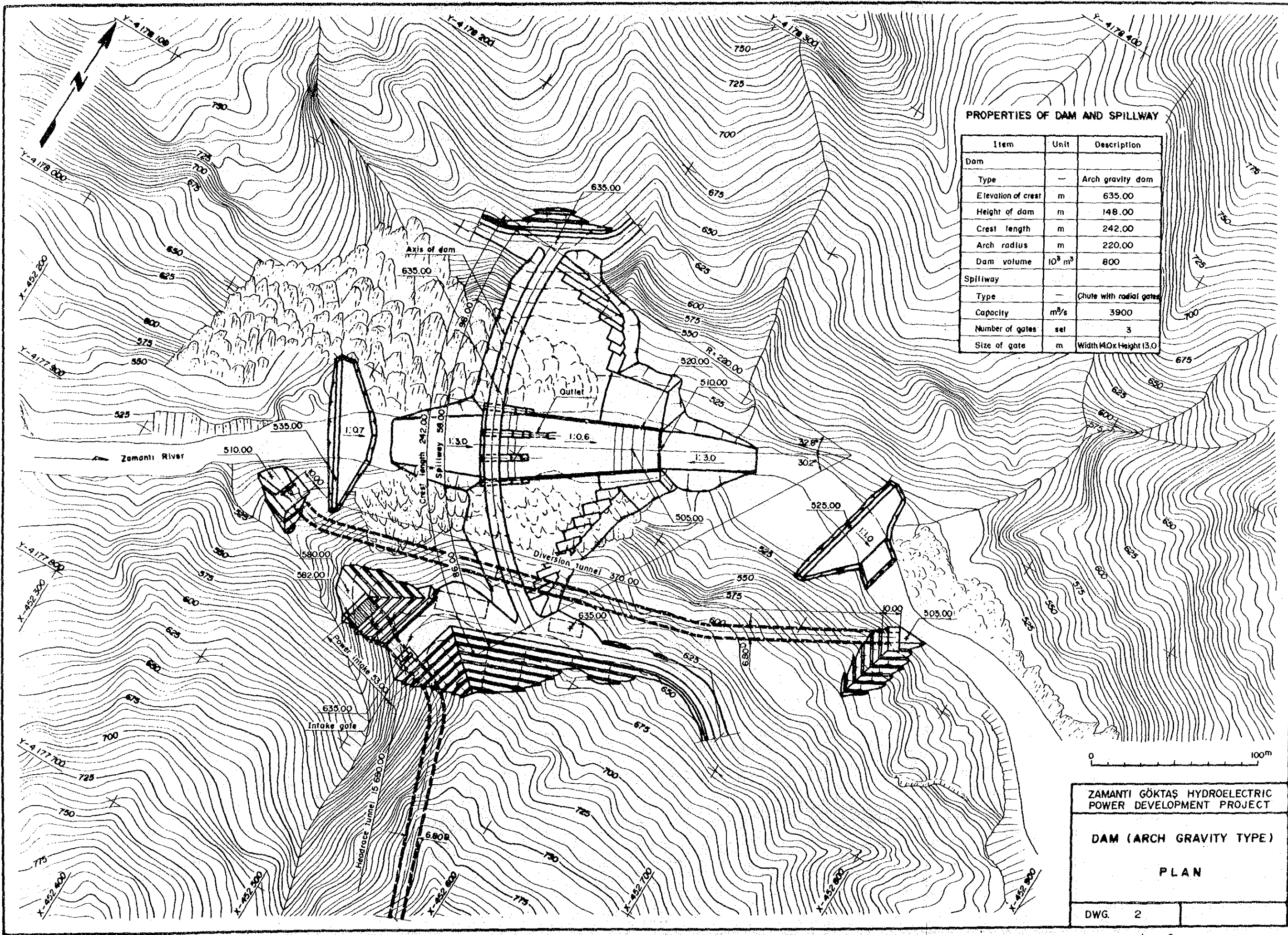
TAILRACE



ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

GENERAL PLAN, PROFILE AND TYPICAL SECTION

DWG. 1



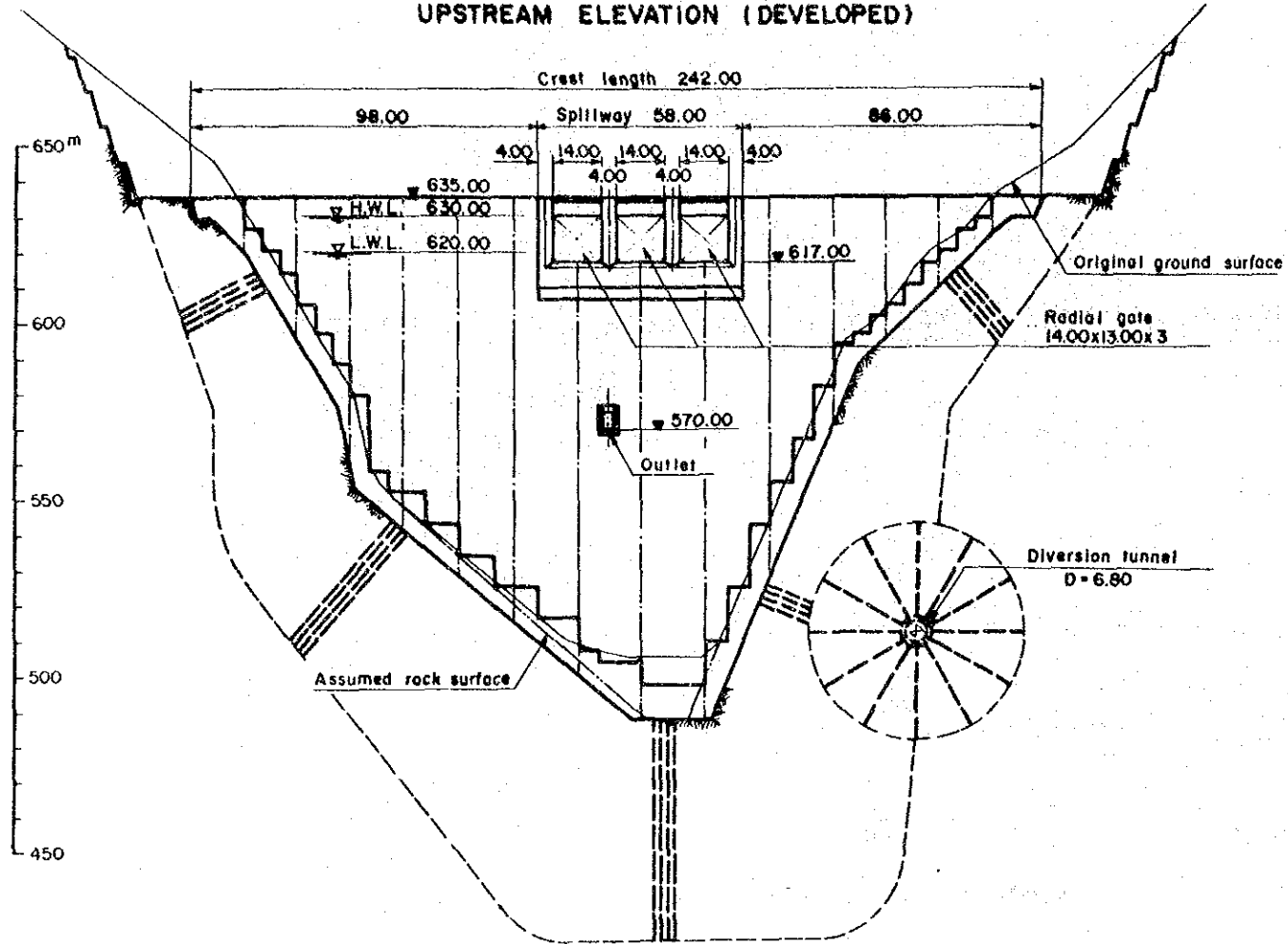
ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

DAM (ARCH GRAVITY TYPE)

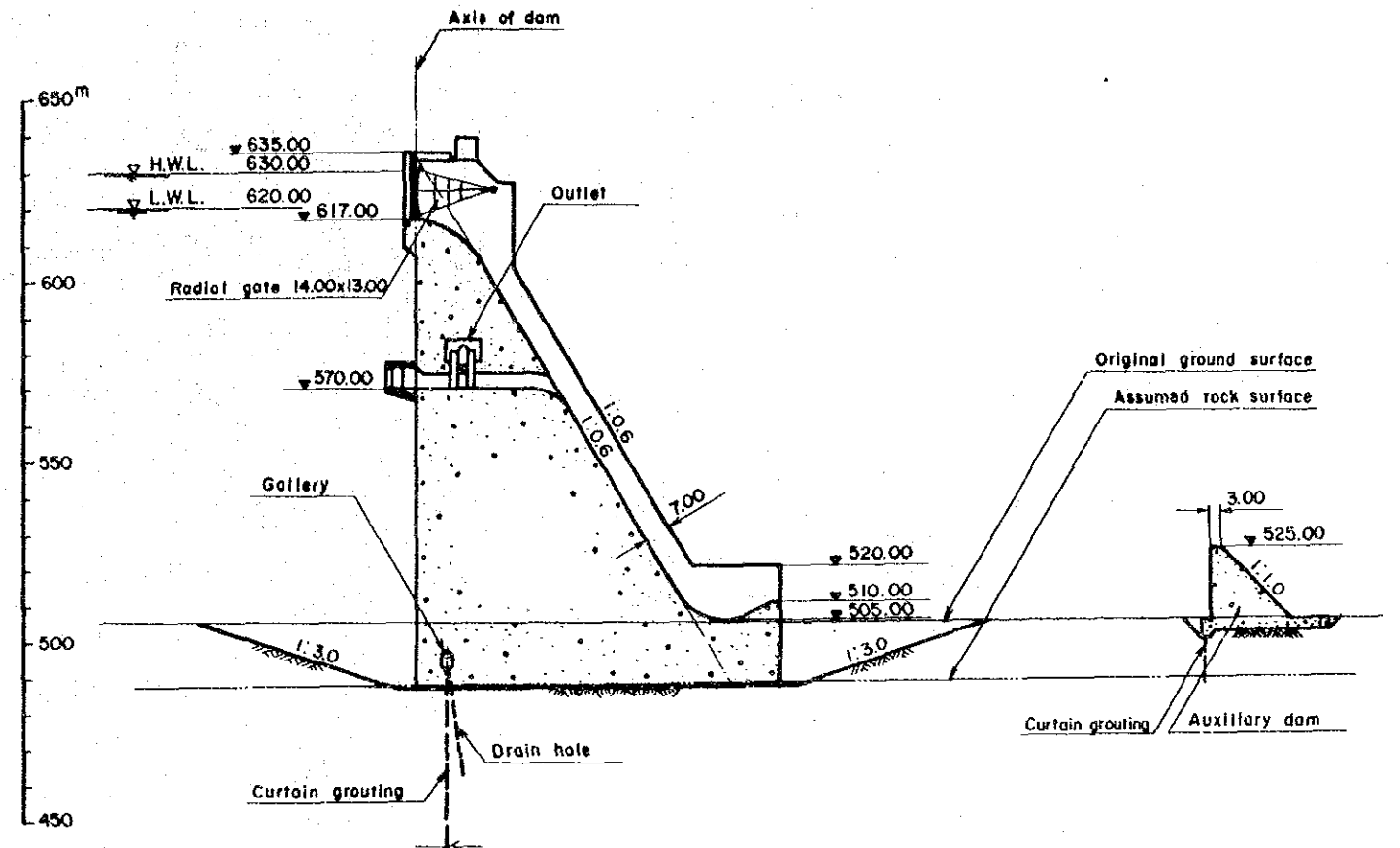
PLAN

DWG. 2

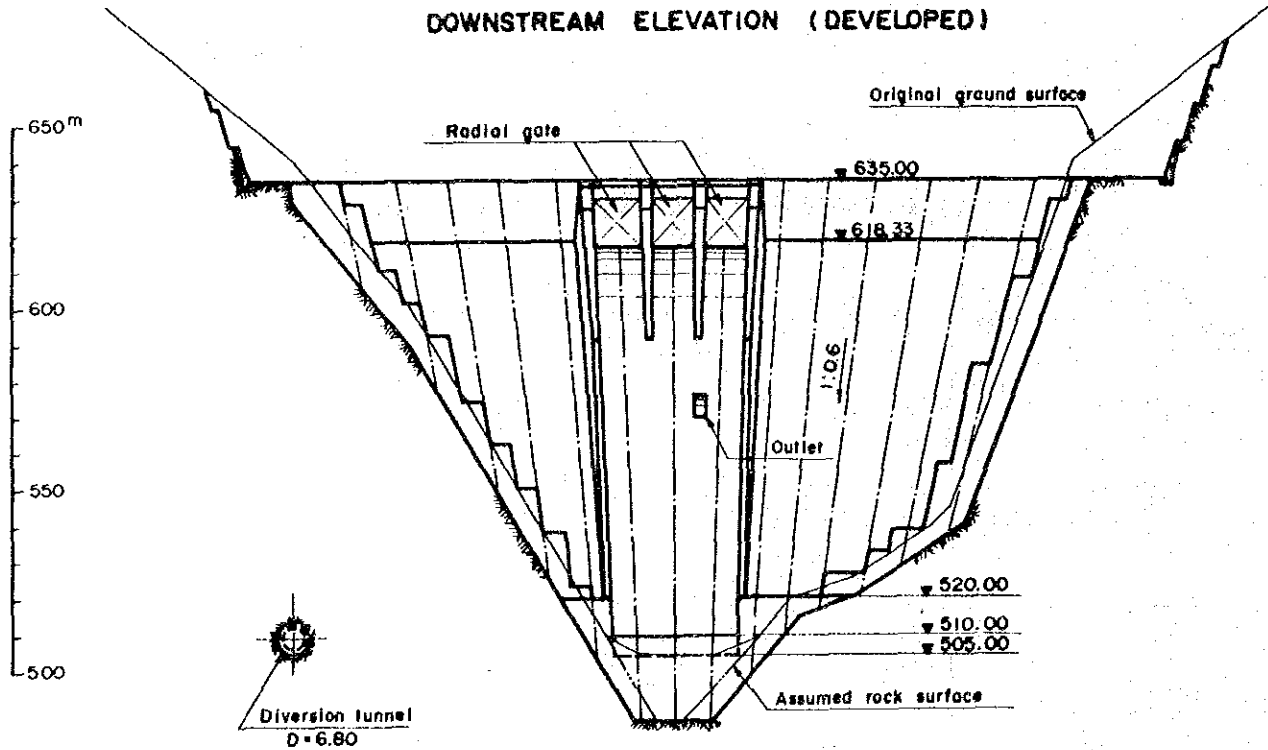
UPSTREAM ELEVATION (DEVELOPED)



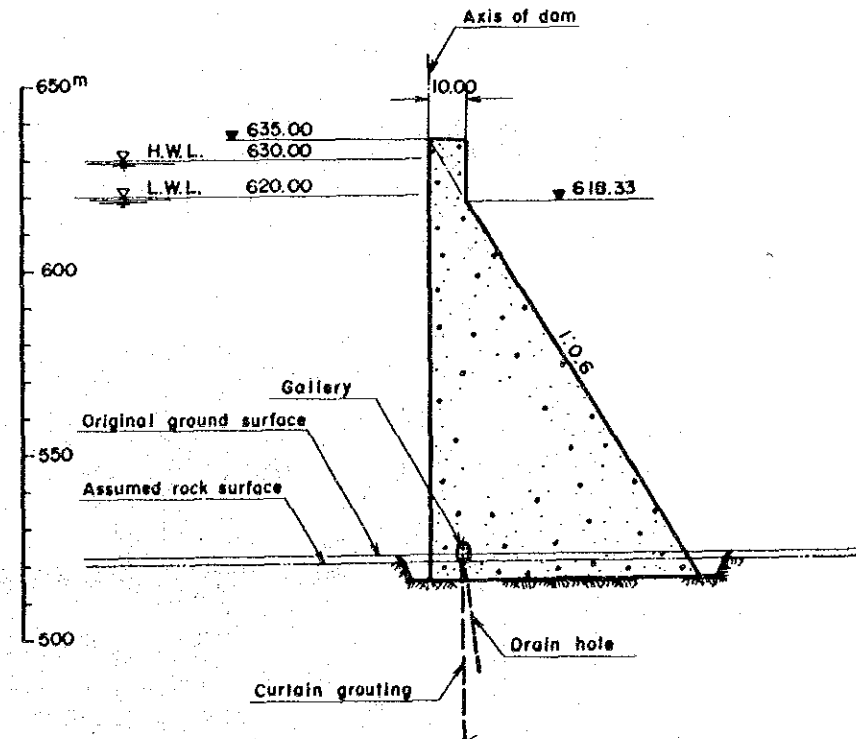
OVERFLOW SECTION



DOWNSTREAM ELEVATION (DEVELOPED)



NON-OVERFLOW SECTION

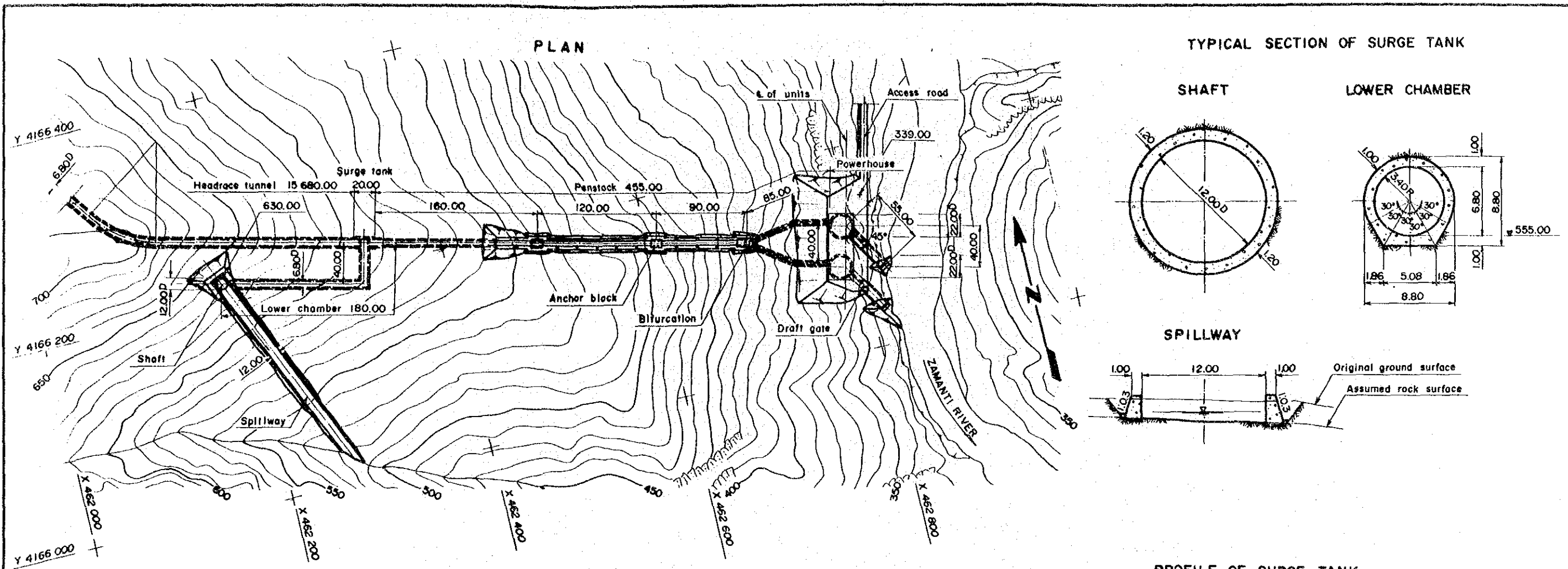


ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC
 POWER DEVELOPMENT PROJECT

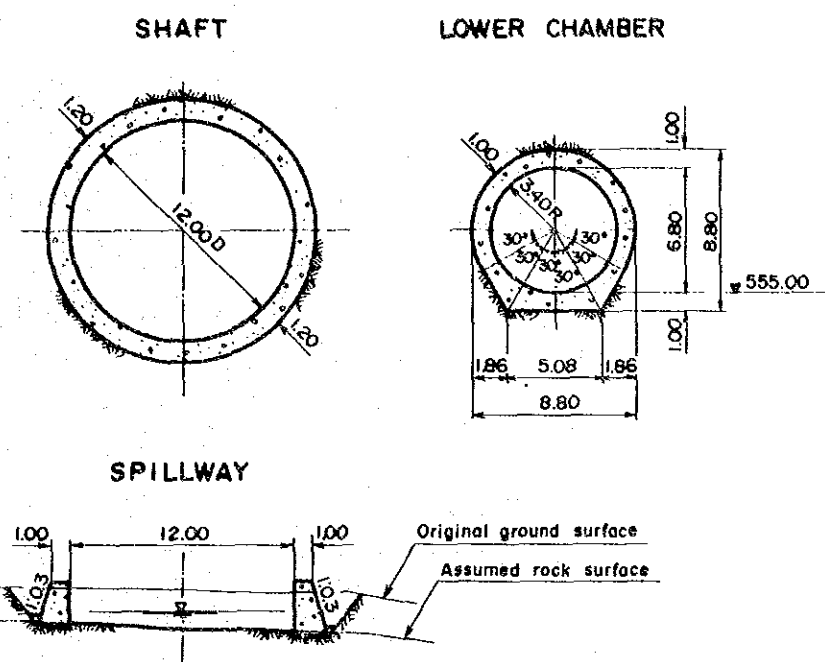
DAM (ARCH GRAVITY TYPE)

ELEVATION AND SECTION

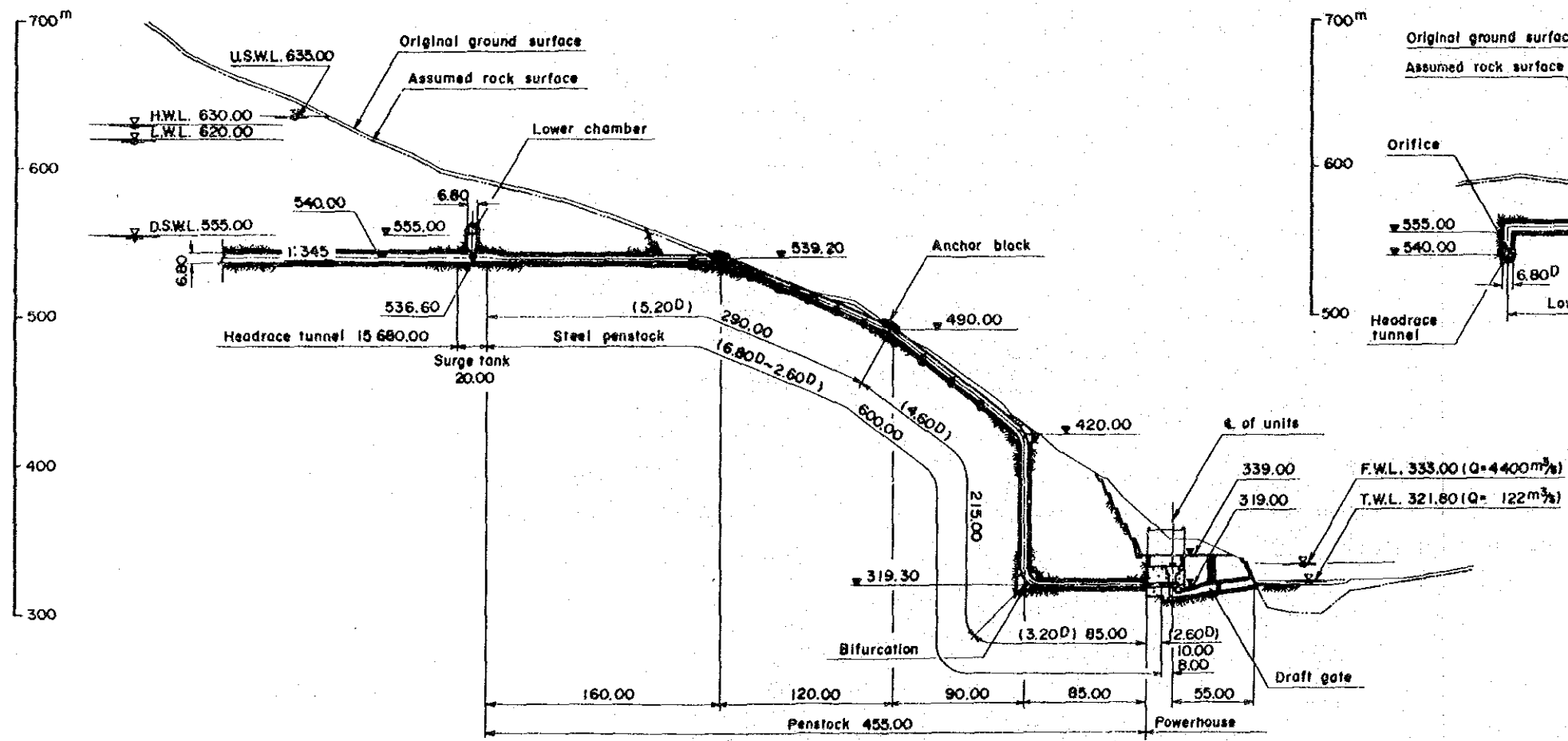
DWG. 3



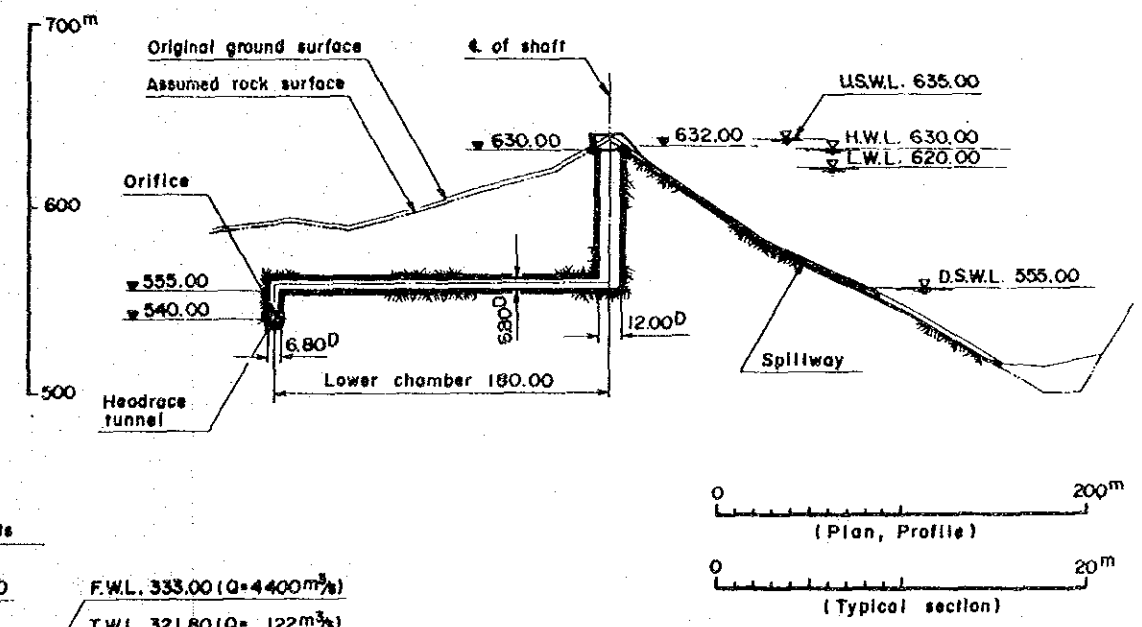
TYPICAL SECTION OF SURGE TANK



PROFILE OF PENSTOCK



PROFILE OF SURGE TANK



ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

PENSTOCK AND SURGE TANK
PLAN, PROFILE AND TYPICAL SECTION

DWG. 4

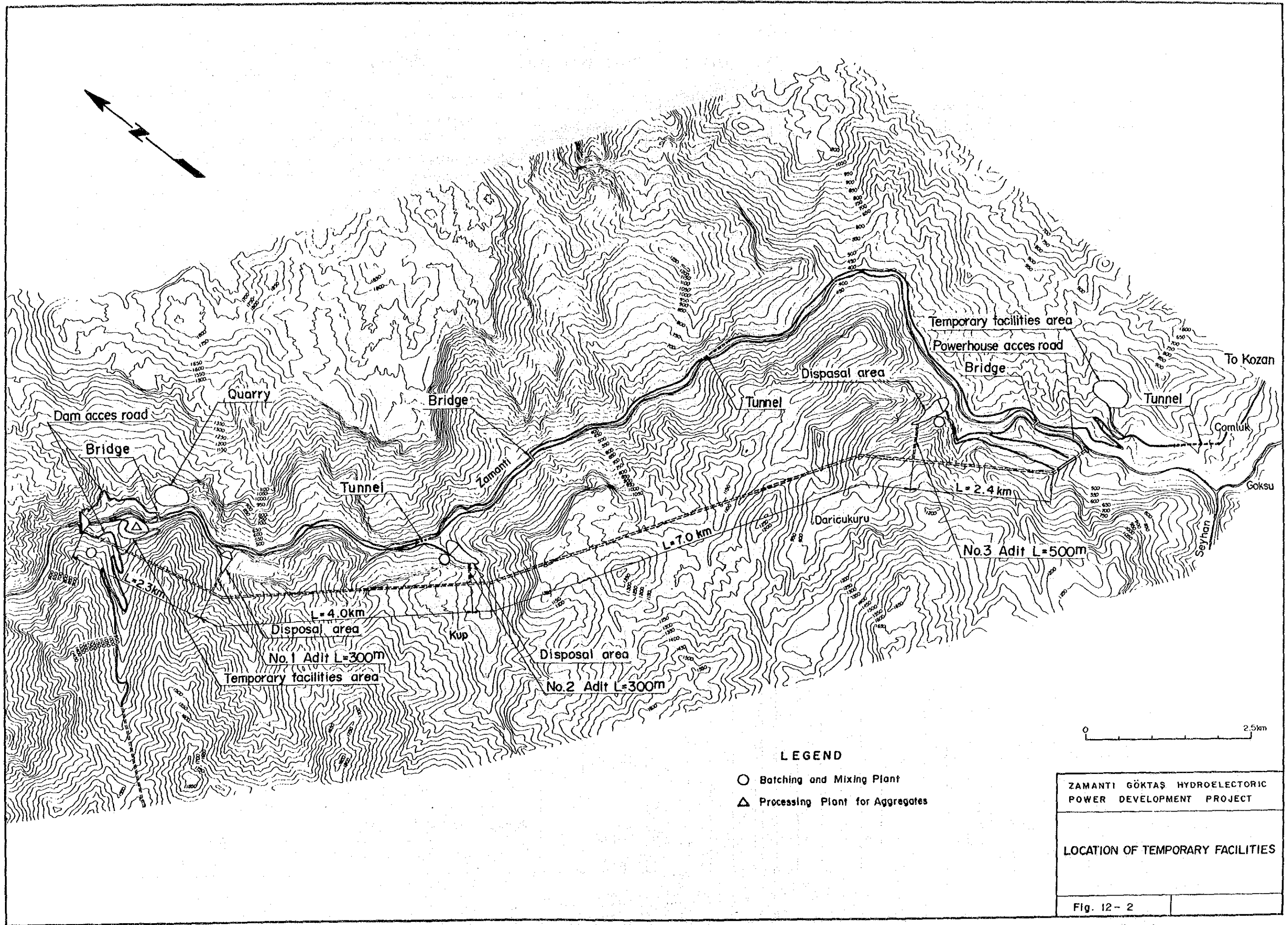
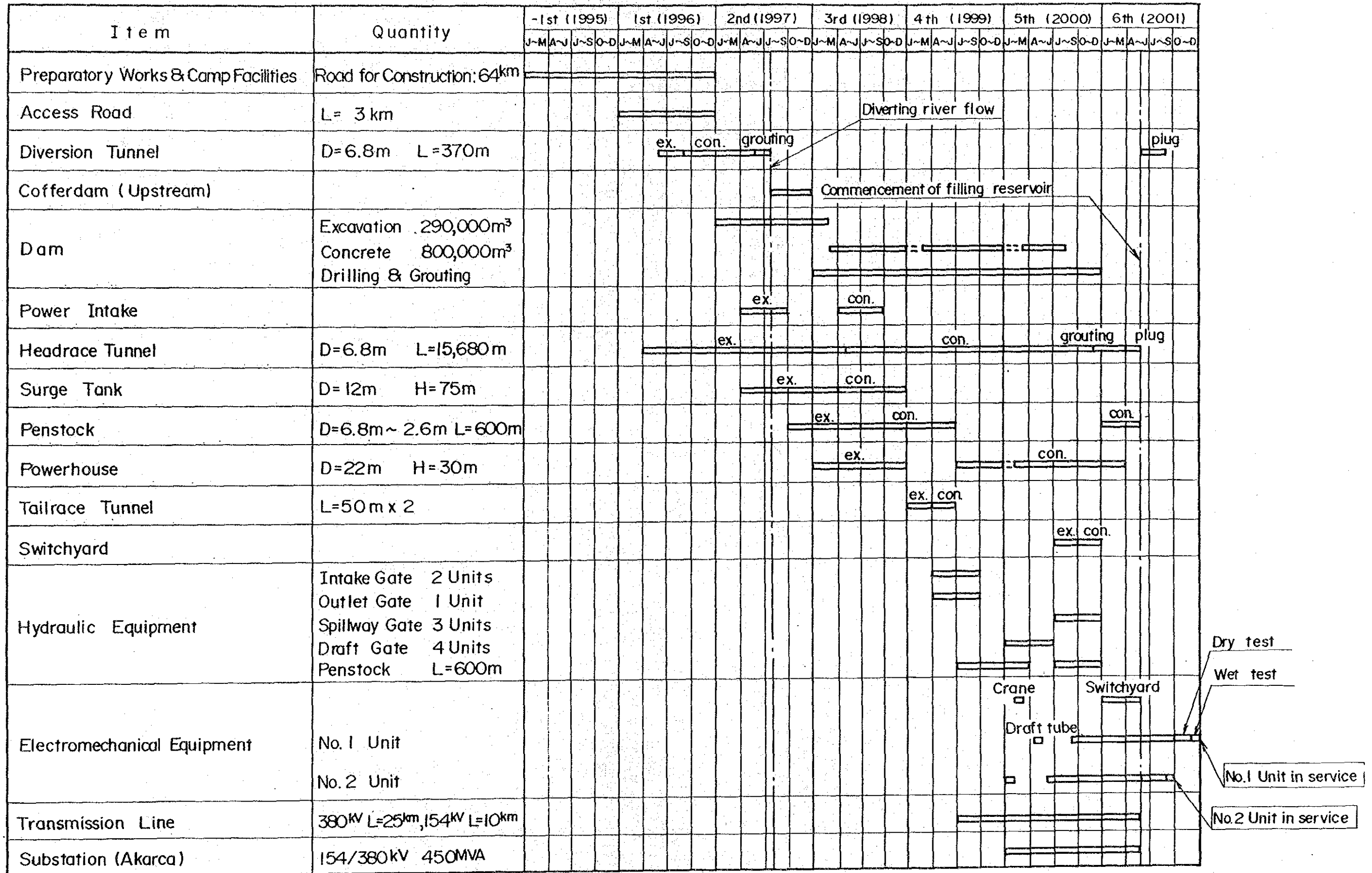


Fig. 5 Construction Schedule



5. 結 論

本計画はトルコ共和国南東部に位置し、地中海に注ぐSeyhan河の支流である Zamanti川の最下流部に建設されるZamanti Göktaş水力発電開発計画である。

現在までの入手資料に基づく検討結果によれば、本計画は技術的および経済的観点からフィージブルであると結論づけられる。以下に結論の内容につき、述べる。

- (1) 本計画はトルコ国内の資源の一つである水力資源を有効活用した大規模水力発電所を建設し、電力需要に対し豊富な安定した電力を供給することを目的とする。

また、本計画を実施することにより、当該地域の経済開発に寄与することができる。

- (2) トルコ共和国における電力需要の伸びは供給力不足のため、1980年から1983年頃にかけて行われた計画停電により低迷した。しかし、1984年には供給力の増加と外国からの電力輸入により、12%台の伸びを示した。

その後、電力需要は毎年着実に伸びており、1986年以後は2桁台の伸び率を記録した。ちなみに、1987年現在の電力設備は12,493MW(44,353GWh: 輸入分は含まず)である。トルコ政府は電力需要をまかなうために、現在国内資源を活用した大規模発電所の建設を進めている。

トルコ政府TEKが実施したMAED法による需要想定によれば、1990年に10,370MW(64,910GWh)、2000年に26,955MW(166,830GWh)、2010年に52,730MW(323,850GWh)に達するものと想定される。

- (3) 本計画が全国電力系統に投入される時期は、追加調査、詳細設計および建設に必要とされる期間を考慮して、2000年頃運転を開始することが妥当であると判断される。
- (4) 本計画はSeyhan河上流域マスタープランで提案されている Zamanti川の最下流部に位置しており、この地域は、河川勾配が急であり、河川の両岸も急峻な地形をなしている。このため中規模の貯水池とトンネルを組合わせた、ダム・水路式計画に有利な地点特性を持っている。

Adana からダム地点までの輸送路として二つのルートが考えられる。一つはAdanaよりImamoglu, 発電所地点を經由してZamanti川沿いにダム地点に到達するルートである。もう一つのルートはAdana からCatalan, Karsantiを經由し、標高1,500mの峠を超えてダム地点に至るルートである。これら二つのルートについて比較検討した。経済性、工事計画および将来のダム・発電所の維持管理を考慮すると発電所地点を經由

する前者が適当である。

(5) Göktasダム地点からKavsak貯水池末端までの有効落差の開発について1段、2段および3段開発(2案)とする4つの比較案を検討した結果、最も経済性で優れている1段開発が基本開発案として選定された。

(6) Göktas貯水池の満水位は、貯水池内の地質、堆砂量、有効貯水容量を考慮して、標高630m、620mおよび610mの3ケースについて比較検討した。また、貯水池の有効容量については利用水深40m、30m、20m、10mおよび0mの5ケースについて比較検討した。

これらの比較検討の結果、経済的および地形、地質等の条件を総合的に勘案して、貯水池満水位630m、利用水深10mが最適であると判断した。この場合の貯水池の総貯水容量および有効貯水容量はそれぞれ $109.33 \times 10^6 \text{ m}^3$ および $24.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ となる。

(7) Göktas発電所の最適規模についてはピーク継続時間6時間、8時間および10時間の3ケース、最大使用水量 $81 \text{ m}^3/\text{s}$ から $162 \text{ m}^3/\text{s}$ まで変化させた5ケースについて比較検討した。検討の結果、最大使用水量 $108 \text{ m}^3/\text{s}$ 、設備出力270MW(年間発生電力量:1,160GWh)が最も有利である。

(8) 貯水池最上流部を除いて貯水池地域の大部分を占めるオフィオライト(かんらん岩)は、不透水性で地下水位も高いことから、貯水池の保水性に問題はないと考えられる。貯水池末端で河床標高610mより上流に石灰岩が分布している。貯水池の満水位標高630mに対し、水深にして最大20m、また長さにして約600mが石灰岩分布域に入ることとなる。地表地質調査によれば、この部分の石灰岩分布域からの漏水が発生する徴候は発見されていない。しかし安全を期するため、この貯水池最上流部の保水性を確認するための追加調査が必要であろう。

(9) Göktasダム地点の地質は堅硬なかんらん岩から構成されている。表層には小規模な断層が介在し、また節理が発達して部分的には節理面に蛇紋岩化が見られるが、いずれも不連続なもので、深層まで達するものでない。

ダム地点の地形は部分的には直立に近い急斜面が連続したV字谷で、また川幅も約40mと狭い。

(10) Göktasダムの型式については、地形、地質、気象、コンクリート用骨材、ロック・

土質材料の賦存等を勘察し、総合的に検討した。検討の結果、コンクリート・重力式ダムとコンクリート・アーチ重力式ダムが適当と判断した。これらダム型式として有望と考えられ両型式についてフイージビリティ設計を行い比較検討した。検討の結果、ダム型式としては、経済的および技術的にもコンクリート・アーチ重力式が望ましいと判断した。選定されたダムの高さおよび体積はそれぞれ 148m および 800,000m³となる。

洪水吐はダム堤体のほぼ中央に位置し、幅14.0m、高さ13.0mのラジアルゲート3門を設置する。

- (11) 取水口はダムより約 100m上流の右岸にゲート・立坑型を設置する。導水路トンネルは十分な土かぶりと作業横坑が取付け易いという条件を満たす範囲で取水口地点と調圧水槽地点を最短距離で結ぶように選定した。導水路の延長および内径はそれぞれ 15.7km および 6.8m である。調圧水槽は越流型を採用した。水圧管路は上部は明り鉄管とし、標高 420m 以下の下部は施工性、経済性を勘案して埋設型とした。本水圧鉄管は延長 600m で、末端部において 2 条に分岐する。
- (12) 発電所の形式は、地形、地質、施工性、および経済性を考慮して地上式と半地下式の比較検討を実施した。検討の結果、半地下式が選定された。電気主機台数は 2 台とし、水車型式および発電機はそれぞれ立軸フランス水車 (137.5MW) および三相交流同期発電機 (150MVA) とした。
- (13) 開閉所は地形および地質を考慮して、発電所の対岸の段丘に設置することとした。発電所と開閉所は 154kV × 2cct 連絡送電線にて連系される。
- (14) Göktas 発電所で発電する電力はGöktas開閉所からAkarca変電所を経由して154kV および380kV (延長約35km) 送電線によりYedigoze変電所まで送電される。さらにYedigoze変電所より Adana変電所まで送電される。
- (15) 環境影響調査は、限られた現地調査と収集した資料に基づいて行ったものである。検討結果からは、貯水池によって水没する農地に係る住民への影響を除き、自然環境や社会環境に大きな影響は無いと言える。

本計画の遂行に当たって不必要かつ目的外の環境変化を来したり、人々の基本的な生活権を侵すことのないよう、成功裡に計画が完了する必要がある。

従って、工事中の自然環境に対する侵害は、最小にすべきである。又、工事中およ

- (16) Göktas計画の開発に要する初期総投資額は1988年6月時点で $583,315 \times 10^6$ TL (US\$ 448.7×10^6) であり、その内訳は以下の通りである。

ダム、発電所および付属設備

内貨	$320,872 \times 10^6$ TL	(US\$ 246.8×10^6)
外貨	$241,916 \times 10^6$ TL	(US\$ 186.1×10^6)
計	$562,788 \times 10^6$ TL	(US\$ 432.9×10^6)

送電線設備

内貨	$8,586 \times 10^6$ TL	(US\$ 6.6×10^6)
外貨	$11,941 \times 10^6$ TL	(US\$ 9.2×10^6)
計	$20,527 \times 10^6$ TL	(US\$ 15.8×10^6)

合計

内貨	$329,458 \times 10^6$ TL	(US\$ 253.4×10^6)
外貨	$253,857 \times 10^6$ TL	(US\$ 195.3×10^6)
計	$583,315 \times 10^6$ TL	(US\$ 448.7×10^6)

Göktas発電所のKWおよびKWh当りの建設費は発電端でそれぞれ $2,084.4 \times 10^3$ TL (US\$ 1,603.4) および 485.3TL (US\$ 0.37) である。なお本計画の建設期間は約6ヶ年と想定した。

- (17) 本計画の代替発電設備として輸入炭石炭火力発電所を想定し、本計画と比較した。

その結果、本計画の純現在価値額 (B-C) および便益費用比率 (B/C) はそれぞれ $227,476 \times 10^6$ TL (US\$ 174.98×10^6) および 1.69 である。

- (18) 本計画の評価として、まず市場価格に基づく財務的内部収益率 (FIRR) と本計画

で予想している借入利率との対比で財務的健全性を評価した。本計画の財務的内部収益率は 14.02% であり、この値は予想借入利率 9.5% に比べ有利である。次に財務的評価に用いた市場価格に対して価格修正により計算価格を算出し、この価格に基づいて本計画の経済的内部収益率 (EIRR) を求めた。この経済的内部収益率とトルコ共和国における資本の機会費用との比較で経済性の評価を行った。

本計画の経済的内部収益率は 14.38% であり、この値はトルコ国の資本の機会費用 12% を超えている。従って、本計画は財務的および経済的見地からもフィージブルな計画であると結論づけられる。

- (19) 上述した本計画 (以下、基本計画案と呼ぶ) は経済性の観点から最適案として選定

された。一方、この基本計画案に次ぐ計画として代替案が“第17章代替開発計画の検討”に記述されている。この代替案はGöktas貯水池およびダム (基本計画案と同じ) と3つの発電所 (合計出力264.5MW) を建設するものである。この代替案は基本計画案

に比較して調達可能資金量に応じて、上流から1発電所ごとの開発が可能となるが、技術的および経済性に劣る。

6. 勸告

Zamanti Göktas水力発電開発計画は技術的および経済的にフィージブルであるので、実施するよう勸告する。

本計画を遂行するためには、以下の事項を実施する必要がある。

- (1) 実施設計および入札書類の作成等建設に必要な諸準備を実施する必要がある。
- (2) 実施設計を行うためには本報告書第16章“今後の調査”に示すような項目について追加調査および試験を行い、その結果は詳細設計に十分反映されなければならない。
- (3) 本計画（基本計画案）に替えて代替案を採用することは経済的に望ましくないが、この計画で実施しようとする場合には、実施設計の前に現地調査および技術的検討がさらに必要である。

JICA