No.19

トルコ共和国

クズルルマック河

ボヤバット-ケペス水力発電開発計画

調査報告書

1979年3月

国際協力事業団

トルコ共和国

クズルルマック河

ボヤバット-ケペス水力発電開発計画

調査報告書

1979年3月

国際協力事業団

はしがき

日本政府はトルコ共和国政府の要請に基づき，同国において最も緊急かつ重要性の高い電力事情改善対策の一環に資するため，同国中部クズルルマック河に計画されたボヤバットーケベス水力発電開発計画のフィージビリティ調査を行うこととし，その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団はこの電源開発の重要性を考慮し，1978年9月9日から10月13日に至る35日間にわたって，原田信昭氏（電源開発株式会社）を団長とする6名の調査団を派遣し，トルコ共和国政府関係機関の協力を得て現地調査を実施した。

本報告書は現地調査並びに収集した資料に基づき，帰国後解析・検討し，その成果を取りまとめたものである。

本報告書がトルコ共和国の電源開発に寄与するとともに，我が国との経済交流および友好親善の一助となれば誠に喜ばしいことである。

終りに，今回の調査に当たられた団員各位に謝意を表わすとともに，調査実施に当たって御協力いただいたトルコ共和国政府関係機関の方々を始め，在トルコ共和国日本大使館，外務省および通商産業省の関係各位に対し衷心より感謝の意を表わすものである。

1979年3月

国際協力事業団

総裁　法眼晋作

[illegible]

[illegible]

伝　達　状

国際協力事業団
総裁　法　眼　晋　作　殿

ここに提出するのは，トルコ共和国におけるBoyabat−Kepez 水力発電開発計画のフィージビリティ調査に関する報告書であります。

本計画調査の調査団は原田信昭を団長として6名で編成され，1978年9月9日から10月13日までの35日間にわたり，現地調査を行いました。調査団は，トルコ共和国において本計画調査に必要な資料を収集し，地形，地質，材料および水文等の現地調査を行いました。

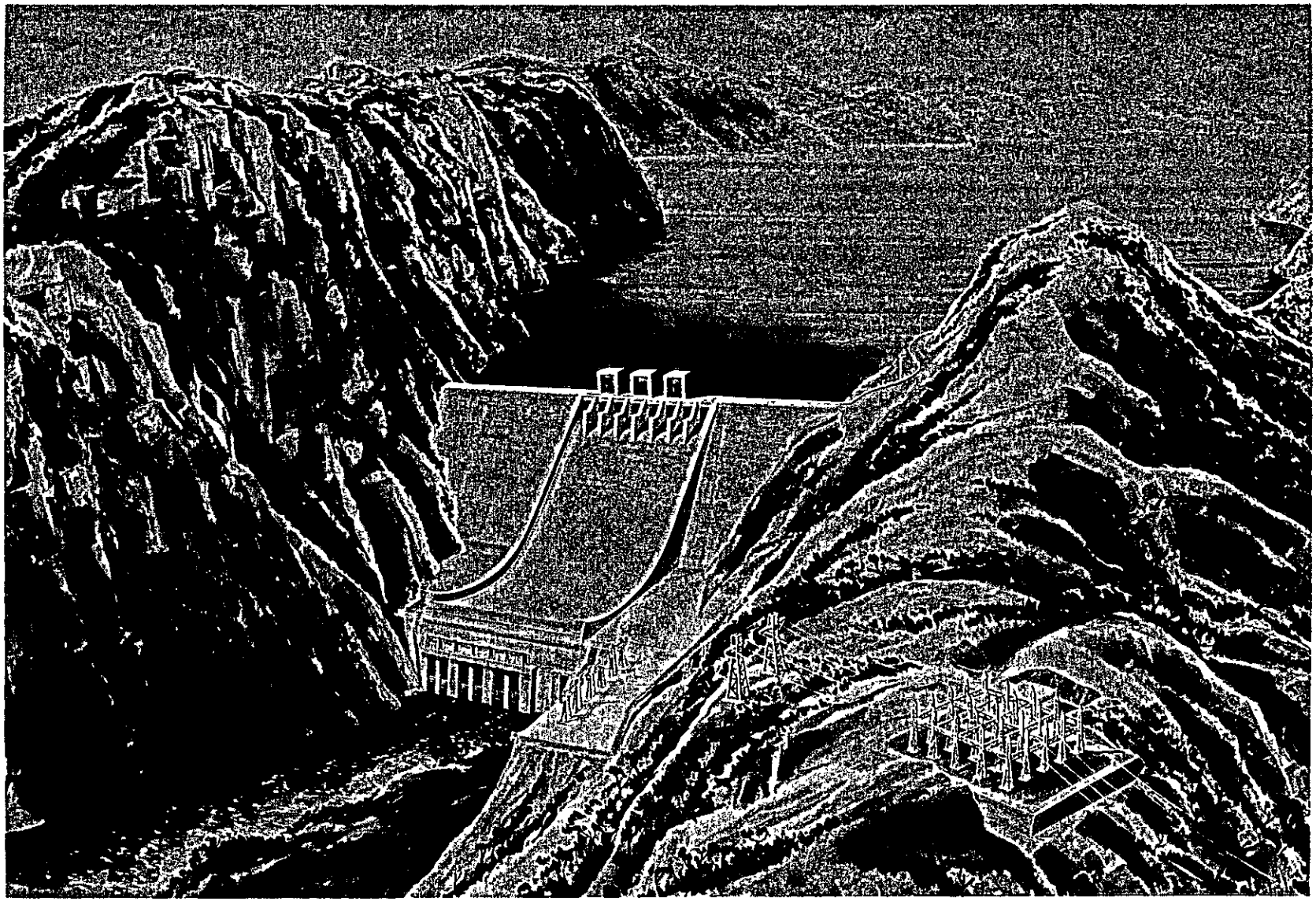
調査団は帰国後，電力需要想定，水文解析，地質解析，発電計画検討，予備設計，工事費積算および経済評価等を行い，現地調査および収集資料に基づき，本計画のフィージビリティ調査報告書を作成しました。

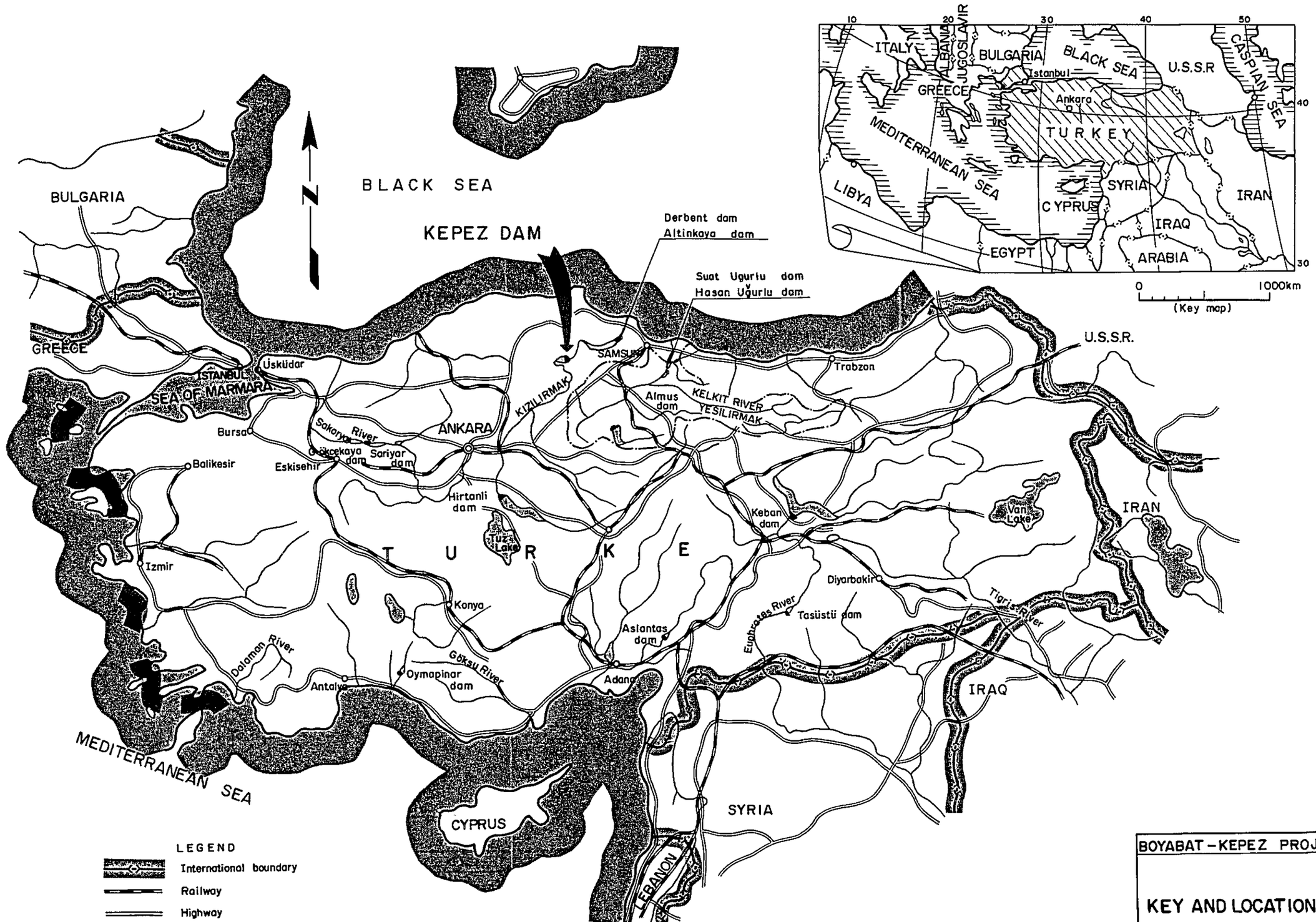
この報告書の提出により，トルコ共和国の電源開発が今後，一段と推進されることを切に念願するものであります。

本報告書の提出にあたり，本調査の実施に，多大の御協力を賜わったトルコ共和国政府関係機関の方々を始め，在トルコ共和国日本大使館，外務省及び通商産業省の方々に対し，心から感謝の意を表します。

1979年3月

ボヤバット−ケペス水力発電開発計画調査団
団　長　原　田　信　昭

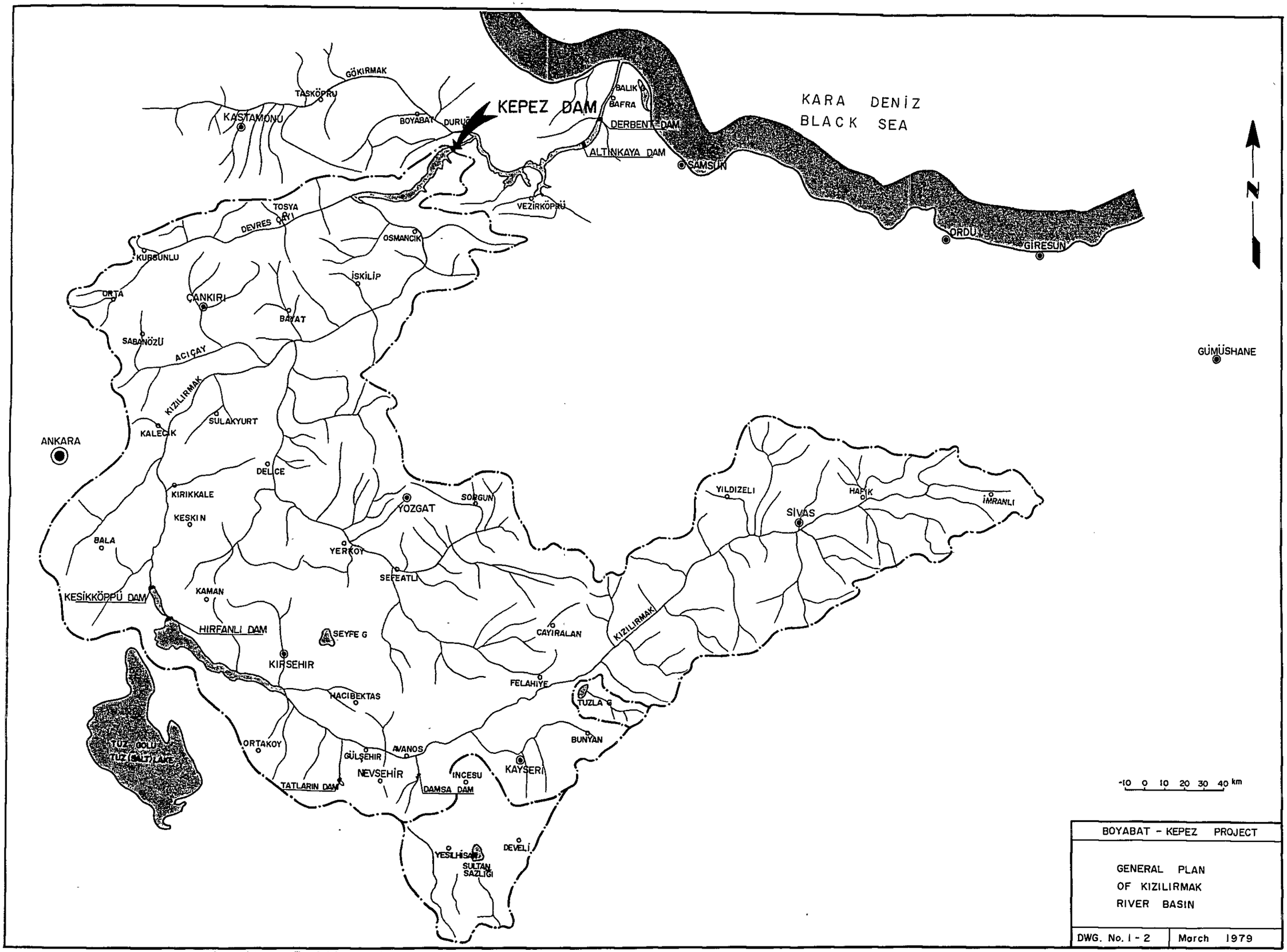




BOYABAT-KEPEZ PROJECT

KEY AND LOCATION MAP

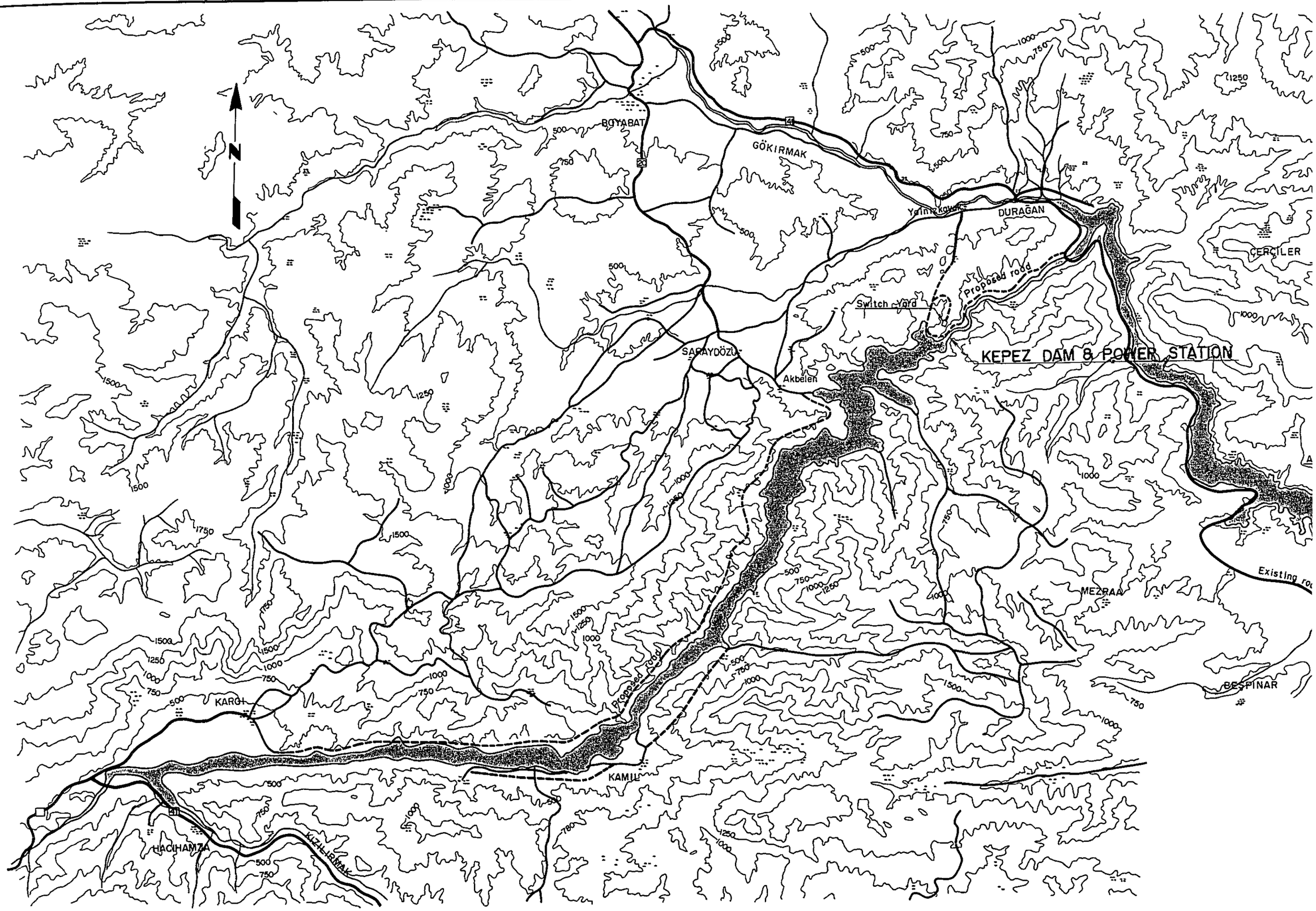
Dwg. No.I-1 | March 1979

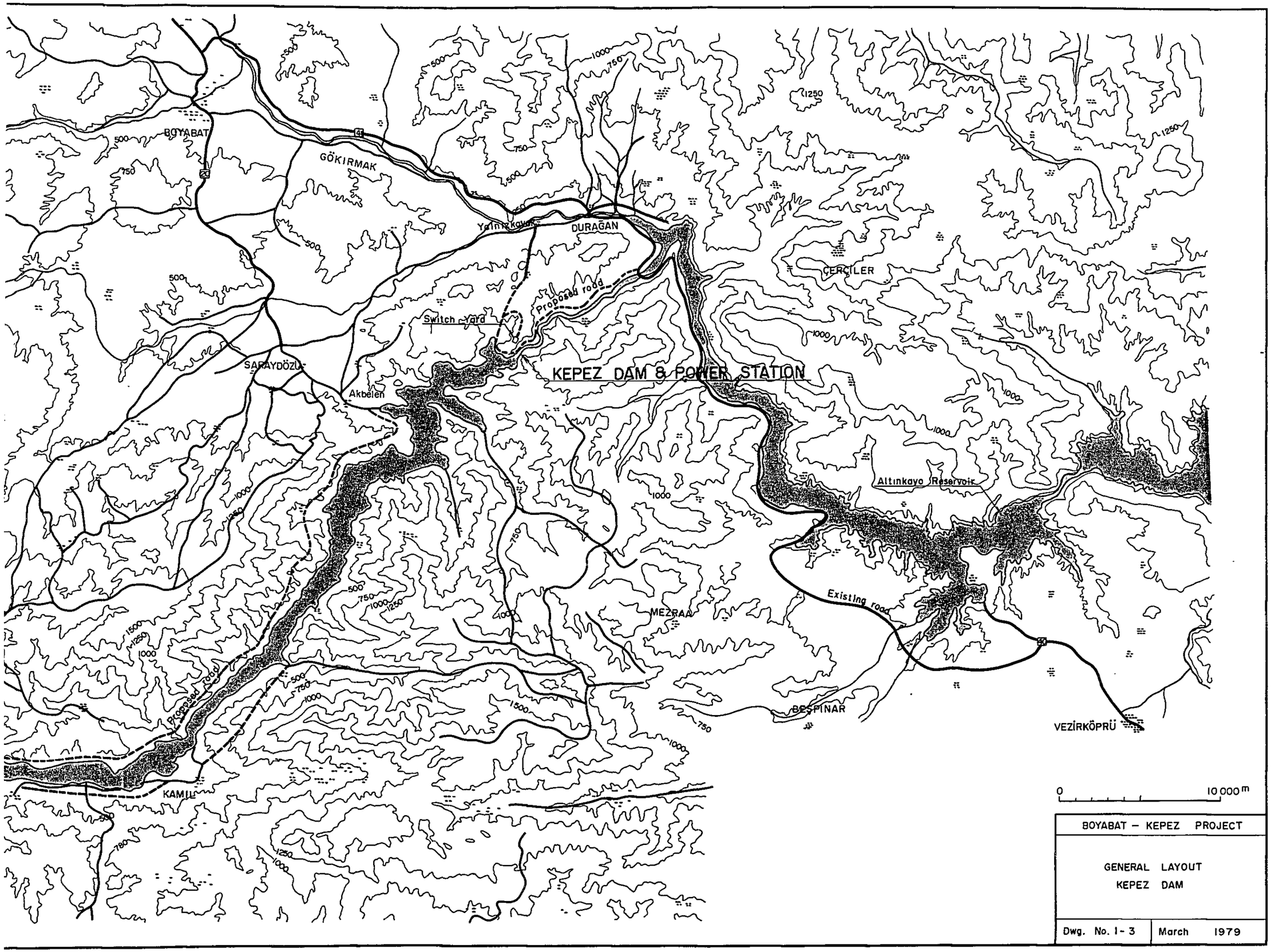


BOYABAT - KEPEZ PROJECT

GENERAL PLAN
OF KIZILIRMAK
RIVER BASIN

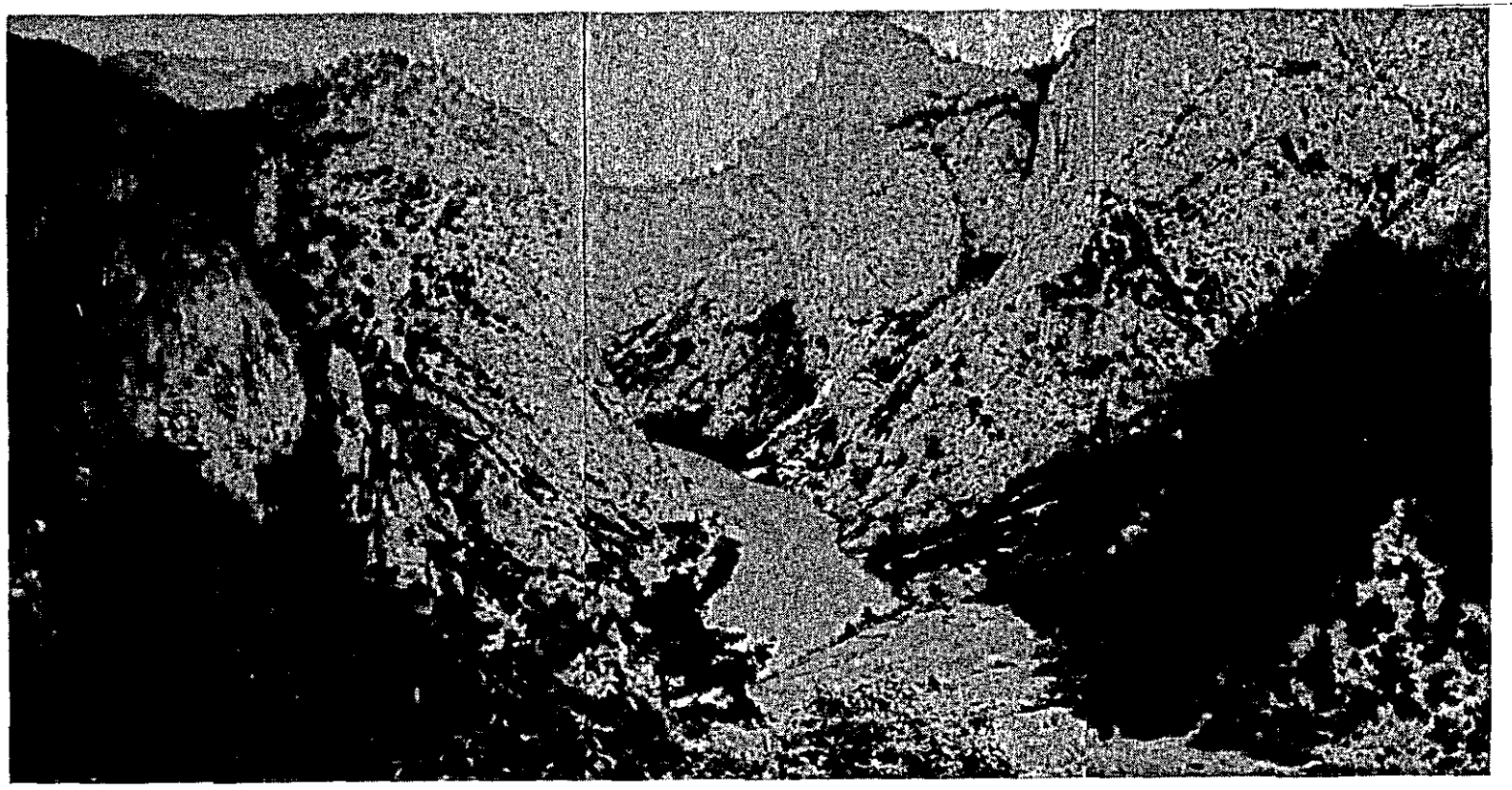
DWG. No. 1 - 2 | March 1979


N
BOYABAT
GÖKIRMAK
Yalınkoyak
DURAGAN
ÇERÇİLER
Proposed road
Switch Yard
KEPEZ DAM & POWER STATION
SARAYDÖZÜ
Akbelen
MEZRAA
Existing ro
BEŞPINAR
KARGI
KAMIŞ
HACIHAMZA
KIZILIRMAK


BOYABAT
GÖKIRMAK
DURAĞAN
Yalınkoyak
ÇERÇİLER
Proposed road
Switch yard
KEPEZ DAM & POWER STATION
SARAYDÖZÜ
Akbelen
Altınkayo Reservoir
Existing road
MEZRAA
BEŞPINAR
VEZİRKÖPRÜ
KAMIL
0
10 000 m
BOYABAT – KEPEZ PROJECT
GENERAL LAYOUT
KEPEZ DAM
Dwg. No. 1-3
March 1979

Kepez Dam Site

— Looking Downstream —



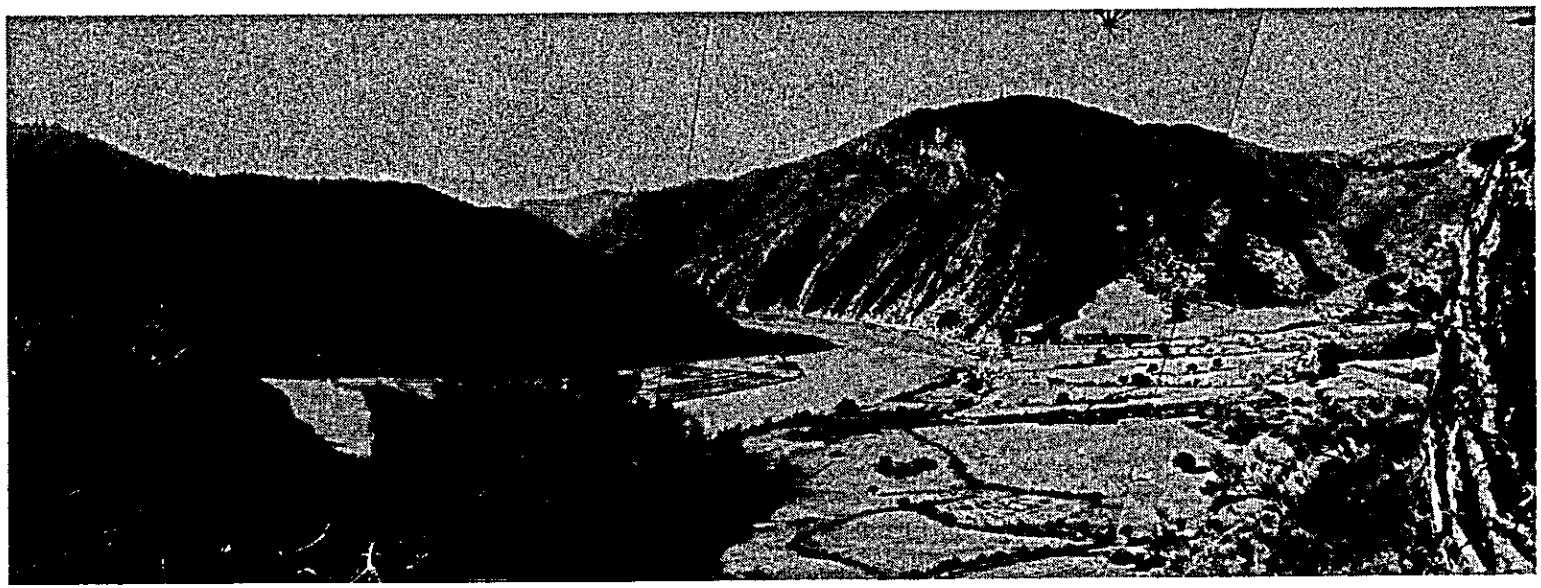
Kepez Dam Site

– Looking Upstream –

Site for Switch Yard

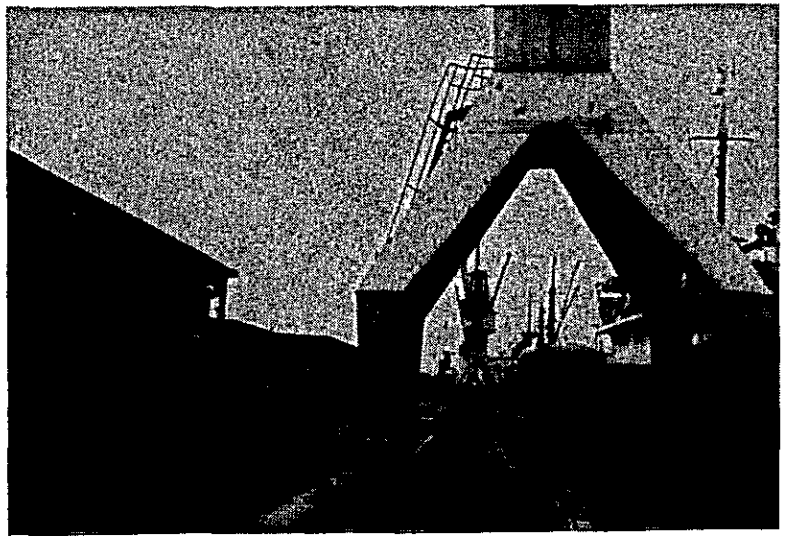
Boyabat Dam Site

— Looking Upstream —



Hirfanlı Dam and Reservoir

Samsun Port



目　　次

第Ⅳ部　Boyabat 水力発電開発計画

APPENDIX

緒　論

緒　　論

1973年の石油危機は世界各国のエネルギー政策に大きな変化をもたらし，石油価格はその後も漸増の傾向にあり，資源埋蔵量に対するさまざまな評価も相まって，エネルギー問題は今なお流動的である。

石油資源に乏しいトルコ共和国にとって，石油価格の高騰による影響は大きく，かつ石油危機以来の世界経済の停滞は，工業化を進めようとしているこの国の経済活動に大きな打撃を与えた。

トルコ共和国は1963年以後計画経済を実施しているが，その目標とするところは農業を主とする産業構造を工業化することによって経済成長を計ることにある。この工業化の推進にあたって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輸入エネルギーの節約を計るため，国内エネルギー資源の開発利用が緊急課題として取り上げられ，エネルギー資源とりわけ水力エネルギー資源の開発が精力的に進められている。

トルコ共和国の近年の電力需要は年平均13％の伸び率で増加している。水力開発に関していえば，経済的に開発可能な包蔵水力は30,000MW（100,000GWh）と見積られており，現在6％の水力が開発されているに過ぎない。

1978年から始まる第4次5ケ年計画では8％のGNPの伸び率を達成しようとしており，このため電力需要は年平均13％の伸びが期待されている。この電力需要の伸びを水力および火力で供給する計画であるが，水力にあっては，大容量の貯水池式発電所の開発が期待されている。

このような事情を背景に，1978年，トルコ共和国政府はKızılırmak河 Bayabat－Kepez水力発電計画を推進するため，フィージビリティ・スタディの実施方を日本政府に要請して来た。この要請に応じ，日本政府は国際協力事業団（JICA）にこの計画の調査実施を委託した。

国際協力事業団（JICA)は下記調査団を1978年9月9日から10月13日までの35日間にわたり派遣し，現地調査を実施した。

団　長	原田信昭	土木技師	電源開発(株)
	小稲英之	電気技師	電源開発(株)
	牛島照美	土木技師	電源開発(株)
	田原輝男	地質技師	電源開発(株)
	小西　潔	土木技師	電源開発(株)
	末森　満	業務調整	国際協力事業団

現地調査の期間中，国家水利庁（DSİ）本局および国家水利庁第7地方局の多数の技術者をはじめ，電力調査庁（EİE）およびトルコ電力庁（TEK）のこの計画に関連する多数の技術者が，資料の整理および提供，現地調査に協力した。

調査団は帰国後，1978年10月から1979年3月までこの計画のフィージビリティ・スタディを行い，本報告書を作成した。

本計画の報告書作成過程において，調査結果について討議を行うため，1979年2月8日に国家水利庁第7地方局のRüştü Güner氏およびNeşet Aydurak氏が協力者として来日し，2月27日まで日本に滞在した。

また原田信昭氏は1979年2月20日から3月4日まで，報告書の草案をトルコ共和国関係機関に説明し，スタディの最終調整を行った。

なお，現地調査で得られた資料等はAppendixに要約されている。

Synopsis

Item	Unit	Description
Location		On the Kızılırmak River
Catchment Area	km^2	64,724
Annual Inflow	$10^6 m^3$	4,806
Design Flood	m^3/sec	9,300
Reservoir		
High Water Level	m	330.50
Normal Water Level	m	330.00
Reservoir Area	km^2	65.39
Gross Storage Capacity	$10^6 m^3$	3,557
Effective Storage Capacity	$10^6 m^3$	1,410
Diversion Tunnel		
Diameter	m	7.80
Length	m	900 + 980 = 1,880
Dam		
Type	–	Concrete Gravity Type
Elevation of Crest	m	335.00
Height	m	195.00
Length of Crest	m	265.00
Volume	$10^3 m^3$	2,060
Spillway		
Type	–	Center Overflow with Radial Gates
Capacity	–	9,300 m^3/s at High Water Level
Number of Gates	–	8
Size of Gate	m	(B × H) 10 × 14
Intake		
Type	–	Attached to the Dam
Control Gate	–	Roller Gate
Penstock		
Type		Embedded in Dam Concrete
Length	m	171.00
Diameter	m	6.50 – 5.00

Item	Unit	Description
Powerhouse		
Type	-	Semi-underground Type
Power Generation Facilities		
Number of Units	unit	3
Unit Capacity	kW	170,000
Turbine		
Number	unit	3
Type	-	Vertical Shaft Francis Turbine
Normal Effective Head	m	125.50
Maximum Discharge	m^3/sec	157.00
Output	kW	176,000
Rated Speed	rpm	167
Generator		
Number	unit	3
Type	-	Vertical Shaft Synchronous Generator
Rated Output	kVA	190,000
Rated Voltage	kV	16.5
Rated Power Factor	%	90 (lagging)
Rated Frequency	Hz	50
Rated Speed	rpm	167
Main Transformer		
Number	unit	3
Type	-	3-phase, Indoor Type
Rated Capacity	kVA	190,000
Rated Voltage	kV	16.5/380
Rated Frequency	Hz	50
Switchyard		
Nominal Voltage	kV	380
Type of Circuit Breaker	-	SF_6 Circuit Breaker
Transmission Line		
Number of Circuit	unit	3
Nominal Voltage	kV	380

Item	Unit	Description
Construction Period	month	82
Annual Energy Production		
Total Energy	GWh	1,468
Firm Energy	GWh	925
Secondary Energy	GWh	543
Project Cost		
Investment (9.5% interest rate)	10^6TL	14,124
Surplus Benefit and Benefit-Cost Ratio		
Annual Benefit (B)	10^6TL	1,944
Annual Cost (C)	10^6TL	1,624
Surplus Benefit (B-C)	10^6TL	320
Benefit-Cost Ratio (B/C)	-	1.197
Internal Rate of Return	%	10.9

第Ⅰ部　結論と勧告

第Ⅰ部　結　論　と　勧　告

LIST OF TABLES

LIST OF DRAWINGS

第 I 部　結論と勧告

Bayabat－Kepez 水力発電計画はトルコ共和国第一の河川である Kızılırmak 河の下流部に位置している。Kızılırmak 河は Anatolia 高原東北部に水源をもち，中央 Anatolia 高原を貫流し，黒海に注いでいる。この計画にはダム地点として Boyabat と Kepez の 2 地点が選定されており，両者の技術的，経済的優劣を比較検討しダム地点を選定することが要請されていた。比較検討の結果，Kepez 地点が選定された。この Kepez 水力発電計画は高さ 195 m のダムを築造し，ダム直下流に設ける発電所によって最大出力 510 MW，年間発生電力 1,470 GWh の発電を行うものである。

この計画について調査，検討の結果，次の結論と勧告が得られた。

第1章 結　論

第1章 結　論

1.1　近年トルコ共和国における電力需要の伸びは著しく，最近数ケ年間の年平均電力需要の伸び率は13％に及ぼうとしている。これは1963年より始まる第1次から第3次5ケ年計画の実施による急速な工業化および国民生活水準の向上に起因している。1977年におけるトルコ共和国全体の電力需要は発電端で3,400MW，20,600GWhで，供給力不足の状態にある。

1978年より始まる第4次5ケ年計画によると，今後の電力需要の伸びは著しく，1980年まで年平均13％の伸び率を予測し，1985年には発電端で10,000MW，56,000GWhと1977年の2.7倍に，また1990年には発電端で17,200MW，96,000GWhに達するものと想定されている。トルコ共和国は，この電力需要をまかなうべく，現在，Elbistan火力発電所，Hasan Uğurlu，Karakaya等の大規模水力発電所の建設を進めており，一方，Altınkaya，Kılıçkaya等の貯水池式水力発電所の至近年の工事着手をめざして準備を進めている。しかしながら電力需要の伸びに対し，これらの発電所の供給力ではまかないきれない状態にある。石油危機に端を発した国内経済の停滞により，これら発電所の工事進捗および計画推進は遅延しており，供給力の確保は予断を許さない現状にある。

1.2　Kepez水力発電計画は検討の結果，技術的および経済的にフィージブルであると判断される。

1.3　電力需要の増大に対応するため，この計画を電力系統へ投入する時期は，計画されている電力の需要供給計画が予定通りに進捗するものとすると，1991年に運転を開始することが妥当と判断される。またKepez発電所の地域特性を考慮すると，Altınkaya発電所に次ぐ開発地点として積極的に開発が推進されることが期待される。

1.4　Kepez地点は両岸が急峻な狭い峡谷となっているため，ダム形式としてはコンクリートダム形式以外は適切ではない。また洪水吐は堤頂部越流形式が，発電所はダム直下式が経済的に有利であると判断される。アーチダムの採用はダム以外の構造物の配置を考慮すると，技術的にまた経済的に有利ではない。従ってダム形式として重力式とグラビティ・アーチ式を比較すると，次表の通り総工事費に大差がない。グラビティ・アーチ式の場合地形が急峻なため，洪水吐，発電所等の構造が複雑となり，かつ当然のことながら重力式より施工が難しくなる。

従って，このフィージビリティ・スタディでは重力式が望ましいと判断する。

Table I-1-1 Comparison of Dam Types

Item	Unit	Gravity Type	Gravity Arch Type
Dam			
Crest Elevation	m	335.00	335.00
Dam Height	m	195.00	195.00
Crest Length	m	265.00	297.00
Concrete Volume	$10^6 m^3$	2.06	1.78
Construction Cost	10^6TL	14,124	14,120

1.5 Boyabat 地点は Kepez 地点の上流 6 km の地点に位置し，ダム地点は峡谷が開け河床幅が 270 m に達し，Kepez 地点と対照的な地形である。この地形的条件および地質的条件を考慮すると，ロックフィルダム以外のダムは経済的でないと判断する。

1.6 Boyabat 及び Kepez 地点を比較すると下表の通りである。前者の地点の場合，ダム堤体積が $20 \times 10^6 m^3$ に達するため，ダム以外の構造物の配置は地形的に格好の地点であるが，経済性が大きく劣っている。

1.7 Kepez地点の地質および建設材料に関連する結論は第Ⅲ部第 4 章に述べられている。

1.8 Kepezダム基礎岩盤の水密性については前項の地質の部で述べた通りであるが，F－1～F－7 断層を含む地表より深度 100 m の領域および F－5 断層に沿った地下深部までの領域は，グラウトにより基礎処理を実施し，漏水の軽減を計る計画とする。地下深部からの漏水量は前述の通り多いとは予想し難く，またダムの安定にも影響のない深部なので，この領域の基礎処理は実施しないこととしたが，この深部領域の基礎処理の必要性については今後の調査結果によって判断するのが望ましい。

1.9 この計画の設備出力は 3 ユニット 510 MW が適切と想定され，発生電力は 2 方向の送電ルート，計 3 回線の 380 kV 送電線によって，Çankırı 開閉所および Ereğli 変電所を経由して，トルコ共和国西部地方に送電する計画とする。

1.10 この開発に要する総投資額は 14.1×10^9 TL で，この内，内貨分は 6.8×10^9 TL，外貨分は 7.3×10^9 TL と想定される。

解析期間50年に対する年間便益と年間費用の比率および超過便益はそれぞれ約1.20および320 × 10^6 TLである。また内部利益率は10.9%で，発電原価は発電端で1.1 TL/kWh である。

Table I-1-2 Comparison of Kepez and Boyabat Projects

Item	Unit	Boyabat Project	Kepez Project
Reservoir			
Normal Water Level	m	330.00	330.00
Effective Storage Capacity	$10^6 m^3$	1,410	1,410
Available Depth	m	28.80	25.00
Dam			
Type		Rockfill	Concrete Gravity
Crest Elevation	m	335.00	335.00
Crest Length	m	670.00	265.00
Dam Height	m	195.00	195.00
Dam Volume	$10^3 m^3$	20,600	2,060
Generating Plan			
Maximum Discharge	m^3/sec	471	471
Effective Head	m	112.9	125.5
Number of Unit	Unit	3	3
Installed Capacity	MW	459	510
Annual Energy Production			
Firm Energy	GWh	823.6	925.4
Secondary Energy	GWh	517.9	543.0
Total Energy	GWh	1,341.5	1,468.4
Construction Cost	10^6TL	19,874	14,124
Economic Evaluation			
Annual Cost (C)	10^6TL	2,286	1,624
Annual Benefit (B)	10^6TL	1,756	1,944
Surplus Benefit (B-C)	10^6TL	- 530	320
Benefit Cost Ratio (B/C)		0.768	1.197