

トルコ共和国

チヨルフ川水力発電開発計画

調査報告書

要約版

1986年12月

国際協力事業団

鉦計資
J R
86-156

トルコ共和国チヨルフ川水力発電開発計画調査報告書要約版

86・12

14
13
11

トルコ共和国

チヨルフ川水力発電開発計画

調査報告書

要約版

JICA LIBRARY



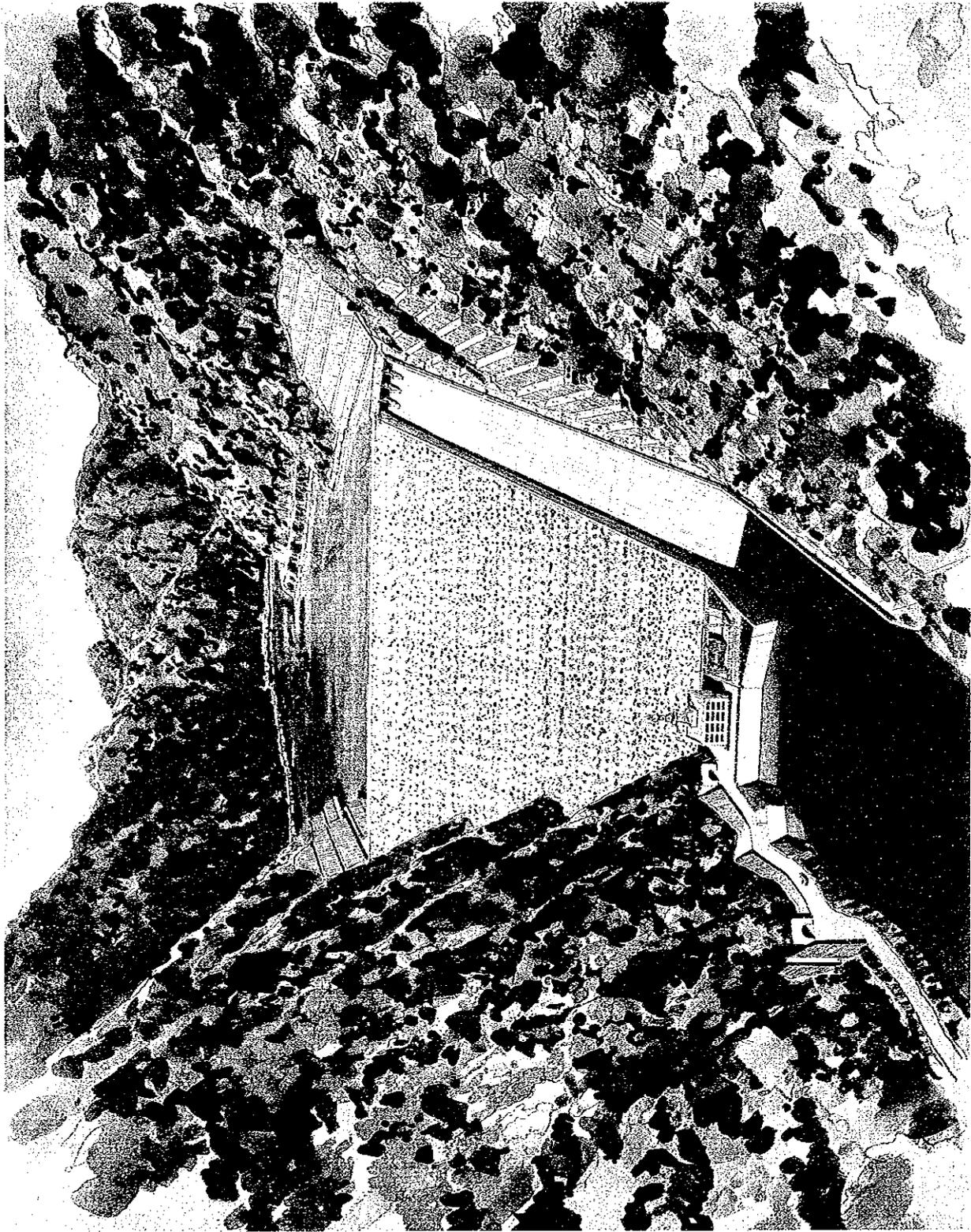
1051031E1J

1986年12月

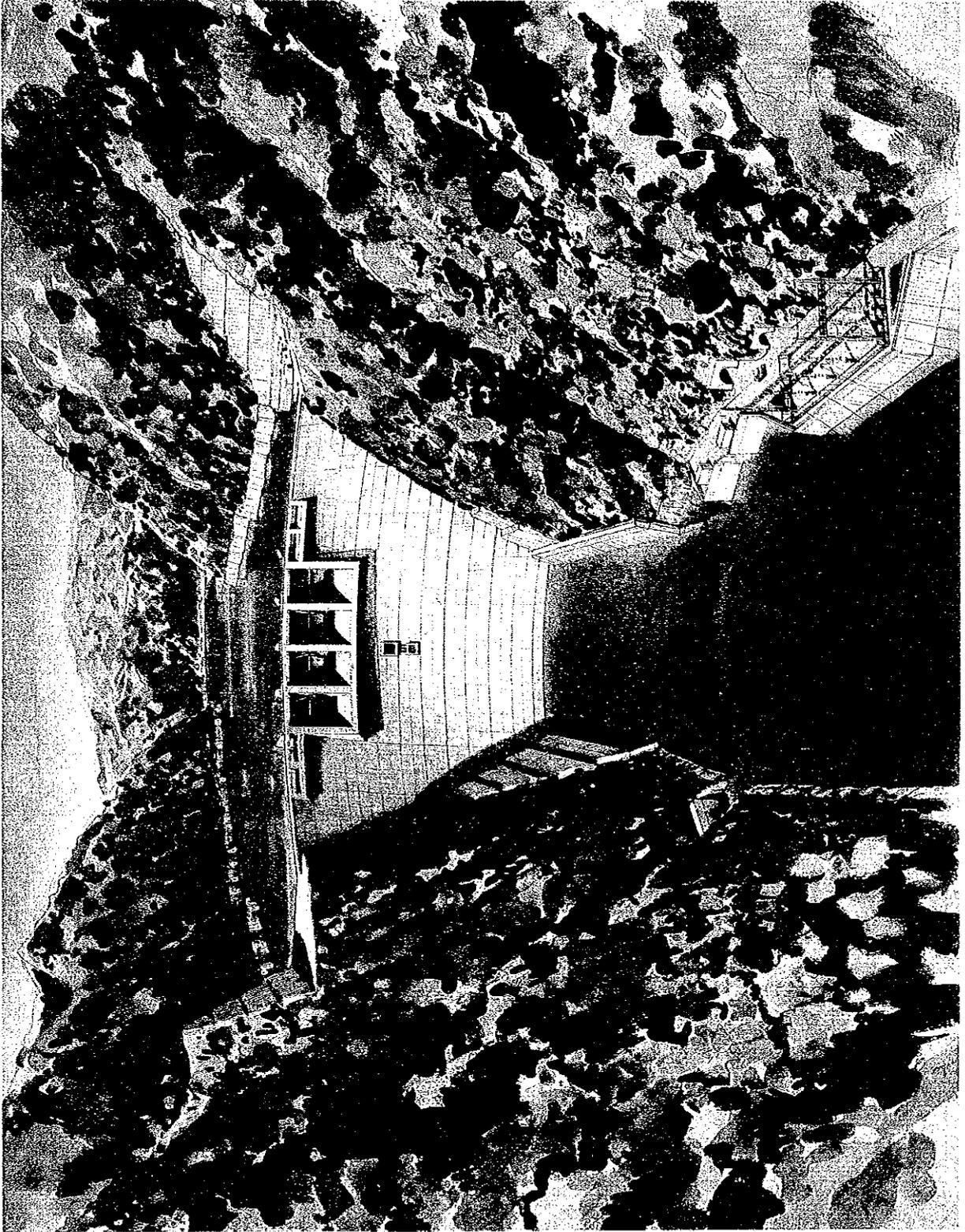
国際協力事業団

国際協力事業団

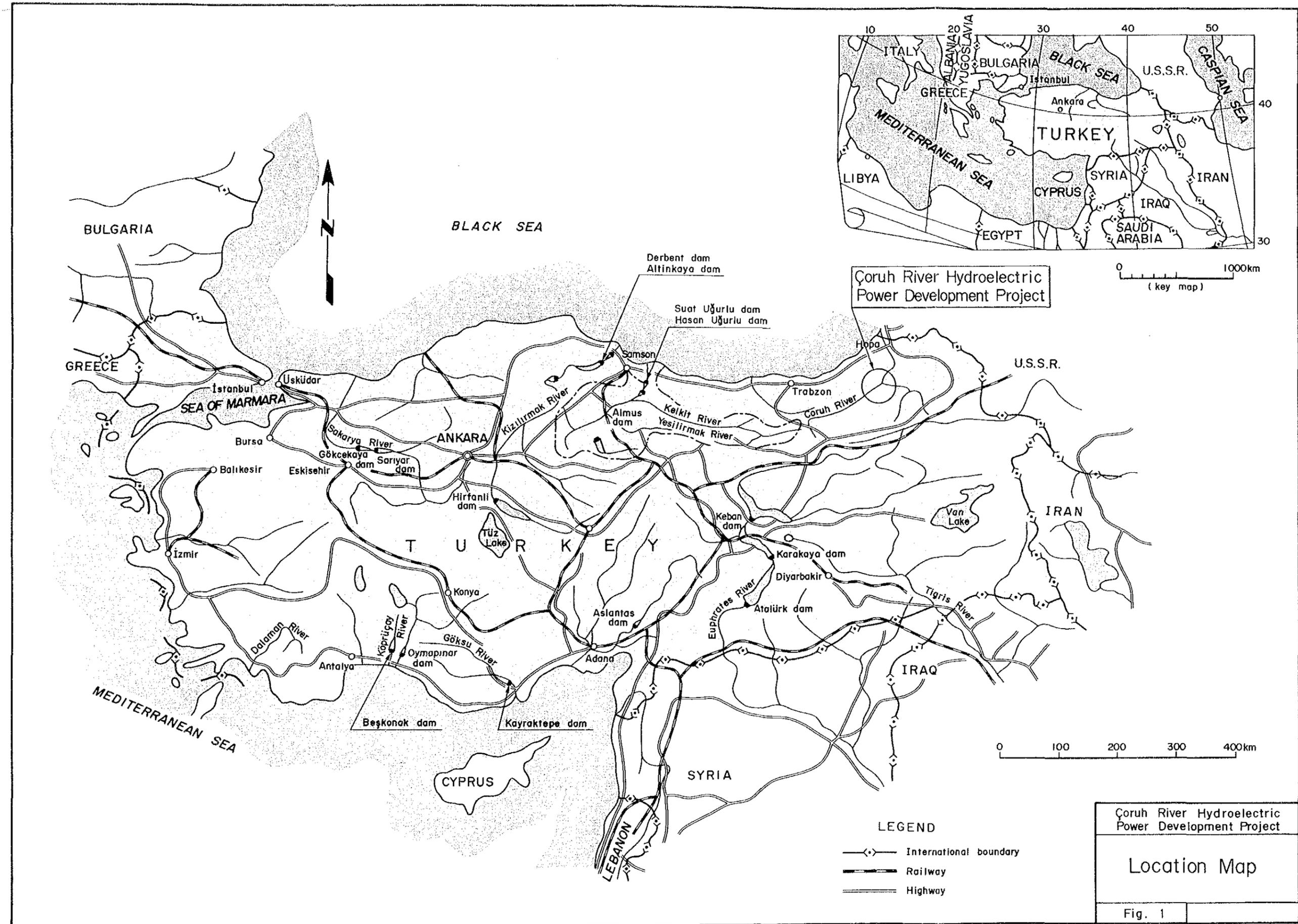
受入 月日	'87. 5. 1	314
登録 No.	16293	643 MPN



Artist's Conception of Yusufeli Dam



Artist's Conception of Artvin Dam



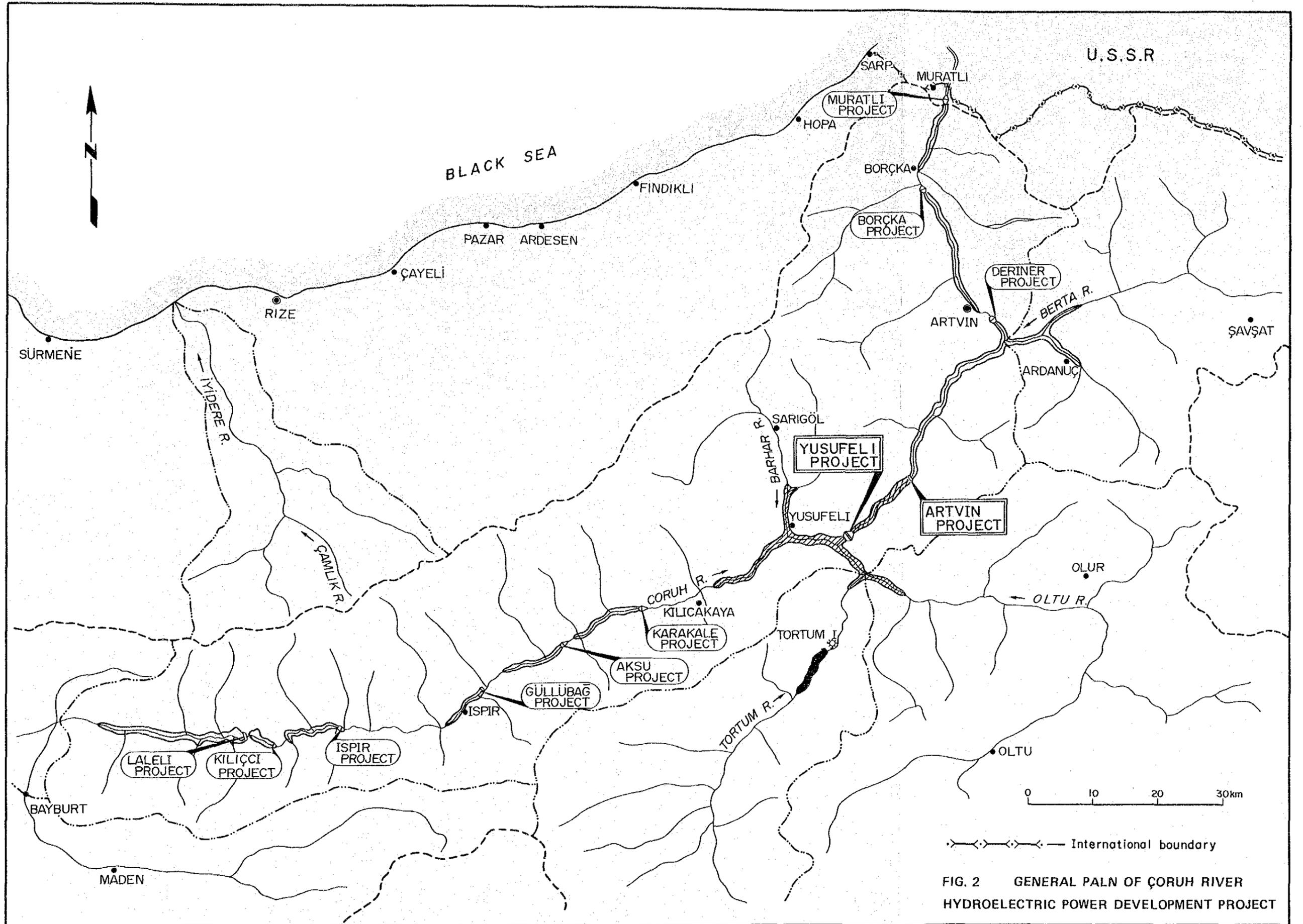


FIG. 2 GENERAL PLAN OF ÇORUH RIVER
HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

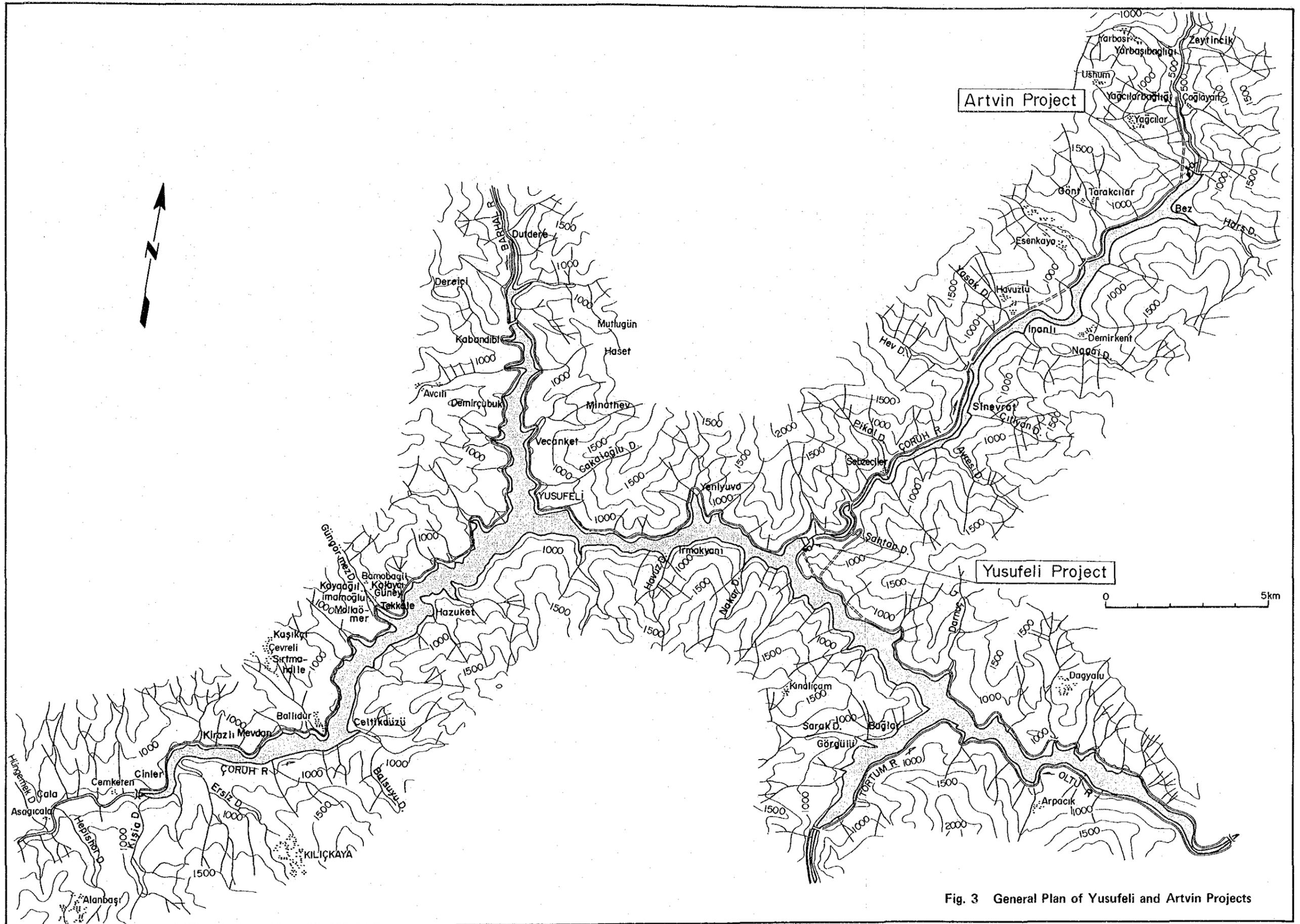


Fig. 3 General Plan of Yusufeli and Artvin Projects

目 次

1. 序 論	1
2. 基礎資料の検討結果	3
3. 最適開発計画の概要	8
4. 工事工程および工事費	27
5. 結 論	30
6. 勧 告	37

1. 序 論

トルコ共和国の1984年における電力設備は8,459MW(水力3,875MW、火力4,584MW)であり、1986年頃にかけて運転開始を予定されているものは水力1,067MW、火力2,044MWで1986年頃には合計設備出力11,570MWが予定されている。しかし、これらの建設計画は、当初の予定より遅れている。

当面の電力不足の緊急対策として、トルコ政府は1975年以来ブルガリヤから、1979年以来ソ連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。その輸入量の伸びも最近5ヶ年で年平均約18%にも達している。

長期的展望としてトルコ政府は1987年から2005年までの18年間の電力需要想定として設備出力は32,000MW(年平均増加率:7.3%)および電力量は190,000GWh(年平均増加率:7.7%)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26,000MWおよび約81,000GWhの開発を目論んでいる。

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、1982年にCoruh川の河川一貫開発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。

Coruh川はトルコ国の包蔵水力の約1割(3,000MW)を占める、最東部の急流河川である。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、このCoruh川の中流に貯水池式のYusufeli水力発電所およびその下流に調整池式のArtvin水力発電所が計画されており、この計画がCoruh川一貫開発のキー・プロジェクトとなっている。

この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ジビリティ調査に関する技術協力を要請してきた。日本政府はこの要請を受けて1984年11月に国際協力事業団(JICA)鈴木治夫資源調査課長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1984年11月、国際協力事業団はトルコ電力調査庁(EIE)との間で、“Scope of Works for the Feasibility Study on Coruh River Hydroelectric Power Development Project in the Republic of Turkey”を締結した。

本調査は、黒海側に注ぐCoruh川の中流域に位置するYusufeliおよびArtvin水力発電開発計画について、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、

経済的見地からフィージブルであるか否かを評価し、その結果を報告書にまとめることを目的とする。

調査の範囲はトルコ国における現地調査および解析作業ならびに日本における解析作業より構成される。トルコ国では現地踏査、資料収集および解析・評価、発電計画の概略検討、調査工事計画の策定および調査工事を行う。

調査工事は、地形測量、地質調査工事および諸試験より成る。

国内作業では、既存資料、現地調査ならびに調査工事結果に基づいて本計画の最適開発計画を策定し、その結果に基づいて予備設計、積算、経済及び財務評価等を行うものである。

1985年3月、JICAは上記“Scope of Works”に基づいてその業務を開始し、続いて1985年5月28日、本プロジェクトの現地調査のため調査団をトルコ国に派遣した。調査団は5月30日から7月23日までEIEの協力の基に関連資料の収集、解析、現地踏査および計画の概略検討を実施した。その間“インセプションレポート”を1985年6月17日、EIEに提出した。

続いて、1985年9月5日まで、調査団はプロジェクトサイトにおいてEIEの協力の基に原位置岩盤試験を実施した。

調査団は帰国後電力需要想定、水文、地質、材料、最適開発計画等の分野で検討を行った。この間1985年9月及び12月にそれぞれ第1回および第2回進捗報告書をEIEに提出した。

調査団は1986年1月30日から2月28日まで再び訪土し、本計画地域を再踏査するとともに、追加資料の収集を行った。続いて最適開発計画についてEIEと協議を行い、あわせて本計画の中間報告書をEIEに提出した。

上記の現地踏査およびEIEとの協議の結果に基づいて、国内作業として電力需要供給計画、最適開発計画の選定、予備設計、工事費積算、工事工程、財務・経済評価等を実施した。この間1986年8月第3回進捗報告書をEIEに提出した。

本計画に関する調査および検討結果を“最終報告書(案)”としてとりまとめ1986年11月EIEと協議を行い、続いて1986年12月“最終報告書”を作成した。

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、EIEに提出されることとなる。本計画のフィ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。

2. 基礎資料の検討結果

(1) 本計画の特性

本報告書で述べられるCoruh川水力発電開発計画とは、Yusufeli計画とArtvin計画（旧Inanli計画をArtvin計画と改称、また旧Artvin計画をDeriner計画と改称 1986. 5. 6. 付）およびYusufeli発電所とArtvin発電所からHopa変電所入口迄の送電線計画よりなる。

Coruh川流域はトルコ国北東部に位置し、そのトルコ領内の流域面積は約19,750km²でトルコ全土の約2.5%を占めている。

Coruh川は延長約390km（トルコ領内）であり、年間平均流出量は 5.96×10^9 m³である。

Coruh川には豊富な河川の流量を調整し得る大規模貯水池の建設が可能な地点として、河川最上流のLaleliダムサイト、中流部のYusufeliダムサイト、下流部のDerinerダムサイトがある。

Yusufeliダムサイトは支流Oltu川とCoruh川本流との合流点より下流約800mに位置する。

Yusufeliダムサイトの年間平均流入量は約 $3,780 \times 10^6$ m³である。Yusufeliダムを築造することによって総貯水容量 $2,130 \times 10^6$ m³、有効容量 $1,080 \times 10^6$ m³を得る。

この有効容量は年間平均流入量の約30%に相当する。

Yusufeli計画は、Coruh川水力発電一貫開発計画のキープロジェクトである。即ち大規模貯水池により、流量調節を行い、下流に計画される4発電所（Artvin、Deriner、BorckaおよびMuratli）の利用効率を高める役割をもった計画である。

ArtvinダムサイトはYusufeliダムサイトより下流約19kmに位置し、貯水池はYusufeliダムの直下流にアフターベイを形成するものである。

(2) 開発の必要性

1984年現在の電力設備は水力 3,875MW(13,426 × 10⁹ kWh)、火力 4,584MW(17,187 × 10⁹ kWh)、合計 8,459MW(30,613 × 10⁹ kWh) である。一方電力需要に対して供給力不足をまかなうため、1984年ソ連およびブルガリヤから 275MW(2,653 × 10⁹ kWh) の電力を輸入している。

将来の電力需要想定(1985年~2005年)として、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。

	TEKの想定値		マクロ手法想定値	
	(GWh)	(MW)	(GWh)	(MW)
1985	36,850	6,570	35,500	6,300
1990	63,300	11,290	55,200	9,800
1995	102,450	18,270	83,700	14,900
1997	123,600	22,045	97,400	17,400
2000	162,600	29,000	123,800	22,100
2005	239,938	40,500	180,700	32,200

これから判るように、2005年までの電力量の平均伸び率はTEKが9.9%、マクロ手法によるものが8.6%である。

これら電力需要に対処するために、Elbistan火力(4,200MW)、Karakaya水力(1,800MW)、Altinkaya水力(700MW)、Ataturk水力(2,400MW)等が建設中である。また、Kayraktepe水力(420MW)、Ilisu水力(1,200MW)、Boyabat水力(510MW)等を至近年に着工すべく準備中である。

YusufeliおよびArtvin計画は、上述した大規模プロジェクトの次に開発さるべき大規模プロジェクトであり、需要・供給計画上からみて、2000年頃に全国電力系統に投入される重要な水力電源である。需要供給計画上からみれば、現在計画されている水力および火力の開発の推進は不可欠であり、このまま開発が順調に進んだとしても、1989年以降は、需要に対する予備率は低下傾向を示す。適正な予備率を確保するためには、水力では毎年1,000~2,000MWの開発が必要となる。したがって、2,000年断面では、大規模水力はほとんど枯渇しつつあるなかで、Yusufeli、およびArtvinの各々

540MW および320MW の開発は必要不可欠となる。同時に本計画はトルコ最東部の国家投資のおくれた地域にあり、この開発は当該地域の経済開発に寄与することができる。

(3) 気象および水文

Yusufeli地点における気温は最高43.8℃、最低-14.3℃、平均14.2℃である。Yusufeli地点流域内の年間平均降雨量および年間蒸発量はそれぞれ440mmおよび1,181mmであり、YusufeliおよびArtvin地点における年間流入量はそれぞれ $3,777 \times 10^6 \text{m}^3$ および $3,873 \times 10^6 \text{m}^3$ である。

Yusufeli地点における推定堆砂量は403t/km²/年(337m³/km²/年)である。設計堆砂量は、400m³/km²/年×50年とする。

工事中の河流処理の対象洪水量として考慮する確率洪水量は以下の通りである。

	Yusufeli地点	Artvin地点
10年確率(m ³ /s)	1,093	1,121
25年確率(m ³ /s)	1,329	1,362

Yusufeli地点の可能最大洪水量は9,000m³/sである。

(4) 地質および材料

(4)-1. Yusufeli計画

Yusufeli貯水池の耐水性は問題ないと判断できる。Yusufeli貯水池上流域にはGorgulu およびVecanketの2つの大規模地じりが存在するが、これらの存在はYusufeliダム建設に支障となるものではないと判断できる。

ダムサイトの地質は花崗岩や輝緑岩などであり、通常的基础処理を行うことによって高さ270m級のロックフィル、或いはコンクリートアーチダム建設に支障はない。

(4)-2 Artvin計画

Artvin貯水池内にはHavuzlu およびDemirkentの地じりがあるが、ダム建設には支障となるものではないと判断できる。また貯水池の耐水性は問題ない。

ダムサイトの地質は輝緑岩および凝灰岩などであり、基礎処理を十分行うことによって、コンクリートアーチダムの建設に支障はないと判断される。しかし、完了した一本のボーリングで河床に断層が存在していることが判明している。したがって、最終的なダム型式は、さらに詳細な地質調査を行った上で検討されるべきである。

(4)-3 建設材料

土質材料としては、Gorgulu地域の赤色土が良好な性質を持ち、量的にも充分採取可能である。

コンクリート用骨材としては、Oltu川とTortum川合流点付近の河床砂礫が質的にも量的にも充分採取可能である。

(5) 原位置試験の結果と評価

Yusufeliダムサイトで実施した平板載荷試験とブロック剪断試験の結果と評価は以下の通りである。

平板載荷試験の結果

変形係数は

A級 68,100~142,000 kg/cm²

B級 29,400~78,200 kg/cm²

であり、変形性の少ない硬岩である。

接線弾性係数は

A級 91,100~206,400 kg/cm²

B級 47,900~103,700 kg/cm²

であり、非常に大きい弾性係数を示し、堅硬で良好な岩盤の特性をもっている。

ブロック剪断試験の結果

第7章7.4項に詳述する通り、剪断強度はコンクリート・ブロックの強度に原因して、直接求めることはできなかったが弾性係数との相関より下記のような推定剪断強度を求めた。

	Angle of Internal Friction(ϕ)	Cohesion(kg/cm ²)
A級	60°	50
B級	52°	35

(6) 地震

設計震度を定めるために、確率解析により、Yusufeli地点における最大地盤加速度の評価を行った。

この検討に使用された地震データは米国のNOAAによって収集されたもので、1901年から1984年にわたり、1658にのぼる。

この解析結果に一般的なダムの挙動を勘案して、Yusufeli地点における通常の震度法による静的安定解析に用いられる設計震度は、ロックフィルダムおよびアーチダムで、それぞれ0.15および0.30とする。

(7) 環 境 評 価

本計画の実施により、計画地域およびその周辺の自然および社会環境に与える影響予測を定量的に評価するための十分な調査は実施されていない。

現在、入手資料の範囲内で極概念的な環境影響予測を考察すると以下の通りである。

本計画の場合、大規模貯水池の築造により、水没される地域内には、景観、植生、動物等で特に問題となるものは存在しない。大規模貯水池の築造により、生態系に変化を与える可能性はあるが、現在の自然状況から判断して、大きい問題とは考えられない。しかし、貯水池による水質の変化については今後の検討が必要であろう。

本計画地域内には遺跡、文化財はない。貯水池による水没対象の人口は約 7,000人であるため、今後の課題として水没移転の計画検討が必要である。

本計画地域内を通過しているArtvin市とErzurum市を結ぶ国道は重要幹線であり、本計画の実施により水没または本工事に影響を受ける部分についてはこれを付替える必要がある。従って国道の付替えは本計画の着工を左右するものであり、今後詳細な国道の付替え計画を検討する必要がある。

3. 最適開発計画の概要

Yusufeli計画はArtvin計画に比べ規模が大きく、かつ上流に位置するため計画全体に与える影響が大きい。従ってまずYusufeli計画についてそのダム型式の選定を含む開発方式、および開発規模を検討した。その後、その最適計画に基づいてArtvin計画を検討した。

以下にYusufeliおよびArtvin計画の概要を述べる。

(1) Yusufeli計画

・計画概要

Yusufeli計画の概要を述べると以下の通りである。Coruh川本流とOltu支流の合流点より下流800mの地点に高さ270m、体積 $21 \times 10^6 \text{ m}^3$ のロックフィルダムを築造し、総貯水容量 $2,130 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、有効容量 $1,080 \times 10^6 \text{ m}^3$ を得る。この貯水池により、平均年間流入量 $3.78 \times 10^9 \text{ m}^3$ を調整する。

ダム直上流の右岸に設ける取水口より最大使用水量 $321 \text{ m}^3/\text{sec}$ を取水し、水圧鉄管を経て、右岸地下に設ける地下発電所に導水し、最大出力540MWおよび年間発生電力量 $1,704.6 \times 10^6 \text{ kWh}$ を得ようとするものである。

・工事費および経済評価

上記Yusufeliダムおよび発電所の建設費は $367,025 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ （外貨 $132,563 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ 、内貨 $234,462 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ ）であり、建設に必要な期間は約9年である。

YusufeliおよびArtvin発電所により発電される電力は380kV送電線によりHopa変電所まで送電される。この送電線の建設に必要な工事費は $8,927 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ （外貨 $6,176 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ 、内貨 $2,751 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ ）である。このうちYusufeli計画の負担分としての送電線工事費は $6,340 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ （外貨 $4,417 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ 、内貨 $1,923 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ ）である。

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額(B-C)および便益・費用比率(B/C)はそれぞれ $92,955 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ および1.65である。

また電力収入を便益とした場合の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9.7%および12.4%である。

(2) Artvin 計画

・計画概要

Artvin計画の概要を述べると以下の通りである。

YusufeliダムよりCoruh川本流下流19kmの地点に高さ 160m、体積 $500 \times 10^3 \text{m}^3$ のアーチ型ダムを築造し、総貯水容量 $167 \times 10^6 \text{m}^3$ 、有効容量 $4 \times 10^6 \text{m}^3$ を得る。この貯水池により、Yusufeli発電所からの放流量と残留域の流入量を調整する。

ダム直上流左岸に設ける取水口より最大使用水量 $333 \text{m}^3/\text{sec}$ を取水し、水圧鉄管を経て、左岸地下に設ける地下発電所に導水し、最大出力320MWおよび年間発生電力量 $988.8 \times 10^6 \text{kWh}$ を得ようとするものである。

・工事費および経済評価

上記Artvinダムおよび発電所の建設費は、 $154.428 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$ (外貨 $62.160 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$ 、内貨 $92.268 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$) であり、建設に必要な期間は約6年である。

Artvin発電所により発電される電力は、Yusufeli発電所とHopa変電所を結ぶ380kV送電線に連系され、Hopa変電所まで送電される。

Artvin計画の負担分としての送電線工事費は $2.587 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$ (外貨 $1.759 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$ 、内貨 $828 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$) である。

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 $97.334 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$ および2.15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12.8%および15.9%である。

なお、YusufeliおよびArtvin発電所により発電される電力はHopa変電所を經由して、Ankara等の需要地帯に送電されることとなる。

Table 1. Yusufeliダムおよび発電計画概要

項 目	単 位	内 容
場 所		Coruh川
流 域 面 積	km ²	15,250
年 間 流 入 量	10 ⁶ m ³	3,777
設 計 洪 水 量	m ³ /sec	9,000
貯 水 池		
満 水 位	m	710
低 水 位	m	670
利 用 水 深	m	40
堆 砂 位	m	618
総 貯 水 容 量	10 ⁶ m ³	2,130
有 効 貯 水 容 量	10 ⁶ m ³	1,080
湛 水 面 積	km ²	33.1
仮排水トンネル		
内 径	m	9.2
延 長	m	1,258
設 計 洪 水 量	m ³ /sec	1,330
条 数	-	1

Yusufeli

項 目	単 位	内 容
Yusufeliダム		
型 式		Rockfill Dam
天 端 標 高	m	715
高 さ	m	270
堤 頂 長	m	430
体 積	10 ⁹ m ³	21,050
洪水吐		
型 式	-	Chute with Radial Gates
容 量	m ³ / s	7,970
ゲート ; 数	-	4
ゲート ; 寸法	m	巾 13.5 × 高さ 15.0
取水口		
制水ゲート		Roller Gate
ゲート ; 数		1
水圧鉄管路		
型 式	-	Inclined Shaft : Embedded Steel
内 径	m	9.0~ 4.2
延 長	m	47.0 (No.1), 366.0 (No.2), 47.9 (No.3)
条 数	-	1条 - 3分岐

Yusufeli

項 目	単 位	内 容
放水路		
型 式	-	Pressure Tunnel
内 径	m	5.7 ~ 10.0
延 長	m	90.0 (No.1), 403.0 (No.2), 89.4 (No.3)
条 数	-	1条 - 3分岐
発電所		
型 式	-	Underground Power Station
寸 法	m	巾20m、長さ86m
発電設備		
基準取水位	m	696.7
基準放水位	m	500.4
総 落 差	m	196.3
基準有効落差	m	190.8
最大使用水量	m ³ /s	321.0
単 位 出 力	MW	180
台 数	台	3
設 備 出 力	MW	540

Yusufeli

項 目	単 位	内 容
水 車		
型 式	-	立軸フランシス水車
台 数	台	3
基 準 出 力	MW	184
回 転 速 度	rpm	188
発 電 機		
型 式	-	三相交流同期発電機
台 数	台	3
出 力	MVA	200
電 圧	kV	14.4
力 率		0.9 (遅れ)
周 波 数	Hz	50
回 転 速 度	rpm	188
主 変 圧 器		
型 式	-	屋内型三相変圧器
台 数	台	3
容 量	MVA	200
電 圧	kV	$380/\sqrt{3}/14.4$
開 閉 所		
電 圧	kV	380
遮 断 器 型 式	-	SP。ガス絶縁縮小型

Yusufeli

項 目	単 位	内 容
送 電 線		
区 間	-	Yusufeli-Hopa
回 線 数	-	Yusufeli-Artvin-1cct Artvin-Hopa-2cct
電 圧	kV	380
発 生 電 力 量		
常時電力量	10 ⁶ kWh	1,129.0
二次電力量	10 ⁶ kWh	575.6
(計)	10 ⁶ kWh	1,704.6
建 設 期 間	年	9
建 設 費		
ダムおよび発電設備	10 ⁶ T・L	367,025
送 電 線	10 ⁶ T・L	6,340
(計)	10 ⁶ T・L	373,365
発 電 端 建 設 単 価		
k W 当 り	10 ³ T・L	680
k W h 当 り	T・L	215

Table 2. Artvinダムおよび発電計画概要

項 目	単 位	内 容
場 所		Coruh川
流 域 面 積	km ²	15,540
年 間 流 入 量	10 ⁶ m ³	3,837
設 計 洪 水 量	m ³ /sec	8,200
貯 水 池		
満 水 位	m	500
低 水 位	m	499
利 用 水 深	m	1.0
堆 砂 位	m	414
総 貯 水 容 量	10 ⁶ m ³	167
有 効 貯 水 容 量	10 ⁶ m ³	4.0
湛 水 面 積	km ²	4.1
仮排水トンネル		
内 径	m	10.0
全 長	m	549
設 計 洪 水 量	m ³ /sec	1,120
条 数	-	1

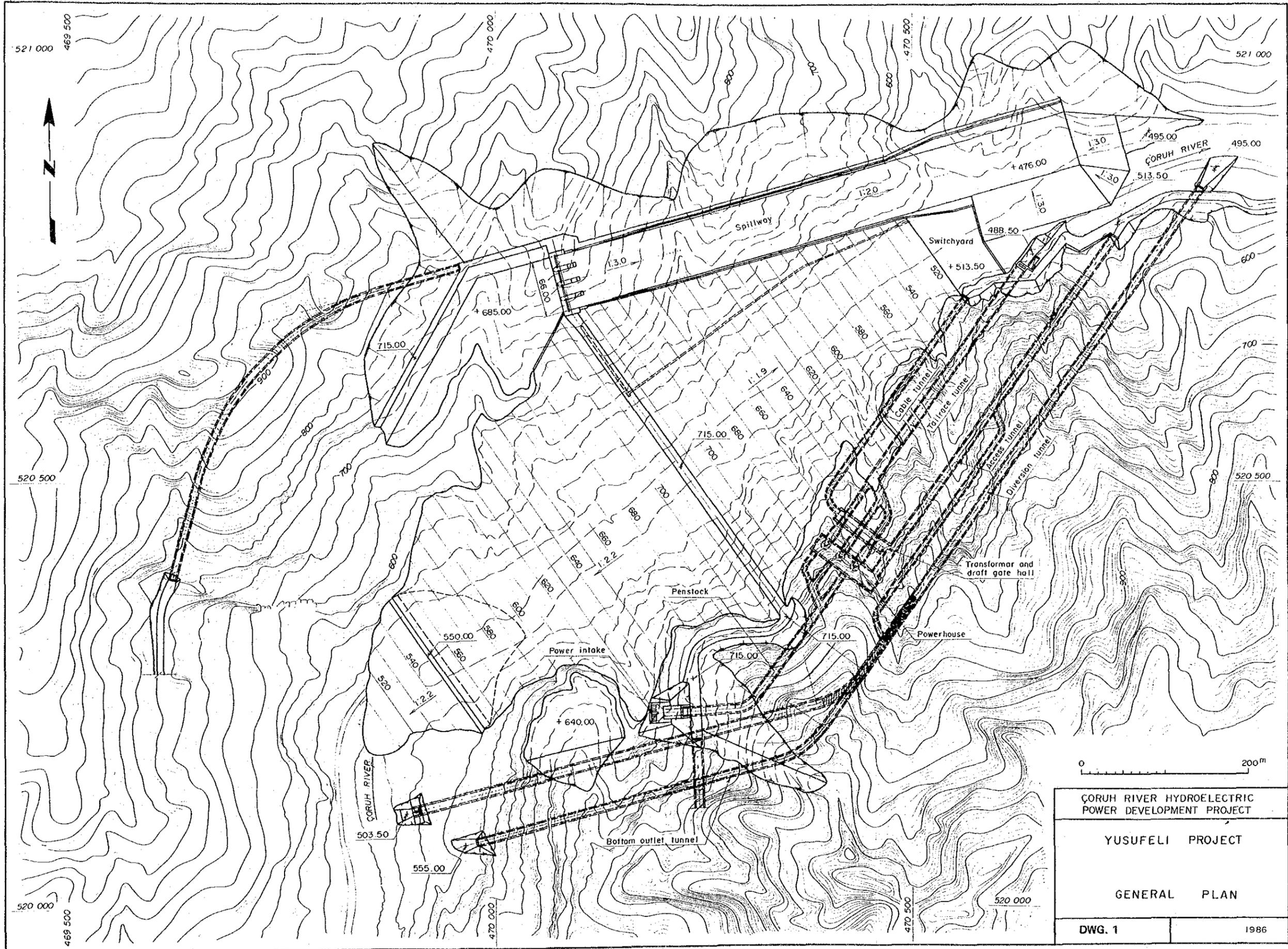
Artvin

項 目	単 位	内 容
Artvin ダム		
型 式		Concrete Arch Dam
天 端 標 高	m	505
高 さ	m	160
堤 頂 長	m	217
体 積	10 ³ m ³	500
洪水吐		
型 式	-	Chute with Radial Gates
容 量	m ³ /s	8,200
ゲート ; 数	-	4
ゲート ; 寸法	m	巾 13.0 × 高さ 15.0
取水口		
制水ゲート		Roller Gates
ゲート ; 数		2
水 圧 鉄 管 路		
型 式	-	Vertical Shaft : Embedded Steel
内 径	m	6.5 ~ 5.2
延 長	m	213 (No.1), 251 (No.2)
条 数	-	2

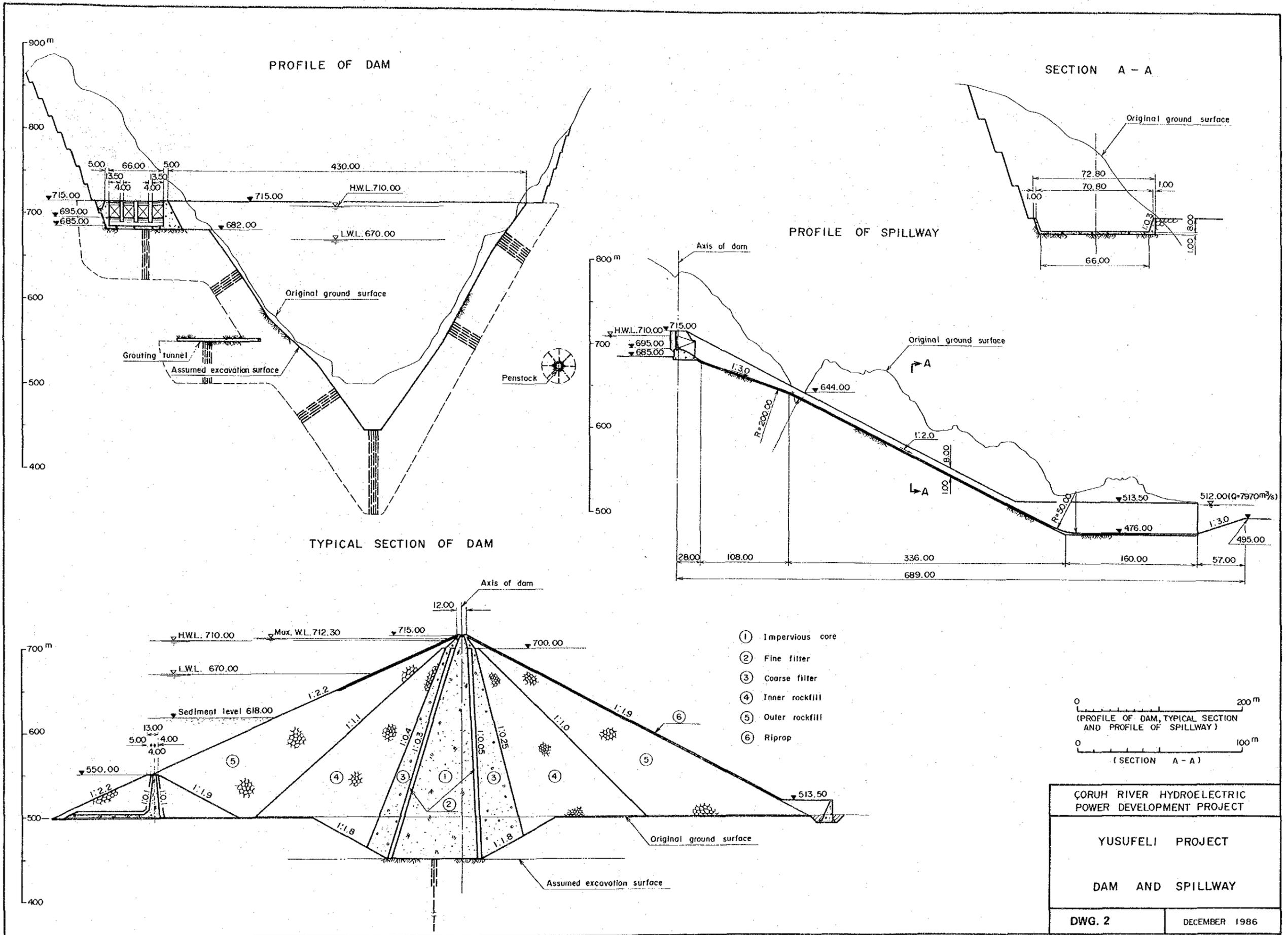
項 目	単 位	内 容
放 水 路		
型 式	-	Pressure Tunnel
内 径	m	7.5
延 長	m	184 (No.1), 207 (No.2)
条 数	-	2
発 電 所		
型 式	-	Underground Power Station
寸 法	m	巾23、長さ63
発 電 設 備		
基 準 取 水 位	m	500
基 準 放 水 位	m	384.1
総 落 差	m	115.9
基 準 有 効 落 差	m	112.9
最 大 使 用 水 量	m ³ /s	333
単 位 出 力	MW	160
台 数	台	2
設 備 出 力	MW	320
水 車		
型 式	-	立軸フランス水車
台 数	台	2
基 準 出 力	MW	167

項 目	単 位	内 容
回 転 速 度	rpm	150
發 電 機		
型 式	-	三相交流同期発電機
台 数	台	2
出 力	MVA	182
電 圧	kV	14.4
力 率	-	0.9
周 波 数	Hz	50
回 転 速 度	rpm	150
主 変 圧 器		
型 式	-	屋内型三相変圧器
台 数	台	2
容 量	MVA	182
電 圧	kV	$380/\sqrt{3}/14.4$
開 閉 所		
電 圧	kV	380
遮 断 器 型 式	-	SF ₆ ガス絶縁縮小型
送 電 線		
区 間	-	Artvin- Hopa
回 線 数	-	2cct
電 圧	kV	380

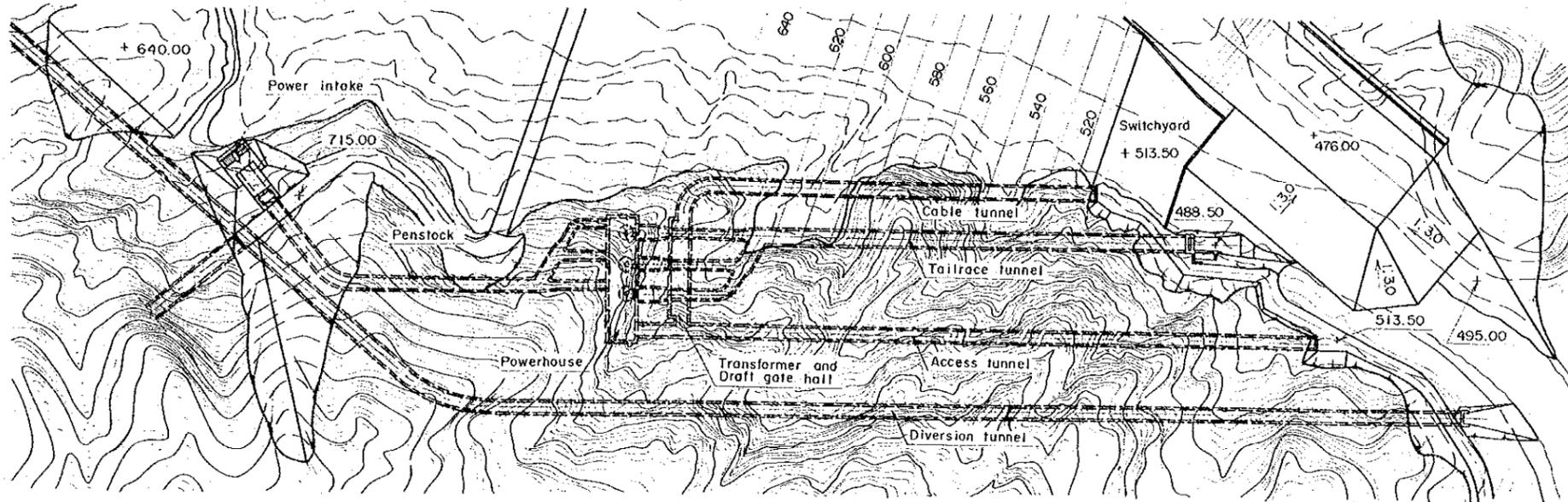
項 目	単 位	内 容
発 生 電 力 量		
常時電力量	10 ⁶ kWh	661.8
二次電力量	10 ⁶ kWh	327.0
(計)	10 ⁶ kWh	988.8
建 設 期 間	年	6
建 設 費		
ダムおよび発電設備	10 ⁶ T・L	154,428
送 電 線	10 ⁶ T・L	2,587
(計)	10 ⁶ T・L	157,015
発 電 端 建 設 単 価		
k W 当 り	10 ³ T・L	483
k W h 当 り	T・L	156
経 済 評 価		
F . I . R . R .	%	12.8
E . I . R . R .	%	15.9
E . D . R	%	37.7
純現在価値額 (B - C)	10 ⁶ T・L	97,334
便益費用比率 (B / C)	-	2.15
(米ドル-トルコリラ交換レート)		(1 U S \$ = 5 5 0 T ・ L)



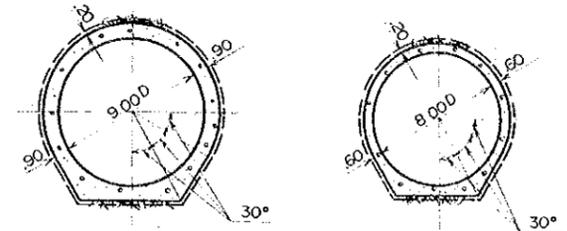
ÇORUH RIVER HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
YUSUFELI PROJECT	
GENERAL PLAN	
DWG. 1	1986



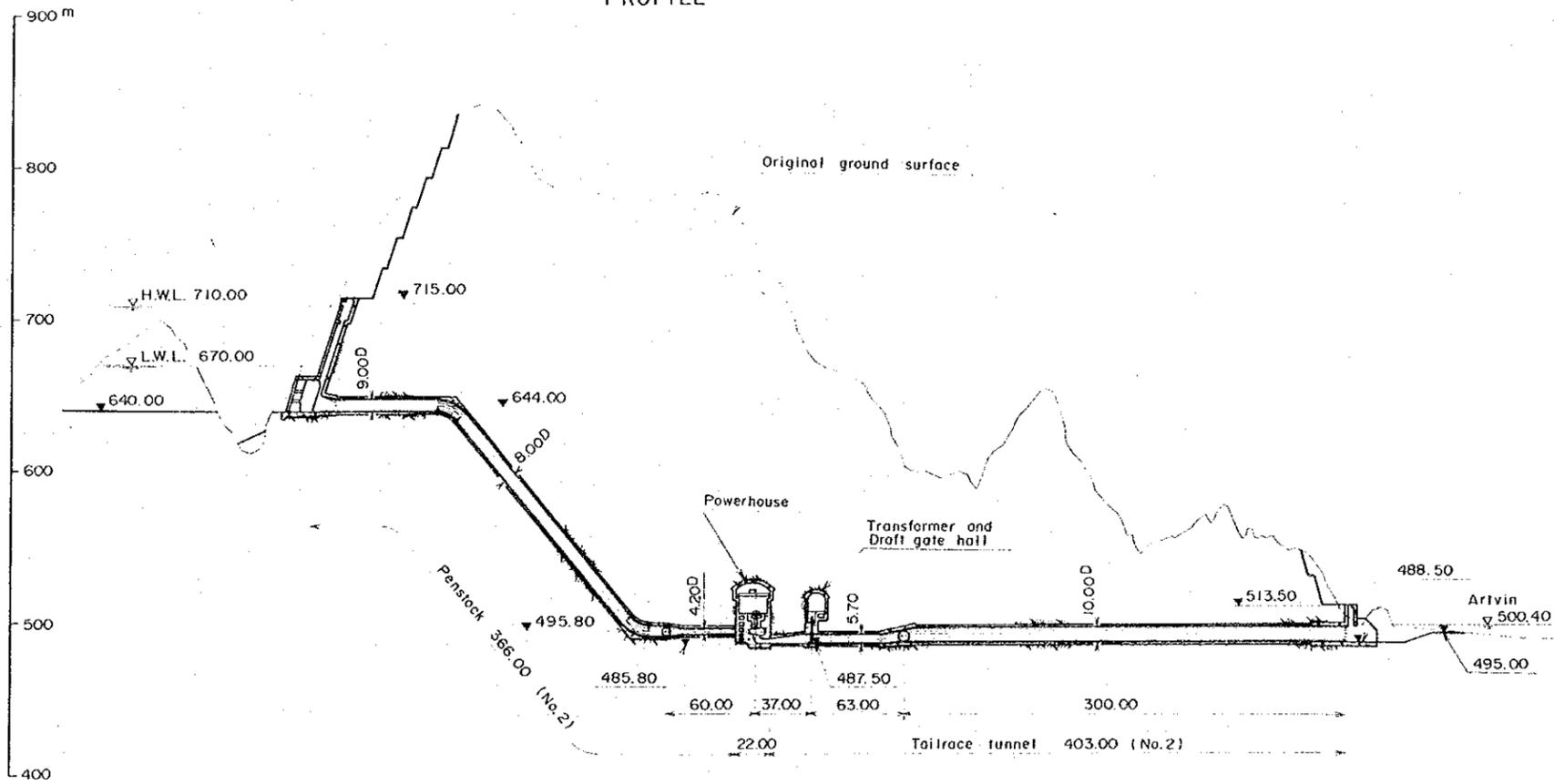
PLAN



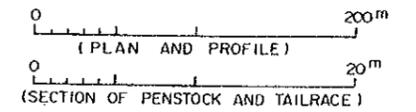
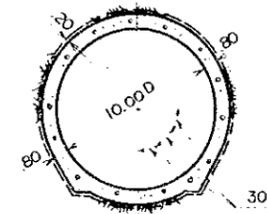
SECTION OF PENSTOCK



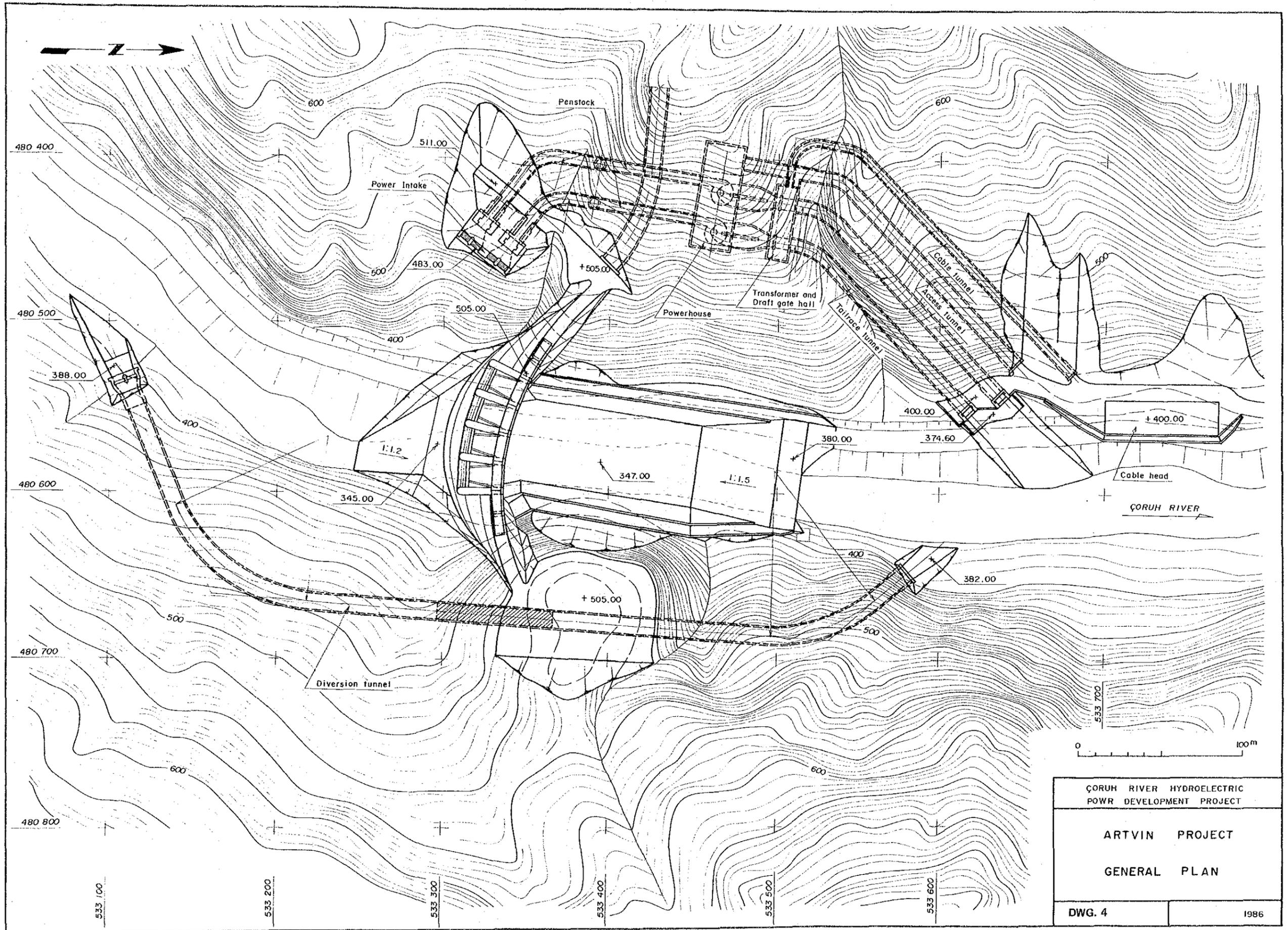
PROFILE



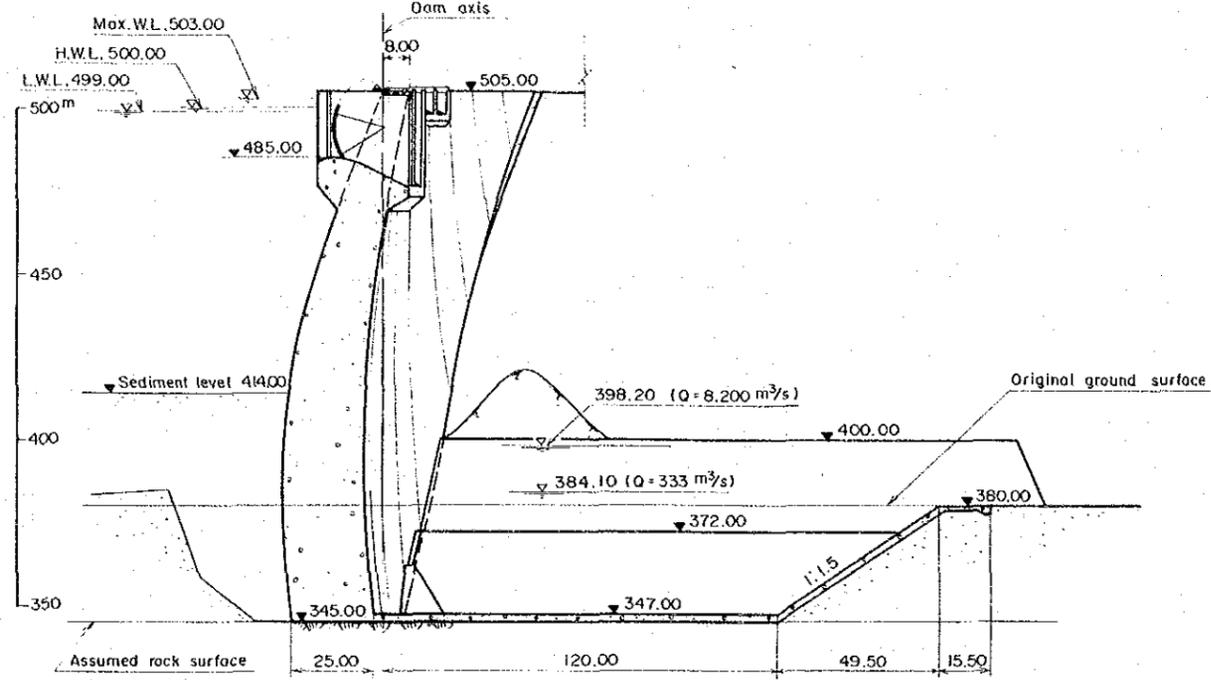
SECTION OF TAILRACE



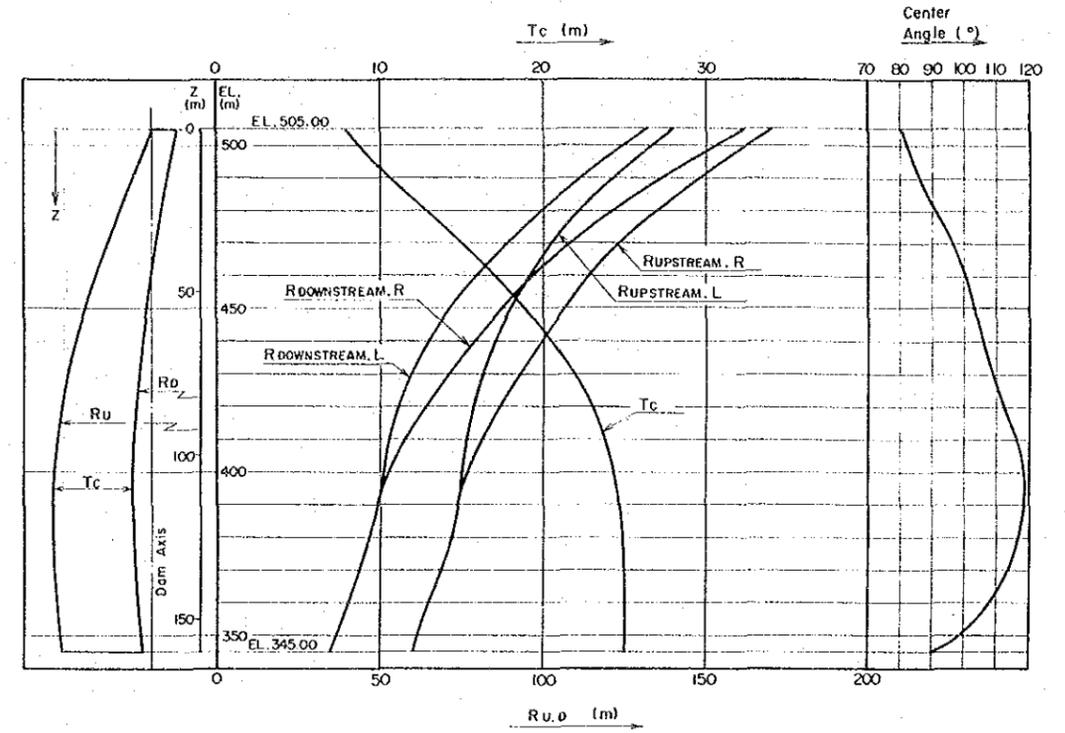
ÇORUH RIVER HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
YUSUFELI PROJECT	
WATERWAY	
DWG. 3	1986



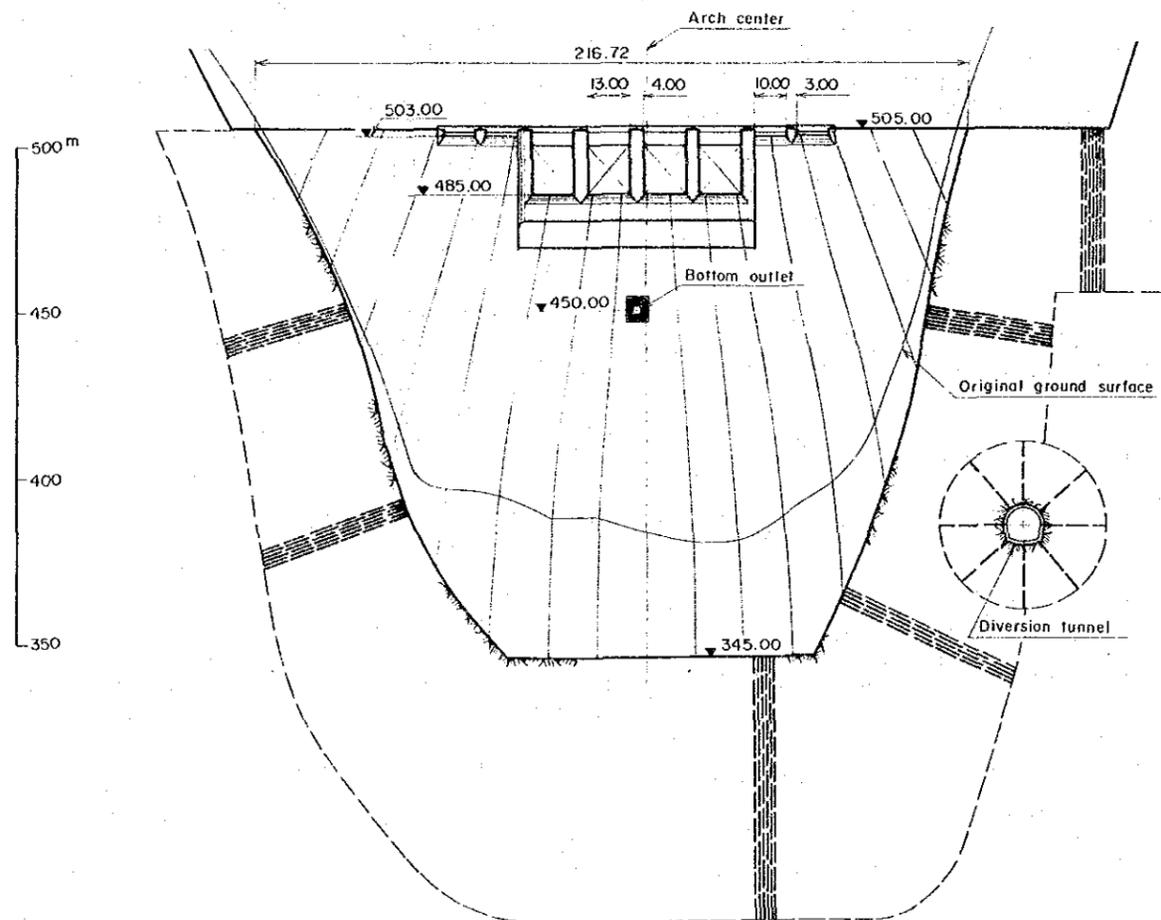
SECTION OF ARCH CROWN



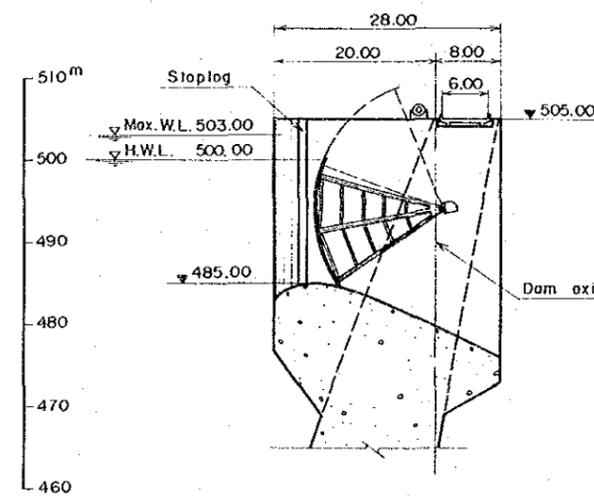
ARCH GEOMETRY



DEVELOPED ELEVATION (UPSTREAM)



DETAIL OF CREST



0 100m

(SECTION AND ELEVATION)

0 40m

(DETAIL OF CREST)

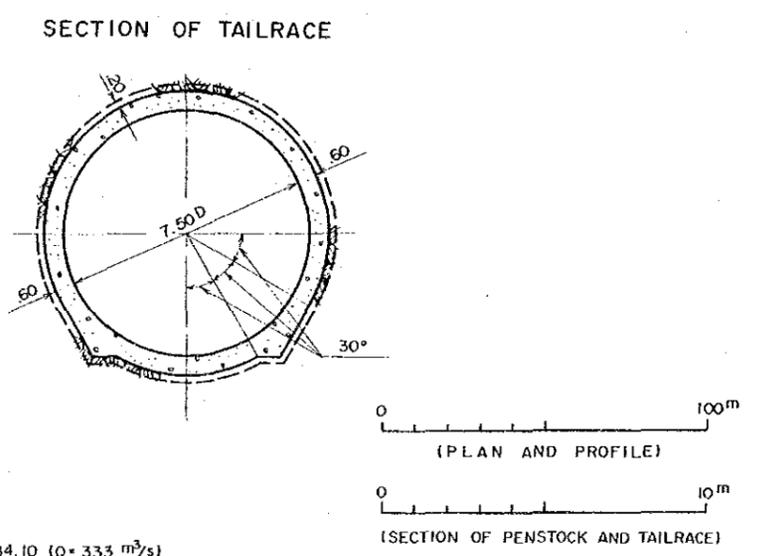
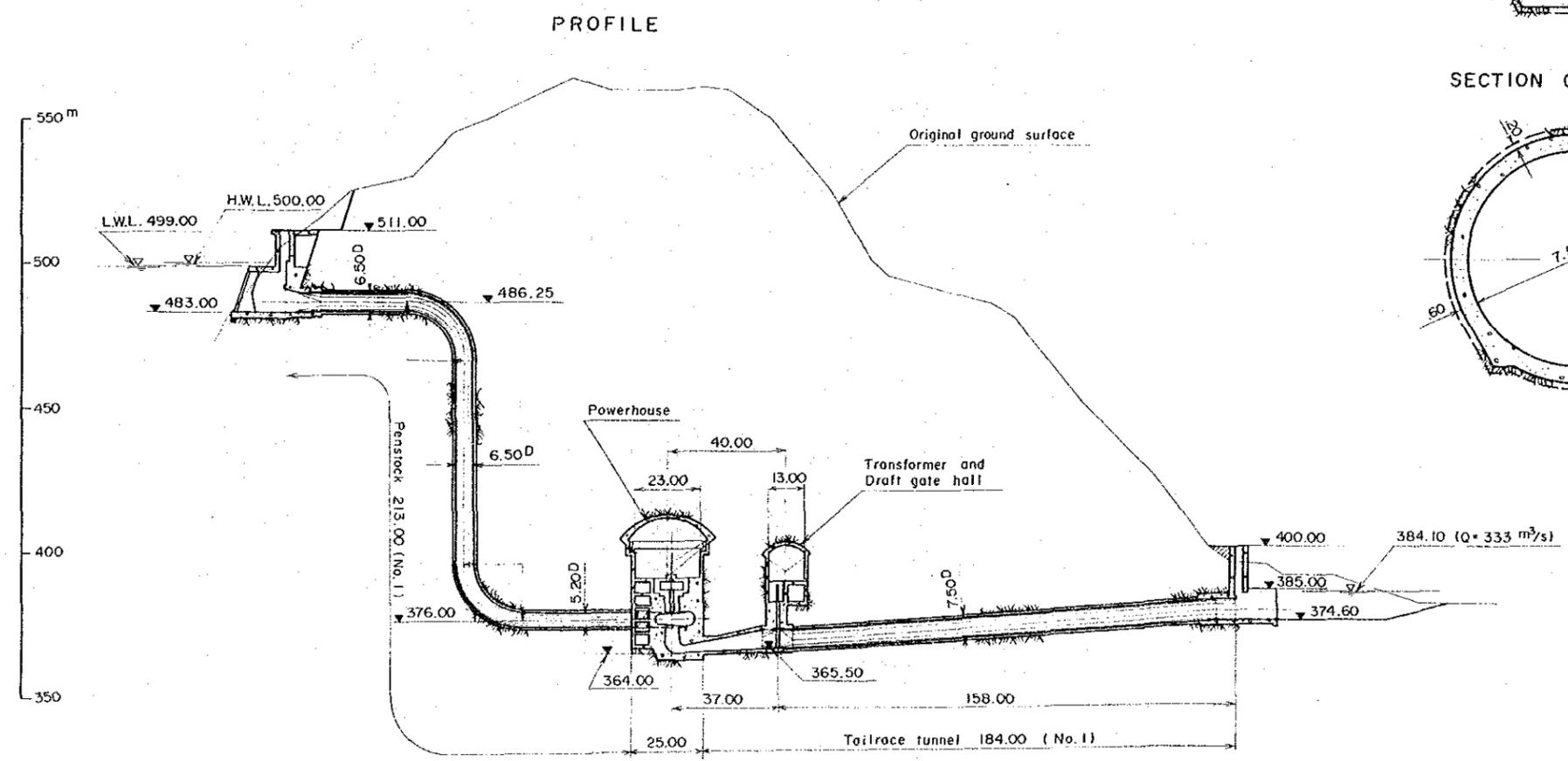
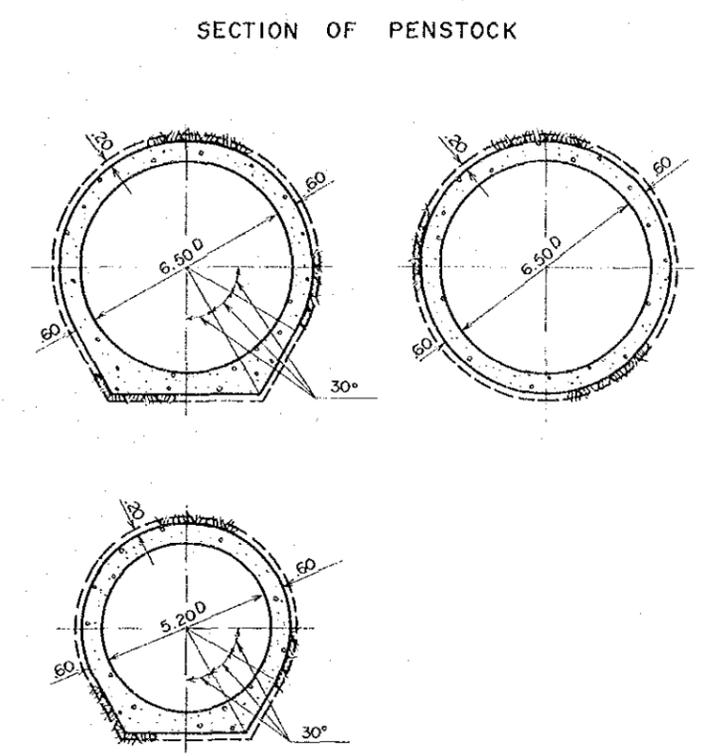
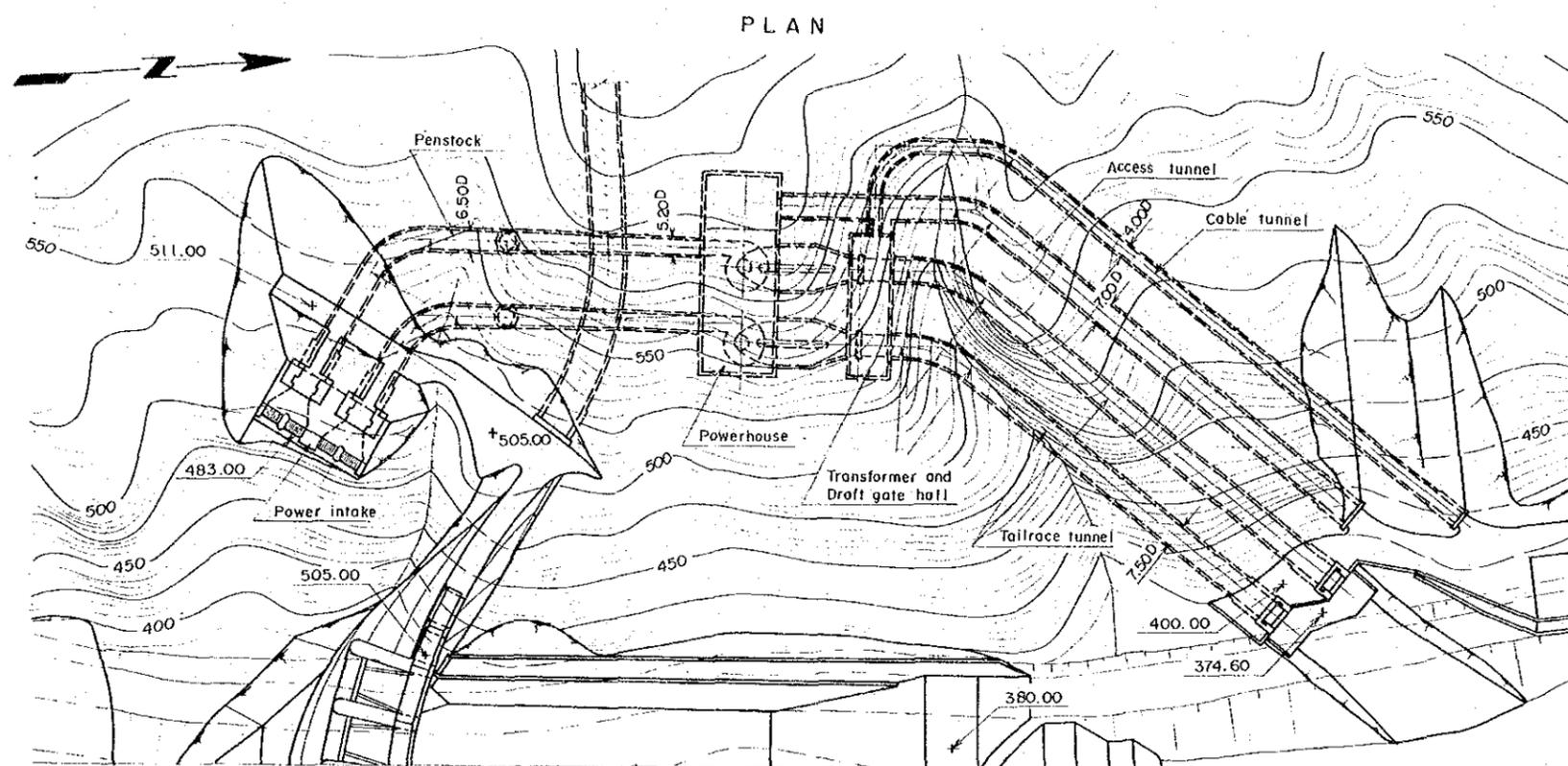
ÇORUH RIVER HYDROELECTRIC
 POWR DEVELOPMENT PROJECT

ARTVIN PROJECT

DAM AND SPILLWAY

DWG. 5

1986

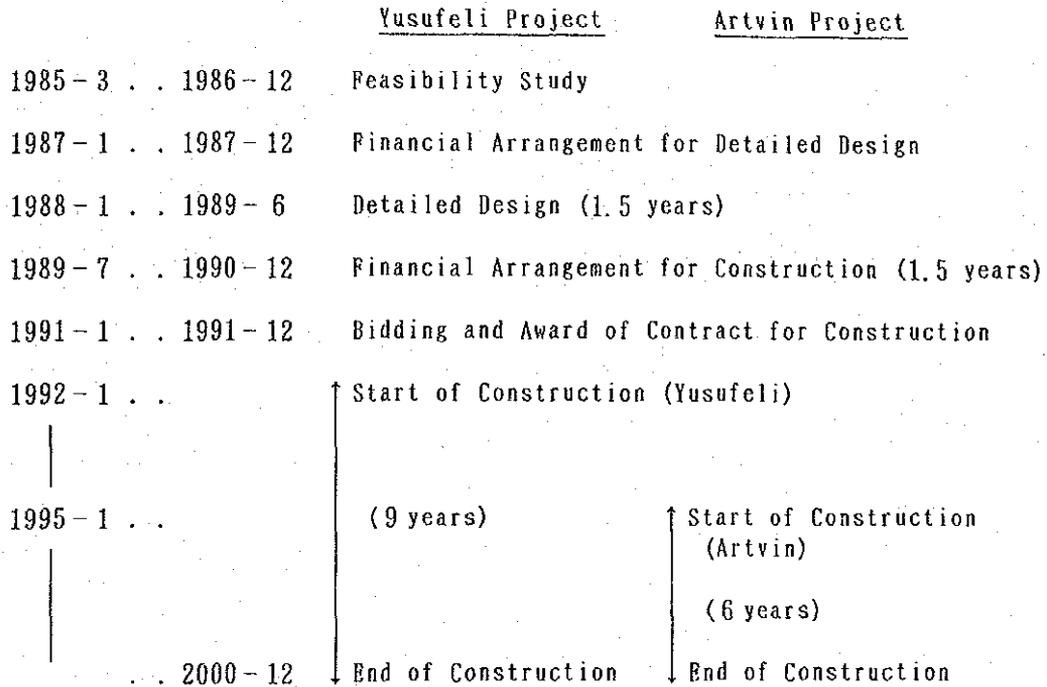


ÇORUH RIVER HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
ARTVIN PROJECT	
WATERWAY	
DWG. 6	1986

4. 工事工程および工事費

4-1 工事工程

YusufeliおよびArtvin計画の運転開始を2,000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。



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、Yusufeli計画は約9年、Artvin計画は約6年の工期を必要とすると考えられる。Yusufeli計画およびArtvin計画の工事工程をそれぞれFig. 4および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、計画地点の地質条件、地域条件および工事規模等を考慮して積算した。積算時点は1985年7月時点とした。(交換レートは1\$ = 550TLである。)

Yusufeli計画の工事費は $373,365 \times 10^6$ TLであり、Artvin計画の工事費は $157,015 \times 10^6$ TLである。

Fig. 4. Construction Schedule for Yusufeli Project

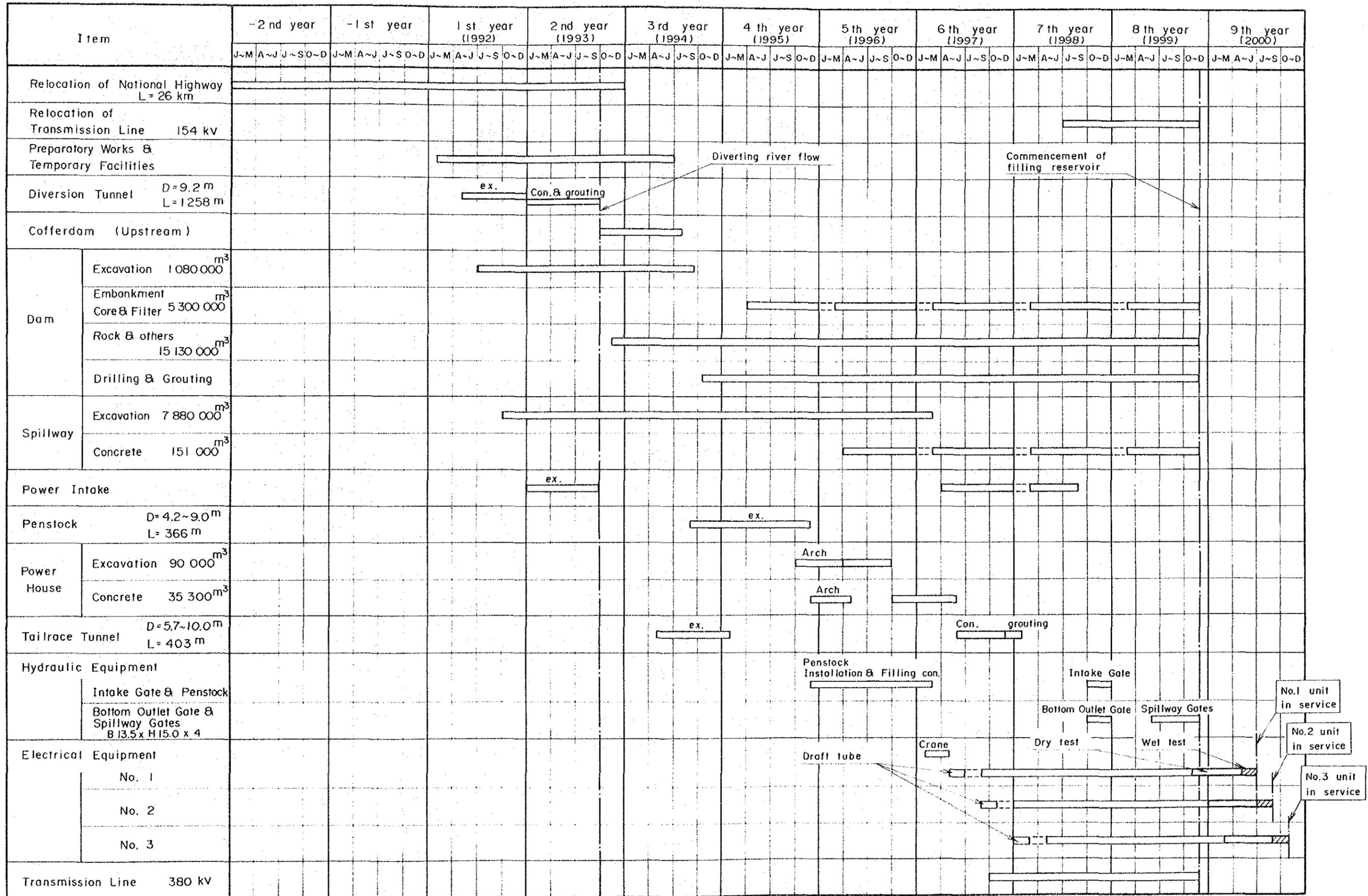
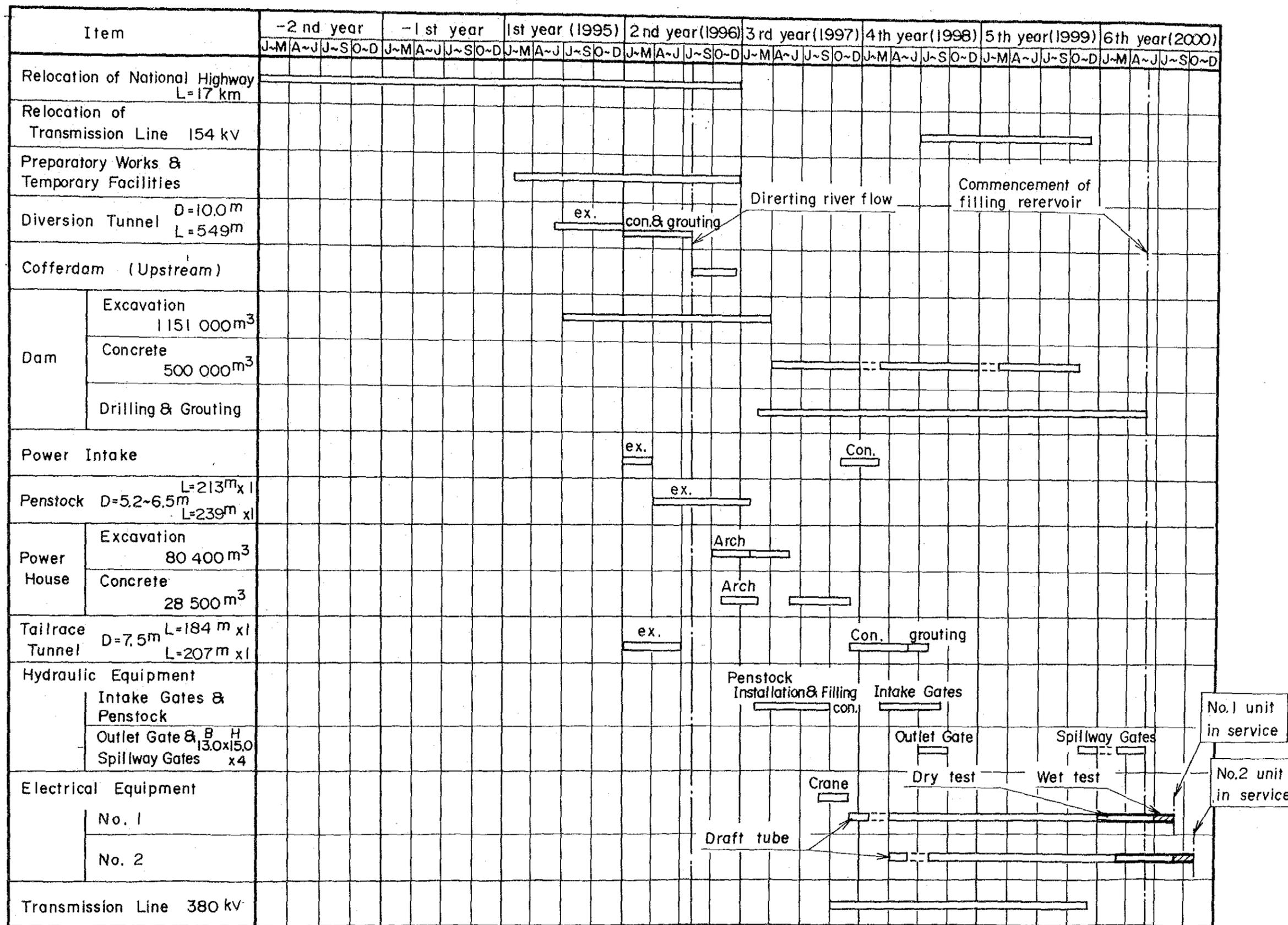


Fig. 5 Construction Schedule for Artvin Project



5. 結 論

本計画はトルコ共和国北東部に位置し、黒海に注ぐCoruh川中流部に建設されるYusufeliおよびArtvin水力発電開発計画である。現在までの入手資料に基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、示す。

- (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、トルコ国最北東部の国家投資のおくれた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、低迷したが、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。ちなみに1984年現在の電力設備は 8,459MW (30,613GWh) である。トルコ政府はこの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。今回の需要想定の結果、今後の電力需要（電力量）の伸びは年率平均 8.6%と想定され、発電端で1990年には 9,800MW、55,200GWh と1985年の 6,300MW、35,500GWh に対してそれぞれ1.56倍と1.55倍になり、また2000年には22,100MW、123,800 GWh 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現在計画されている電力の需要供給計画が予定通り進捗するものとする、追加調査、詳細設計および建設に必要な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YusufeliおよびArtvin計画よりなり、一貫開発されるものである。
開発順位としては、建設に必要な期間を考慮すると、上流に位置するYusufeli計画が先行し、次いでArtvin計画に着工し、同時期に完成されるものである。Yusufeli計画がArtvin計画に与える影響が大きい点からしても、Artvin計画が先行開発されることは妥当でないと判断される。

以下にYusufeli計画、Artvin計画および送電線計画について述べる。

Yusufeli計画

- (5) Yusufeliダム地点はマスタープランで提案されたCoruh川本流とOltu川との合流点より下流約 800mの地点にあり、地形、地質、地況、貯水効率、流量の有効利用等

の観点から最も適した地点である。

Yusufeli貯水池内にはGorgulu およびVecanketの2つの大規模地切りがあるが、場所的には支流に位置し、ダム地点から遠く離れていることから、これらの存在はYusufeliダム建設に支障となるものではないと判断できる。

しかし、これが湛水後に活動した場合に与えるかも知れない上流域への影響調査は今後実施される必要がある。

貯水池の耐水性については問題ないと判断できる。ダム地点の地質は花崗岩や輝緑岩などであり、通常的基础処理を行うことによって高さ270m級のロックフィル或いはコンクリートアーチダム建設に支障はないものと判断される。

- (6) Yusufeliダムの型式については、地形、地質、気象、土質材料の賦存度等を勘案し、またダムに付属する洪水吐、発電所の型式と配置等を総合的に組み合わせたもので検討した。ダム型式として有望と考えられるロックフィルダムとコンクリートアーチダムについて4ケースの予備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ロックフィルダムが望ましいと判断した。後述するように貯水池満水位は標高710mが最適と判断される。従ってYusufeliダムの高さおよび体積はそれぞれ270mおよび $21 \times 10^6 \text{ m}^3$ となる。

洪水吐はダム左岸に設けられ、明りのシュート型式とし、発電所は右岸地下に設ける地下発電所を選定した。

- (7) Yusufeli貯水池の満水位は、堆砂量、有効貯水量を考慮して、標高690m、700m、710mおよび720mの4ケースの比較検討を行った。

また、貯水池の有効容量については利用水深30m、40m、50mおよび60mの4ケースについて比較検討した。

これら比較検討の結果、経済的および地形、地質等の条件等を総合的に勘案して、貯水池満水位710m、利用水深40m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 $2,130 \times 10^6 \text{ m}^3$ および $1,080 \times 10^6 \text{ m}^3$ となる。

- (8) Yusufeli発電所の最適規模についてはピーク継続時間と最大使用水量を組み合わせた12ケースについて比較検討した。検討の結果、最大使用水量 $321 \text{ m}^3/\text{s}$ 、設備出力540MW（年間発生電力量 $1,704.6 \times 10^6 \text{ kWh}$ ）が最も有利である。

- (9) Yusufeli発電所で発電する電力はArtvin発電所の開閉所を經由して380kV（93km）送電線によりHopa変電所まで送電される。

(10) Yusufeli計画の開発に要する初期総投資額は1985年7月時点で $373,365 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$ であり、その内訳は以下の通りである。

Yusufeliダム、発電所および付属設備

内 貨	$234,462 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$
外 貨	$132,563 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$
計	$367,025 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$

送 電 線

内 貨	$1,923 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$
外 貨	$4,417 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$
計	$6,340 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$

送電線工事費のうち、Yusufeli発電所とArtvin発電所の共有部分については発電出力比によって暫定的にアロケしたものである。

Yusufeli計画の建設期間は約9ヶ年と想定した。

Yusufeli発電所のkW当りおよびkWh 当り建設費は発電端でそれぞれ $680 \times 10^3 \text{T} \cdot \text{L}$ および $215 \text{T} \cdot \text{L}$ である。

(11) 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 $92,955 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$ および1.65である。

(12) 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9.7%であり、この値は予想借入利率9.5%に比べ有利である。次に財務的評価を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12.4%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。

Artvin計画

(13) Artvin計画はYusufeli計画およびDeriner計画の2つの大規模貯水池の中間に位置し、その間の落差を有効に活用する発電計画である。

Artvinダム地点として、マスタープランで提案されていたダム地点（以下原ダム地点と呼ぶ）は、現地踏査の結果、ダム地点に近い、上流左岸に位置するHavuzle 地じりのダムに与える影響が大きいと懸念された。このため、原ダム地点より上流約3 kmの地点（以下上流ダム地点と呼ぶ）と下流約8 kmの地点（以下、下流ダム地点と呼ぶ）を代替ダム地点として選定した。

このうち、上流ダム地点については、地形、地質上の見地からロックフィルダム型式を選定し、発電所まで水路で結ぶダム-水路式発電計画を立案した。下流ダム地点については、地形、地質、地じり、土質材料の賦存度等を考慮し、コンクリートダム型式を選定し、発電所をダム直下流に設けるダム式発電計画を立案した。

この両案について比較検討の結果、下流ダム地点の計画が経済的で有利であると判断した。

下流ダム地点の計画（以下Artvin計画と呼ぶ）を以下に述べる。

- (14) Artvin貯水池内にはHavuzlu およびDemirkent の2つの大規模地じりが存在する。

これらの地じりの存在はダム建設に大きな支障となるものではないと判断される。また貯水池の耐水性についても問題ないと判断できる。

ダム地点の地質は輝緑岩および凝灰岩などであり、現在ある既存の地質調査資料のみではコンクリートアーチダムの建設に大きい支障となる地質上の問題点は見出されていない。

- (15) Artvinダムの型式については、地形、地質、地じり、土質材料の賦存度等を勘案し、またダムに付属する洪水吐、発電所の型式と配置等を総合的に組み合わせたもので検討した。

ダム型式については上述した地形、地質条件はもとより、Havuzlu 地じりの可能性と土質材料が手近に得られないことから判断して、コンクリートダムが推奨される。

コンクリートダム型式としては、アーチグラビティードラムとアーチダムが有望と考えられるので、両型式について予備設計を行い比較検討した。

アーチダムの予備設計の検討に際しては地質調査により確認されていない点、即ち河床断層の規模と方向、右岸アバットの地質状況等について推定し、これをダムの設計に考慮した。

検討の結果、アーチダム型式を選定する場合は基礎処理費に十分余裕を見込んでも、アーチグラビティードラム型式に比較して経済的であった。

従って、今回はアーチダム型式を選定したが、さらに、追加地質調査等の結果を見て詳細設計の段階でアーチグラビティ型式との比較検討を行う必要があると判断される。

後述するようにArtvin貯水池満水位は標高 500m である。従ってダム高さおよび体積はそれぞれ、160m および $500 \times 10^9 \text{ m}^3$ である。

洪水吐はダム中央越流式とした。発電所は左岸地下に設ける地下発電所を選定した。

(16) Artvin貯水池の満水位はYusufeli発電所の放水位を考慮して標高 500m とした。

Artvin発電所は上流のYusufeli発電所の発電放流量に残流域の調整した流量を加えて、ピーク運転される。Artvin発電所の最大使用水量と必要有効貯水容量を検討した結果、これに余裕を見て利用水深 1.0m、有効容量 $4.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ とした。

Artvin発電所の最大使用水量はYusufeli発電所の最大使用水量 $321 \text{ m}^3/\text{s}$ に残流調整量を加えた $333 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。

この結果、Artvin発電所の規模は設備出力 320MW (年間発生電力量 $988.8 \times 10^6 \text{ kWh}$) とした。

(17) Artvin発電所で発電する電力は 380kV (76km) 送電線によりHopa変電所まで送電される。

(18) Artvin計画の開発に要する初期総投資額は1985年7月時点で $157,015 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$ であり、その内訳は以下の通りである。

Artvinダム発電所および付属設備

内 貨	$92,268 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$
外 貨	$62,160 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$
計	$154,428 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$

送 電 線

内 貨	$828 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$
外 貨	$1,759 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$
計	$2,587 \times 10^6 \text{ T} \cdot \text{L}$

送電線工事費は、Yusufeli発電所とArtvin発電所の発電出力比によって暫定的にアロケしたものである。

Artvin計画の建設期間は約6ヶ年と想定した。

Artvin発電所のkW当りおよびkWh 当り建設費は発電端でそれぞれ $483 \times 10^3 \text{T} \cdot \text{L}$ および $156 \text{T} \cdot \text{L}$ である。

- (19) 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 $97,334 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$ および 2.15 である。
- (20) 本計画の財務的内部収益率は 12.8% であり、この値は予想借入利子率 9.5% に比べ有利である。

また、本計画の経済的内部収益率は 15.9% 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。

送 電 線 計 画

- (21) 今回の調査検討の範囲は Yusufeli および Artvin 発電所から Hopa 変電所入口までである。

上述した発電所から Hopa 変電所までの送電方法について 3 ケースの比較検討を実施した。

検討の結果、Yusufeli 発電所から Artvin 開閉所を經由して Hopa 変電所に 380kV (93km) 送電線で接続する案を選定した。

- (22) 本送電線計画に要する初期総投資額は 1985 年 7 月時点で TEK の資料に基づき $6,433 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$ (技術管理費および建設中利子を除く) と見積もられた。その内訳は以下の通りであり、内、外貨の割合は実績により想定したものである。

Yusufeli 発電所 - Artvin 発電所間 (380kV × 1 回線 × 17km)

内 貨 $296 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$

外 貨 $1,157 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$

(計) $1,453 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$

Artvin 発電所 - Hopa 変電所入口間 (380kV × 2 回線 × 76km)

内 貨 $1,351 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$

外 貨 $3,629 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$

(計) $4,980 \times 10^6 \text{T} \cdot \text{L}$

本送電線の建設期間は約 26 ヶ月と想定した。

(23) トルコの電力系統はほぼ全国的に連系されている。この電力系統の特徴は電力消費地がAnkaraおよび西部(Istanbul, Izmir etc) にあり、多くの電源地帯が東部に位置していることであり、この間を 380kVの長大送電線で連系されており、これが現在、トルコ国の東西を結ぶ基幹送電系統となっている。

電力消費地と電源地帯が約 1,000kmと離れているため、需要規模の増加に伴い、将来電力系統に種々の問題が予想される。

トルコ東北部に位置する本計画の電源開発に伴う送電計画に当たっても、電力系統解析を行い、上位電圧の導入を含めた検討が必要であろう。

(24) 本計画の開発にかかわる電力系統解析については解析に必要な資料の整備が、現時点で困難であるため、1986年2月トルコ政府と打ち合せた結果、今回の調査の範囲から除外することとした。

従って今回の検討では詳細な電力系統解析を実施できなかった。

しかし、本計画の電力をHopa変電所からSamsun経由でAnkaraまで送電するものとして、極く概略的な送電線計画の検討を行いAppendix A - 5に示した。

この検討は(11)、(12)、(19)および(20)項で述べた本計画の経済性評価の目的で実施したものである。

6. 勧 告

YusufeliおよびArtvin計画は技術的および経済的にフィジブルであるので、実施するよう勧告する。

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14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) 本計画実施により影響を受ける国道の具体的付替計画を策定する必要がある。
- (4) 本計画の実施により水没対象となる約 7,000人の水没移転に対する具体的計画をたてる必要がある。
- (5) 本計画の実施により影響を受ける地域内には植生、水・陸生動物、遺跡、文化財等、問題となるものは存在しない。一方、現在の自然状況から判断して大きい問題とは考えられないが、大規模貯水池の築造による生態系の変化の可能性、水質の変化等についてはトルコの既存の大規模貯水池の実態を参考資料として今後、検討する必要がある。
- (6) 本計画の発電所が2000年に運転開始するためには、Yusufeli計画は1992年初め、Artvin計画は1995年初め、発電所からHopa変電所までの送電線計画は1997年後半、本工事に着工する必要がある。また、Hopa変電所からAnkara、Istanbul等西部の需要地帯に連系する送電線は2000年までに完成していることが必要である。

JICA

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100