

国際協力事業団

トルコ共和国
公共事業省 国家水利庁

キョプルバシ水力発電開発計画調査

最終報告書

1994年12月

電源開発株式会社



トルコ共和国
キョプルバシ水力発電開発計画調査
最終報告書

94
・
12

国際協力
電源開発株



314
64.3
MPN

LIBRARY

資源調査

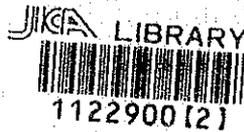
94-139

国際協力事業団

トルコ共和国
公共事業省 国家水利庁

キョプルバシ水力発電開発計画調査

最終報告書



1994年12月

電源開発株式会社



序 文

日本国政府は、トルコ共和国政府の要請に基づき、同国のBolu地区にキョプルバシ水力発電計画の調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成4年10月から、平成6年9月までの間、5回にわたり、電源開発(株)の高市 守氏及び長谷川泰資氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団はトルコ共和国政府関係者と協議を行うとともに、現地における調査を実施、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、トルコ共和国の水力発電開発計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものであります。

おわりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心から感謝申し上げます。

平成6年12月

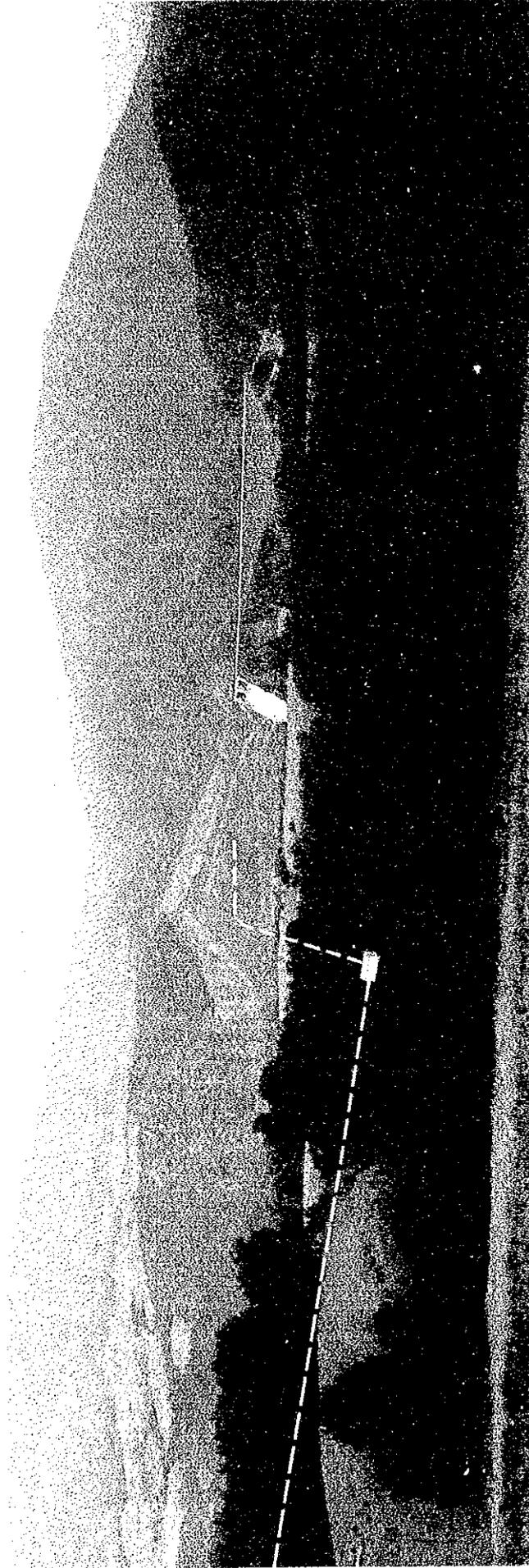
藤田 公 郎

国際協力事業団
総裁 藤田公郎



Composite Photograph of Dam and Appurtenances Structure

View from upstream left bank

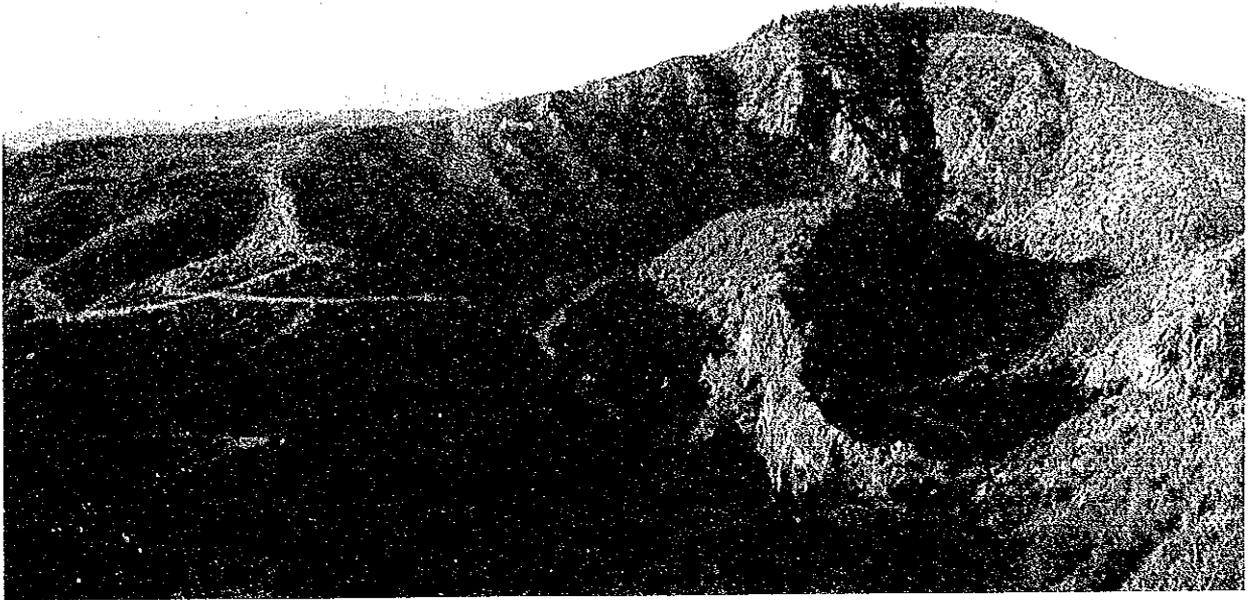


Composite Photograph of Dam Spillway and Power Structure

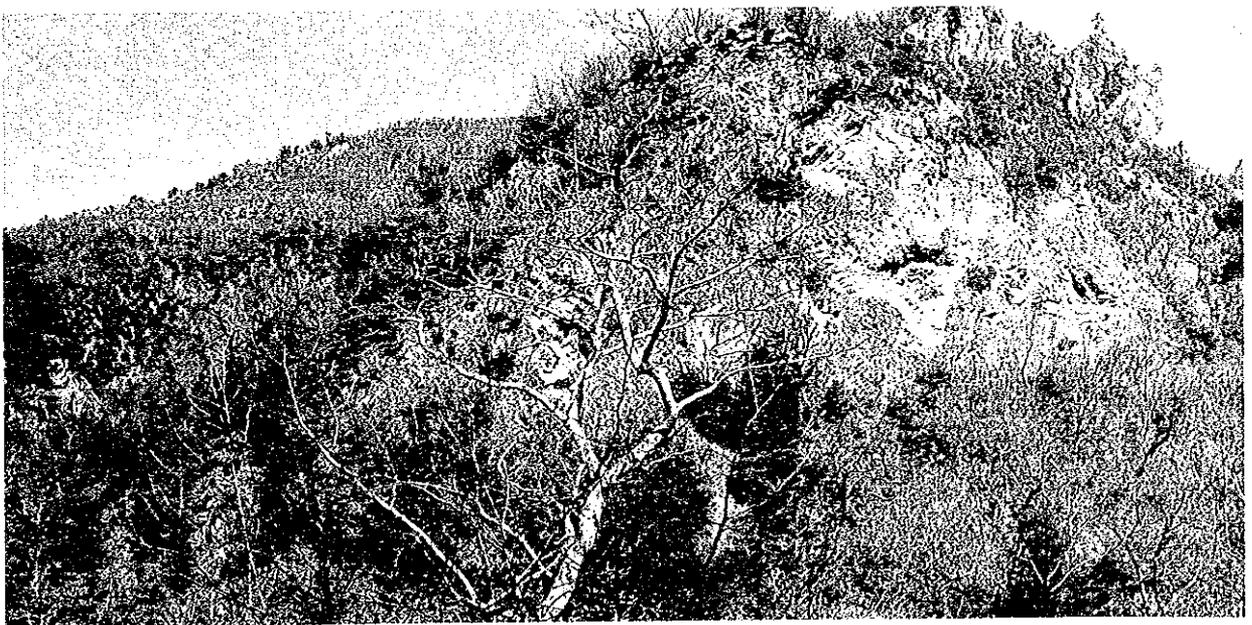
View from downstream left bank



Composite Photograph of Tailrace Tunnel and Channel
View from downstream left bank



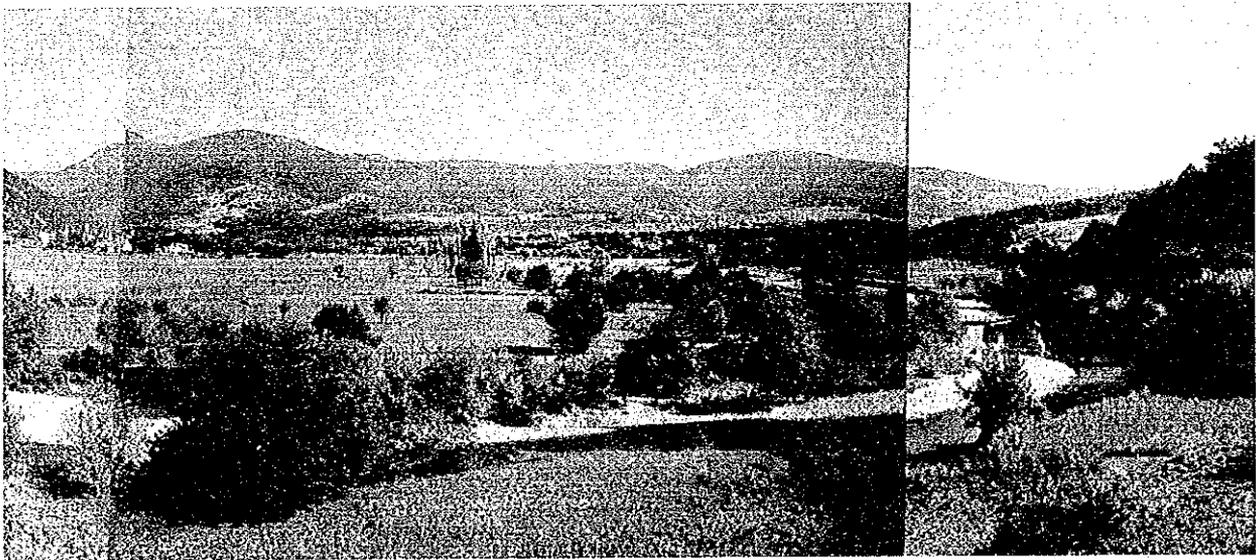
Rock Material Quarry, located 1 km upstream from Dam.
View from left bank



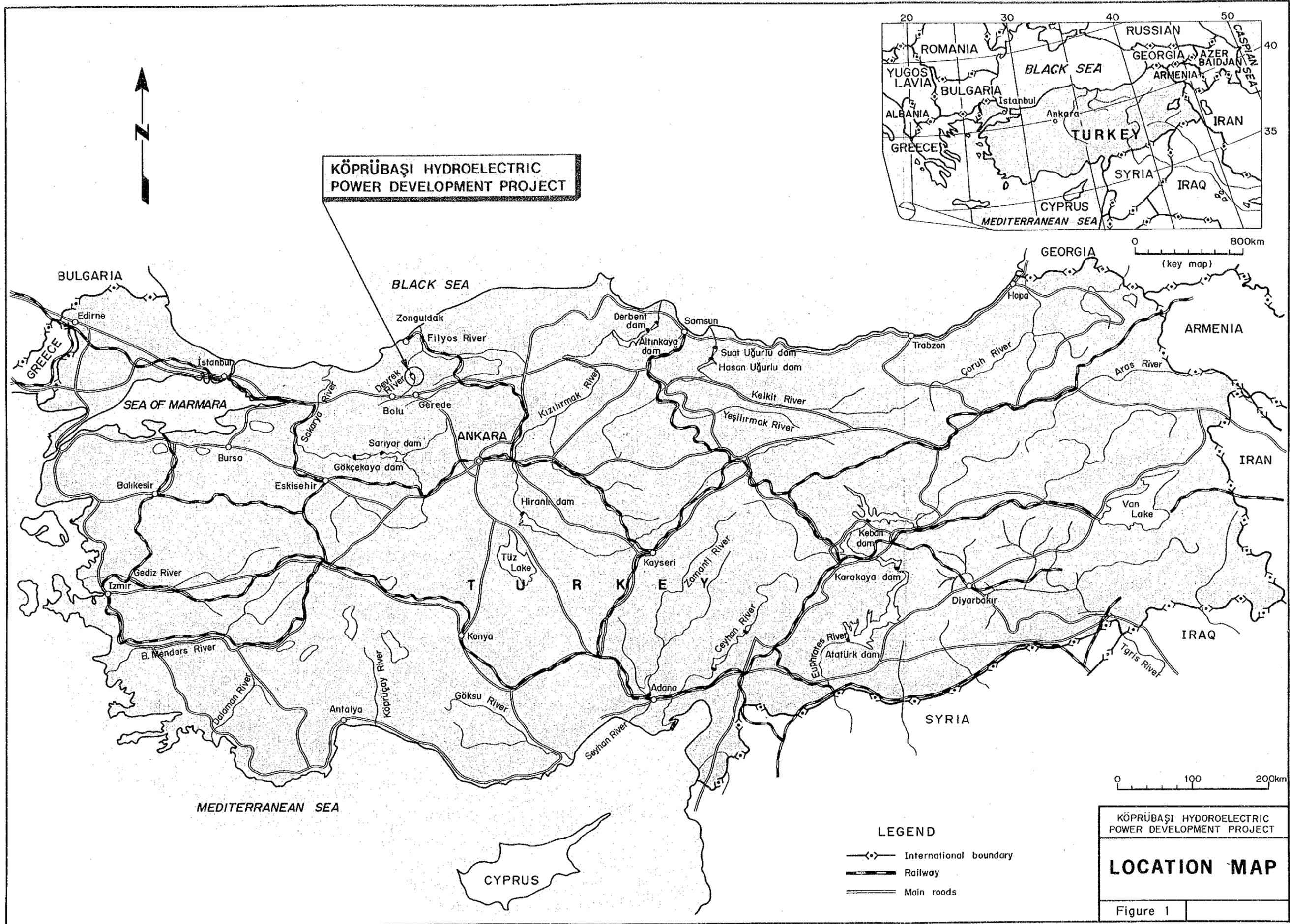
Riprap Material Quarry, located 16 km upstream from Dam.
View from left bank

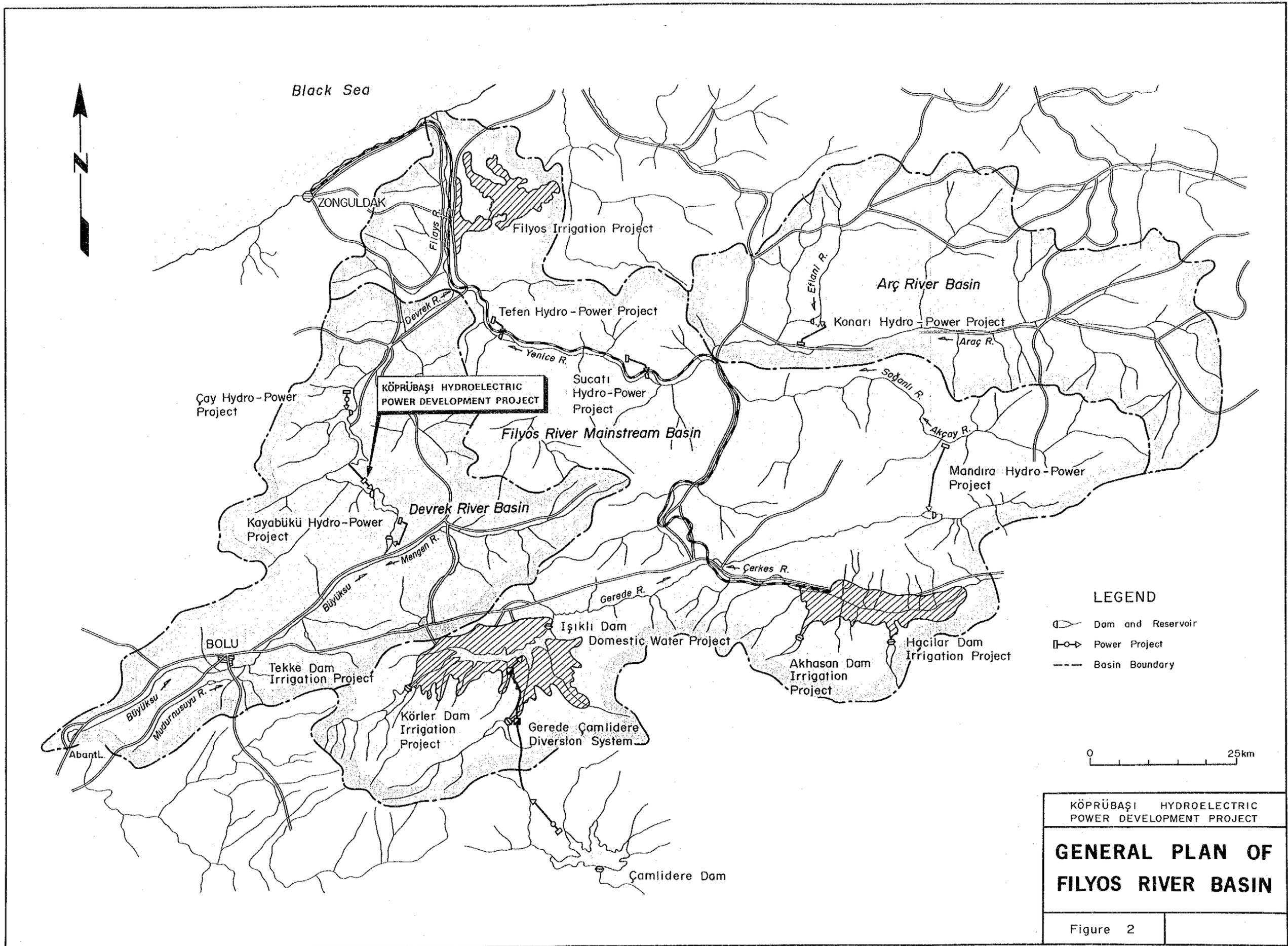


**Impervious Core Material and Borrow Area and Fine Filter Material Borrow Area,
located 5 km upstream from Dam.
View from left bank**



**Concrete Aggregate Borrow Area, located around Tailrace Outlet
View from right bank**

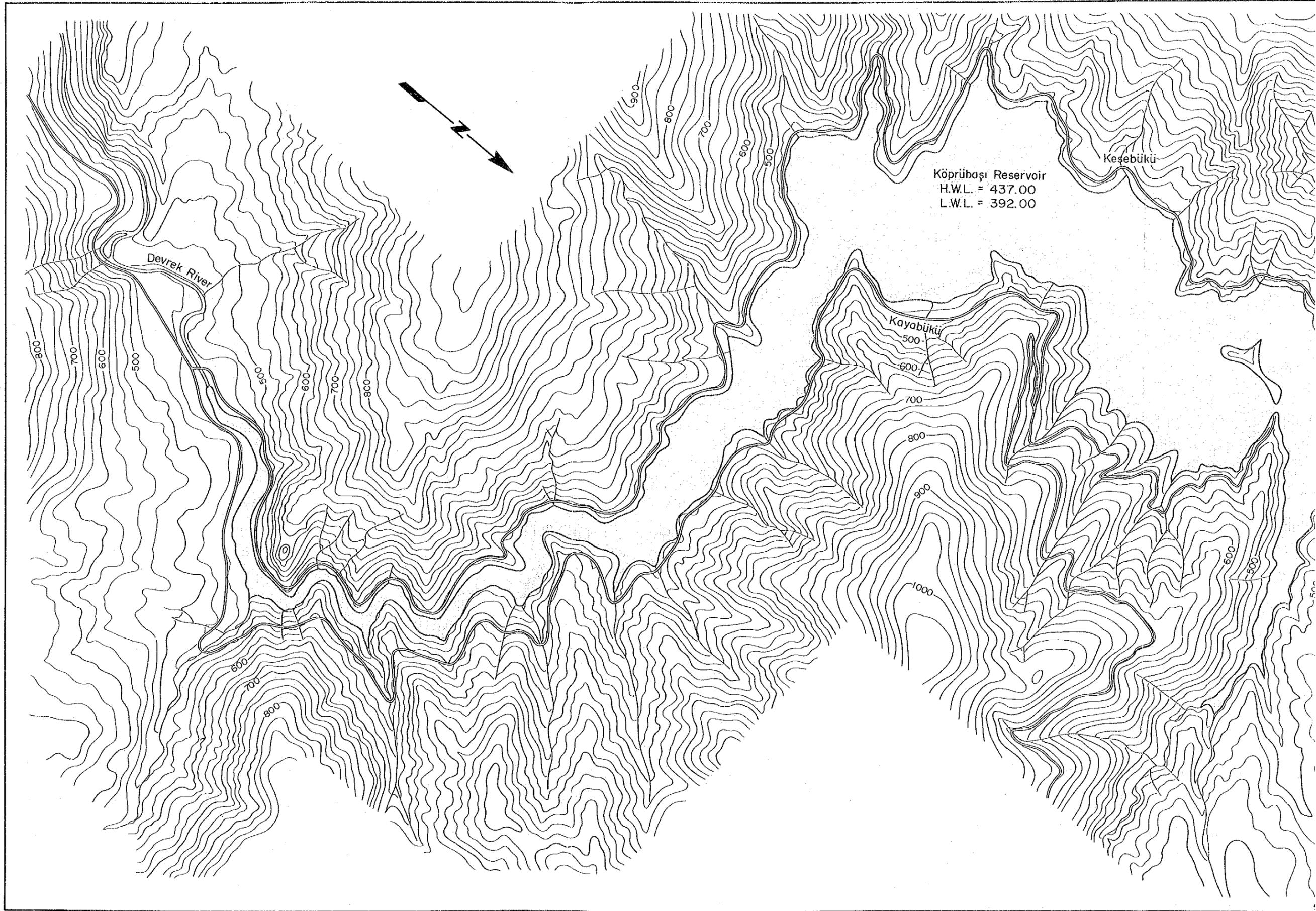


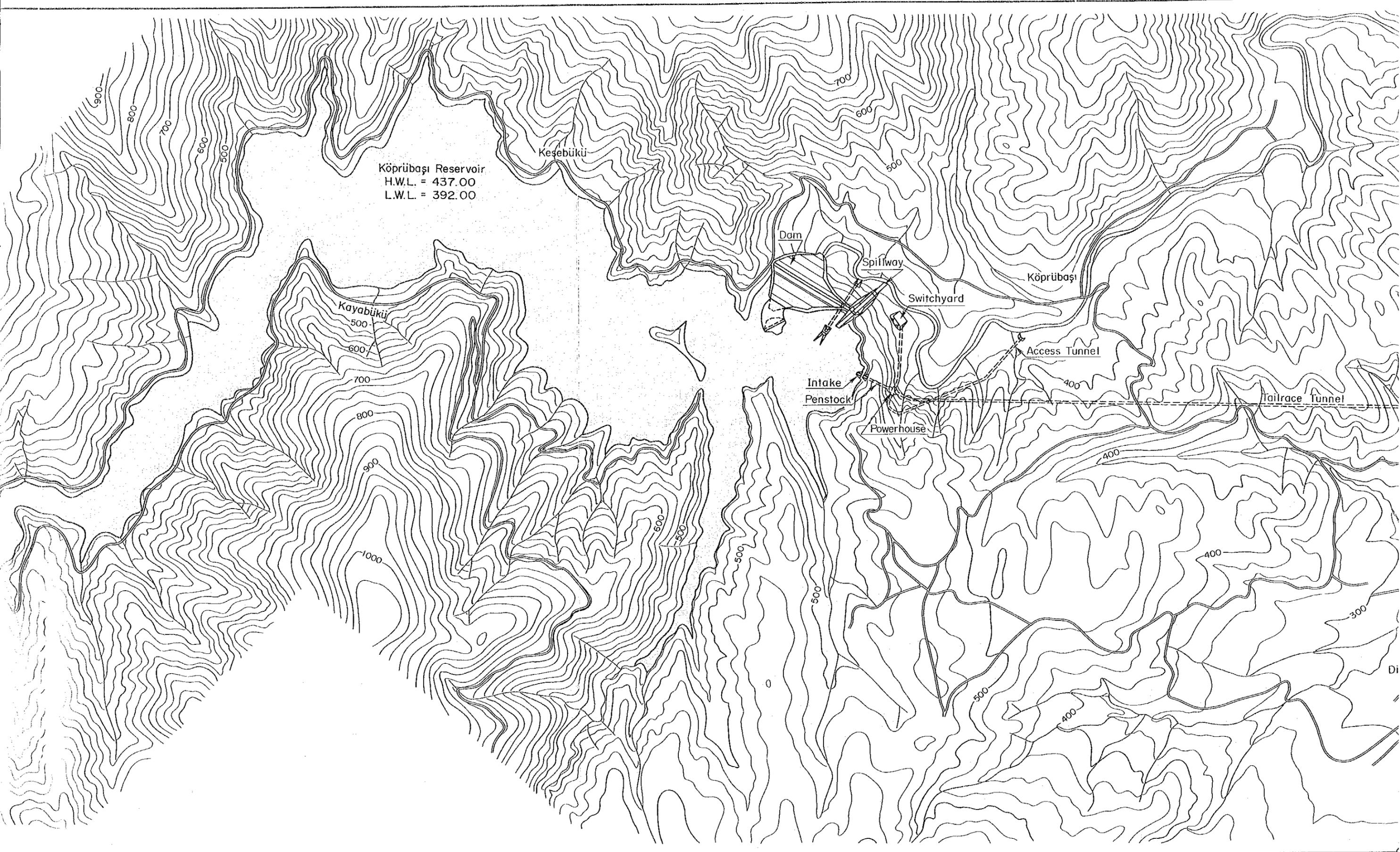


KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

**GENERAL PLAN OF
FİLYOS RIVER BASIN**

Figure 2





Köprübaşı Reservoir
H.W.L. = 437.00
L.W.L. = 392.00

Keşebükü

Kayabükü

Dam

Spillway

Switchyard

Köprübaşı

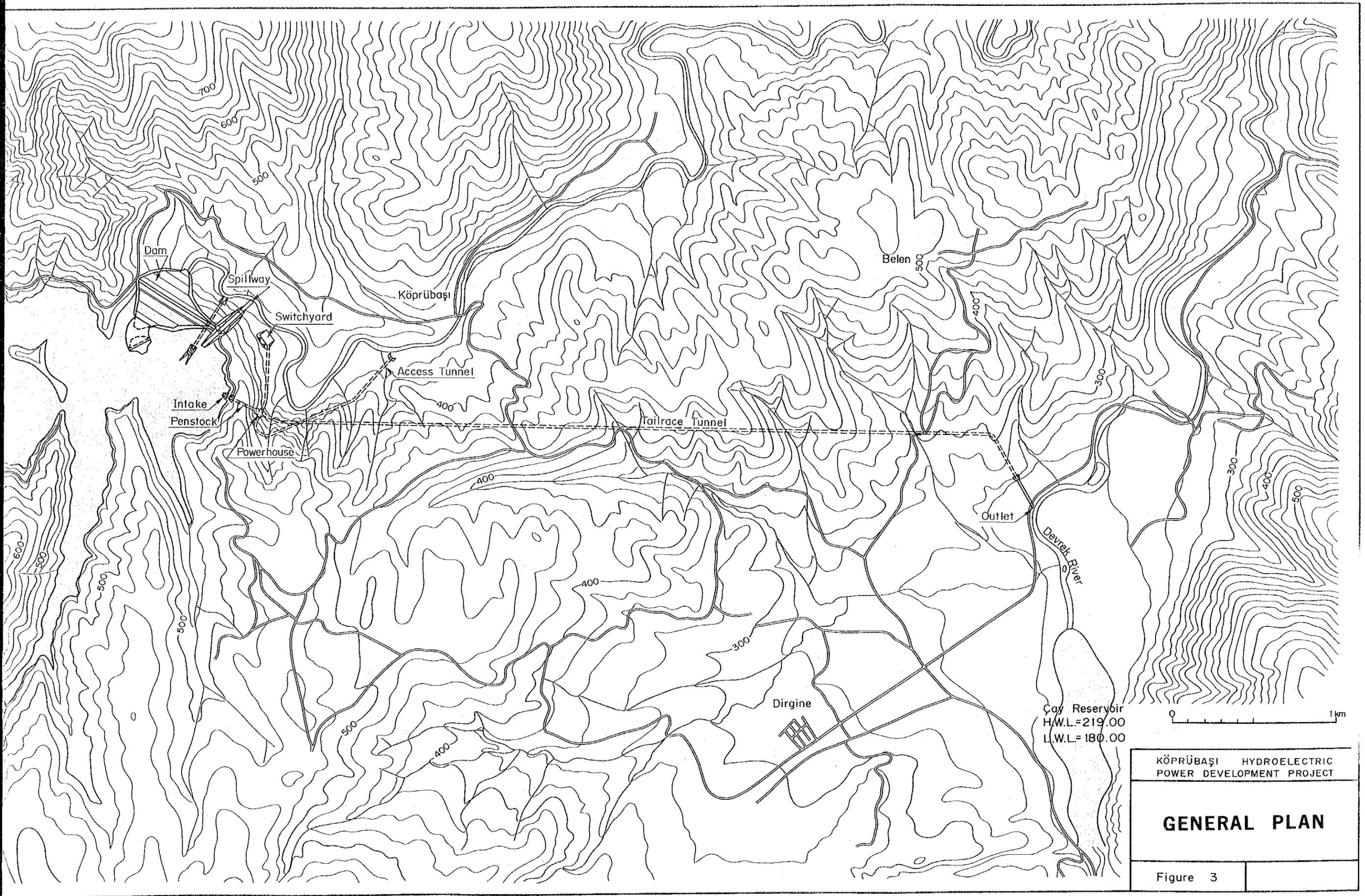
Access Tunnel

Intake
Penstock

Powerhouse

Tailrace Tunnel

Di



KÖPRÜBAŞI HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

GENERAL PLAN

Figure 3

目 次

	頁
○要 約	
○結論と勧告	
第1章 序 論	
1.1 計画の背景および経緯	1-1
1.2 業務の目的	1-3
1.3 現地調査工事	1-3
1.4 調査団派遣実績及び参加技術者名	1-3
第2章 トルコ共和国の一般事情	
2.1 地 理	2-1
2.2 気 候	2-2
2.2.1 気 温	2-2
2.2.2 降 雨	2-2
2.3 人 口	2-3
2.4 経 済	2-4
2.5 エネルギー資源	2-7
2.6 運輸・通信	2-10
第3章 計画地域および周辺の一般概況	
3.1 計画地域の一般概況	3-1
3.1.1 一般概況	3-1
3.1.2 水資源開発計画とその現況	3-2
3.2 計画地域の一般概況	3-4
3.2.1 地勢および自然概況	3-4
3.2.2 自然および社会環境	3-6
第4章 トルコの電気事業	
4.1 電力の現状	4-1
4.2 電気事業者	4-2
4.3 電力供給設備の現状	4-3
(1) 火力発電設備	4-3

(2) 水力発電設備	4-4
(3) 送配変電設備	4-5
4.4 電力需給の現状	4-6
第5章 電力需要想定と電源開発計画	
5.1 電力需要想定	5-1
5.1.1 電力需要の分析	5-1
5.1.2 電力需要想定	5-6
5.1.3 TEKによる電力需要想定	5-14
5.2 電源計画と需給バランス	5-15
5.2.1 電源開発計画	5-15
5.2.2 需給バランス	5-15
5.2.3 Köprübaşı発電所の必要性と投入時期	5-16
第6章 気象および水文	
6.1 気象および水文の概要	6-1
6.1.1 一般	6-1
6.1.2 気象及び水文観測資料	6-1
6.1.3 計画地点流域の気象及び水文	6-2
6.2 計画地点の流量	6-10
6.2.1 代表測水所	6-10
6.2.2 ダム地点の流域面積	6-10
6.2.3 流量資料の補完	6-10
6.2.4 流量資料の検証	6-11
6.2.5 算出結果	6-12
6.3 蒸発量	6-25
6.3.1 算定に用いる資料	6-25
6.3.2 算出式	6-25
6.3.3 気温	6-25
6.3.4 貯水池面からの蒸発量	6-25
6.4 堆砂	6-32
6.4.1 算定に用いる資料	6-32

6.4.2	浮遊砂量	6-32
6.4.3	掃流砂量	6-35
6.4.4	捕捉率	6-36
6.4.5	貯水池に流入する土砂量(重量)の算定	6-36
6.4.6	堆砂密度	6-36
6.4.7	貯水池の計画堆砂量	6-37
6.5	確率洪水量	6-41
6.5.1	算定に用いる資料	6-41
6.5.2	算出結果	6-41
6.6	可能最大洪水量	6-47
6.6.1	可能最大降雨(PMP)	6-47
6.6.2	単位図	6-48
6.6.3	可能最大洪水量	6-48
第7章 地質および材料		
7.1	材 質	7-1
7.1.1	概 要	7-1
7.1.2	調査概要	7-1
7.1.3	広域特質	7-5
7.1.4	計画地点の地質	7-8
7.2	材 料	7-28
7.2.1	不透水材料(コア材)	7-28
7.2.2	半透水性材料	7-28
7.2.3	透水性材料(コンクリート骨材)	7-32
7.2.4	ロック材	7-34
第8章 地 震		
8.1	トルコの地質概説	8-1
8.1.1	概 要	8-1
8.1.2	トルコのネオテクトニクス	8-2
8.1.3	北アナトリア断層と東アナトリア断層	8-3
8.1.4	トルコの地震概説	8-4

8.2	設計震度	8-7
8.2.1	結論	8-7
8.2.2	既設ダムの設計震度	8-7
8.2.3	本地点における設計震度の計算	8-8
8.2.4	DSIによる検討	8-9
第9章 開発計画		
9.1	既存開発計画のレビュー	9-1
9.1.1	Filyos川水系開発計画の概要	9-1
9.1.2	既存開発計画のレビュー	9-3
9.2	計画代替案の比較検討	9-13
9.2.1	比較検討方法	9-13
9.2.2	レイアウト	9-16
9.2.3	貯水池規模	9-28
9.2.4	最適発電所規模	9-44
9.2.5	最適開発計画	9-47
9.3	下流Çay計画	9-57
9.3.1	貯水池規模	9-57
9.3.2	発電所規模	9-58
9.3.3	Çay計画の開発計画代替案	9-59
第10章 送電計画および系統解析		
10.1	電力系統の概要	10-1
10.2	Köprübaşı発電所の送電計画	10-1
10.2.1	ルート調査	10-1
10.2.2	送電線計画	10-2
10.3	系統解析	10-3
10.3.1	系統計算の条件	10-3
10.3.2	系統計算の結果	10-4
第11章 フィージビリティ設計		
11.1	土木構造物	11-1
11.1.1	ダム	11-1

11.1.2	洪水吐	11-3
11.1.3	河流処理	11-3
11.1.4	放流設備	11-4
11.1.5	取水口	11-4
11.1.6	水圧管路	11-4
11.1.7	地下発電所	11-5
11.1.8	放水路	11-6
11.2	発電機器	11-6
11.2.1	主機台数の決定	11-6
11.2.2	主要機器の選定	11-6
11.2.3	主回路	11-8
11.2.4	通信設備	11-8
11.3	送電線	11-8
11.3.1	送電線ルート	11-8
11.3.2	電線・碍子および架空地線	11-9
11.3.3	支持物	11-9
第12章 工事計画および工事費		
12.1	工事計画および工事工程	12-1
12.1.1	基本的条件	12-1
12.1.2	工事計画および工事工程	12-3
12.2	工事費	12-11
12.2.1	基本事項	12-11
12.2.2	工事費	12-15
第13章 環境に対する影響および補償		
13.1	調査方法	13-1
13.2	総合評価	13-2
第14章 経済評価と財務評価		
14.1	経済評価	14-1
14.1.1	方法論	14-1
14.1.2	プロジェクトの経済コスト	14-6

14.1.3	代替火力発電所のパラメータと経済コスト	14-8
14.1.4	経済評価	14-12
14.2	財務評価	14-14
14.2.1	方法論	14-14
14.2.2	プロジェクトの財務コスト	14-14
14.2.3	プロジェクトの財務見直し	14-14
14.2.4	財務評価	14-15
第15章 借入金返済計画		
15.1	基本的配慮・考察	15-1
15.2	必用資金額	15-1
15.3	収入とコスト	15-1
15.4	借入金返済計画	15-2
第16章 今後の調査		
16.1	地質調査	16-1
16.2	環境	16-2

要 約

要 約

本報告書は1992年から1994年に亘り、日本政府の技術協力により国際協力事業団（JICA）が実施したトルコ共和国のKöprübaşı水力発電開発計画のフィージビリティ調査の結果をとりまとめたものである。

この報告書はJICAより日本国外務省を通じてトルコ共和国政府、国家水利庁（DSİ）に提出されるものである。

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。

(1) 本計画の特性

Filoyoys川はトルコ国で最も降雨量の多い地帯にあり流域は本流、Devrek, Araçの3流域に大別される。1987年にDSİにより実施されたFiloyoys川流域マスタープランによれば、Filoyoys川流域の電源開発計画として下表に示す通り、本流流域において、Mandıra, Suçatı, Tefen 地点、Devrek川流域にはKöprübaşı, Kayabükü, Çay地点、Araç川流域にはKonarı地点の7地点、合計出力 192MW 年間発生電力量 689MWhの計画が提案されているが、現在まで全く電源開発は行われていない処女地である。

Name of Project	Installed Capacity (MW)	Annual Energy Production (GWh)	Benefit Cost Ratio	Priority
Köprübaşı	60	210	1.67	1
Konarı	18	52	1.41	2
Çay	25	108	1.25	3
Kayabükü	12	43	1.25	4
Tefen	10	52	1.25	5
Suçatı	15	81	1.21	6
Mandıra	52	143	1.21	7

この7地点の中ではKöprübaşı計画が最もプライオリティが高く位置づけられているが、本調査によるマスタープランのレビューでもこのKöprübaşı計画のプライオリティが確認されている。また本調査によりKöprübaşı計画は、発生エネルギーが多く、しかも投資効果が大きく、水没地は下級の農耕地域で水没地区の戸数も少なく、全住民は都会へ機会があれば移住したいと希望しているので補償問題も抵抗はないと考えられ、環境問題もとりたてて特殊な動植物はなく、この点からも容易な地点である事が確認されている。

従って当河川開発の先鞭を日本政府の協力でつけることは、資金不足で開発計画の準備にも遅れがちなトルコ国にとっても、近い将来の電力不足に対処するための呼水となり、その効果は大きいと期待出来る。

Köprübaşı発電所の運転開始は2001年で計画されている。その時のTEKの予測では需要ピーク容量は22,610MWになり、1991年のピーク時容量の9,965MWの実に2.3倍となっており、全国的に相当のスピードで水・火力共に開発を急ぐ必要がある。Köprübaşı発電所は規模としては小さいものであるが、近傍の154kV系統の需要電力540MW(2001年)の一部を賄う水力電源として適正な規模といえる。

更にこの540MWを賄う電源はYenicata火力発電所の300MWだけであり、適正規模の水力は電源設備の柔軟な運用が可能となる。すなわち需要地に近く、機動性のある水力電源は出来るだけ早く開発すべきと考えられる。

(2) 電力需要想定と電源開発計画

1) 電力需要想定

回帰式による想定値とTEKの予想値とを比較した結果、近似な値が得られたのでTEKの需要想定を採用した。

すなわち、TEKの電力需要想定(1993年時点)によれば2010年の最大需要電力が、43,590MW、発電々力量は271,450GWhであり、年平均増加率は8.0%、年負荷率は71%と想定している。(Table 5-7 参照)

2) 電源開発計画

TEKの電源開発計画に順じることとし、これによれば、1993年以降の電源開発規模は41,216MWで、その内訳は火力26,575MW(64.5%)、水力14,641MW(35.5%)であり、2010年の設備出力の合計は60,056MW(火力34,970MW、原子力2,000MW、水力23,086MW)となる。(Table 5-8 参照)

(3) 電力系統解析

Köprübaşı発電所の運開に伴う、同発電所近傍の電力系統の特性を検証するために、発電所運開対象年となる2001年頃の系統を想定して実施した。

結果は、

- a) 154kV系統に接続することにより、近傍の電力系統の特性を改善する効果がある。
- b) 380kV系統からの受電々力の減少により、OsmancaおよびEreğli変電所の380/154kV変圧器の増設を遅らせることができる。
- c) Köprübaşı発電所の系統への投入に伴う系統安定度および短絡容量は、既系統に対して問題のない結果が得られた。

(4) 水文と気象

1) ダム地点流域面積、流量

流域面積	1,994 km ²
年間流入量	439.86×10 ⁶ m ³ (14.39 m ³ /s)
比流量	7.2 ℓ/s/km ²
設計洪水量	2,500 m ³ /s

2) 堆砂

計画ダム地点での年浮遊砂量は以下の通りと決定した。

$$Q_{SMD} = 313.060t/year$$

以上により

計画ダム地点での50年後の堆砂量 S_v (m³)は以下の通りと算定した。

$$S_{vu} = 15.50 \times 10^6 m^3$$

(5) 地質・材料及び地震

1) 地形

当計画のあるDevrek川は、黒海に流入するFiloys川の支流であり東西に連なるPontos褶曲山脈中の河川の1つである。Devrek川の両側には標高1,000m~2,000mの山々が南西~北東方向の配列を示している。この地域の大規模な地這り、崩壊地などの不安定地形は、現在までの調査結果では見当たらない。

2) 地質

本計画の主要土木構造物は全て中生代のと花崗岩類の分布地域中に設けられ、ダム地点の河床堆積物の厚さは15mで、1~6cmの砂礫よりなる。

地下発電所は花崗岩類中に設けられ、その地点に掘削されたボーリングコアのRQDは概ね100%で良好である。

また、貯水池地域には、同上花崗岩類および古生代一先カンブリア紀の変成岩類および新生代のフリッシュの岩体が分布し、貯水池の保水性については問題ない。

3) 材 料

(コア材料)

比重は全地点で2.57~2.85で良好である。

締固め試験では、最適含水比時で1.64~2.20t/m³で良好。

自然粒度分布は、すべての地点で概ね良好である。

但しA地点で採取すること。

(フィルター材)

比重はすべて2.66~2.82で良好である。

締固め試験では、最適含水比時ですべて1.87~2.20t/m³の範囲で良好である。

自然粒度分布は、概ね良好である。

(コンクリート骨材)

(細骨材) 比重2.59~2.71

単位体積重量 1.65~1.82t/m³

吸 水 率 0.8~2.7%

粒度分布 基準内

骨材の水洗いを十分に行えば良質な材料として用いられる。

(粗骨材) 比重2.67~2.75

単位体積重量 1.91~2.00t/m³

吸 水 率 0.6~0.9%

粒度分布 基準内

細骨材と同様に水洗いを十分に行えば良質なものとして用いられる。

(ロック材)

Q地点の花崗岩閃緑岩を用いることが距離、材質より適当と結論された。

4) 地震

本計画地点は、北アナトリア断層の北30kmに位置し、この断層によって生じたマグネチュード5.5以上の地震は1900年以降現在まで60回を越えている地震多発地帯である。(第2危険地域)特に1939年Brzincan地震は M.7.9でトルコでの今世紀最大の地震であった。

87年間トルコで記録した8136の地震データを用い設計。震度を計算した結果、最大0.15となった。従って当ダムの設計震度に0.15を採用した。

(6) 環境評価のための調査

1) 物理的、生理的環境特性および天然資源の利用

以下の項目について調査したが特に当プロジェクトに支障のあるものはなかった。

- 気象特性及び気象
- 地質特性
- 水文地質学的特性
- 土壌特性および利用状態
- 農地の特性
- 水文学的特性
- 地表水の現在および計画中の利用
- 水生々物
- 地熱および熱水資源
- 保護地域
- 森林資源
- 植物および動物
- 畜産資源
- 鉱物資源
- 景観的価値の高い場所およびレクリエーション地域
- 地域の現在の汚染負荷

2) 社会経済環境

■ 経済的特性

貯水池予定地のKayabuku村の主たる収入源は農業及び木材であり、一戸当たり年収は 1,000万TLである。

■ 人口

Kayabuku村の人口は1992年11月で 392人で出稼ぎが多い。

■ 社会的インフラサービス

計画地点一帯は小学校しかない。電気・電話は一応有る。

■ 土地利用

Kayabuku村一帯は農地と牧場のみである。

■ 保健衛生

計画地帯の部落には医療施設はないが、伝染病等はない。

3) 検討結果

- 計画地点には、貴重な動植物の生息は確認されていない。
- 貯水池の将来水質は著しい富栄養化はもたらされないと考えられる。
- ダムと放水地点の間の減水区間に対して放流設備を設ける。
- 工事中の公害に対しては、関係法規に従った工事運営をさすことにする。
- DSIの補償費用の算定によれば、工事に伴って生じる補償費用にはダム、貯水池、骨材等の採取場及び工事用道路の整備で必要となる住民の移転、公共関連施設の土地、農耕地、森林地等の転用によって生じる損失、更にそれらが年間に得てきた経済的収入の喪失が含まれる。標高 343m~440m (貯水満水位 437m + 3 m) までの用地買収を想定した場合、工事に当たって必要とされる合計補償金額は1993年価値で 81,877,000 TL と評価される。
- 計画地点の住民移転には、補償及び工事中の優先雇用、貯水池の有効活用などを考慮することが望まれる。

以上の対策をとれば当計画の実施は自然環境に大きな影響を与えることはない判断される。

(7) 最適開発計画

Köprübaşı計画はDevrek川の中部Mengen川との合流点下流約20kmの地点に高さ 110mのロックフィルダムを築造し、有効貯水量 163×10^6 m³の貯水池を設け、延長41.50mの導水路トンネル及び延長 265mの水圧鉄管路にてDirgine地区に設置する地下発電所に導水し、有効落差 190m、最大使用水量 43m³/sにて70MWの発電を行い、延長 4.900mの放水路によりDevrek川右岸に放流するダム水路式発電計画である。

(8) 工事計画及び工事費

1) 工事計画

本計画の構造物は、高さ110mのロックフィルダム、取水口、水圧管路、地下発電所、および 4.9kmの放水路トンネルである。

本計画の運転開始を2001年とすると以下のスケジュールで着工準備が必要である。

1992.10 ~ 1994. 9	Feasibility Study
1994.10 ~ 1995. 3	Provision and Award of Final Design (0.5 年)
1995. 4 ~ 1996. 3	Final Design (1年)
1996. 3 ~ 1996.12	Financial Formulation (9ヶ月)
1997. 1 ~ 1997.12	Bidding and Award of Contract for Construction(1年)
1998. 1 ~ 2001.12	Construction (4年)

本計画のクリティカルパスは発電所工事であり、その工事を中心に適切なスケジュールを作る必要がある。

2) 工事費

積算時点は、1993年初期で 1US\$ = 8,700 TL とする。

総工事費は、 $1,250,309 \times 10^6$ TL (約 144×10^6 US\$)と算定される。

工事費内訳を Table 12-5 に示す。

(9) 経済評価と財務評価

1) 経済評価

本計画の経済的便益と代替させる代替計画として輸入炭火力発電設備を選定した。

この代替火力発電設備の経済的費用を本計画の便益と見なし、これを本計画の経済的費用と比較する方法を採用した。

Unit : 10⁶TL

Köprübaşı Hydropower	Alternative Thermal	Difference	Ratio
Present Value (C) 939,686	Present value (B) 1,378,629	(B-C) 438,944	(B/C) 1.47

上記の表より、当プロジェクトは代替プロジェクトに比べて勝っていることが判る。

2) 経済的内訳収益率

本プロジェクトへの投資と代替火力発電所への投資価値のそれぞれの現在価値がプロジェクトの初年度で等しくなるような割引率 (BIRR) は 28.98% となり、資本の機会費用の 9.5% より上回っており、以上から当プロジェクトはフィージブルと結論づけられる。

3) 財務評価

財務評価の結果は、財務内部収益率 (FIRR) は 9.90% となった。この率は、現地通貨・外貨建て両方の借入金利 9.5% を上回っている。従って本プロジェクトは経済評価の面だけでなく、財務評価の面からもフィージブルと云える。

(10) 借入金返済計画

以下の条件により返済計画を策定した。

- 1) 初期投資額 1,092,626 × 10⁶ TL
- 2) 外貨金利 3.5% 内貨金利 9.5%
- 3) 返済猶予期間 4年 返済期間 25年

その結果は以下の通りとなった。

- 1) 運転期間全てに亘り純利益は黒字となる。従って、本計画は収益性があると判断される。
- 2) 当初の8年間を除き、全プロジェクト期間に亘ってキャッシュフローに問題はない。
一方当初の8年間は金利支払資金不足となるため、自己資金を必要とする。

(II) 計画概要

River

Name of River	Devrek
Catchment Area	1,994 km ²
Annual Inflow	454 x 10 ⁶ m ³ (14.39 m ³ /S)

Reservoir

High Water Level	437.00 m
Low Water Level	392.00 m
Available Drawdown Depth	45.00 m
Sedimentation Level	380.40 m
Gross Storage Capacity	197.7 x 10 ⁶ m ³
Effective Storage Capacity	163.0 x 10 ⁶ m ³
Reservoir Area	5.31 km ²

Dam

Type	Rockfill Dam with Center Core
Elevation of Dam Crest	441.00 m
Height of Dam	110.00 m
Length of Dam Crest	540.00 m
Volume of Dam	5,025 x 10 ³ m ³

Diversion Tunnel

Design Flood	350 m ³ /S
Type	Standard Horse Shoe
Number	One
Inner Diameter	6.00 m
Length	390 m

Outlet Equipment

Type	Jet Flow Gate
Diameter	1.50 m
Capacity	33.1 m ³ /S at H.W.L 23.7 m ³ /S at L.W.L

Spillway

Design Flood	2,500 m ³ /3
Type	Shute with Gates
Overflow Crest Elevation	423.00 m
Width of Overflow Crest	29.00 m (Including pier width 3.00 m)
Energy Killer System	Ski Jump, Plunge Pool
Type of Gate	Radial
Number of Gate	Two
Size of Gate	Wide 13.00 m x Height 14.50 m

Power Intake

Type	Inclined
Number	One
Height	57.70 m
Inlet Elevation	383.30 m
Size	Width 6.00 m x Height 7.50 m
Type of Gate	Vertical Shaft
Number of Gate	Two
Size of Gate	Wide 2.50 m x Height 5.00 m

Headrace Tunnel

Type	Circular Pressure
Number	One
Discharge Capacity	43.00 m ³ /s
Inner Diameter	3.40 m
Length	41.50 m

Penstock

Type	Steel Embedded
Number	One Line and after Y branched Two Line
Inner Diameter x Length	
Main	3.40 m x 250.10 m
Branch	2.20 m ~ 1.70 m x 16.92 m

Tailrace

(Tunnel Portion)

Type	Standard Horse Shoe
Max. Discharge	43.00 m ³ /s
Inner Diameter	4.60 m
Length	4,899 m (Including Draft Length)

(Open Channel Portion)

Type	Trapezoid
Bottom Width	4.60 m
Length	200 m

Development Plan

Standard Intake Water Level	422.00 m
Standard Tail Water Level	223.00 m
Gross Head	199.00 m
Effective Head	190.00 m
Maximum Discharge	43.00 m ³ /s
Unit Capacity	35 MW
Number of Unit	Two
Installed Capacity	70 MW

Turbine

Type	Vertical Shaft, Francis Turbine
Number	Two
Max. Discharge	43.00 m ³ /s
Turbine Output	36,200 kW
Revolving Speed	429 rpm

Generator

Type	Three Phases Alternating Current Synchronous
Number	Two
Rated Output	38,900 kVA
Revolving Speed	429 rpm

Frequency	50 Hz
Voltage	11 kV
Power Factor	0.9 lag

Main Transformer

Type	Indoor, Water Cooling Type Three Phase
Number	Two
Capacity	13,000 kVA
Voltage	(Primary) 11.0 kV (Secondary) 154 kV

Switchyard

Bus System	Single Bus + Transformer Bus
Bus	Aluminum Pipe
Number of Lines Connected	2 cct
Voltage	154 kV
Conductor Type	ACSR

Annual Energy Production

Average Energy	212.1 GWh
Firm Energy	151.8 GWh

Construction Period

4 years

Project Cost

1,250,309 x 10⁶TL
(About 144 x 10⁶US\$)

Unit Construction Cost at Sending End

Per kW	17.9 x 10 ⁶ TL (2,053 US\$/kW)
Per kWh	5,895 TL (0.68 US\$/kW)

Economic Evaluation

EIRR	28.98%
FIRR	9.90%
Net Benefit	438,944 x 10 ⁶ TL
Benefit-Cost Ratio	1.47

結論と勧告

結 論

- (1) 当計画は技術的、経済的にフィージブルで、早急に開発されるべきものであり、詳細設計、資金調達、建設工事等開発に必要な期間を考慮すると2001年には運転開始が可能である。
- (2) 2001年時点でピーク容量はTEKの予測では、現在の2.3倍の22,610MWとなる。これに対処するために火力7,671MW、水力3,544MW、計11,215MWを2001年までに新規開発の予定であるが、国産資源のリグナイト石炭火力はその時点までに3,591MWの開発が含まれているが、公害問題で地元の反対が激しく予定通りの建設は困難になりつつある。近い将来、リグナイト火力は採算、公害上からの問題で輸入炭火力又はガス火力にシフトされていくと考えられる。
- (3) このように火力発電燃料が輸入ものにとって代わられる可能性が大きくなり、その意味でも外貨節約のために国産エネルギーの水力開発を急ぐ必要が出てくる。更に近年、当国の財政事情は特に悪く、大規模プロジェクトは凍結状態にあるので当プロジェクトのような中、小規模プロジェクトでしかも消費地に近く、電力システムの大規模化を避けることができる電源を開発するのが良策である。電源を多様化し、消費地に近い所の電源を開発し、送電コストを下げ、安定度向上を求めるのが最近いわれるオンサイト型分散電源であり、世界のすう勢である。丁度大型コンピュータとパソコンの関係のように大規模電源の相互補完システムの一環として働くことができる。
- (4) 水力資源の豊富な当国にとって、消費地に近い水力を大小に拘わらず優先開発することが、日本を含む先進国がシステム規模の肥大化による設備投資で経営悪化に陥りつつある状態と同じ轍を踏むことを避けられ、将来の需要に対処できる最も経済的な方法であり、その意味でも当計画を含む同じような条件にあるものを出来るだけ早く運開することが望まれる。
- (5) 従って、当計画は2001年には開発すべきものと結論される。

勸 告

- (1) Köprübaşıプロジェクトは技術的、経済的および財務的にフィージブルである。本プロジェクトは2001年の年初に運転を開始することを勧告する。
- (2) 本レポートでは予備設計を示すのでアクセス道路を含む各構造物に対して実施設計が必要である。
- (3) 実施設計のため以下の地質調査が必要である。
 - ダムサイトのボーリング調査の詳細なルート選定
 - 地下発電所のボーリング調査
 - 放水路のボーリングの調査
- (4) 環境影響調査報告書案には詳細設計などの将来の各段階において充足して行くべき内容がしめされているので、これに従い内容を充足する必要がある。

第 1 章 序 論

第1章 序 論

目 次

	頁
1.1 計画の背景および経緯	1-1
1.2 業務の目的	1-3
1.3 現地調査工事	1-3
1.4 調査団派遣実績及び参加技術者名	1-3

List of Tables

Table 1-1	GNP Growth and Electric Energy Supply Growth
Table 1-2	Field Investigation during the Study

第1章 序 論

トルコ共和国は、本来農業国であるが、近年産業の工業化に力を入れてきている。これは旧ソ連邦の崩壊と共にトルコの近隣諸国との経済交流が活発になり、それによる需要が工業化の促進に拍車をかけていると考えられる。

それに伴って電力エネルギーの確保が重要となってきて、トルコ政府も国内エネルギー資源の開発に優先度を与え、国内資源のリグナイト火力及び水力発電の開発に努力している。リグナイト火力は公害の問題で立地反対が強く、新規開発は難しくなり、公害防止設備の伴設は避けられない社会情勢になり、そのための工事費増大は開発優先度からの低下となり、反対に水力発電の優位性が最近更に見直されているようである。

一般に工業化が進むとGNPの伸びと電力の伸びはほぼ比例する。1981年～1992年までのGNPおよび供給電力の伸びを Table 1-1 に示す。

Table 1-1 GNP Growth and Electric Energy Supply Growth

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
GNP Growth (%)	4.2	4.5	3.3	5.9	5.1	8.1	7.5	3.6	1.9	9.2	0.3	5.9	5.0
Electric Energy Supply Growth (%)	6.8	7.7	4.4	12.5	9.3	11.3	11.0	8.3	8.3	10.6	4.7		

Annual Report (from Central Bank)

1.1 計画の背景および経緯

トルコ共和国において産出される主要エネルギー源としては、 5.7×10^6 tonの石油と 12.9×10^9 tonのLigniteの埋蔵量、並びに41,000MWの包蔵水力がある。この包蔵水力のうち、1991年末の開発は7,114MWと17%にすぎず、環境汚染で立地困難なりグナイト火力に対し、今後はグリーンエネルギーとして開発が大いに期待されている。

1991年末における発電設備容量は火力発電所 10,093MW、水力発電所 7,114MWで合計出力 17,207MWである。

トルコ政府は、長期的展望として西暦2000年における電力の需要予測を約120,000GWh（年間伸び率8%）、同2010年における電力量を258,000GWh（同8%）として年間開発量は平均3,000MW、このうち水力開発を平均1,500MWと計画している。

石油の産出は国内需要の1～2割程度を満たすにすぎない。

石炭の産出は年産 20×10^6 ton程度であるが、ハードコールが少なく、石炭として品質があまり良くないリグナイト（褐炭）が大部分を占めており、燃料以外の使用が難しい。従ってハードコールは産業用に、リグナイトは暖房用ならびに火力発電所用に使用されている。しかも暖房用は都市部では禁止されつつある。

一方、水力については、乾燥地帯にありながら、トルコ国全体が高原状であるという特性から包蔵水力はかなり豊富であり、純粋な国産エネルギーであるということから、トルコ政府は積極的に開発を進めている。トルコ政府は国内エネルギーの有効利用という観点から、今後も水力開発を積極的に行い水力、火力発電の比率は50 : 50ないしは45 : 55程度にしたいと計画している。

トルコ国において近年発電を開始した、或いは開始する予定の大規模発電所としてElbistan火力発電所（4,200MW）、Karakaya水力発電所（1,800MW）、Altinkaya水力発電所（700MW）、Atatürk水力発電所（2,400MW）、Çatalan水力発電所（153MW）、Gezend水力発電所（159MW）、Batoman水力発電所、（198MW）等があり、又、Kayraktepe水力発電所（420MW）、Ilısu水力発電所（1,200MW）、Boyabat水力発電所（510MW）、Birecik水力発電所（670MW）、Yedigöze水力発電所（300MW）等を至近年に着工すべく準備中であり、そしてこれらの次の開発目標を計画中である。

トルコ国の包蔵水力は東部に偏在している。Istanbulやトルコ西部の需要地に近い地点の水力開発は終了段階を迎えているので、開発は需要地に遠い東部地区に移りつつある。その中で当プロジェクトのように小規模ではあるが需要地に近い水力は、当然の事ながら最優先を以て開発を急いでいる。

水力開発の実施機関であるDSIは、黒海に注ぐ主要河川であるPilyos川流域開発に関するMaster Planを作成し、7地点の水力発電開発計画（合計 192MW）および約25,000haの土地を対象とした灌漑計画を1987年に提案した。

特にKöprübaşı水力発電計画地点は7地点の中で最も経済性に優れていることから、第1優先Projectとして、独自にダムサイト等の地質調査を行ってきた。

このような背景の下に、トルコ政府はKöprübaşı水力発電開発計画に係るフィージビリティ調査の実施について1991年11月に我が国政府に対して正式に要請してきた。

1.2 業務の目的

本計画の目的は、技術的、経済的、財務的及び環境的見地から最適な水力発電計画を決定する事である。

従って、その内容としてフィージビリティ調査報告書を作成及び本調査を通じてトルコ側技術者に対して当該分野の技術移転を図ることにある。

1.3 現地調査工事

本調査期間中にDSIより実施された現地調査工事は Table 1-2 に示す通りである。

1.4 調査団派遣実績及び技術者名

国際協力事業団（JICA）は、1992年10月“Scope of Works”に基づいて業務を開始し、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。

第1次JICA調査団派遣	1992. 10. 10	～	1992. 12. 8
第2次JICA調査団派遣	1993. 3. 1	～	1993. 3. 21
第3次JICA調査団派遣	1993. 8. 30	～	1993. 10. 16
第4次JICA調査団派遣	1994. 1. 31	～	1994. 2. 14
第5次JICA調査団派遣	1994. 9. 19	～	1994. 10. 2

この間、調査団は下記の報告書をDSIに提出した。

インセプションレポート	1992年10月
プロGRESSレポート	1993年3月
インテリムレポート	1994年2月
ドラフトファイナルレポート	1994年9月

本調査業務に関係したトルコ側の関係者および調査団員のリストは以下の通りである。

本調査に参加した技術者リスト

(1) DSI技術者

Özden BILEN	General Manager
Ahmet ÜNVER	Deputy General Manager

(Investigation and Planning Department)

Suleyman BOZKURT	The former Planning Director
Hüseyin YAVUZ	Planning Director
Sen SÜLÜN	Deputy Planning Director
Diğer KULGA	Deputy Planning Director
Tuncay SOYSAL	Planning Manager
Kenan BAYTAŞ	Planning Manager
Hüseyin ÇELİK	Planning Manager
Necati ÖZCIRPICI	Hydrology Manager
Lale ÇULTU	Hydrology Engineer
Ayham TEKER	Hydrology Engineer
Yunus DOGRAMACI	Hydrology Engineer

(Geology Department)

Cavit BULUT	Geology Director
Ertuğrul ADA	Geophysics Engineer
Çetin HIZLI	Geology Manager
Eray ÖZGÜLER	Geology Engineer

Isıl SALIHOĞLU	Environmental Engineer
Mertkan ERDEMLI	Environmental Engineer
Muharrem POLAT	Environmental Engineer

DSI 5th Region

Müntaz TURFAN	The former 5th Region Director
Gündoğan ÇAVUŞOĞULLARI	5th Region Director
İhsan KAYILI	Planning Manager
Necdet KARAASLAN	Geology Engineer
Ali KÖKSAL	Hydrology Engineer
Aysen Ş GÜNGÖR	Agricultural Engineer

(2) JICA調査団

高市 守

長谷川泰資

吉岡邦明

清野正幸

柴田祐啓

石井好正

阿部隆一

平賀征隆

大野良三

菊地 潔

太田敏之

Dr. Gürol BANGER

総括 (1992年10月～1993年3月)

総括 (1993年7月～1994年12月)

水力発電設計

水力発電計画

地質

水文

電気機器

系統解析

環境(社会)

環境(自然)

経済・財務

測量

Table 1-2 Field Investigations during the Study

Item	Quantity	Remarks
<u>Topographical Map</u> Downstream of Dam Penstock, Power Station and Tailrace	0.19 km 1.21 km ²	
<u>Installation of Leveling Point</u> Dam Power Station	2 point 3 point	
<u>Geological Investigation</u> Drilling Core Test Pit	DA-1 ~ DA-6 260 m DDV-1 270 m DD-2 ~ DD-4 130 m DQ-1 ~ DQ-2 80 m Total 470 m Core Area 9 Area 3 point per each area Total 27 point	See Details Table 7-3
<u>Hydroelectrical Survey</u> New Gaging Station New Meteorological Station	Between Dam and Power Station 3 point Outlet 1 point Near Dam Site 1 point	Must be operated after the Feasibility Study

第2章 トルコ共和国の一般事情

第2章 トルコ共和国の一般事情

目次

	頁
2.1 地理	2-1
2.2 気候	2-2
2.2.1 気温	2-2
2.2.2 降雨	2-2
2.3 人口	2-3
2.4 経済	2-4
2.5 エネルギー資源	2-7
2.6 運輸、通信	2-10

List of Tables

Table 2-1	Climate in the Main Cities
Table 2-2	Growth Rate during Planned Development Period by Sectors
Table 2-3	Economic Activity
Table 2-4	Foreign Trade
Table 2-5	Primary Energy Supply and Consumption
Table 2-6	Distribution of Electric Energy Generation of Turkey over Primary Power Resources
Table 2-7	Composition of Generating Facility in 1996

第2章 トルコ共和国の一般事情

2.1 地理

トルコは経緯 $42^{\circ} 06'$ ~ $35^{\circ} 51'$ 、経度 $44^{\circ} 48'$ ~ $25^{\circ} 40'$ に囲まれ、ヨーロッパ大陸とアジア大陸にまたがって位置している。

国土は幅650km、長さ1,560kmの長方形をしており、その面積は、779,452km²で、その97%は小アジアと呼ばれるアジア大陸の最先端のAnatolia半島に、残り3%はヨーロッパ大陸の東端に位置するBalkan半島南部のThrace地方にある。

国土の周囲は、南は地中海とシリア、とイラク、西側はエーゲ海とブルガリア、ギリシャ、と接し北側は黒海に面し、東側はソ連、イラン、イラク、シリアの国々と国境を接している。

国土を地理的に大別すると、エーゲ海・地中海地方、黒海沿岸地方、東部・中央Anatolia地方および南部Anatolia地方に区分される。国土の96%はAnatolia高原と称するステップ気候地帯にあり、耕地面積は30%に過ぎない。

国土の平均標高は1,132mで、500m以下の標高を有する地域は20%に過ぎない。

首都Ankaraの平均標高は902mである。

代表的な国内河川（河川長）としては、トルコ第一位のKızılırmak河（1,355km）、Sakarya川（825km）、Seyhan川（560km）、Yeşilirmak川（520km）、Çoruh川（410km）などがあり、国際河川として有名なTigris川（523km）、Euphrates川（1,263km）がトルコにその源を発している。

自然湖としては東部AnatoliaにあるVan湖（3,700km²）、中央AnatoliaにあるTuz湖（1,500km²）が代表的な湖であり、いずれも塩水湖である。人造湖としてはEuphrates川にあるKeban湖（675km²）、Atatürk湖（817km²）およびKızılırmak川にあるHirfanlı湖（263km²）が有名で、共に水力発電用の貯水池、即ち、水力エネルギー源として大きな役割を果たしている。

山岳地帯はソ連やイランと国境を接する東部Anatolia地方に多く、Ararat山（5,165m）は最も有名で、この他、Süphan山（4,434m）、Kaçkar山（3,932m）、Erciyes山（3,916m）などがあり、同国最大の包蔵水力地帯を形成している。

植生群は気候および地形的条件により異なるが、大別すると下記の通りである。

黒海地方：海岸線に面した山岳斜面に森林地帯が分布し、樅、榆、ぶな等が多い。

エーゲ海・地中海沿岸地方：山陵部に沿ってオリーブ、柑橘、松が多い。

Anatolia高原地方：自然牧草と点在する森からなっている。

2.2 気 候

トルコの気候は、北側は黒海、西側にエーゲ海、南側を地中海と三方を海に囲まれ、南側半分と東側をユーラシア大陸に接続しており、その場所によりかなり異なる。気候は地域別に次のように大別できる。

乾燥地域の中央部地域は東部を除く中央Anatoliaとユーラシア大陸に接続している南部の地域、温暖であるが盛夏は雨が少なく厚い地中海性気候の地中海部、標高が高く年間の寒暖の差が激しい大陸性気候の東部、および比較的雨と霧の多い黒海部、に分けられる。

年間の日照時間は北から南に1,800時間から3,200時間と南ほど太陽の日照が多い。

2.2.1 気 温

気温の地域別概要は次のとおりである。

黒海部地域の平均的気温は14℃～15℃と温和で、7、8月の盛夏でも22℃～24℃と比較的凌ぎ易く、1、2月の冬期においても5℃～7℃と寒さもあまり厳しくない。

エーゲ海、地中海部地域の年平均気温は18℃～20℃である。しかし夏は27℃以上に達し相当に暑い、冬期は8℃～12℃と温和である。いわゆる地中海性気候を呈している。

一方、内陸の中央部地域の年平均気温は11℃～20℃ある。しかし盛夏には乾燥と灼熱の状態となり暑い。

内陸の東部地域は標高の差異により年平均気温は4℃～18℃と大きな相違があり、寒暖の差が著しい大陸性気候に特徴づけられ、極寒期には零下20℃以下になる地域が多い。

2.2.2 降 雨

降雨の地域別概要は次のとおりである。

黒海部地域の年間降雨はトルコで最も多く、雨の降り方は、やや冬期に多いが、年間を通して降雨がある。従って、この地域の植生は非常に成育状態が良い。地中海部

地域での年間降雨はかなりあるが、夏期の雨量は極端に少ない。中央部地域の年間降雨は400mm以下で、乾燥して半砂漠となっている所がある。東部地域の年間降雨は400mm内外であり、山岳地帯のため冬期に積雪する。Table 2-1 に主要都市の気候を示す。

Table 2-1 Climate in the Main Cities

Selected Cities	Regions	Altitude Above Sea (m)	Temperature (°C)			Average Humidity (%)	Average Precipitation (mm)
			Average	Lowest	Highest		
İstanbul	Mar.	39	14.0	-16.1	40.5	75	677.4
Ankara	Cent. A	885	11.7	-24.9	40.0	60	371.6
İzmir	Aegean	25	17.6	-8.2	42.7	65	698.0
Adana	Medet.	20	18.8	-8.4	45.6	66	641.6
Edirne	Thrace	48	13.5	-22.2	41.5	70	597.2
Bursa	Mar.	100	14.4	-25.7	42.6	69	705.8
Antalya	Medit.	42	18.6	-4.6	44.6	69	1,064.8
Urfa	A. East A.	547	18.1	-12.4	46.5	48	467.5
Zonguldak	W. Black S.	136	13.5	-8.0	40.5	73	1,223.8
Rize	E. Black S.	4	14.1	-7.0	38.2	77	2,323.2
Van	East A.	1,725	6.6	-28.7	37.5	60	377.0
Ağrı	N. East A.	1,632	6.1	-43.2	38.0	67	528.5
Muğla	Aegean	646	14.9	-12.6	41.2	61	1,206.4
Erzurum	East A.	1,869	7.2	-35.0	35.0	63	452.8

Source: General Directorate of Meteorology
STATISTICAL YEAR Book of Turkey 1989

2.3 人口

1991年推定の総人口は 58,584,000人で、1987~92年間の人口増加率は平均 2.2%になる。

2.4 経済

トルコの経済の特色は、国家資本により設立された公的企業を中心として、民間企業が共存する混合経済体制（1930年代初期に形成された）をとりつつ、工業化を進めてきたことである。しかし近年、政府主導による工業化は経営の非効率、赤字補填のための財政負担の増大を招いたため、80年代以降は民営化政策を推進し、民間主導の経済の育成を図ろうとしている。

経済開発5ヵ年計画は1969年に国家計画庁（State Planning Organization）が設立された後から作成されており、現在は第6次5ヵ年計画（1990年～94年）が実施されている。第5次計画（1985～89年）では14兆リラ（410億\$）の投資を行い年率6.3%の経済成長を計画し、実績は計画値をほぼ達成する5.2%の経済成長を実現した。

Table 2-2 Growth Rate during Planned Development Period by Sectors

% increase at 1968 Factor Prices

	1st Plan Average (1963-1967)	2nd Plan Average (1968-1972)	3rd Plan Average (1973-1977)	4th Plan Average (1979-1983)	5th Plan Average (1985-1989)	6th Plan Average (1990-1994)
1. Agriculture						
a. Target	4.2	4.1	4.6	5.3	3.6	4.2
b. Realisation	3.1	3.5	3.5	2.2	2.2	
2. Industry						
a. Target	12.9	12.0	11.2	9.9	7.9	4.2
b. Realisation	10.9	7.8	9.8	1.7	5.5	
3. Service						
b. Realisation	7.3	7.9	7.9	2.6	5.0	6.9
4. Gross Domestic Product						
b. Realisation	6.4	6.8	7.3	2.3	3.0	
5. Gross National Product						
a. Target	7.0	7.0	7.9	9.0	6.3	7.0
b. Realisation	6.6	7.1	6.5	2.1	5.2	

Source: Economic Report Turkey 1964 Publication No. 1984/13

第6次計画では、総額155兆リラ（740億\$）、増加率年平均8.8%の投資を予定している。その内訳は民間部門 11.3%、公共部門 5.0%とし民間投資の総投資構成割合を62.8%まで高めることとし、これにより年平均の経済成長率7%を達成しようとする計画である。

最近のトルコの経済動向としては、91年の湾岸戦争により一時的に打撃を受けたものの、92年から93年にかけて景気回復に転じている。92年の実質GDP成長率も政府目標

の5.5%を上回る5.9%を達成した。一方、好景気を反映してインフレーションも進行しており、93年1月の物価上昇率は59.8%（前年同月比）、3月の58%（前年同月比）と高い物価上昇率が続いた。このため、インフレーション対策が当面の最大の課題となった。

1987～1992年における主要経済指標は Table 2-3 に示す通りである。

Table 2-3 Economic Activity

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Economic Growth Rate (%)	7.4	3.7	1.9	9.2	0.5	5.9
Inflation Rate (%)	48.9	69.7	68.0	49.2	66.0	70.1
Export (in \$ million)	10,190	11,662	11,627	12,959	13,598	14,715
Import (in \$ million)	14,159	14,335	15,791	22,302	21,032	22,872
Balance of International Trade (in \$ million)	▲3,969	▲2,673	▲4,164	▲9,343	▲7,434	▲8,157
Current Balance (in \$ million)	▲987	1,503	961	2,625	258	▲943
Total Balance (in \$ million)	993	888	2,762	1,368	▲1,029	▲1,484
GDP						
At Present Price (in billion liras)	76,316	134,109	232,260	390,083	626,471	-
At '87 price (in billion liras)	76,316	77,998	77,620	85,194	85,827	-
Wholesale Price Index	100	170.5	279.5	425.7	805.0	-
Consumer Price Index	100	173.7	283.6	454.6	957.0	-

Source: Briefing, March 15, 1993
Central Bank Annual Report 1991

トルコの最近貿易状況を見ると Table 2-4 の通りである。

Table 2-4 Foreign Trade

Unit: US\$ Million (%)

	1987	1988	1989	1990	1991
Exports: Total (FOB)	10,190	11,662	11,627	12,959	13,598
Agricultural Products	1,853 (18)	2,341 (20)	2,125 (18)	2,388 (18)	2,732 (17)
Industrial Products	8,065 (79)	8,943 (77)	9,086 (78)	10,240 (79)	10,579 (78)
Mining and Quarrying Products	272 (3)	378 (3)	416 (4)	331 (3)	287 (5)
Import: Total (CIF)	14,159	14,335	15,791	22,302	21,032
Agriculture and Live- Stock	791 (6)	507 (4)	1,047 (7)	1,323 (6)	813 (4)
Mining and Quarrying	3,035 (21)	2,862 (20)	2,901 (18)	3,989 (18)	2,989 (14)
Industrial Products	10,333 (73)	10,966 (76)	11,843 (75)	16,990 (76)	17,230 (82)

Source: The Turkish Economy '92 (TUBIAD)

1991年における輸出の主なものは繊維(43億\$)、農産物(27億\$)、農産加工品(11億\$)、皮革製品(6億\$)、化学製品(5億\$)等である。一方輸入の主なものは機械(38億\$)、原油(28億\$)、化学製品(25億\$)、鉄鋼(18億\$)等である。輸入額のうち原油の占める割合は13.2%である。1991年における主要な貿易相手国は以下の通りである。

輸出 …… ドイツ、イタリア、米国、フランス、英国

輸入 …… ドイツ、米国、イタリア、英国、フランス

輸出入ともにOECD諸国との取引が圧倒的で、輸出で63.5%、輸入で67.4%を占めた。イスラム諸国とは輸出が18.9%、輸入が14.9%となった。

貿易収支をみると恒常的な赤字を示しており、1991年において輸出 13,598百万\$、輸入 21,032百万\$で約 7,434百万\$の赤字であった。

2.5 エネルギー資源

トルコの経済的に開発可能な包蔵水力は30,800MWと見積もられており、1990年までにその22%が開発されている。

トルコ国産のエネルギー資源としては、この水力のほか、主なものに石油（推定埋蔵量 57×10^6 ton）、石炭（同 $12,900 \times 10^6$ ton）、天然ウラン等がある。

しかしながら、石油の産出は、国内需要の1～2割程度を満たすに過ぎず、石炭は、大部分がリグナイトであるため、産業用には不向きで、暖房や火力発電用燃料に当てられている。

Table 2-5 にはトルコ国における一次エネルギーの生産と使用状況を示してある。これによると主要エネルギー源であるLignite、水力、木材燃料、動植物から得られるエネルギーは自国で生産されたものでまかなわれているが、石炭（Hard Coal）、Natural Gas、石油の殆どが輸入に頼っており、電力もわずかであるが輸入している。特に、Natural Gasの輸入増加が顕著で、これは都市市民用の燃料、暖房及びガス火力発電をまかなうために輸入されたものである。又、第5章にも述べられるがトルコ国に於いてはガス火力発電所が急激に増加することから、益々Natural Gasの輸入が増加するものと思われる。輸入先は資源の賦存状況からロシア及びイランであろう。

輸入炭も又原料炭及び燃料炭として輸入量が増してゆくであろう。しかし石油は電力エネルギーのために輸入されることは殆どないと思われる。

原子力発電の第1号機も今世紀中の実現予定はない。

以上から、水力発電とリグナイトによる火力発電を柱とする電力が、トルコの工業化を支える基幹産業として、重要な役割を果たしていることが窺える。

トルコ国における電力構成の推移は、Table 2-6 に示す通りであるが、このTableからは、天然ガスや地熱による発電が近年急速に伸び、1989年以降は、石油火力に取って替わっていることがわかる。

Table 2-5 Primary Energy Supply and Consumption

(Unit: Million tons of Oil Equivalent)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Total Consumption	40.8	43.8	49.3	50.6	52.4	55.8	56.8
Petroleum	18.1	19.6	22.5	22.0	22.5	23.9	22.1
Lignite	7.9	8.9	9.2	8.0	10.2	9.2	11.3
Coal	3.8	4.0	4.6	4.9	4.7	6.4	6.4
Electric Power	2.7	2.7	4.1	6.4	4.0	5.2	5.0
Natural Gas	0.1	0.4	0.7	1.1	2.9	3.1	3.9
Wood	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.4
Total Supply	40.8	43.8	49.3	50.6	52.4	55.8	56.8
Domestic Production	23.4	24.8	27.3	28.0	27.9	28.3	30.9
Petroleum	2.2	2.5	2.8	2.7	3.0	3.9	4.3
Lignite	8.2	8.9	9.8	8.6	10.6	8.9	11.1
Coal	2.2	2.2	2.1	1.9	2.0	2.1	2.2
Electric Power	2.7	2.7	4.2	6.5	4.0	5.2	5.0
Wood	5.2	5.3	5.6	5.3	5.3	5.4	5.4
Natural Gas	0.1	0.4	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2
Import	18.4	21.0	25.4	28.5	26.9	31.0	29.2
Petroleum	17.6	19.1	22.6	24.4	21.7	23.4	21.2
Coal	1.7	1.8	2.4	3.1	2.5	4.6	4.2
Export (Petroleum)	2.1	2.3	2.3	4.1	2.3	2.0	3.3

Source: The Central Bank: Annual Report 1991

Table 2-6 Distribution of Electrical Energy Generation of Turkey over Primary Power Resources

Years	Hard Coal	Lignite	Oil Products	Other (1) Fuels	Hydraulic	Total
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	GWh
1980	3.9	21.7	25.0	0.6	48.8	23,275
1981	3.6	21.3	23.6	0.4	51.1	24,673
1982	3.4	20.8	22.4	-	53.4	26,552
1983	2.9	28.5	27.1	-	41.5	27,347
1984	2.3	30.7	23.0	0.1	43.9	30,613
1985	2.1	41.8	20.7	0.2	35.2	34,219
1986	1.9	47.0	17.6	3.5	29.9	39,695
1987	1.4	38.4	12.4	5.8	42.0	44,353
1988	0.7	25.3	6.9	6.8	60.3	48,049
1989	0.6	38.3	8.2	18.4	34.5	52,043
1990	1.1	34.0	6.8	17.9	40.2	57,543
1991	1.7	34.1	5.5	21.0	37.7	60,246

1) Generation provided until 1981 through the utilization of fuels such as wood, husk, furnace gas, coke gas etc.
 Generation in 1984 was provided only from geothermal resources whereas, from 1985 onwards, it was provided from geothermal and natural gas resources.

又、トルコ電力公社が1993年9月に作成した発電の長期計画による1996年末における設備出力、並びに使用資源別構成は、Table 2-7 に示す通りである。この表に示されているように1996年における水力-火力の設備出力の構成比は49:51である。しかしこの構成比率は上記資料によれば2001年には43:57、2006年には42:58と年を追うに従って火力の構成比率が高くなっていく。

又電力長期計画によれば、Lignite火力が引続いて開発されると共に、天然ガスや輸入炭による発電が大幅に増加するよう計画されている。水力発電も又積極的に開発される計画となっている。

Table 2-7 Composition of Generating Facility in 1996

	Capacity (MW)	Percentage (%)	Composition of Thermal and Hydro (%)		Percentage of Imported Fuel (%)	
			Hydro		Domestic	
Hydraulic	10,950.0	48.6	Hydro	48.6	Domestic	78.9
Coal	6,300.0	27.9	Thermal	51.4		
Geothermal	2.0	0.1				
Natural Gas	3,350.0	14.8				
Oil & Others	1,950.0	8.6			Import	21.1
Total	22,550.0	100	100		100	

2.6 運輸, 通信

トルコ国内の輸送手段としては、道路、鉄道、海運、航空、パイプラインがある。

道路は国道と県道を併せて総延長約58,915km(1987)で、うち92%が舗装されている。輸送システムのなかで最も重要な役割を果たしているのは道路であり、1987年には旅客輸送の88%、貨物の72%を占めている。

車両登録台数は、全車種合計で約1,973,670台(1987)であり、その60%が乗用車である。鉄道の総延長は10,186kmで、うち本線が8,439km(うち電化479km)、支線1,747km(うち電化72km)である。

トルコは黒海、エーゲ海および地中海に囲まれた半島にあるため、港湾は古くから発達し、東西貿易の要めにあつたため、国際貿易港10のほかに65港がある。このうちイスタンブールは、2つの大陸にまたがる重要港湾である。

空港は、Istanbul、Ankara、Izmir の3つの国際空港の他に国内の主要都市の10空港で定期便が運行されている。

通信手段である郵便、電信、電話はよく整備されている。

1986年現在のPTT数は、本局986、支局2,670、代理店24,427である。

ラジオ、テレビ放送は、普及率は低いが、国土の全域をカバーしている。

第3章 計画地域および周辺的一般概況

第3章 計画地域および周辺の一般概況

目次

	頁
3.1 計画地域の一般概況	3-1
3.1.1 一般概況	3-1
3.1.2 水資源開発計画とその現況	3-2
3.2 計画地域の一般概況	3-4
3.2.1 地勢および自然概況	3-4
3.2.2 自然および社会環境	3-6

List of Figures

Table 3-1. Outline of Filyos River Hydroelectric Power Development

第3章 計画地域および周辺の一般概況

3.1 計画地域の一般概況

3.1.1 一般概況

Filyos川流域は西黒海に流入する13,330km²の流域面積を有し、南北方向に120kmの長さを持つ。

その流域の中に上流域はBolu, Gerede及びÇerkeş平原、下部流域ではÇaycuma平原がある。

計画地域内で既開発の水力発電所は存在しない。灌漑関係については上流域のBolu平原で灌漑施設が施工・運用されている。

• 地形の状況

計画地域の土地の半分以上が山岳及び平原で、北から南へ下るに従って標高が高くなっている。流域内では海岸に平行して延びる北Anatolia山脈がある。

そのため北部と南部との交通を困難にしている。流域北部は農業に適し、人口は稠密である。南部は山地が多く人口密度も全国平均以下である。

• 河川流域

Filyos川は、水源をBolu県にあるAladağより発する。

水源付近ではGerede川という名でUludağ川と合流しSoganlı川となって北へ流れ、更に別の支流のAraç川と合流し、Yenice川となりDevrek町の中心部で最大の支流のDevrek川と合流し、Filyosとなって北へ流れて黒海に注ぐ。

当プロジェクトはFilyos川の最大の支流のDevrek川に計画されている。Devrek川について述べると、水源はBoluの南西3kmにある標高1,325m、湖水面積125haのAbant湖より発し、Büyüksu川となりBolu平原を流下し東から流れてくるMengen川と合流し、Devrek川となる。最後にYenice川と合流しFilyos川となる。

Filyos川は、冬と春は水量が豊富であり他の季節は水量が激減する。

当河川の年間平均流量は104.6m³/sで、4月は230m³/s、8月で28m³/sである。

Devrek川の年間平均流量は18.5m³/sである。

3.1.2 水資源開発計画とその現況

Filoyus川はトルコ国で最も降雨量の多い地帯にあり、豊富な流量に恵まれているが、現在まで全く電源開発は行われていない。

1987年DSIは、発電計画を中心とする流域マスタープラン調査報告書を取りまとめており、報告書には7地点、合計出力192MWの水力発電計画と、本流上流部Gered地域および支流Aksu川下流部の灌漑計画が提案されている。

発電計画地点は本流筋にMandıra計画(52MW)、Suçantı計画(15MW)、Tefen計画(10MW)があり、支流Araç川にKonarı地点(18MW)がある。また支流Devrek川には、本計画(Köprübaşı計画60MW)の他、その上流にKayabükü計画(12MW)、下流にÇay計画(25MW)がある。これら7計画地点は本支流とも全て中・下流部に位置しており、発電単独の開発計画となっている。

マスタープラン報告書によれば、上記7計画のプライオリティは以下の通りである。

1. Köprübaşı計画
2. Konarı 計画
3. Çay 計画
4. Kayabükü 計画
5. Tefen 計画
6. Suçantı 計画
7. Mandıra 計画

Table 3-1 にこれら発電計画の概要を示す。

Table 3-1 Outline of Filyos River Hydroelectric Power Development

Description	Unit	Kayabuklu Project	Köprübaşı Project	Çay Project	Mandıra Project	Suçatlı Project	Tefen Project	Konarı Project
River Basin		Filyos	Filyos	Filyos	Filyos	Filyos	Filyos	Filyos
River		Devrek	Devrek	Devrek	Gerede	Soğanlı	Soğanlı	Araç
Catchment Area	km ²	1,870	2,043	2,422	2,880	8,145	9,095	340
Annual Inflow	10 ⁶ m ³	450	482	607	594	1,747	1,941	79
Reservoir								
High Water Level	m	495.00	437.00	219.00	850.00	195.00	85.00	695.00
Effective Storage Capacity	10 ⁶ m ³	-	200	144	-	-	-	-
Dam								
Type		-	Rockfill	Rockfill	-	-	-	-
Height	m	-	95	79	-	-	-	-
Headrace Tunnel								
Inner Diameter x Length	m	4.0 x 3,250	4.0 x 3,00	4.0 x 1,800	3.75 x 11,800	5.0 x 4,700	5.25 x 1,825	3.0 x 4,625
Development Plan								
Maximum Discharge	m ³ /s	28.6	42.0	46.0	20.5	55.0	62.7	7.25
Total Head	m	58.0	217.0	94.0	310.0	45.0	25.0	345.0
Installed Capacity	MW	12	60	25	52	15	10	18
Annual Energy Production	GWh	43	210	108	143	81	52	52

3.2 計画地域の一般概況

3.2.1 地勢および自然概況

(1) 地 勢

トルコの国土は、地理的にはその一部は東ヨーロッパのバルカン半島東端 (Trakya) と、その大部分はアジア大陸の西端の黒海と地中海に囲まれたAnatolia半島 (小アジア半島) を占めており、その形状は東西約 1,600km、南北約 550km の範囲にほぼ収まり、全体としては長方形をなしている。

トルコ国の地形は全体としてその地質構造を反映して、ほぼ東西性の構造地形で特徴づけられ、大きく3つの地帯、黒海沿岸沿いに大きくうねりながら東西に連なるPontos褶曲山脈地帯、その南側のAnatolia半島の主骨格をなすAnatolia高原地帯、Anatolia高原の南側で地中海沿いに局部的な湾曲を伴いながらも東西に延びるTaurus褶曲山脈地帯に区分できる。

本計画の対象であるDevrek川はトルコ全土の西側半分の区域のほぼ中央部で、黒海に流入するFilyos川の支流であり、上記Pontos褶曲山脈中の河川の1つである。

IstanbulとAnkaraを結ぶ幹線ルート的主要中継都市Boluの南西郊外を源頭として北東方向に流下するBüyüksu川 (河川長約 50km) と山間の町Mengenを経て南西方向に流下するMengen川 (河川長約 50km) が、小集落Gökçesu付近で合流してその名をDevrek川と変えるが、Devrek川はその合流点より下流で北東方向、時には北西方向へと激しく曲流しつつも、全体としては北東方向に約75km流下してYenice川 (河川長約 280km) と合流して最下流区間では上記のFilyos川 (河川長 30km) となる。

本計画地点は上述のBüyüksu川とMengen川の合流点よりDevrek川の流路沿い約20 km下流に位置する。

(2) 地 質

トルコの国土は、大局的な地質構造上ではAlpine - Himalayan - Indonesian 造山帯の一部を占めている。トルコは造構造上ほぼ東西性の地質構造を示し、一般に黒海沿いのPontides帯、その南側でAnatolia半島の中心部を占めるAnatorides、それに地中海沿い西方のTauridesと東方の境界褶曲帯に夫々区分される。本計画地域は上記地質構造帯のうちPontides帯の北西部に位置する。

Pantides帯の西部地域は、最近の関連資料によると、地質特性上更にIstanbul帯とSakarya帯に区分される。Istanbul帯は先カンブリア紀の変成岩基盤を伴う大陸縁近帯（大陸段丘）をなしており、比較的静穏な環境下での古生代堆積岩類（カンブリア紀-二畳紀）によって特徴づけられる。これに対してSakarya帯は初生地層としての古生総を含まない。Pontides帯の北西部を占めるIstanbul帯はその南部を占めるSakarya帯を造構造的な被覆している。

本計画地域は、上記の区分に従えばIstanbul帯に属している。

(3) 地震

トルコ国内には、北Anatolia断層および東Anatolia断層というプレート境界をなす2つのトランスフォーム断層がある。

北Anatolia断層は、トルコ北部を北に張り出した緩い弧を描いて東西にのび層延長は1,000km以上に達する右横ずれの活断層である。また、東Anatolia断層は、トルコ東部を北東からのびる層延長約560kmの左横ずれ（南西部では、スラスト性）の活断層である。

トルコ国内での地震は、これらの2つの活断層沿いに発生することが多く、「地震危険度マップ」（by Ministry of Reconstruction and Settlements, 1972）にもこのことがよく表れている。

北Anatolia断層は、本計画ダム地点の25~30km南を、北北東~南南西方向に、Gerede市、Bolu市付近を通して延びている。このため、計画ダム地点は「地震危険度マップ」のSecond degree of seismic zone（First degree of seismic zoneとの境界付近）に位置している。

(4) 気象

計画地域の北部は一般に温和な黒海気候帯である。流域の北部では夜と昼及び季節相互間の温度差は大きな変動を示さない。

年間平均気温、降雨量及び降雪日数は下記の通りである

Station	Annual Average Temperature	Annual Precipitation	Annual Average Rainy days
Devrek	13.5°C	765 mm	8 days
Karabük	13.3°C	495 mm	11 days
Safranbolu	12.5°C	491 mm	11 days
Mengen	10.2°C	662 mm	26 days
Bolu	10.2°C	566 mm	26 days
Gerede	7.6°C	684 mm	46 days
Çerkeş	8.2°C	392 mm	24 days

3.2.2 自然および社会環境

(1) 自然環境

当計画のあるFilyos川海岸部は降雨が多く温和な黒海性気候の支流を受ける。北から南へと降水量が減少し、冬と夏の気温差は増大し、流域南部では中部Anatoliaの大陸性気候の支配を受ける。

又地形としては、当流域内では半分が山岳で他は平原で、北から南へ行くに従って標高が高くなっている。

海岸に平行して延びる北Anatolia山脈が位置し、そのため南北間の交通の障害となっている。

北部は農業に適し人口も多く、南部は山岳が多く平地も少なく人口密度も少ない。

海岸部は観光に利用可能な天然ビーチに恵まれている。但し、海水浴に適した夏の期間が短い。

Boluの周辺は豊かな森林があり、雪山、湖もある。

Ankara、İstanbul間は立派な道路が建設中で、その1部はすでに開通している。その大都市に挟まれている故、将来レクリエーションセンターの可能性大である。

(2) 社会環境

Filyos川流域では一般に平原と河川近傍に人口が集中しており、海岸に近づくに従って次第に人口が増大する。すなわち、北部の人口密度は平均してトルコ平均の2倍である。Zonguldakの炭鉱、Karabükの製鉄工場のような重工業は豊かな森林資源を利用した林業、製紙業の発達で人口増大の原因である。これに反して南部で

はトルコ全土の平均値を下回っており、全国的な人口増加時にも増加率が下回っている。

計画地域の主要市町村の人口は次の通りである。

	Total Population (Person)	Urban Population (Person)	Rural Population (Person)	Population Density (Person/km ²)
Çaycuma	89,670	9,688	79,982	183
Devrek	94,298	12,265	82,033	77
Eflani	21,843	3,183	18,660	35
Karabük	131,349	84,137	47,212	95
Safranbolu	39,464	19,440	20,024	39
Mengen	18,886	2,557	16,329	21
Bolu	87,257	38,283	48,974	57
Gerede	63,137	9,885	53,252	32
Çerkeş	19,123	3,675	15,448	19
Eskipazar	23,063	5,007	18,056	33
Ovacık	9,108	853	8,255	24
Araç	38,626	4,244	34,382	21

第4章 トルコの電気事業

第4章 トルコの電気事業

目次

	頁
4.1 電力の現状	4-1
4.2 電気事業者	4-2
4.3 電力供給設備の現状	4-3
(1) 火力発電設備	4-3
(2) 水力発電設備	4-4
(3) 送配変電設備	4-5
4.4 電力需給の現状	4-6

List of Tables

Table 4-1	Development of Installed Capacity of Turkey and TEK (MW)
Table 4-2	Turkey's Development of Generation (GWh)
Table 4-3	Distribution of Electric Energy Generation in 1992 Turkey Over Primary Power Resources (GWh)
Table 4-4	Outline of Thermal Power Plants in Turkey (1992)
Table 4-5	Outline of Hydropower Plants in Turkey (1992)
Table 4-6	Outline of Transmission and Distribution System in Turkey (1992)
Table 4-7	Demand/Supply Balance, Plant Factor, Load Factor in Turkey's Power System
Table 4-8	TEK's Energy Balance-Sheet and Sales

第4章 トルコの電気事業

4.1 電力の現状

トルコにおける発電設備容量は、この10年間までめざましい伸びを示していた。

1982年末に 6,638.6MWであった総設備容量は、1992年末にはその約 2.8倍にあたる 18,713.6MWに達した (Table 4-1 参照)。また、年間供給電力量は、Table 4-2 にみられるように、この10年間で 2.4倍強となっている。

Table 4-1 Development of Installed Capacity of Turkey and TEK (MW)

Years	Turkey				TEK			
	Thermal	Hydraulic	Total	Increase (%)	Thermal	Hydraulic	Total	Increase (%)
1982	3,556.3	3,082.3	6,638.6	-	2,719.7	2,823.5	5,543.2	-
1983	3,695.3	3,239.3	6,935.1	4.5	2,937.6	2,998.5	5,936.1	7.1
1984	4,584.3	3,874.8	8,459.1	22.0	3,542.9	3,644.2	7,187.1	21.1
1985	5,244.3	3,874.8	9,119.1	7.8	4,147.9	3,644.2	7,792.1	8.4
1986	6,235.2	3,877.5	10,112.7	10.9	5,141.8	3,644.2	8,786.0	12.8
1987	7,489.3	5,003.3	12,492.6	23.5	6,290.9	4,720.1	11,011.0	25.3
1988	8,299.8	6,218.3	14,518.1	16.2	7,046.4	5,935.4	12,981.5	17.9
1989	9,208.4	6,597.3	15,805.7	8.9	7,939.0	6,298.1	14,237.1	9.7
1990	9,550.8	6,764.3	16,315.1	3.2	8,261.7	6,465.1	14,726.8	3.4
1991	10,092.8	7,113.8	17,206.6	5.5	8,793.1	6,521.5	15,314.6	4.0
1992	10,334.9	8,378.7	18,713.6	8.8	9,018.1	7,779.2	16,797.3	9.7

cf: TEK table original

Table 4-2 Turkey's Development of Generation (GWh)

Years	Thermal	Hydraulic	Total	Increase (%)	Import	Export	Gross Supply	Increase (%)
1982	12,385	14,167	26,552	-	1,773		28,325	-
1983	16,004	11,343	27,347	3.0	2,221		29,568	4.4
1984	17,187	13,426	30,613	11.9	2,653		33,267	12.5
1985	22,174	12,045	34,219	11.6	2,142		36,361	9.3
1986	27,822	11,873	39,695	16.0	777		40,471	11.0
1987	25,735	18,618	44,353	11.7	572		44,925	11.0
1988	19,099	28,950	48,049	8.3	381		48,430	7.8
1989	34,103	17,940	52,043	8.3	559		52,602	8.6
1990	34,395	23,148	57,543	10.6	176	907	56,812	8.0
1991	37,563	22,683	60,246	4.7	759	506	60,499	6.5
1992	40,774	26,568	67,342	11.8	189	314	67,217	11.1

cf: TEK table original

電力資源別の1992年における発電実績は、Table 4-3 に示す通りであり、水力・火力の比率は、40 : 60となっている。

Table 4-3 Distribution of Electric Energy Generation in 1992
Turkey Over Primary Power Resources (GWh)

Resources	Turkey's Generation	Ratio Over Total Generation (%)
Hard Coal	1,814.6	2.7
Lignite	22,756.2	33.8
Oil Products	5,273.0	7.8
Hydraulic	26,568.0	39.5
Geothermal	69.6	0.1
Natural Gas	10,813.7	16.1
Total	67,342.2	100.0

cf: TEK table original

4.2 電気事業者

トルコでは、次に述べる3つの政府機関が電気事業に関っており、その概要は次の通りである。

電力開発計画と調査 ; 電力調査庁 (EIE : General Directorate of Electrical Power Resources Survey and Development Administration)

水力発電所の調査・計画・建設 ; 水利庁 (DSI : General Directorate of Hydraulic Works)

水力発電所の運転・保守,
火力・原子力発電所の建設・運転・保守,
送配電線の建設・保守 ; トルコ電力庁 (TEK : Turkish Electricity Authority)

なお、EIEとTEKはどちらもエネルギー天然資源省 (MENR : Ministry of Energy and Natural Resources) の管轄下にあるが、DSIは公共住宅事業省 (MPWR : Ministry of Public Works and Resettlement) の所轄である。

電力事業は一部私営もあるが、大部分は国営の形態であり、TEKにより運営されている。