

2.6 Chera-1 プロジェクト (W-02)

目 次

(1) プロジェクト概要	1
(2) 気象・水文	5
(3) 地形・地質	6
(4) 発電計画	10
(5) 電気機器・送電線	12

List of Tables

Table A.2.6-1 Project Description	3
Table A.2.6-2 Monthly Rainfall at the Jajarkot Station	5
Table A.2.6-3 Flow Data of the Chera-1 Project	5
Table A.2.6-4 Life of Reservoir	6
Table A.2.6-5 Salient Features	10

List of Figures

Figure A.2.6-1 Location of the Chera-1 Project (W-02)	2
Figure A.2.6-2 General Layout of the Chera-1 Project (W-02)	2
Figure A.2.6-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Chera-1 Project	4
Figure A.2.6-4 Geological map of the project area	8
Figure A.2.6-5 Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region	9
Figure A.2.6-6 General Layout	11

A.2.6 Chera-1 プロジェクト (W-02)

(1) プロジェクト概要

Chera-1 プロジェクトは、西部 Jajarkot District の Chera 川に位置する出力 148.7 MW の貯水式水力プロジェクトである。最新の検討は “Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA” の中で実施されており、調査レベルは机上検討段階である。

水文特性としては、プロジェクト地点の最寄りの Jajarkot 観測所での年間降雨量は 1,797 mm、ダム地点の平均流量は 34.81 m³/s である。流域面積は 809 km²、比堆砂量は 1,000 t/km²/year と NEA が西部地域の平均堆砂量として採用している 3,960 t/km²/year よりも小さく推定されている。流域内には GLOF のリスクを持つ氷河湖は存在しない。

地質的な側面から見ると、計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、主に meta-diamictite、クォーツアイトおよび片岩が分布している。貯水池地域は主に meta-diamictite、クォーツアイトと片岩からなる。Meta-diamictite は石灰質で保水性の確認のための調査が必要である。ダム地点の岩盤は meta-diamictite からなり、保水性の確認のための調査が必要である。導水路トンネルは meta-diamictite、片岩およびクォーツアイトを通過し、これらの岩盤は堅硬である。発電所地点は主にクォーツアイトよりなる。地震加速度マップにおける加速度は 250 mgal と大きい。大規模構造線(MBT)は 30 km とかなり離れている。M4 以上の震源からは 10 km とやや離れている。

自然・社会環境面では、自然面への影響は中程度で、社会面への影響は小さい。Karnali 流域に位置し、湛水面積は 4 km² で最も小さい。影響を受ける森林面積は 1.46 km² と Nalsyau Gad プロジェクトに次いで少ない。下流に 3 つの保護区があり、水域に依存する希少な生物 6 種の分布が知られている。移転戸数は 566 戸と中程度であるが、単位電力量あたりの移転戸数は、3.81 戸/MW と Lower Badigad プロジェクトに次いで大きい。影響を受ける先住民族の数は 1 つだけ (Magar (Disadvantaged)) である。影響を受ける農地面積は 1.1 km² と Kokhajor-1 プロジェクトに次いで少ない。漁民は 25 人と比較的少ない。湛水域内に開発計画はない。

発電計画の面では、高さ 186 m のロックフィルダムが計画されている。ダム体積は約 1 千万 m³ と大きく、ダムサイトの地質に関して保水性の確認が必要と認識されていることから、建設においてはダム工事がクリティカルとなるものと考えられる。水路トンネルは約 4 km であるが、地質的に特に大きなリスクは確認されていない。発電所も通常の地上式で特筆すべき技術的なリスクは無い。

プロジェクトの位置図、基本レイアウトおよび主要諸元を以下に示す。

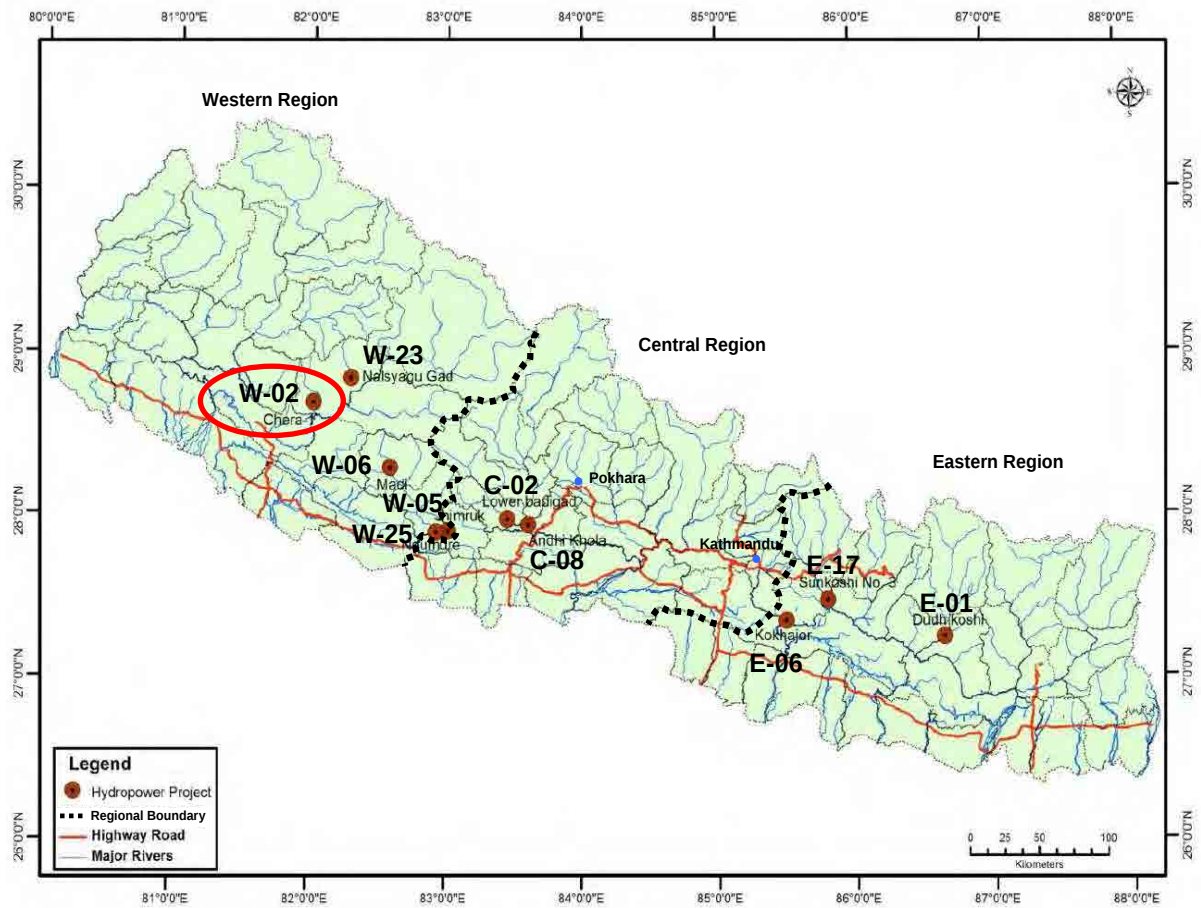


Figure A.2.6-1 Location of the Chera-1 Project (W-02)

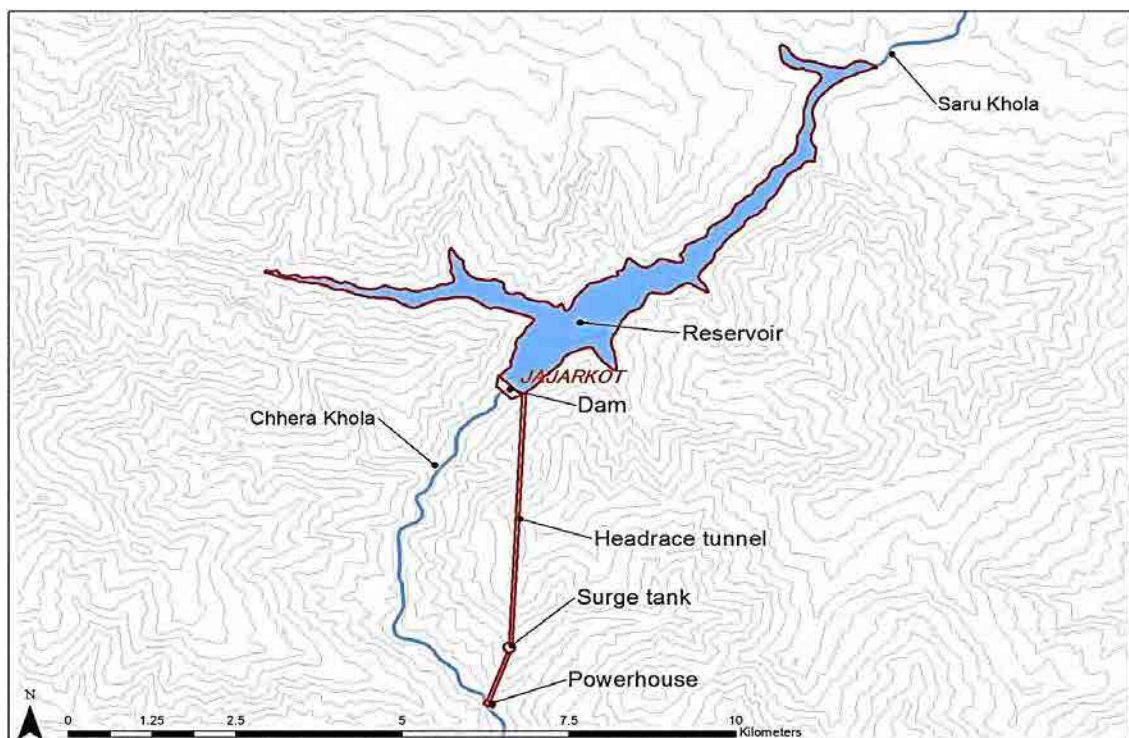


Figure A.2.6-2 General Layout of the Chera-1 Project (W-02)

Table A.2.6-1 Project Description

Item	Unit	Chera-1	Remarks
Location	(District)	Jajarkot	
Name of the River	(River)	Chera	
Installed Capacity	MW	148.7	
Catchment Area	km ²	809	
Location of Dam Site	Longitude/ Latitude	82° 1' 12.1" 28° 42' 56.4"	
Dam Height	m	186.0	
Total Storage Volume	MCM	254.9	
Effective Storage Volume	MCM	141.1	
Regulating Capability Factor	%	12.9	
Reservoir Area at FSL	km ²	4.0	
Full Supply Level	m	866.0	
Minimum Operation Level	m	814.0	
Tail Water Level	m	640.0	
Rated Gross Head	m	220.0	
Rated Net Head	m	217.6	
Rated Power Discharge	m ³ /s	80.5	
Total Energy	GWh	563.2	Estimated by the Study Team.
Dry Energy (December-April)	GWh	120.6	Estimated by the Study Team.
Length of Access Road	km	5.5	
Length of Transmission Line	km	66.0	Estimated by the Study Team.
Number of Household	nos	566	Surveyed by the Study Team in 2012.
Project Cost	MUS\$	576.9	Estimated by the Study Team at 2013 price level.
Unit Generation Cost	cent/kWh	10.2	Estimated by the Study Team.
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	12.6	Estimated by the Study Team.
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	17.8	Estimated by the Study Team.

Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA (except remaked items)

なお、自然・社会環境に関する調査結果および評価のまとめを以下に示す。詳細情報は Appendix 3 および 5 に収録されている。

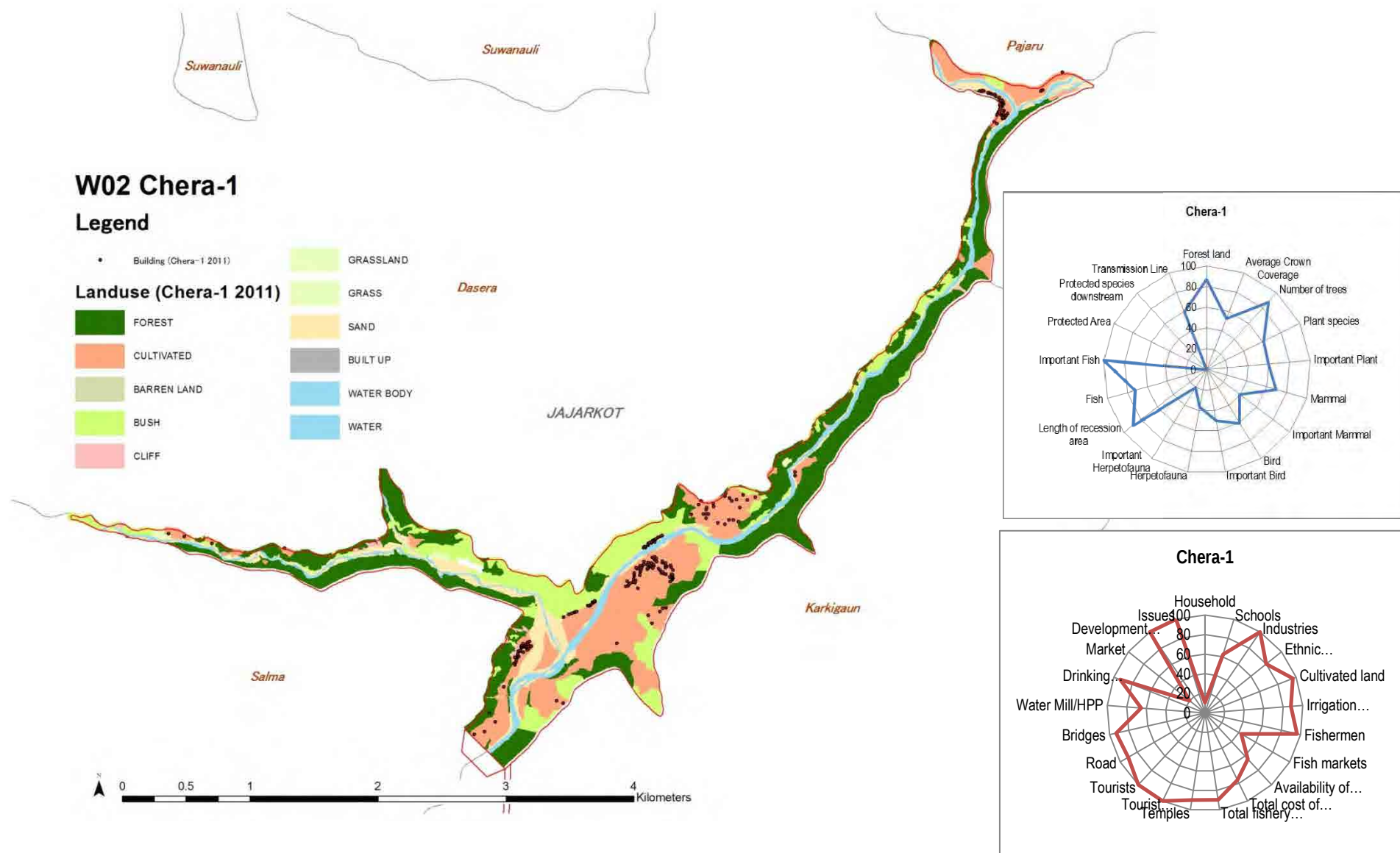


Figure A.2.6-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Chera-1 Project

(2) 気象・水文

Chera-1 プロジェクトについて、気象特性と、水文に関する評価項目である流量データの信頼性、GLOF の危険性、堆砂の影響について述べる。

1) 気象

Chera-1 プロジェクトは Chera 川に位置し、Janarkot 行政区に位置する。

Jajarkot に Jajarkot 降水量観測所(0404)がある。Jajarkot 降水量観測所の月別降水量を Table A.2.6-2 に示す。

Table A.2.6-2 Monthly Rainfall at the Jajarkot Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
JAJARKOT	0404	Jajarkot	PRECIPITATION	Jan, 57	28.70	82.20	1,231

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
30.3	35.4	37.2	35.0	61.9	282.0	478.8	487.0	250.8	68.7	10.4	19.0	1,796.6

2) 流量データの信頼性

Chera-1 プロジェクト近傍には測水所がないため、Regional Analysis により流量を算出することとなり、流量データの信頼性が比較的低いプロジェクトである。

電力量計算に用いた Chera-1 プロジェクトの流量データを Table A.2.6-3 に示す。

Table A.2.6-3 Flow Data of the Chera-1 Project

(m ³ /s)												
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
9.31	7.97	7.57	8.50	12.85	34.18	88.64	108.25	77.12	34.98	16.75	10.97	34.76

3) GLOF の危険性

Chera-1 プロジェクトの上流に GLOF の危険性のある氷河湖は存在しない。

4) 堆砂の影響

プロジェクト近傍の測水所(240)の堆砂量観測データより、比堆砂量を算出した。比堆砂量は 1,000 t/km²/year と算定された。この比堆砂量を用いて貯水池寿命を算出した。貯水池寿命とは、貯水池に対する堆砂の影響を評価する指標であり、貯水容量を年間平均堆砂量で除して算出される。

貯水池寿命の算出結果を Table A.2.6-4 に示す。貯水池寿命は 510 年と計算される。

Table A.2.6-4 Life of Reservoir

a) Specific Sediment Yield	1,000 t/km ² /yr
b) Sediment Yield (Catchment Area × Specific Sediment Yield / Sediment Density)	0.5 × 10 ⁶ m ³ /yr (809 km ² × 1,000 t/km ² /y / 1.5 t/m ³)
c) Total Storage Volume	254.9 × 10 ⁶ m ³
d) Life time of Storage (Total Storage Volume / Sediment Yield)	510 years (254.9 × 10 ⁶ m ³ / 0.5 × 10 ⁶ m ³ /yr)

(3) 地形・地質

1) 計画地域の地質

Chera-1 プロジェクトは、ネパール西部、Jajarkot 行政区の Chera 川中流に位置する。今回実施した現地調査によると、計画地域の地質および応用地質の概要は次のとおり。

計画地域の地質図を Figure A.2.6-4 に示す。計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、Lower Schist、Lower Quartzite、Meta-diamictite、Upper Quartzite および Upper Schist が分布する。Lower Schist は主に千枚岩またはザクロ石片岩とクオーツタイトの互層から構成されている。Lower Quartzite は片岩の薄層を伴うクオーツタイトから構成されている。Meta-diamictite は石灰質の礫を含む泥質の変成岩で計画地域では石灰質の礫を多く含む。Upper Quartzite は片岩や千枚岩を挟有するクオーツタイトからなる。Upper Schist はザクロ石片岩とクオーツタイトからなる。

貯水池地域は地層面が下流側にゆるく傾斜し上流から下流の順に Lower Schist、Lower Quartzite および Meta-diamictite が分布する。これらの構成岩石は上述のとおりである。貯水池地域の岩石は Meta-diamictite を除き透水性が低い。Meta-diamictite は風化により石灰質岩の礫の溶食が認められ透水性は高い分部がある可能性がある。貯水池とその周辺地域の応用地質図を Figure A.2.6-5 に示す。貯水池地域の約半分は colluvium に覆われているが規模の大きな地すべりは少ない。

ダム地点には Meta-diamictite が分布する。地層面は下流側にゆるく傾斜している。岩盤は割れ目が少なく良好である。透水性についてはさらに調査して確かめる必要である。河床堆積物の厚さは 25 m 以下と推定される。

導水路トンネルは Chera 川の左岸に位置し、そこには Meta-diamictite、Upper Quartzite および Upper Schist が分布する。地層面は南ないし南東にゆるく傾斜している。トンネルの被りは最大約 400 m である。

発電所は Chera 川左岸の沖積段丘に位置し、そこには Upper Schist のクオーツタイトが分布する。地層面は北西すなわち上流側にゆるく傾斜している。岩盤までの深さ 25m 以下と推定される。

建設材料のうち粗骨材はダム地点付近あるいは約 1 km 上流の Salma 川合流点付近から得られる。しかし細骨材の砂は約 10 km 下流の Bheri 川から採取しなければならない。ロック材は

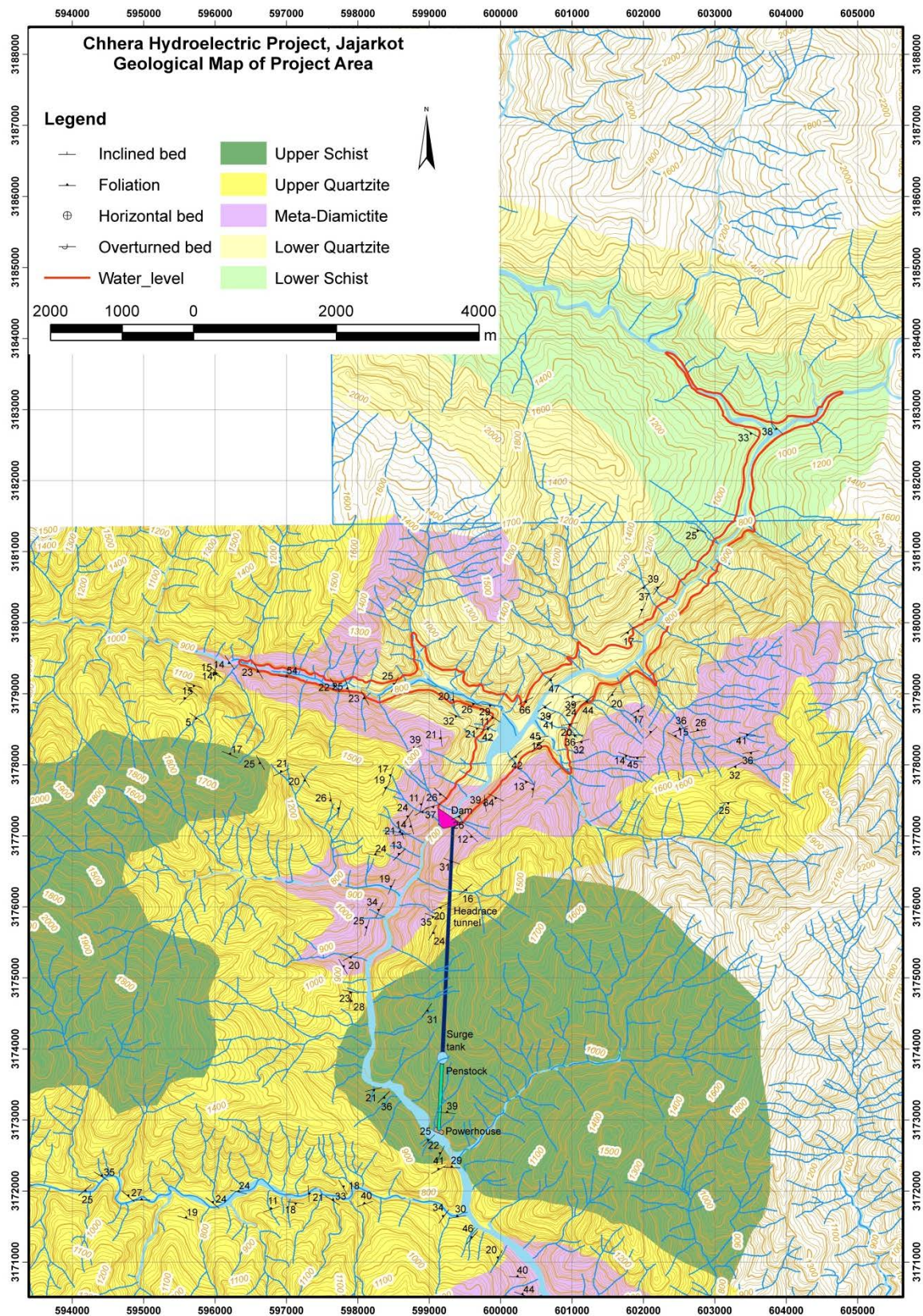
貯水池地域のクオーツァイトが検討対象になる。土質材料はダム下流の Upper Schist あるいは上流の Lower Schist 分布域の colluvium や風化残留土が検討対象になる。

2) 大規模構造線と断層

大規模構造線としてダム地点より約 30 km 南西に MBT がある。

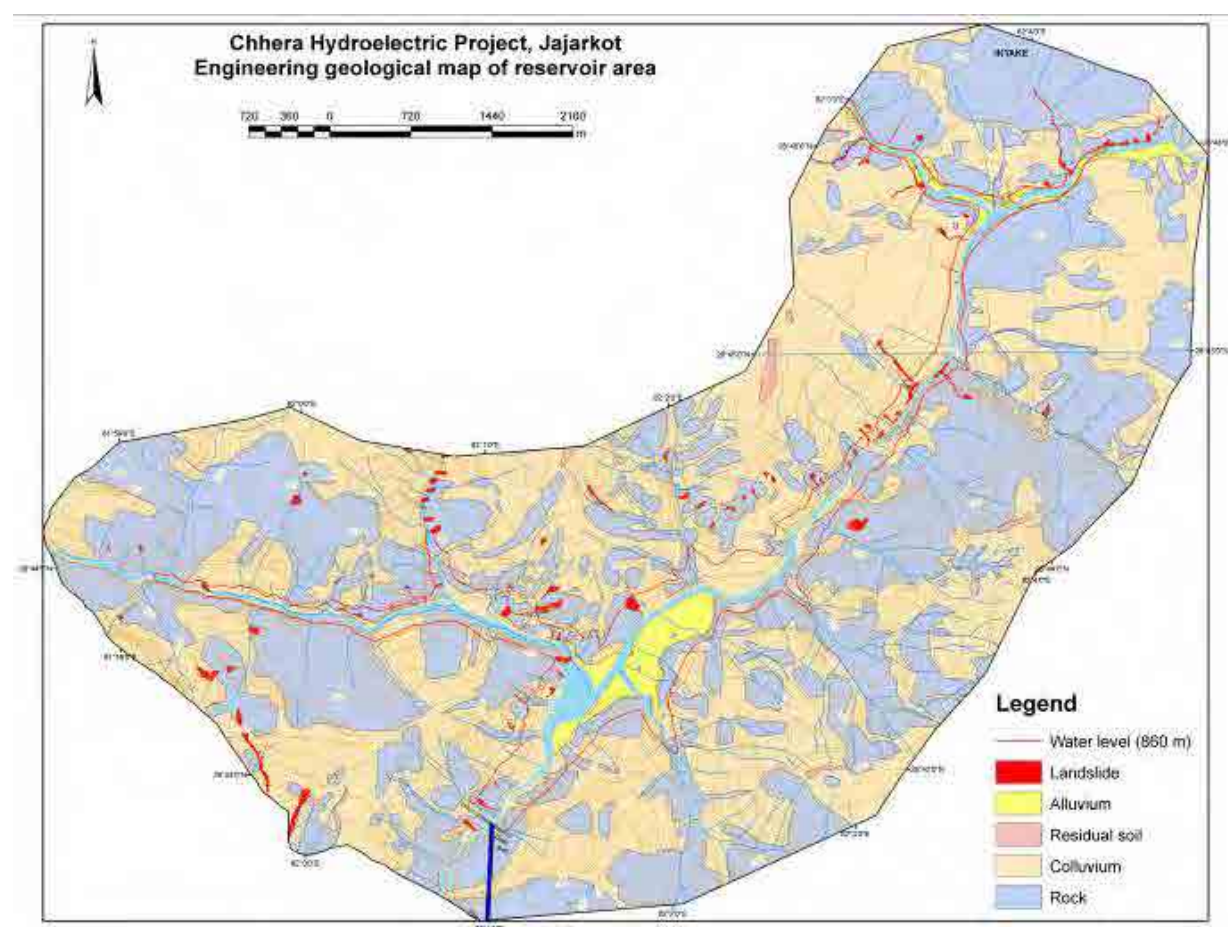
3) 地震活動度

計画地域は LesserHimalaya 地区に属し、地震加速度マップにおける加速度は 250 mgal である。最も近い M4 以上の震源は 10 km 北西に位置する。



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.6-4 Geological map of the project area



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.6-5 Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region

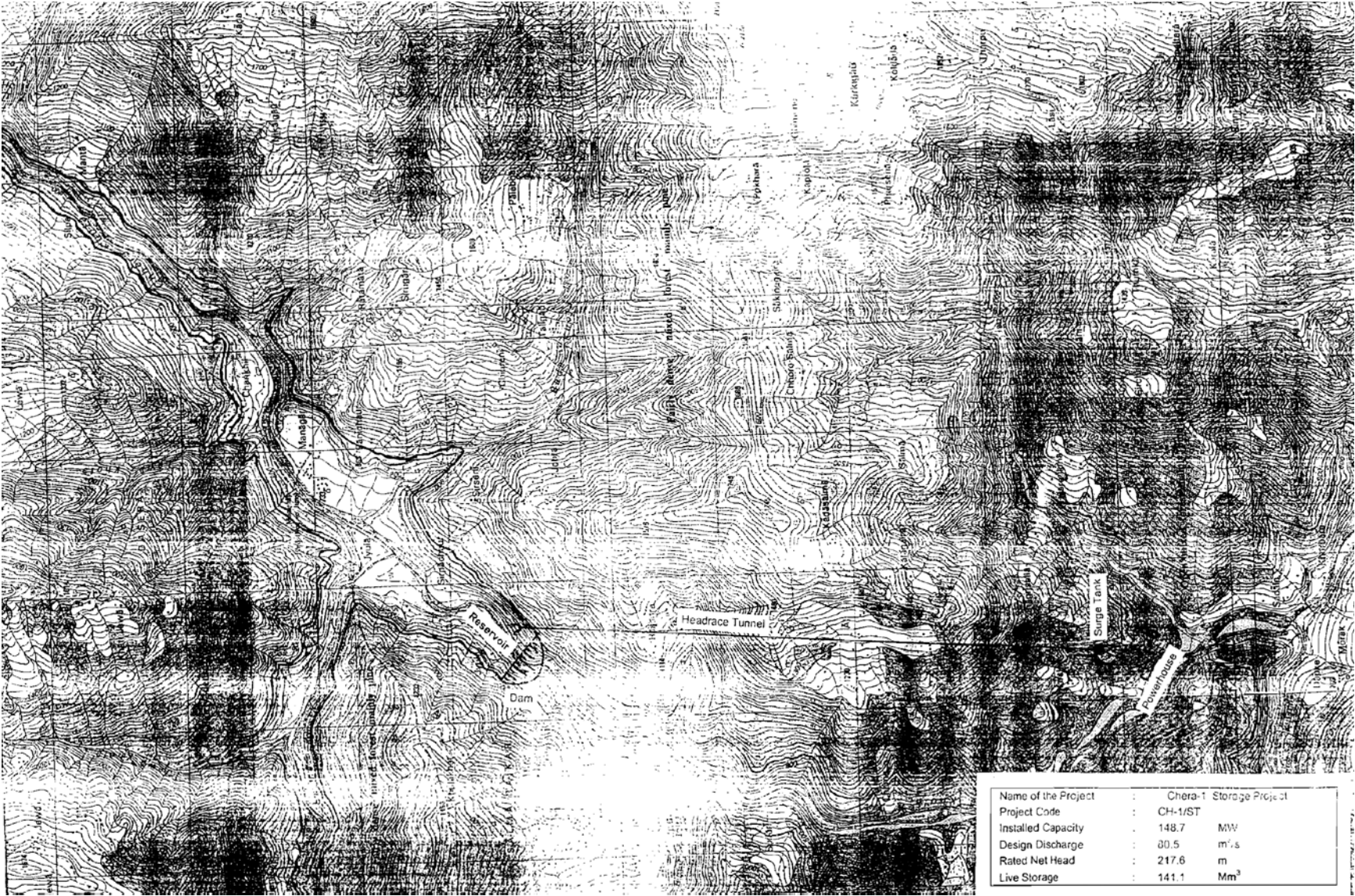
(4) 発電計画

Chera-1 プロジェクトは、ダム水路式の水力発電計画である。調査レベルは机上検討段階のため、構造物の詳細な図面は存在しない。プロジェクトの主要レイアウトの諸元と基本レイアウトを以下に示す。

Table A.2.6-5 Salient Features

Item	Unit	Chera-1	Remarks
Reservoir			
Reservoir Area at FSL	km ²	4.0	
Total Storage Capacity	MCM	254.9	
Effective Storage Capacity	MCM	141.1	
Full Supply Level (FSL)	m	866.0	
Minimum Operating Level (MOL)	m	814.0	
Dam			
Type of Dam	-	Rockfill	
Dam Volume	MCM	9.8	
Total Dam Height	m	186	
River Bed Level at Dam Axis	m	700	
Spillway Type	-	Gated Spillway	
Waterway & Powerhouse			
Intake Type	-	Normal Pressure	
Concrete Lined Headrace Tunnel Length	m	4,250	
Circular Tunnel Diameter	m	5.90	
Penstock Length	m	250	
Type of Powerhouse	-	Surface	
Turbine Type	-	Vertical Francis	
Installed Capacity	MW	148.7	
Design Discharge	m ³ /s	80.5	
Rated Net Head	m	217.6	
Tail Water Level	m	640	
Tailrace Length	m	0	

Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA



Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA

Figure A.2.6-6 General Layout

(5) 電気機器・送電線

1) 一般

発電所の有効落差、使用水量、設備出力は以下のとおりである。

有効落差：217.60 m

使用水量：80.50 m³/s

設備出力：148.7 MW

上記の有効落差と使用水量から、世界の既設発電所データを基に J-POWER が開発したコンピュータ・ソフト（HDWiz）を使用して電気機器の設計レビューを実施した。水車効率、発電機効率などは近年向上が図られているために、設備出力は上記 148.7 MW を超えるものとなった。

2) 単機出力および台数

一般的に水車・発電機の最適単機出力は、電力系統への影響・開発投入時期・輸送制限などにより決定するが、より大型の単機出力は経済的にスケールメリットがある。

しかしながら、本計画ではすべての電気機器はインドを経由して、さらにネパール国内の道路が整備されていない地点を経て輸送されるために、単機出力の決定にあたっては以上を考慮して 1 台当たりの最大出力は 100 MW 程度を上限とする。しかしながら事故時や運転保守時の運用を考慮してよって本計画においては 2 台案で計画することとする。

3) 水車

a) 水車出力

水車出力は定格有効落差 217.60 m、定格使用水量 40.25 m³/s の条件の基、一台あたりの出力は下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 217.60 \times 40.25 \times 0.92 \\ &\approx 78,900 \text{ kW} \end{aligned}$$

ここで、

P_t : 水車定格出力(kW)

H_n : 基準有効落差(m)

Q_t : 1 台あたりの定格使用水量(m³/s)

η_t : 水車効率

b) 水車形式

一般に、水車形式は落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸フランシス水車とする。

c) ランナー材質

ランナー材質は、高耐磨耗材として 13Cr.4Ni ステンレススチールを仕様する。また、フランシス形水車のランナーやウェアリングの表面には、水質によってはコーティング（ソフトまたはハード）を施す。このコーティング方法は、詳細設計において検討する。

d) 発電所出力

発電所の出力は上記の単機当たりの水車出力から以下になる。

$$78,900 \text{ kW} \times 2 = 157,800 \text{ kW}$$

なお、上記出力を用いて電力量計算のレビューが実施されている。

4) 発電機

発電機の型式は縦軸、3 相交流同期発電機で定格容量は 85,600 kVA、90%遅れ力率とする。

a) 発電機容量

発電機の定格容量は、水車最大出力、力率および発電機効率から計算される。

$$\begin{aligned} P_g &= P_t \times \eta_g / p.f \text{ (kVA)} \\ &= 78,900 \times 0.977 / 0.90 \\ &\doteq 85,600 \text{ kVA} \end{aligned}$$

ここで、

P_g : 発電機定格容量(kVA)

P_t : 水車定格出力(kW)

η_g : 発電機効率

$p.f$: 力率、遅れ

上記より、発電機の定格容量は 85,600 kVA となる。

5) 送電線

送電線の設計にあたっては、NEA 作成の 400kV Transmission Line Power Development Plan を基に、発電所から最も近接した変電所まで接続することとし、熱容量、電界強度を考慮して下記の送電線仕様とする。なお、送電線距離については机上検討のために地図上の直線距離に割増した数値を設計距離とした。

接続先変電所	: Chaujhari Substation
送電電圧	: 220 kV
送電距離	: 66 km
線種	: Bison×1 条、2 回線

2.7 Lower Jhimruk プロジェクト (W-05)

目 次

(1)	プロジェクト概要	1
(2)	気象・水文	5
(3)	地形・地質	7
(4)	発電計画	9
(5)	電気機器・送電線	11

List of Tables

Table A.2.7-1	Project Description	3
Table A.2.7-2	Monthly Rainfall at the Khanchikot Station.....	5
Table A.2.7-3	Monthly Rainfall at the Bijuwartar Station	5
Table A.2.7-4	Flow Data of the Lower Jhimruk Project	6
Table A.2.7-5	Life of Reservoir.....	6
Table A.2.7-6	Salient Features	9

List of Figures

Figure A.2.7-1	Location of the Lower Jhimruk Project (W-05)	2
Figure A.2.7-2	General Layout of the Lower Jhimruk Project (W-05)	2
Figure A.2.7-3	Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Lower Jhimruk Project	4
Figure A.2.7-4	Geological map of the project area	8
Figure A.2.7-5	Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region	8
Figure A.2.7-6	General Layout.....	10

A.2.7 Lower Jhimruk プロジェクト (W-05)

(1) プロジェクト概要

Lower Jhimruk プロジェクトは、西部 Arghakhachi District および Pyuthan District の Jhimruk 川に位置する出力 142.5 MW のプロジェクトである。最新の検討は“Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA”の中で実施されており、調査レベルは机上検討段階である。

水文特性としては、プロジェクト地点の最寄りの Khanchikot 観測所での年間降雨量は 1,797 mm、ダム地点の平均流量は 34.8 m³/s である。流域面積は 995 km²、比堆砂量は 5,750 t/km²/year と NEA が西部地域の平均堆砂量として採用している 3,960 t/km²/year よりも大きく推定されている。流域内には GLOF のリスクを持つ氷河湖は存在しない。

地質的な側面から見ると、計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、主に頁岩、砂岩およびドロマイトが分布している。貯水池地域は主に頁岩、砂岩およびドロマイトからなる。ドロマイトは保水性の確認のための調査が必要である。ダム地点の岩盤は頁岩と砂岩からなり堅硬で難透水性である。導水路トンネルは頁岩、砂岩を通過し、岩盤は堅硬と思われるが、断層を通過する部分がある。発電所地点は頁岩よりなり、岩盤は破碎されていて背後斜面の安定に注意が必要である。地震加速度マップにおける加速度は 150 mgal とやや小さい。大規模構造線(MBT)までは 2 km と近い。M4 以上の震源からは 34 km とかなり離れている。

自然・社会環境面では、自然面への影響は中程度で社会面への影響は小さい。Rapti 流域に位置し、湛水面積は 6 km² である。影響を受ける森林面積は 1.87 km² と少ない。記録のある植物の種数は 55 種と比較的多い。記録のある動物は、哺乳類 23 種、鳥類 49 種、両生・爬虫類 17 種と種数が比較的多い。移転戸数は 229 戸である。影響を受ける灌漑施設は 3 つと少ない。漁民の数が 254 人と Sun Koshi No.3 プロジェクトに次いで多い。影響を受ける先住民族は Newar (Advanced)、Magar (Disadvantaged)、Gurung (Disadvantaged)、Kumal (Marginalised) である。

発電計画の面では、高さ 167 m、体積約 7 百万 m³ のロックフィルダムおよび約 6 km の水路トンネルが計画されている。現状のレイアウトでは、Lower Jhimruk プロジェクトのダムおよび発電所は下流の Naumure プロジェクトの貯水池内に計画されている。したがって、これら二つのプロジェクトを現在のレイアウトで両方建設することは出来ない。両方とも実施する場合には、どちらかのプロジェクトのレイアウトを変更する必要がある。

プロジェクトの位置図、基本レイアウトおよび主要諸元を以下に示す。

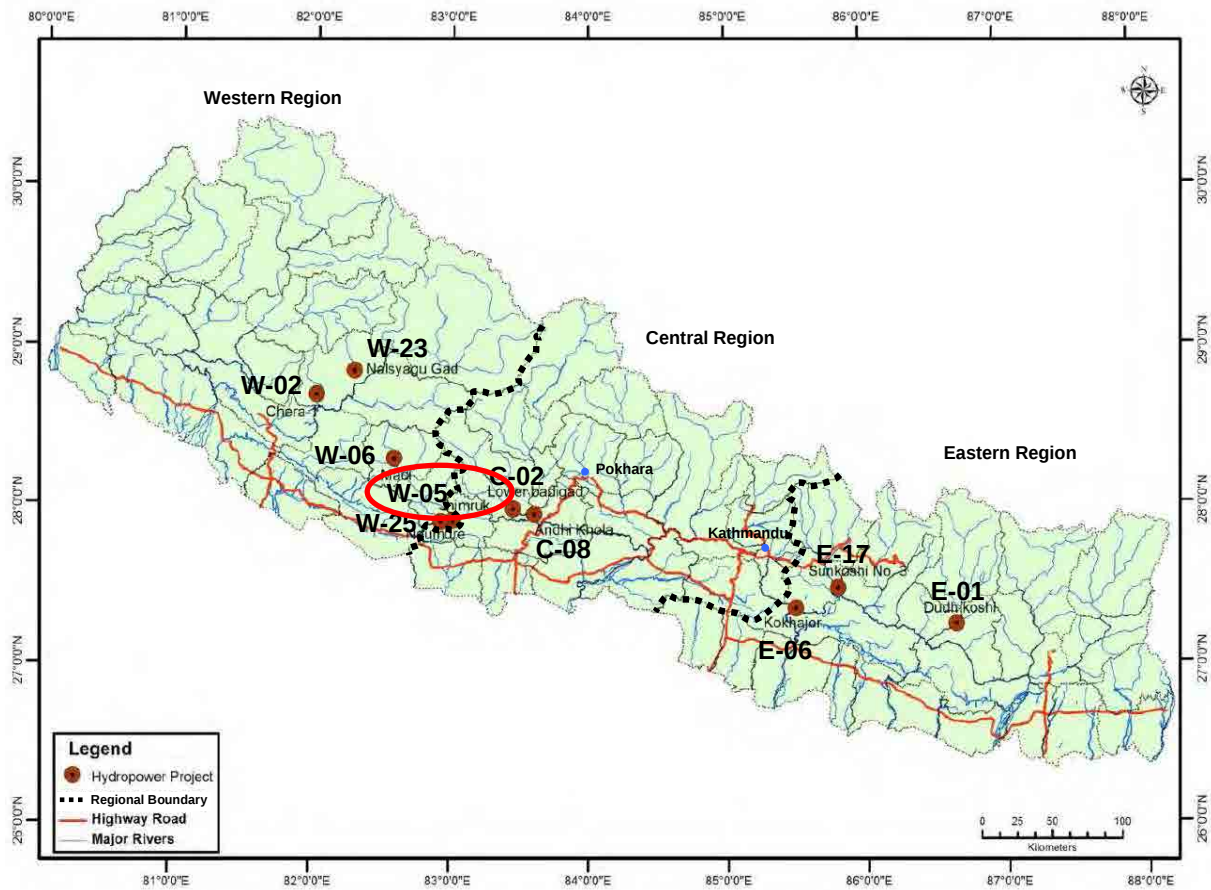


Figure A.2.7-1 Location of the Lower Jhimruk Project (W-05)

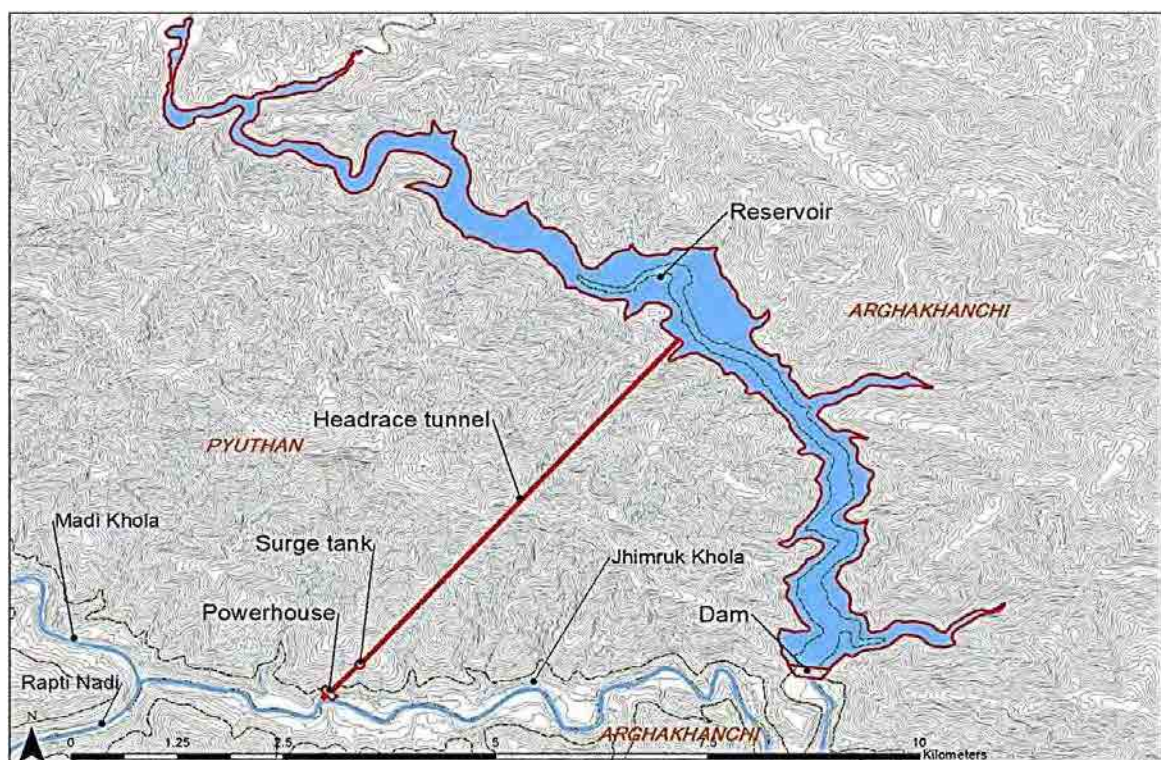


Figure A.2.7-2 General Layout of the Lower Jhimruk Project (W-05)

Table A.2.7-1 Project Description

Item	Unit	Lower Jhimruk	Remarks
Location	(District)	Arghakhachi Pyuthan	
Name of the River	(River)	Jhimruk	
Installed Capacity	MW	199.8	
Catchment Area	km ²	995.0	
Location of Dam Site	Longitude/ Latitude	83° 1' 1" 27° 55' 30.8"	
Dam Height	m	167.0	
Total Storage Volume	MCM	386.0	
Effective Storage Volume	MCM	211.6	
Regulating Capability Factor	%	19.8	
Reservoir Area at FSL	km ²	5.7	
Full Supply Level	m	597.0	
Minimum Operation Level	m	557.0	
Tail Water Level	m	390.0	
Rated Gross Head	m	194.6	
Rated Net Head	m	190.4	
Rated Power Discharge	m ³ /s	88.1	
Total Energy	GWh	454.7	Estimated by the Study Team.
Dry Energy (December-April)	GWh	94.4	Estimated by the Study Team.
Length of Access Road	km	18.0	
Length of Transmission Line	km	75.0	Estimated by the Study Team.
Number of Household	nos	229	Surveyed by the Study Team in 2012.
Project Cost	MUS\$	520.9	Estimated by the Study Team at 2013 price level.
Unit Generation Cost	cent/kWh	11.5	Estimated by the Study Team.
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	10.9	Estimated by the Study Team.
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	11.5	Estimated by the Study Team.

Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA (except remarked items)

なお、自然・社会環境に関する調査結果および評価のまとめを以下に示す。詳細情報は Appendix 3 および 5 に収録されている。

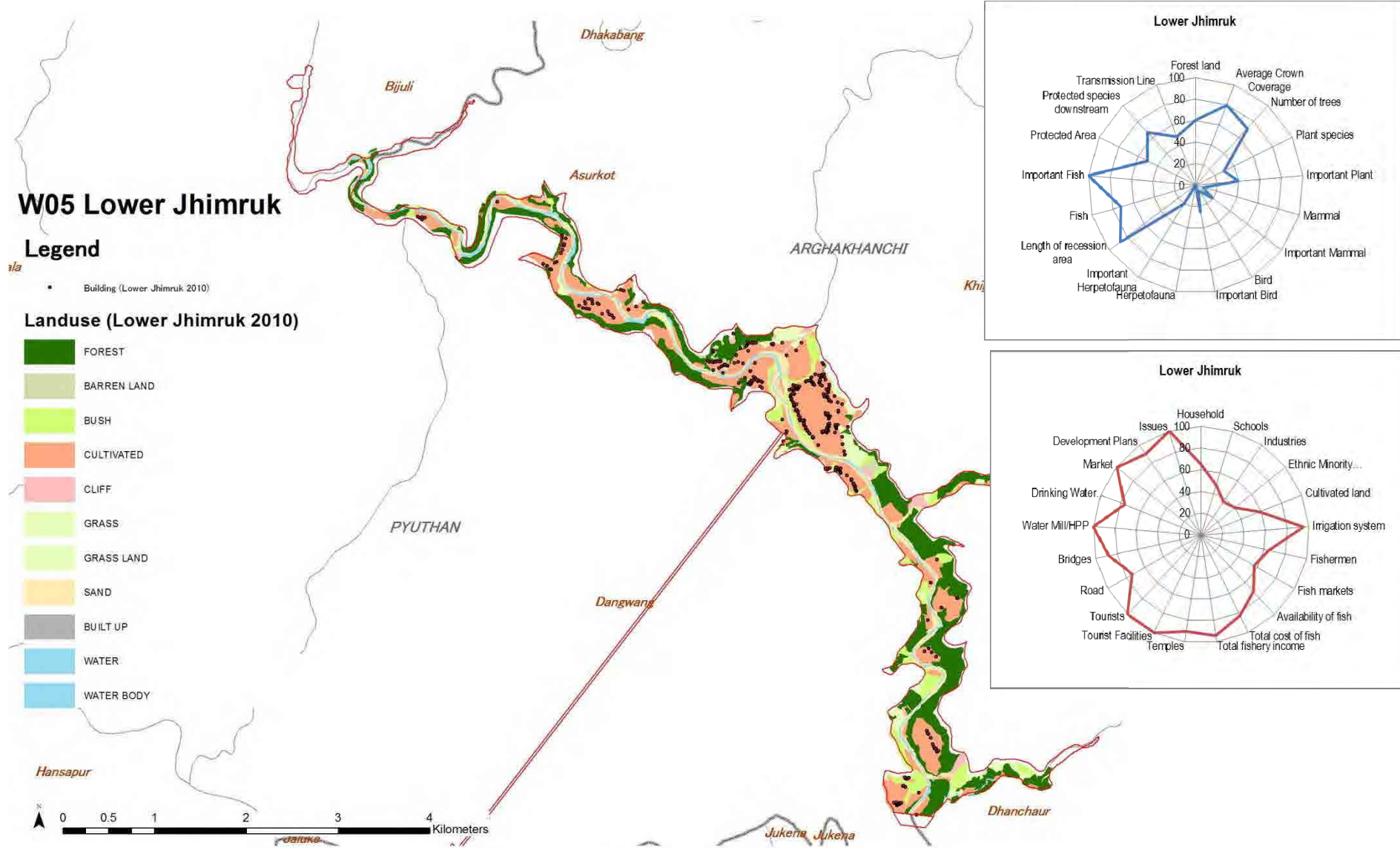


Figure A.2.7-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Lower Jhimruk Project

(2) 気象・水文

Lower Jhimruk プロジェクトについて、気象特性と、水文に関する評価項目である、流量データの信頼性、GLOF の危険性、堆砂の影響について述べる。

1) 気象

Lower Jhimruk プロジェクトは、Jhimruk 川に位置し、Arghakhanchi 行政区と Pyuthan 行政区に位置する。

Arghakhanchi に Khanchikot 気象観測所(0715)がある。Khanchikot 気象観測所の月別降水量を Table A.2.7-2 に示す。

Pyuthan に Bijuwartar 降水量観測所(0505)がある。Bijuwartar 降水量観測所の月別降水量を Table A.2.7-3 に示す。

Table A.2.7-2 Monthly Rainfall at the Khanchikot Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
KHANCHIKOT	0715	Arghakhanchi	CLIMATOLOGY	Jan, 71	27.93	83.15	1,760

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
26.9	35.4	30.2	36.6	105.7	280.0	495.1	390.0	269.2	67.2	12.5	23.6	1,772.3

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

Table A.2.7-3 Monthly Rainfall at the Bijuwartar Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
BIJUWARTAR	0505	Pyuthan	PRECIPITATION	Jan, 73	28.10	82.87	823

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
23.4	27.2	25.5	35.7	78.2	234.5	314.4	265.6	156.0	42.5	6.6	11.0	1,220.4

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

2) 流量データの信頼性

Lower Jhimruk プロジェクトは、ダム軸から上流 27 km に測水所(330)があり、測水所の流量データに流域面積比を乗じて流量を算出した。プロジェクト近傍に測水所があるので、流量の信頼性が相対的に高いプロジェクトである。

電力量計算に用いた Lower Jhimruk プロジェクトの流量データを Table A.2.7-4 に示す。

Table A.2.7-4 Flow Data of the Lower Jhimruk Project

(m ³ /s)													
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1997	17.10	13.66	10.73	13.45	8.83	20.74	129.38	80.09	77.53	28.29	14.63	12.94	35.61
1998	7.96	6.26	6.11	5.60	5.39	10.27	81.63	150.94	124.76	57.50	27.83	18.43	41.89
1999	13.86	10.63	8.63	7.29	8.42	50.52	102.68	180.21	209.47	84.20	18.48	8.42	58.57
2000	5.80	4.92	3.72	7.39	8.21	49.90	88.31	243.36	195.10	54.42	19.05	10.83	57.58
2001	8.32	6.83	6.01	5.54	6.57	25.41	88.82	137.08	103.71	41.12	18.07	11.35	38.24
2002	10.37	10.83	8.68	6.57	7.75	11.96	24.90	91.90	36.20	18.74	9.81	6.42	20.34
2003	5.60	4.88	3.34	2.78	2.70	9.86	53.40	121.17	105.76	45.33	17.10	10.88	31.90
2004	9.34	7.39	5.90	6.93	7.70	9.24	43.74	47.70	28.96	23.98	11.91	8.11	17.58
2005	8.06	7.24	6.21	5.39	4.91	5.80	38.66	61.10	52.88	24.08	13.40	10.01	19.81
2006	7.86	6.78	6.78	6.26	8.57	11.35	37.07	43.43	39.74	18.69	10.32	7.60	17.04
Ave.	9.43	7.94	6.61	6.72	6.91	20.51	68.86	115.70	97.41	39.64	16.06	10.50	33.86

3) GLOF の危険性

Lower Jhimruk プロジェクトの上流に GLOF の危険性のある氷河湖は存在しない。

4) 堆砂の影響

近傍の Jhimruk Hydroelectric Project の比堆砂量を流用する。FS レポートによると、近傍の Jhimruk Hydroelectric Project の比堆砂量は 5,000~6,500 t/km²/year と算定されている。平均値 5,750 t/km²/year を採用して、貯水池寿命を算出した。貯水池寿命とは、貯水池に対する堆砂の影響を評価する指標であり、貯水容量を年間平均堆砂量で除して算出される。

貯水池寿命の算出結果を Table A.2.7-5 に示す。貯水池寿命は 102 年と計算される。

Table A.2.7-5 Life of Reservoir

a) Specific Sediment Yield	5,750 t/km ² /yr
b) Sediment Yield (Catchment Area × Specific Sediment Yield / Sediment Density)	3.8 × 10 ⁶ m ³ /yr (995 km ² × 5,750 t/km ² /yr / 1.5 t/m ³)
c) Total Storage Volume	386 × 10 ⁶ m ³
d) Life time of Storage (Total Storage Volume / Sediment Yield)	102 years (386 × 10 ⁶ m ³ / 3.8 × 10 ⁶ m ³ /yr)

(3) 地形・地質

1) 計画地域の地質

Lower Jhimruk プロジェクトは、ネパール西部、Arghakahchi 行政区と Pyuthan の境界付近の Jhimruk 川に位置する。今回実施した現地調査によると、計画地域の地質および応用地質の概要は次のとおり。

計画地域の地質図を Figure A.2.7-4 に示す。計画地域は、Lesser Himalaya 地区に属し、ダム地点より約 3 km 南に MBT がある。地層は全体的には北に傾斜しており南から順に主に頁岩からなり砂岩を伴う Ranagaun 層、砂岩と頁岩からなる Khamari 層、砂岩からなる Eocene 層が分布している。Eocene 層の北は断層を介して Khamari 層が再び出現しその北にドロマイトからなる Dhorbang Khola 層が分布する。

貯水池とその周辺地域には Khamari 層の砂岩と頁岩、Eocene 層の砂岩、Dhorbang Khola 層のドロマイトが分布する。Eocene 層と Khamari 層との境界の断層は貯水池地域を横断する。ドロマイトは透水性が高い可能性があるのでその性状を今後明らかにする必要がある。貯水池とその周辺地域の応用地質図を Figure A.2.7-5 に示す。地すべりがあるが小規模である。

ダム地点は Khamari 層の砂岩と頁岩からなり、岩盤は堅硬で難透水性である。

導水路トンネルルートは Jhimruk 川の右岸に位置し取水口はダム地点の約 3 km 上流にある。ルート沿いには取水口地点より順に Khamari 層の砂岩と頁岩、断層、Eocene 層の砂岩、Khamari 層の砂岩と頁岩、Ranagaun 層の頁岩が分布する。トンネルの被りは最大約 700 m である。

発電所は Jhimruk 川右岸の沖積段丘に位置し、そこには Ranagaun 層の頁岩と砂岩が分布する。地層面は山側に傾斜している。MBT に近いので岩盤は破碎されていると予想される。河床堆積物はやや深いであろう。

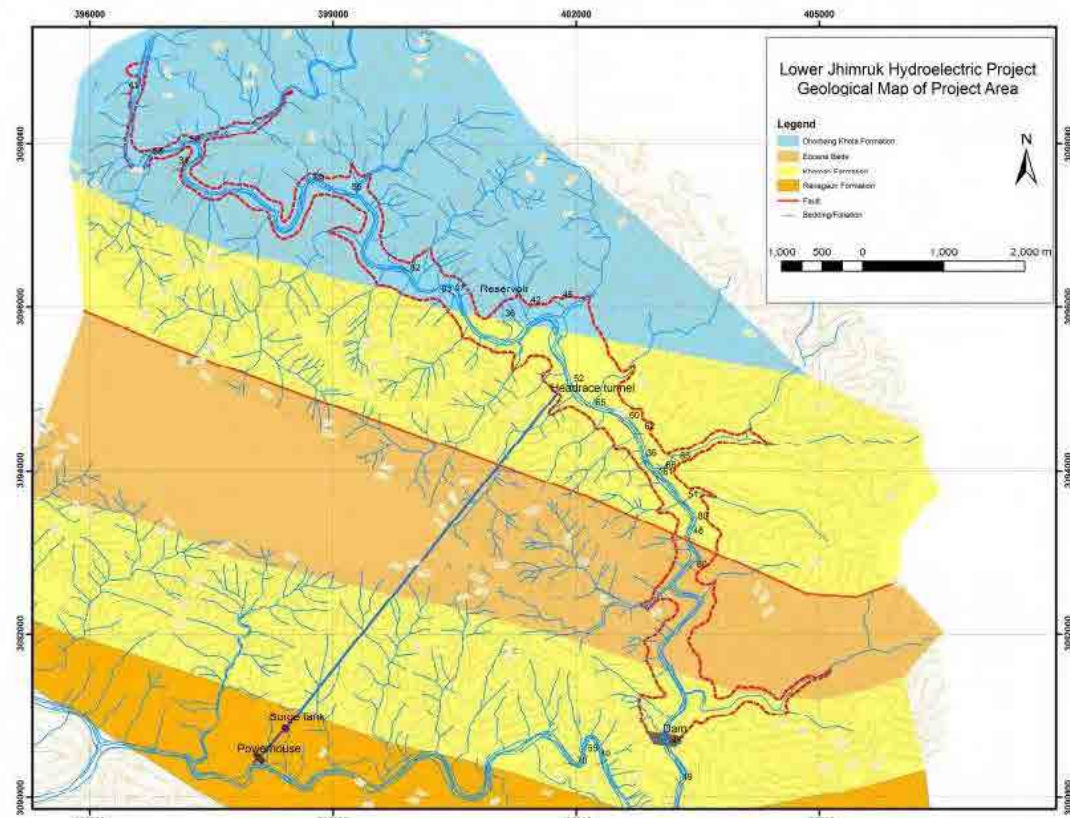
建設材料のうち粗骨材はダム地点付近の河床から、細骨材はダム地点の約 0.5 km 上流の Chedda 付近の沖積段丘より得られる。土質材料は粘板岩あるいは頁岩分布域の colluvium や風化残留土が検討対象になる。ロック材はドロマイトが検討対象になる。

2) 大規模構造線と断層

大規模構造線としてダム地点より約 3 km 南に MBT がある。ダム地点から 1 km 以内に規模の大きな断層はみつかっていない。

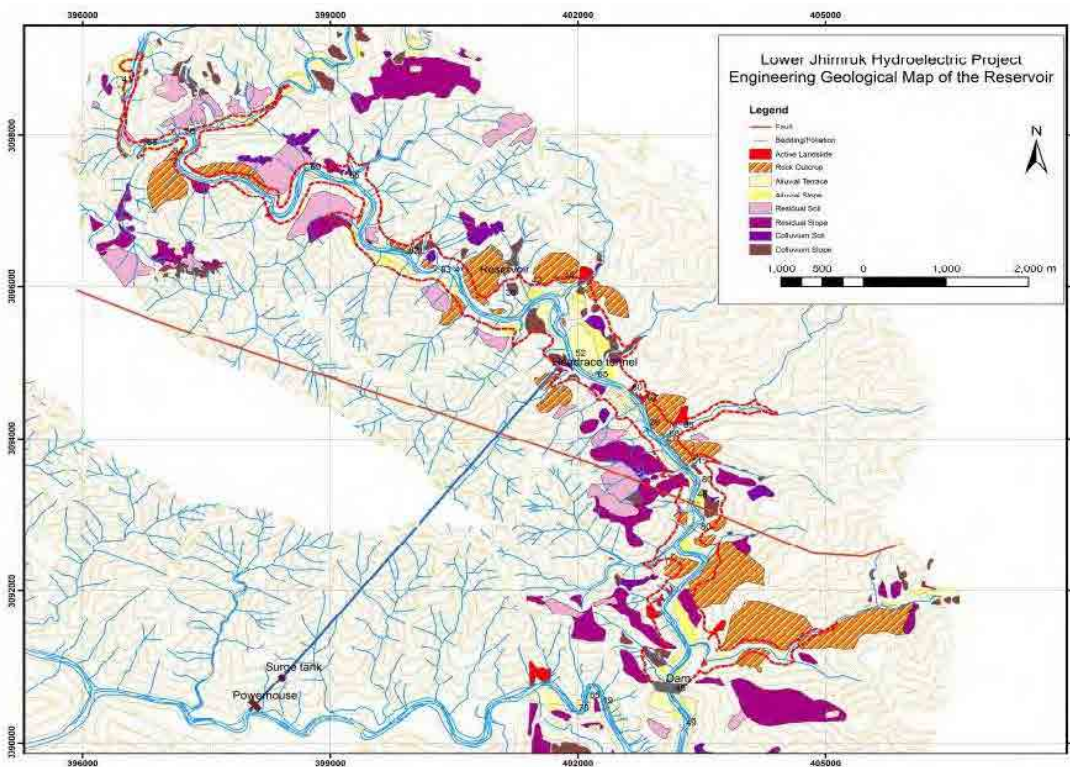
3) 地震活動度

計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、地震加速度マップにおける加速度は 150 mgal である。最も近い M4 以上の震源は 34 km 北東に位置する。



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.7-4 Geological map of the project area



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.7-5 Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region

(4) 発電計画

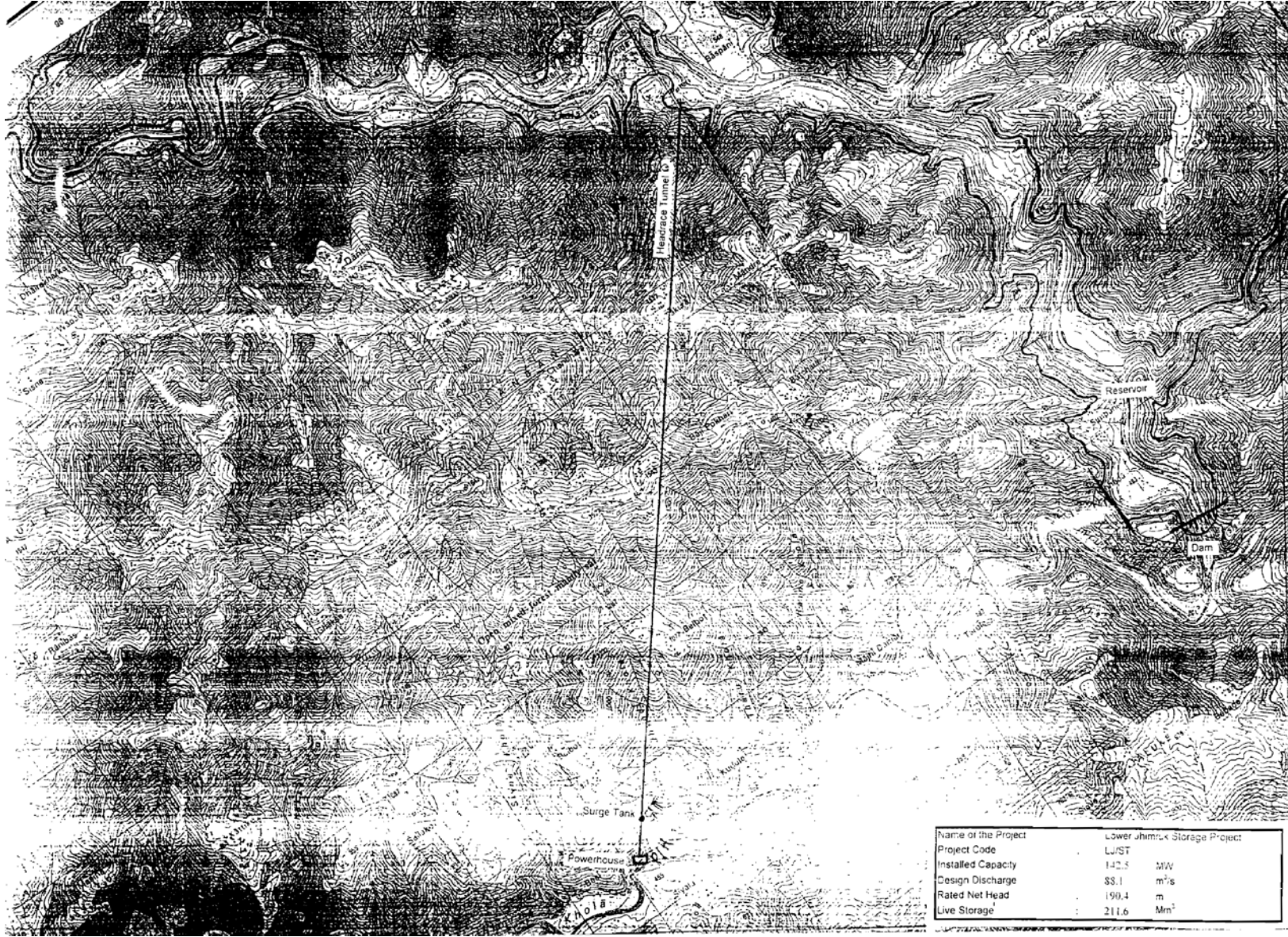
Lower Jhimruk プロジェクトは、ダム水路式の水力発電計画である。調査レベルは机上検討段階のため、構造物の詳細な図面は存在しない。プロジェクトの主要レイアウトの諸元と基本レイアウトを以下に示す。

Table A.2.7-6 Salient Features

Item	Unit	Lower Jhimruk	Remarks
Reservoir			
Reservoir Area at FSL	km ²	5.7	
Total Storage Capacity	MCM	386.0	
Effective Storage Capacity	MCM	211.6	
Full Supply Level (FSL)	m	597.0	
Minimum Operating Level (MOL)	m	557.0	
Dam			
Type of Dam	-	Rockfill	
Dam Volume	MCM	6.8	
Total Dam Height	m	167	
River Bed Level at Dam Axis	m	450	
Spillway Type	-	Gated Spillway	
Waterway & Powerhouse			
Intake Type	-	Normal Pressure Intake	
Concrete Lined Headrace Tunnel Length	m	5,800	
Circular Tunnel Diameter	m	6.28	
Penstock Length	m	260	
Type of Powerhouse	-	Surface	
Turbine Type	-	Vertical Francis	
Installed Capacity	MW	142.5	
Design Discharge	m ³ /s	88.1	
Rated Net Head	m	190.4	
Tail Water Level	m	390	
Tailrace Length	m	50	

Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA

なお、Lower Jhimruk プロジェクト の発電所は Naumure プロジェクトの貯水池内に位置しているため、現在のレイアウトでは両方のプロジェクトを開発することはできないことに留意する必要あがる。



Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA

Figure A.2.7-6 General Layout

(5) 電気機器・送電線

1) 一般

発電所の有効落差、使用水量、設備出力は以下のとおりである。

有効落差：190.40 m

使用水量：88.10 m³/s

設備出力：142.5 MW

上記の有効落差と使用水量から、世界の既設発電所データを基に J-POWER が開発したコンピュータ・ソフト（HDWiz）を使用して電気機器の設計レビューを実施した。水車効率、発電機効率などは近年向上が図られているために、設備出力は上記 142.5 MW を超えるものとなった。

2) 単機出力および台数

一般的に水車・発電機の最適単機出力は、電力系統への影響・開発投入時期・輸送制限などにより決定するが、より大型の単機出力は経済的にスケールメリットがある。

しかしながら、本計画ではすべての電気機器はインドを経由して、さらにネパール国内の道路が整備されていない地点を経て輸送されるために、単機出力の決定にあたっては以上を考慮して 1 台当たりの最大出力は 100 MW 程度を上限とする。しかしながら事故時や運転保守時の運用を考慮してよって本計画においては 2 台案で計画することとする。

3) 水車

a) 水車出力

水車出力は定格有効落差 190.40 m、定格使用水量 44.05 m³/s の条件の基、一台あたりの出力は下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 190.40 \times 44.05 \times 0.927 \\ &\approx 76,100 \text{ kW} \end{aligned}$$

ここで、

P_t : 水車定格出力 (kW)

H_n : 基準有効落差 (m)

Q_t : 1 台あたりの定格使用水量 (m³/s)

η_t : 水車効率

b) 水車形式

一般に、水車形式は落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸フランシス水車とする。

c) ランナー材質

ランナー材質は、高耐磨耗材として 13Cr.4Ni ステンレススチールを仕様する。また、フランシス形水車のランナーやウェアリングの表面には、水質によってはコーティング（ソフトまたはハード）を施す。このコーティング方法は、詳細設計において検討する。

d) 発電所出力

発電所の出力は上記の単機当たりの水車出力から以下になる。

$$76,100 \text{ kW} \times 2 = 152,200 \text{ kW}$$

なお、上記出力を用いて電力量計算のレビューが実施されている。

4) 発電機

発電機の型式は縦軸、3 相交流同期発電機で定格容量は 82,600 kVA、90%遅れ力率とする。

a) 発電機容量

発電機の定格容量は、水車最大出力、力率および発電機効率から計算される。

$$\begin{aligned} P_g &= P_t \times \eta_g / p.f \text{ (kVA)} \\ &= 76,100 \times 0.978 / 0.90 \\ &\doteq 82,600 \text{ kVA} \end{aligned}$$

ここで、

P_g : 発電機定格容量(kVA)

P_t : 水車定格出力(kW)

η_g : 発電機効率

$p.f$: 力率、遅れ

上記より、発電機の定格容量は 82,600 kVA となる。

5) 送電線

送電線の設計にあたっては、NEA 作成の 400 kV Transmission Line Power Development Plan を基に、発電所から最も近接した変電所まで接続することとし、熱容量・電界強度を考慮して下記の送電線仕様とする。なお、送電線距離については机上検討のために地図上の直線距離に割増した数値を設計距離とした。

接続先変電所 : Butwal Substation
送電電圧 : 220 kV
送電距離 : 75 km
線種 : Bison×1 条、2 回線

2.8 Madi プロジェクト (W-06)

目 次

(1)	プロジェクト概要.....	1
(2)	気象・水文.....	5
(3)	地形・地質.....	6
(4)	発電計画.....	9
(5)	電気機器・送電線.....	11

List of Tables

Table A.2.8-1	Project Description.....	3
Table A.2.8-2	Monthly Rainfall at the Libang Station	5
Table A.2.8-3	Flow Data of Madi Project	5
Table A.2.8-4	Life of Reservoir.....	6
Table A.2.8-5	Salient Features.....	9

List of Figures

Figure A.2.8-1	Location of the Madi Project (W-06).....	2
Figure A.2.8-2	General Layout of the Madi Project (W-06)	2
Figure A.2.8-3	Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Madi Project.....	4
Figure A.2.8-4	Geological map of the project area	7
Figure A.2.8-5	Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region	8
Figure A.2.8-6	General Layout.....	10

A.2.8 Madi プロジェクト (W-06)

(1) プロジェクト概要

Madi プロジェクトは、西部 Rolpa District の Madi 川に位置する出力 199.8 MW の貯水式水力プロジェクトである。最新の検討は“Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA”の中で実施されており、調査レベルは机上検討段階である。

水文特性としては、プロジェクト地点の最寄りの Libang Gaun 観測所での年間降雨量は 1,772 mm、ダム地点の平均流量は 30.6 m³/s である。流域面積は 674 km²、比堆砂量は 5,750 t/km²/year と NEA が西部地域の平均堆砂量として採用している 3,960 t/km²/year よりも大きく推定されている。流域内には GLOF のリスクを持つ氷河湖は存在しない。

地質的な側面から見ると、計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、主に石灰岩、頁岩、粘板岩および砂岩が分布している。貯水池地域は主に石灰岩、頁岩および砂岩からなる。石灰岩は保水性の確認のための調査が必要である。周辺斜面は堆積物に広く覆われ、大規模な地すべりがある。ダム地点の岩盤は石灰岩と粘板岩からなり堅硬である。石灰岩は珪質で表面に溶食はなく保水性があると思われる。導水路トンネルは粘板岩と石灰岩を通過し、岩盤は堅硬と思われる。発電所地点の岩盤は粘板岩と石灰岩よりなる。地震加速度マップにおける加速度は 160 mgal とやや小さい。大規模構造線(MBT)までは 25 km とかなり離れている。M4 以上の震源からは 35 km とかなり離れている。

自然・社会環境面では、自然面への影響は中程度で、社会面の影響は比較的小さい。Rapti 流域に位置し、湛水面積は 7.7 km² である。影響を受ける森林面積は 1.64 km² と少ない。記録のある植物の種数は 74 種と 10 地点中最も多い。動物の種数は、哺乳類 18 種、鳥類 21 種、両生・爬虫類 9 種と比較的少ない。移転戸数は 336 戸である。影響を受ける少数民族の数は 1 つだけである。11.2 km の車道が影響を受け、6 つのつり橋、4 つの Micro Hydro プロジェクト、22 の水供給施設が影響を受ける。影響を受ける先住民族は Magar (Disadvantaged) である。

発電計画の面では、高さ 190 m、体積約 9 百万 m³ のロックフィルダムおよび約 6 km の水路トンネルが計画されている。ダムサイトおよび水路トンネルの地質に関して特に大きなリスクは確認されていない。発電所も通常の地上式で特筆すべき技術的なリスクは無い。

プロジェクトの位置図、基本レイアウトおよび主要諸元を以下に示す。

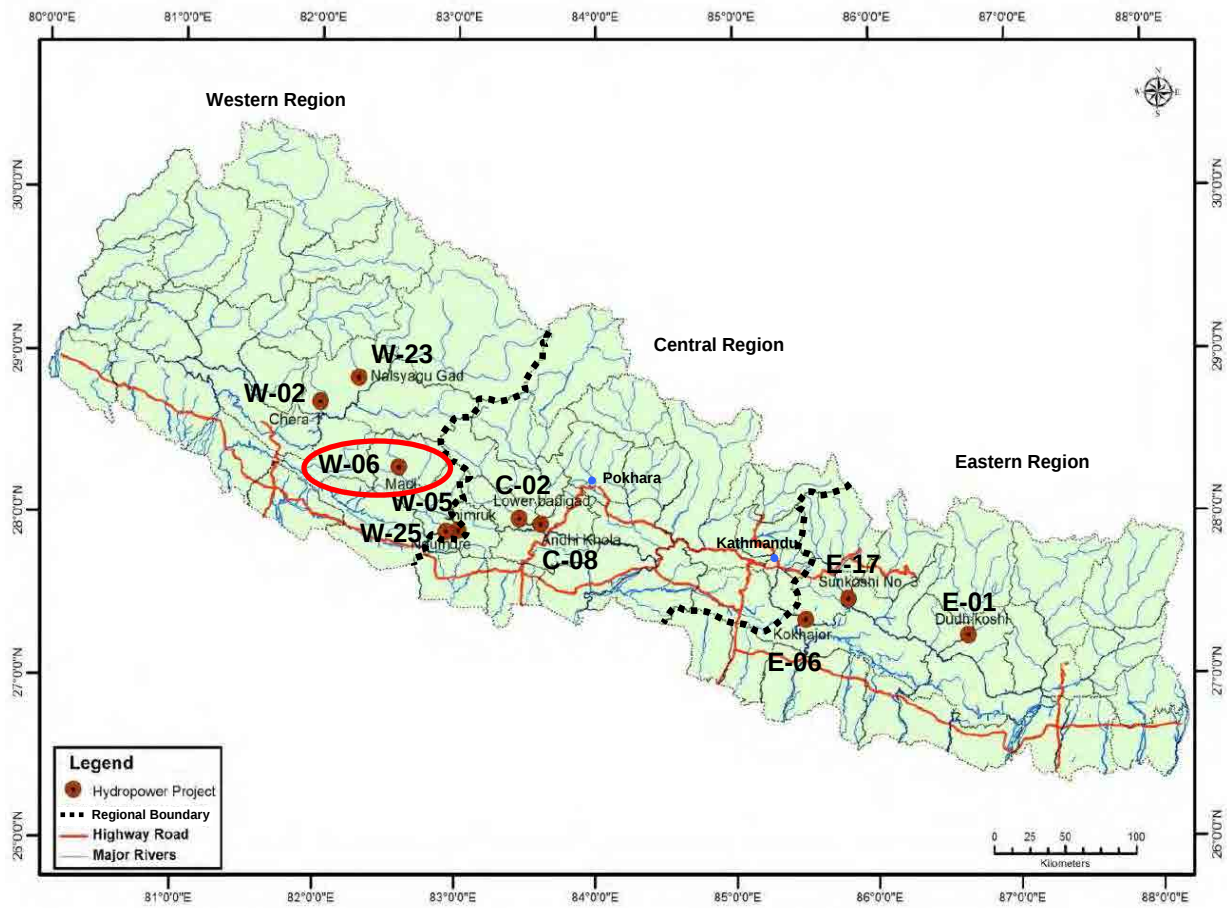


Figure A.2.8-1 Location of the Madi Project (W-06)

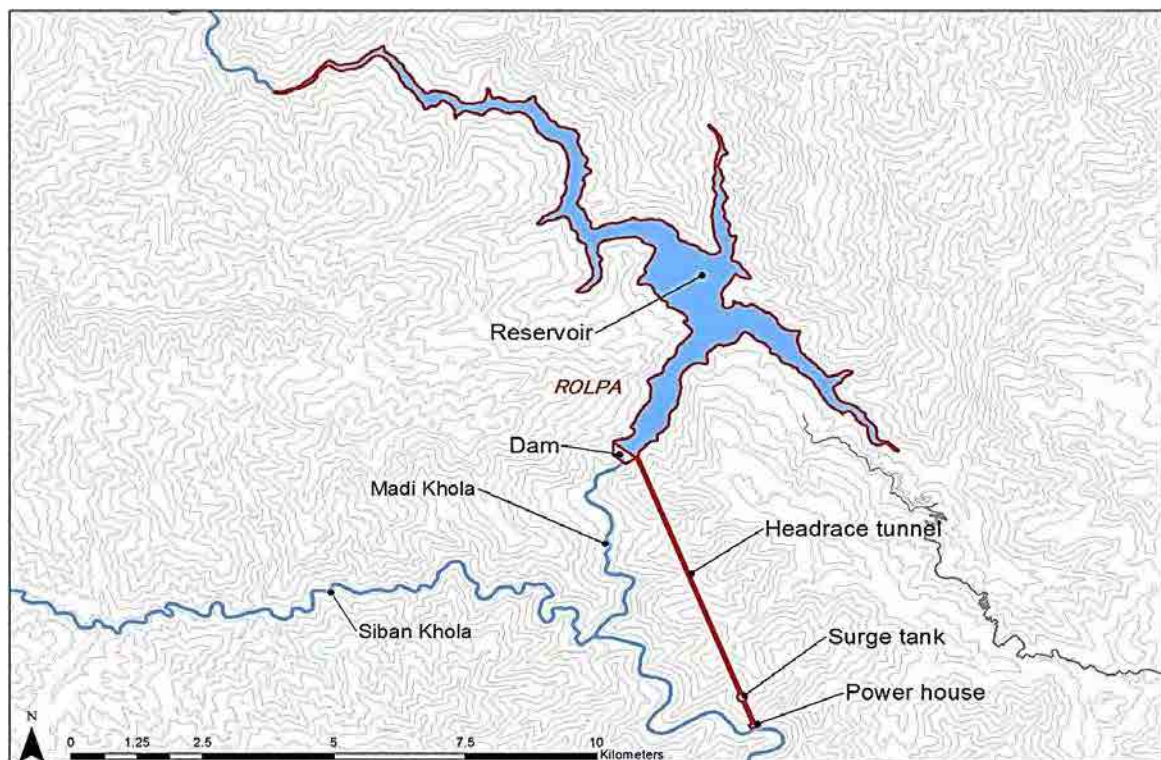


Figure A.2.8-2 General Layout of the Madi Project (W-06)

Table A.2.8-1 Project Description

Item	Unit	Madi Project	Remarks
Location	(District)	Rolpa	
Name of the River	(River)	Madi	
Installed Capacity	MW	199.8	
Catchment Area	km ²	674.0	
Location of Dam Site	Longitude/ Latitude	82° 35' 15.5" 28° 18' 48.5"	
Dam Height	m	190.0	
Total Storage Volume	MCM	359.5	
Effective Storage Volume	MCM	235.1	
Regulating Capability Factor	%	24.3	
Reservoir Area at FSL	km ²	7.7	
Full Supply Level	m	1,090.0	
Minimum Operation Level	m	1,030.0	
Tail Water Level	m	800.0	
Rated Gross Head	m	280.8	
Rated Net Head	m	277.0	
Rated Power Discharge	m ³ /s	84.9	
Total Energy	GWh	621.1	Estimated by the Study Team.
Dry Energy (December-April)	GWh	170.7	Estimated by the Study Team.
Length of Access Road	km	15.0	
Length of Transmission Line	km	62.0	Estimated by the Study Team.
Number of Household	nos	336	Surveyed by the Study Team in 2012.
Project Cost	MUS\$	637.3	Estimated by the Study Team at 2013 price level.
Unit Generation Cost	cent/kWh	10.3	Estimated by the Study Team.
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	12.3	Estimated by the Study Team.
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	16.8	Estimated by the Study Team.

Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA (except remarked items)

なお、自然・社会環境に関する調査結果および評価のまとめを以下に示す。詳細情報は Appendix 3 および 5 に収録されている。

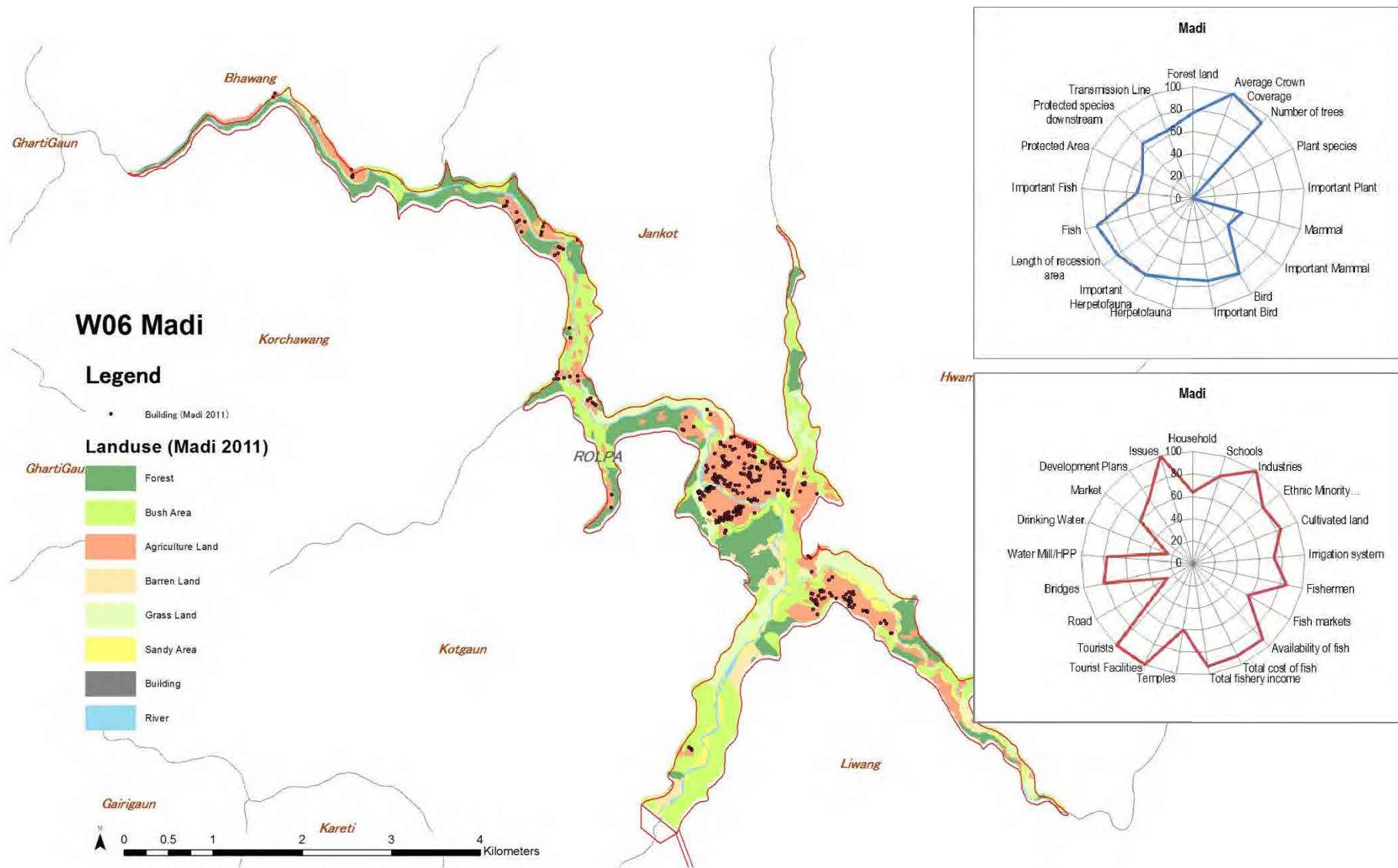


Figure A.2.8-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Madi Project

(2) 気象・水文

Madi プロジェクトについて、気象特性と、水文に関する評価項目である、流量データの信頼性、GLOF の危険性、堆砂の影響について述べる。

1) 気象

Madi プロジェクトは、Madi 川に位置し、Rolpa 行政区に位置する。

Rolpa に Libang 降水量観測所(0504)がある。Libang 降水量観測所の月別降水量を Table A.2.8-2 に示す。

Table A.2.8-2 Monthly Rainfall at the Libang Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
LIBANG GAUN	0504	Rolpa	PRECIPITATION	Jan, 73	28.30	82.63	1,270

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
28.1	48.0	39.5	46.9	106.6	293.5	417.3	382.7	264.0	53.6	10.3	17.0	1,707.5

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

2) 流量データの信頼性

Madi プロジェクト近傍には測水所がないため、Regional Analysis により流量を算出することとなり、流量データの信頼性が比較的低いプロジェクトである。

電力量計算に用いた Madi プロジェクトの流量データを Table A.2.8-3 に示す。

Table A.2.8-3 Flow Data of Madi Project

												(m ³ /s)
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
7.92	6.77	6.42	7.17	10.75	30.01	78.87	95.77	68.36	31.00	14.81	9.66	30.63

3) GLOF の危険性

Madi プロジェクトの上流に GLOF の危険性のある氷河湖は存在しない。

4) 堆砂の影響

近傍の Jhimruk Hydroelectric Project の比堆砂量を流用する。FS レポートによると、近傍の Jhimruk Hydroelectric Project の比堆砂量は 5,000~6,500 t/km²/year と算定されている。平均値 5,750 t/km²/year を採用して、貯水池寿命を算出した。貯水池寿命とは、貯水池に対する堆砂の影響を評価する指標であり、貯水容量を年間平均堆砂量で除して算出される。

貯水池寿命の算出結果を Table A.2.8-4 に示す。貯水池寿命は 138 年と計算される。

Table A.2.8-4 Life of Reservoir

a) Specific Sediment Yield	5,750 t/km ² /yr
b) Sediment Yield (Catchment Area × Specific Sediment Yield / Sediment Density)	2.6 × 10 ⁶ m ³ /yr (674 km ² × 5,750 t/km ² /yr / 1.5 t/m ³)
c) Total Storage Volume	359.5 × 10 ⁶ m ³
d) Life time of Storage (Total Storage Volume / Sediment Yield)	138 years (359.5 × 10 ⁶ m ³ / 2.6 × 10 ⁶ m ³ /yr)

(3) 地形・地質

1) 計画地域の地質

Madi プロジェクトは、ネパール中西部、Rolpa 行政区の Madi 川に位置する。今回実施した現地調査によると、計画地域の地質および応用地質の概要は次のとおり。

計画地域の地質図を Figure A.2.8-4 に示す。計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、ザクロ石片岩ユニット、薄層石灰岩と頁岩からなる Srichaur 層、砂岩と頁岩からなる Sattim 層、厚層石灰岩と粘板岩からなる Ranibas 層が分布する。

貯水池地域には上記の 4 つの地層が分布する。Srichaur 層と Sattim 層の境界の断層はダム地点の約 2.5 km 上流を北西－南東方向で貯水池地域を通過している。これにほぼ平行でさらに約 2 km 北東にはザクロ石片岩ユニットと Srichaur 層の境界の断層がある。地層面の走行は北西－南東で、上流側に 30 度以上傾斜している。上記の断層に沿う貯水池地域左岸に大規模な地すべりがある。貯水池地域には多くの石灰岩層が分布し保水性の点で注意が必要である。貯水池とその周辺地域の応用地質図を Figure A.2.8-5 に示す。貯水池とその周辺地域は colluvium に広く覆われている。上述の断層に沿いに大規模な地すべりが分布している。

ダム地点には Ranibas 層の石灰岩が分布する。地層面は上流側に 60 度前後傾斜している。ダム地点の石灰岩は珪質で地表に溶食が見られない。河床堆積物はかなり厚いと推定される。

導水路トンネルは Madi 川の左岸に位置し、そこには厚層石灰岩と粘板岩からなる Ranibas 層が分布すると推定される。トンネルの被りは最大約 400 m である。

発電所は Madi 川左岸に位置し、そこには厚層石灰岩と粘板岩からなる Ranibas 層が分布すると推定される。岩盤までの深さはかなり厚いと推定される。

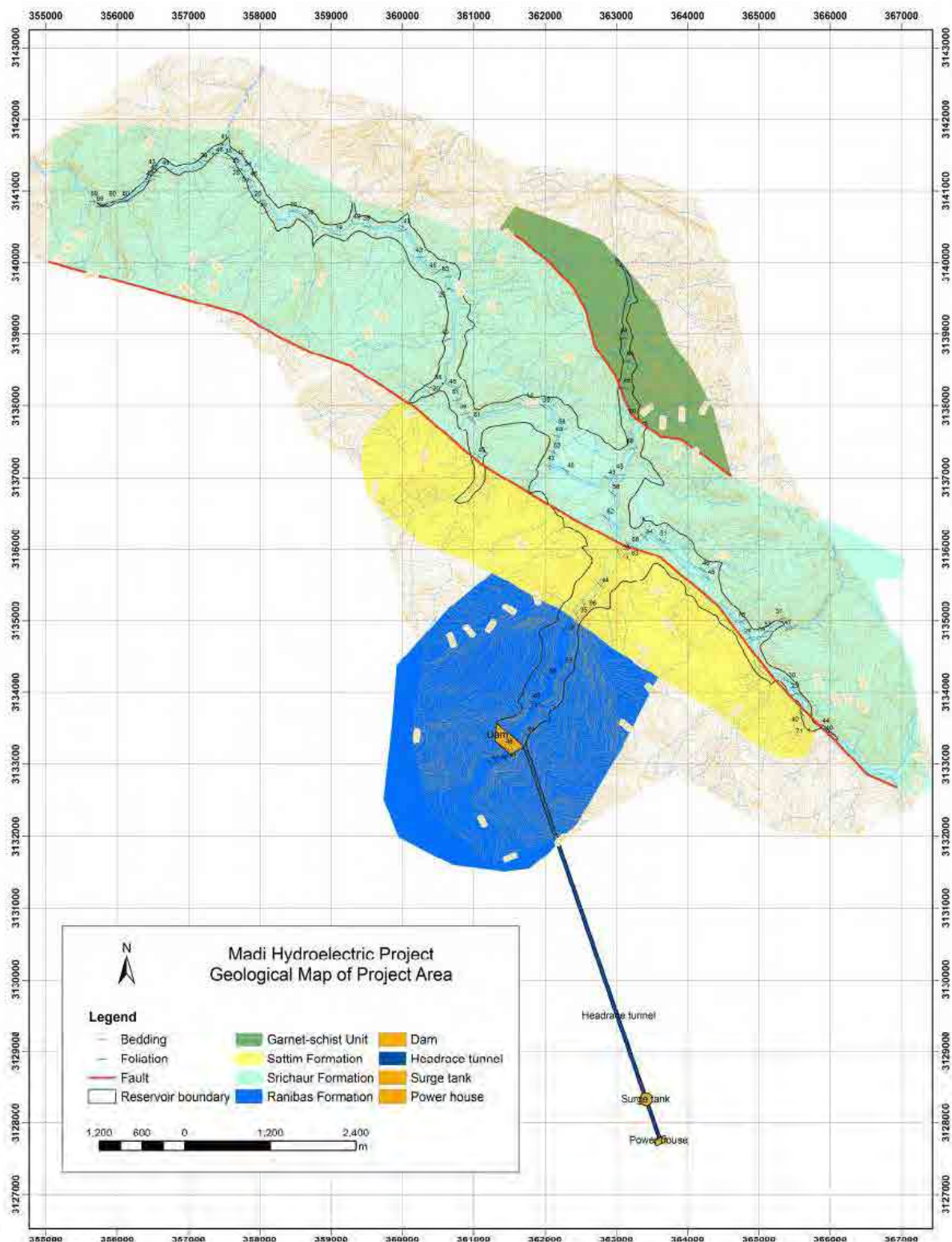
建設材料のうち粗骨材や細骨材はダム地点とその約 2.5 km 上流の Dhansi 川合流点で十分な量が得られる。ロック材料はダム地点周辺に分布する厚層石灰岩が検討対象になる。土質材料はダム地点上流の砂岩と頁岩からなるユニットあるいは薄層石灰岩と頁岩からなるユニットの分布域の colluvium や風化残留土が検討対象になる。

2) 大規模構造線と断層

大規模構造線としてダム地点より約 25 km 南に MBT がある。薄層石灰岩と頁岩からなるユニットと砂岩と頁岩からなるユニットの境界の断層はダム地点より約 2.5 km の距離にある。

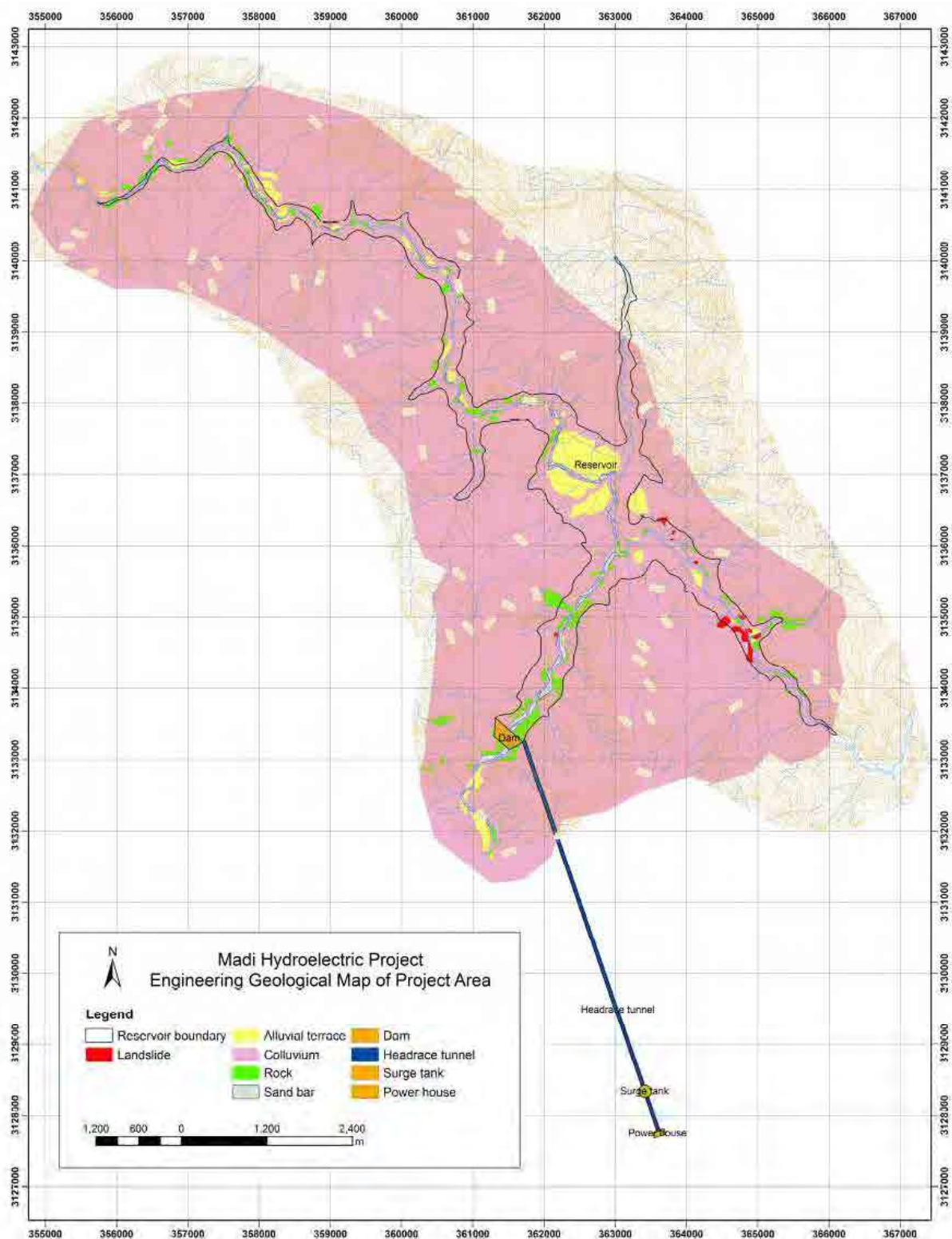
3) 地震活動度

計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、地震加速度マップにおける加速度は 160 mgal である。最も近い M4 以上の震源は 35 km 北東に位置する。



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.8-4 Geological map of the project area



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.8-5 Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region

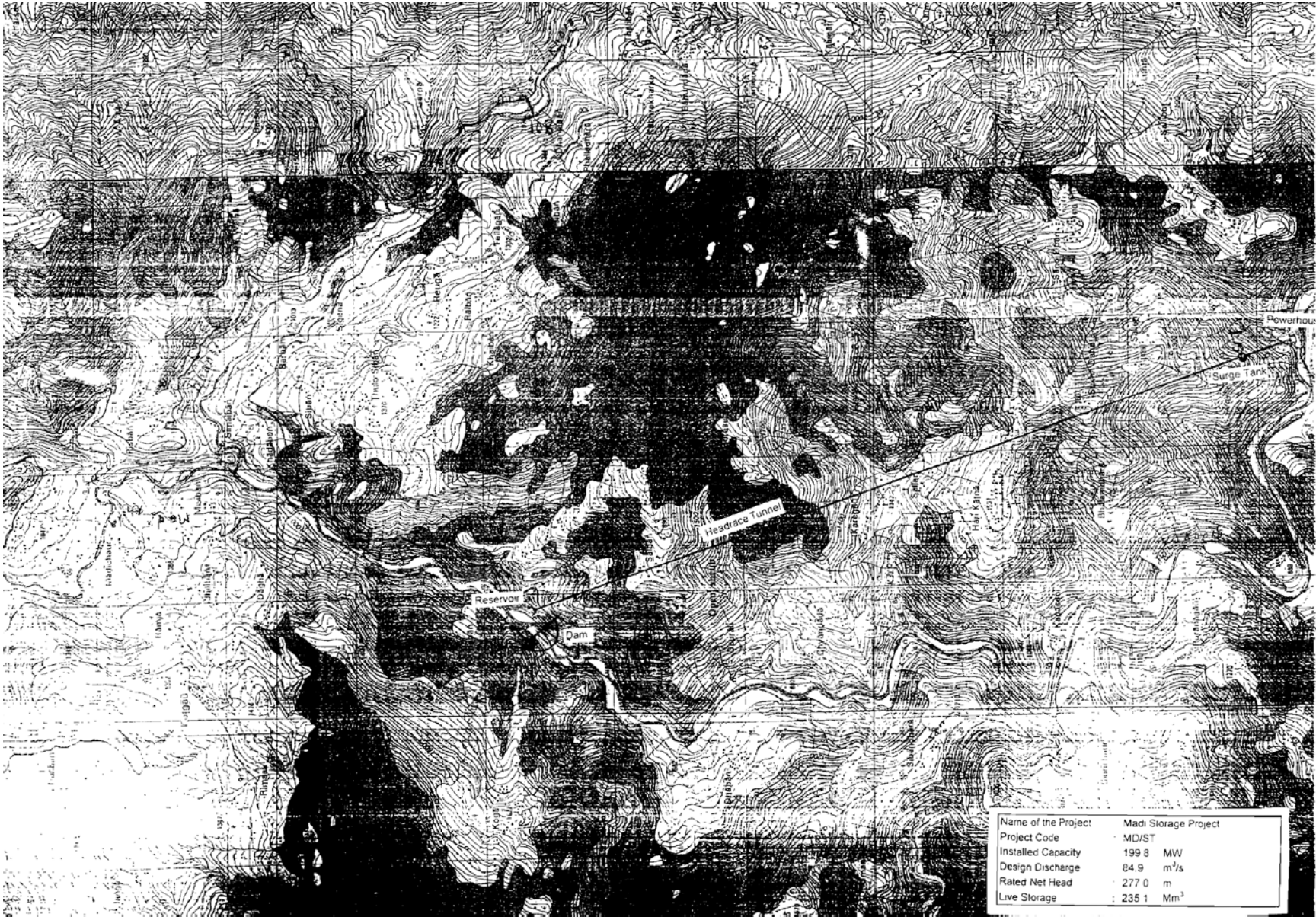
(4) 発電計画

Madhi プロジェクトは、ダム水路式の水力発電計画である。調査レベルは机上検討段階のため、構造物の詳細な図面は存在しない。プロジェクトの主要レイアウトの諸元と基本レイアウトを以下に示す。

Table A.2.8-5 Salient Features

Item	Unit	Madi Project	Remarks
Reservoir			
Reservoir Area at FSL	km ²	7.7	
Total Storage Capacity	MCM	359.5	
Effective Storage Capacity	MCM	235.1	
Full Suply Level (FSL)	m	1,090.0	
Minimum Operating Level (MOL)	m	1,030.0	
Dam			
Type of Dam	-	Rockfill	
Dam Volume	MCM	9.2	
Total Dam Height	m	190	
River Bed Level at Dam Axis	m	920	
Spillway Type	-	Gated Spillway	
Waterway & Powerhouse			
Intake Type	-	Normal Pressure Intake	
Concrete Lined Headrace Tunnel Length	m	5,700	
Circular Tunnel Diameter	m	6.08	
Penstock Length	m	460	
Type of Powerhouse	-	Surface	
Turbine Type	-	Vertical Francis	
Installed Capacity	MW	199.8	
Design Discharge	m ³ /s	84.9	
Rated Net Head	m	277.0	
Tail Water Level	m	800	
Tailrace Length	m	0	

Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA



Source: Update and Review of Identification and Feasibility Study of Storage Project, 2002, NEA

Figure A.2.8-6 General Layout

(5) 電気機器・送電線

1) 一般

発電所の有効落差、使用水量、設備出力は以下のとおりである。

有効落差：277.00 m

使用水量：84.90 m³/s

設備出力：199.8 MW

上記の有効落差と使用水量から、世界の既設発電所データを基に J-POWER が開発したコンピュータ・ソフト（HDWiz）を使用して電気機器の設計レビューを実施した。水車効率、発電機効率などは近年向上が図られているために、設備出力は上記の 199.8 MW を超えるものとなった。

2) 単機出力および台数

一般的に水車・発電機の最適単機出力は、電力系統への影響・開発投入時期・輸送制限などにより決定するが、より大型の単機出力は経済的にスケールメリットがある。

しかしながら、本計画ではすべての電気機器はインドを経由して、さらにネパール国内の道路が整備されていない地点を経て輸送されるために、単機出力の決定にあたっては以上を考慮して 1 台当たりの最大出力は 100 MW 程度を上限とする。しかしながら事故時や運転保守時の運用を考慮して、本計画においては 2 台案で計画することとする。

3) 水車

a) 水車出力

水車出力は定格有効落差 277.00 m、定格使用水量 42.45 m³/s の条件の基、一台あたりの出力は下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 277.00 \times 42.45 \times 0.92 \\ &\doteq 106,000 \text{ kW} \end{aligned}$$

ここで、

P_t : 水車定格出力(kW)

H_n : 基準有効落差(m)

Q_t : 1 台あたりの定格使用水量(m³/s)

η_t : 水車効率

b) 水車形式

一般に、水車形式は、落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸フランシス水車とする。

c) ランナー材質

ランナー材質は、高耐磨耗材として 13Cr.4Ni ステンレススチールを使用する。また、フランシス形水車のランナーやウェアリングの表面には、水質によってはコーティング（ソフトまたはハード）を施す。このコーティング方法は、詳細設計において検討される。

d) 発電所出力

発電所の出力は上記の単機当たりの水車出力から以下になる。

$$106,000 \text{ kW} \times 2 = 212,000 \text{ kW}$$

なお、上記出力を用いて電力量計算のレビューが実施されている。

4) 発電機

発電機の型式は縦軸、3 相交流同期発電機で定格容量は 115,500 kVA、90%遅れ力率とする。

a) 発電機容量

発電機の定格容量は、水車最大出力、力率および発電機効率から計算される。

$$P_g = P_t \times \eta_g / p.f \text{ (kVA)}$$

$$= 106,000 \times 0.981 / 0.90$$

$$\doteq 115,500 \text{ kVA}$$

ここで、

P_g : 発電機定格容量 (kVA)

P_t : 水車定格出力 (kW)

η_g : 発電機効率

$p.f$: 力率、遅れ

上記より、発電機の定格容量は 115,500 kVA となる。

5) 送電線

送電線の設計にあたっては、NEA 作成の 400 kV Transmission Line Power Development Plan を基に、発電所から最も近接した変電所まで接続することとし、熱容量や電界強度などを考慮して下記の送電線仕様とする。なお、送電線距離については机上検討のために地図上の直線距離に割増した数値を設計距離とした。

接続先変電所 : Chaujhari Substation

送電電圧 : 220 kV

送電距離 : 62 km

線種 : Bison×1 条、2 回線

2.9 Nalsyau Gad プロジェクト (W-23)

目 次

(1) プロジェクト概要	1
(2) 気象・水文	5
(3) 地形・地質	6
(4) 発電計画	9
(5) 電気機器・送電線	16

List of Tables

Table A.2.9-1 Project Description	3
Table A.2.9-2 Monthly Rainfall at the Jajarkot Station	5
Table A.2.9-3 Flow data of the Nalsyau Gad project	5
Table A.2.9-4 Life of Reservoir	6
Table A.2.9-5 Salient Features	9

List of Figures

Figure A.2.9-1 Location of the Nalsyau Gad Project (W-23)	2
Figure A.2.9-2 General Layout of the Nalsyau Gad Project (W-23)	2
Figure A.2.9-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Nalsyau Gad Project	4
Figure A.2.9-4 Geological map of the project area	7
Figure A.2.9-5 Geological map of the dam site	8
Figure A.2.9-6 Geological map of the dam site	8
Figure A.2.9-7 General Layout	10
Figure A.2.9-8 Dam Plan	11
Figure A.2.9-9 Dam Section	12
Figure A.2.9-10 Waterway Section	13
Figure A.2.9-11 Powerhouse Plan	14
Figure A.2.9-12 Powerhouse Section	15

A.2.9 Nalsyau Gad プロジェクト (W-23)

(1) プロジェクト概要

Nalsyau Gad プロジェクトは、西部 Jajarkot District の Nalsyau Gad 川に位置する出力 410 MW の貯水式水力プロジェクトである。既存の検討としては、2004 年に NEA により Pre FS が実施されている。その後 2010 年より FS が開始され、2012 年に完了している。

水文特性としては、プロジェクト地点の最寄りの Jajarkot 観測所での年間降雨量は 1,797mm、ダム地点の平均流量は $26.4 \text{ m}^3/\text{s}$ である。流域面積は 570 km^2 、比堆砂量は $3,960 \text{ t/km}^2/\text{year}$ と推定されている。これは、NEA が西部地域の平均堆砂量として採用している値である。流域内には GLOF のリスクを持つ氷河湖は存在しない。

地質的な側面から見ると、計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、主にドロマイト、粘板岩、クォーツアイトが分布している。貯水池地域はドロマイトと粘板岩からなり、ドロマイトの保水性の確認のための調査が必要である。ダム地点はドロマイトからなる。岩盤は堅硬であるが保水性の確認のための調査が必要である。導水路トンネルはドロマイト、粘板岩、クォーツアイトからなる岩盤と 2 つの破碎帯を通過する。発電所地点の岩盤は主に千枚岩とクォーツアイトからなる。地震加速度マップにおける加速度は 200 mgal と中程度である。大規模構造線(MBT)までは 60 km とかなり離れている。M4 以上の震源からは 7 km とやや離れている。

自然・社会環境面では、自然面の影響も社会面の影響も比較的小さい。Karnali 流域に位置し、湛水面積は 6.3 km^2 である。影響を受ける森林面積は 0.76 km^2 と 10 地点の中で最も少ない。記録のある植物の種数は 59 種と比較的多いものの、動物の種数は哺乳類 11 種、鳥類 13 種、両生・爬虫類 8 種と比較的少ない。下流に 3 つの保護区があり、水域に依存する希少な生物 6 種の分布が知られている。送電線の長さが 112 km と最も長い。移転戸数は 263 戸と中程度であるが、単位電力量あたりの移転戸数は 0.64 戸/MW と少ない。影響を受ける先住民族はない。影響を受ける灌漑施設や車道はない。

発電計画の面では、高さ 200 m のロックフィルダムが計画されている。ダム体積は約 18 百万 m^3 と大きく、ダムサイトの地質に関して保水性の確認が必要と認識されていることから、建設においてはダム工事がクリティカルとなるものと考えられる。水路トンネルは約 8 km であり、二つの破碎帯を通過することに留意する必要がある。発電所も地下式のため建設リスクは比較的に大きい。本プロジェクトは有効落差が 635 m と大きいため、ペルトン式の水車が計画されている。

プロジェクトの位置図、基本レイアウトおよび主要諸元を以下に示す。

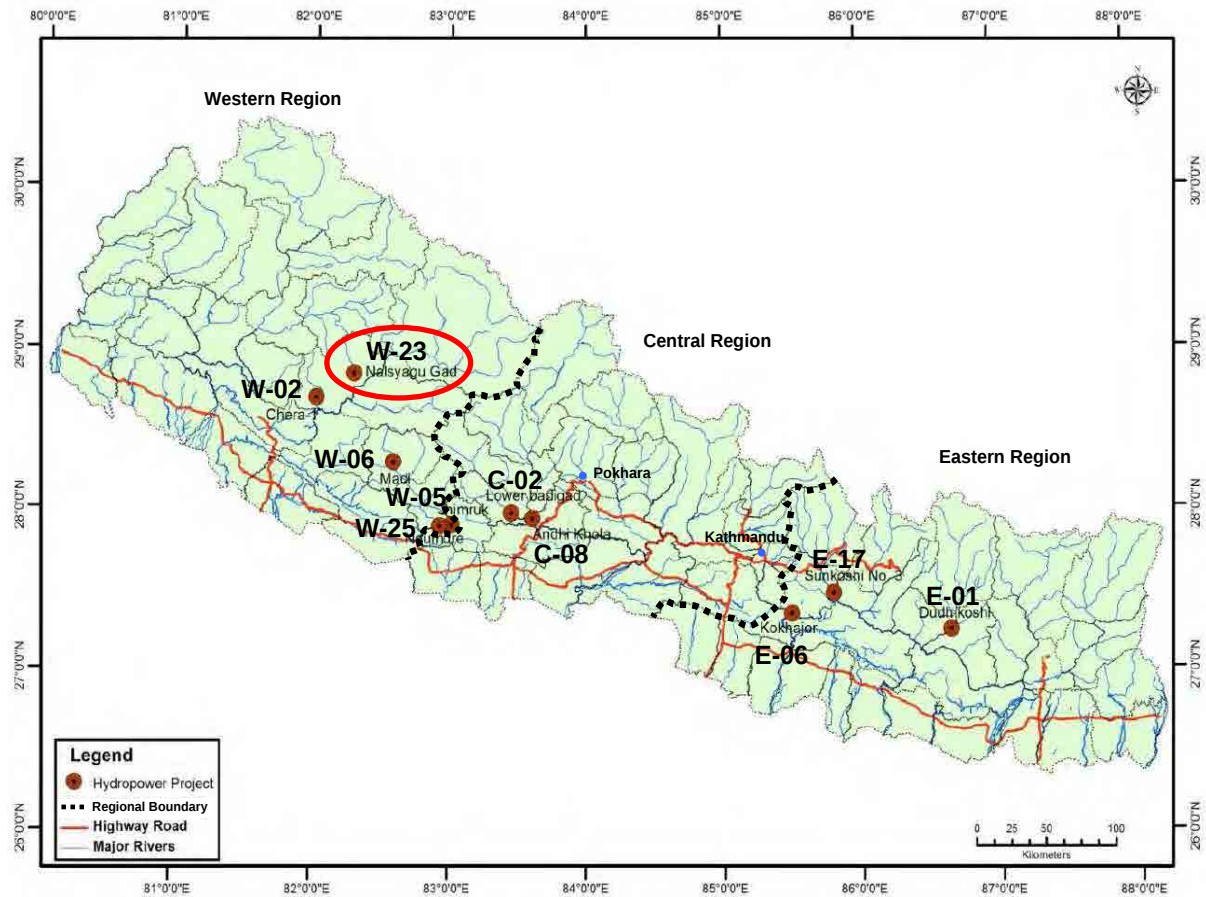


Figure A.2.9-1 Location of the Nalsyau Gad Project (W-23)

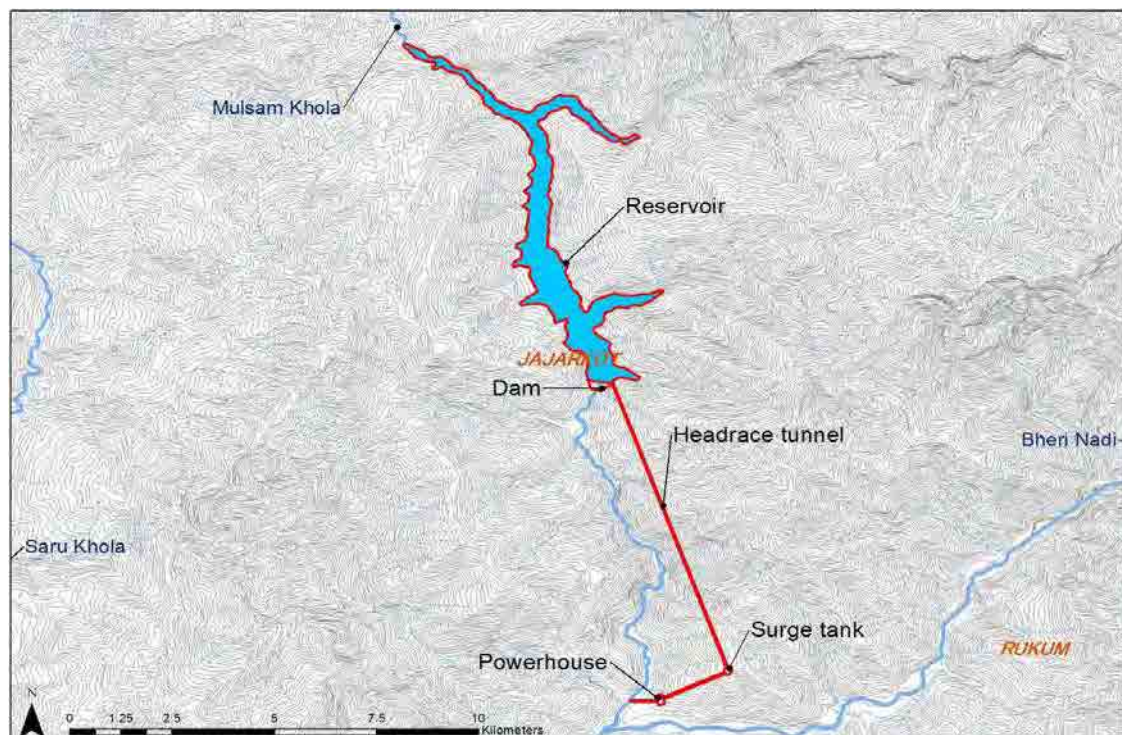


Figure A.2.9-2 General Layout of the Nalsyau Gad Project (W-23)

Table A.2.9-1 Project Description

Item	Unit	Nalsyau Gad	Remarks
Location	(District)	Jajarkot	
Name of the River	(River)	Nalsyau Gad	
Installed Capacity	MW	410	
Catchment Area	km ²	570	
Location of Dam Site	Longitude/ Latitude	82° 17' 42.8" 28° 52' 4.7"	
Dam Height	m	200.0	
Total Storage Volume	MCM	419.6	
Effective Storage Volume	MCM	296.3	
Regulating Capability Factor	%	58.36	
Reservoir Area at FSL	km ²	6.3	
Full Supply Level	m	1,570	
Minimum Operation Level	m	1,498	
Tail Water Level	m	872	
Rated Gross Head	m	649.3	
Rated Net Head	m	635.5	
Rated Power Discharge	m ³ /s	75	
Total Energy	GWh	1,406.1	
Dry Energy (December-April)	GWh	581.8	
Length of Access Road	km	25.0	
Length of Transmission Line	km	112.0	
Number of Household	nos	124	Surveyed by the Study Team in 2012.
Project Cost	MUS\$	966.9	Incl. Price .Contingency & IDC (Interest during construction)
Unit Generation Cost	cent/kWh	6.9	Estimated by the Study Team.
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	15.6	Estimated by the Study Team.
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	25.8	Estimated by the Study Team

Source: Nalsyau Gad Hydropower Project Feasibility Study Executive Summary, 2012, NEA (except remarked items)

なお、自然・社会環境に関する調査結果および評価のまとめを以下に示す。詳細情報は Appendix 3 および 5 に収録されている。

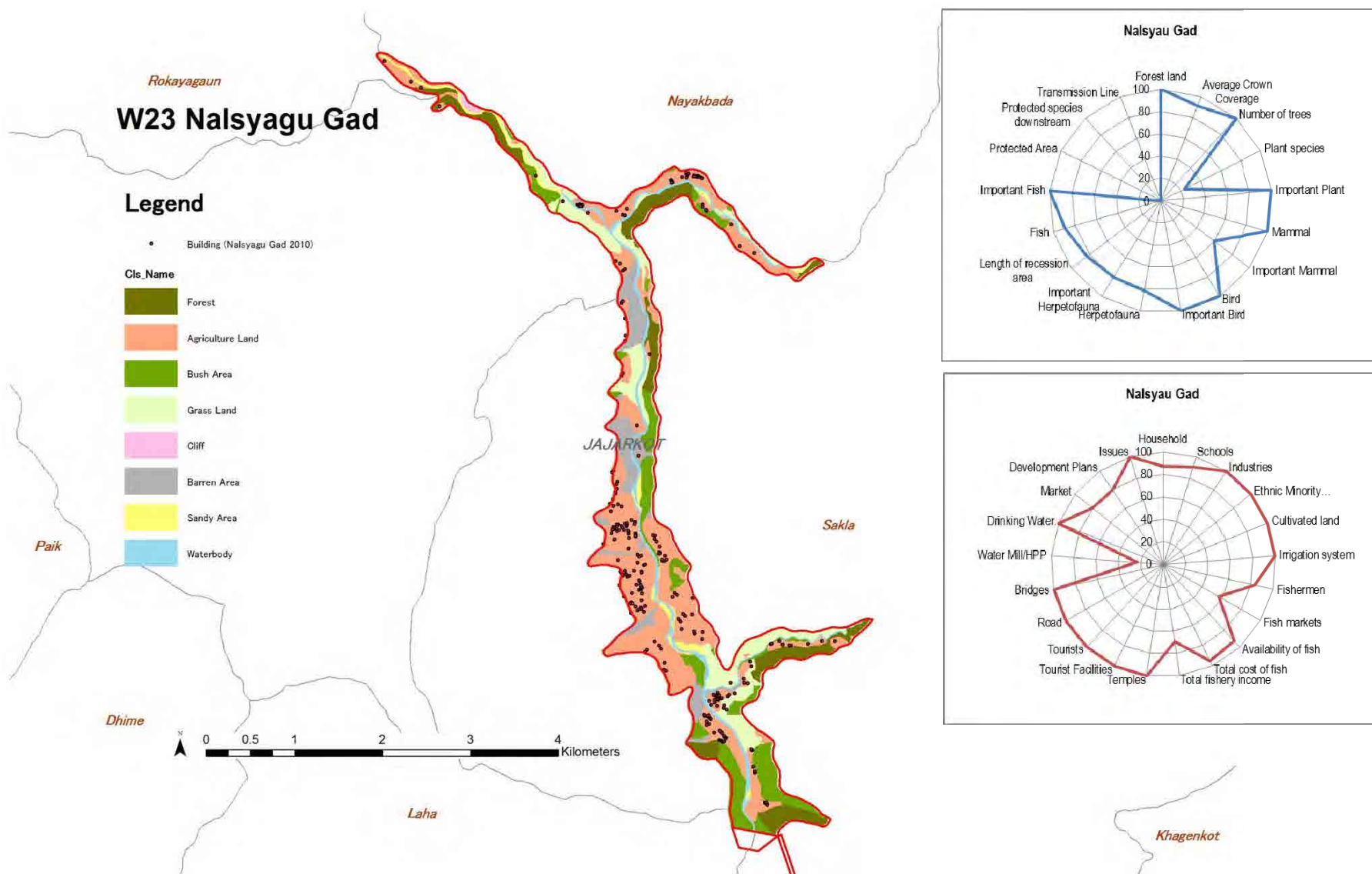


Figure A.2.9-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Nalsyau Gad Project

(2) 気象・水文

Nalsyau Gad プロジェクトについて、気象特性と、水文に関する評価項目である流量データの信頼性、GLOF の危険性、堆砂の影響について述べる。

1) 気象

Nalsyau Gad プロジェクトは、Nalsyau Gad 川に位置し、Jajarkot 行政区に位置する。

Jajarkot に Jajarkot 降水量観測所(0404)がある。Jajarkot 降水量観測所の月別降水量を Table A.2.9-2 に示す。

Table A.2.9-2 Monthly Rainfall at the Jajarkot Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
JAJARKOT	0404	Jajarkot	PRECIPITATION	Jan, 57	28.70	82.20	1,231

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
30.3	35.4	37.2	35.0	61.9	282.0	478.8	487.0	250.8	68.7	10.4	19.0	1,796.6

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

2) 流量データの信頼性

Nalsyau Gad プロジェクト近傍には、測水所がないため、Regional Analysis により流量を算出することとなり、流量データの信頼性が比較的低いプロジェクトである。

電力量計算に用いた Nalsyau Gad プロジェクトの流量データを Table A.2.9-3 に示す。

Table A.2.9-3 Flow data of the Nalsyau Gad project

(m ³ /s)												
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
6.83	5.84	5.52	6.14	9.14	25.73	67.96	82.57	59.06	26.85	12.80	8.34	26.40

3) GLOF の危険性

Nalsyau Gad プロジェクトの上流に GLOF の危険性のある氷河湖は存在しない。

4) 堆砂の影響

FS レポートによると、比堆砂量は 3,960 t/km²/year と算定されている。の比堆砂量を用いて貯水池寿命を算出した。貯水池寿命とは、貯水池に対する堆砂の影響を評価する指標であり、貯水容量を年間平均堆砂量で除して算出される。

貯水池寿命の算出結果を Table A.2.9-4 に示す。貯水池寿命は 280 年と計算される。

Table A.2.9-4 Life of Reservoir

a) Specific Sediment Yield	3,960 t/km ² /yr
b) Sediment Yield (Catchment Area × Specific Sediment Yield / Sediment Density)	$1.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ ($570.5 \text{ km}^2 \times 3,960 \text{ t/km}^2/\text{yr} / 1.5 \text{ t/m}^3$)
c) Total Storage Volume	$419.6 \times 10^6 \text{ m}^3$
d) Life time of Storage (Total Storage Volume / Sediment Yield)	280 years ($419.6 \times 10^6 \text{ m}^3 / 1.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$)

(3) 地形・地質

1) 計画地域の地質

Nalsyau Gad プロジェクトは、ネパール西部、Jajarkot 行政区に位置する。ダム地点は Nalsyau Gad 川に、発電所地点はダム地点より約 8 km 下流の左岸に位置する。FS 報告書（2012 年）および Pre-FS 報告書（2004 年）によると、計画地域の地質および応用地質の概要は次のとおり。

計画地域の地質図を Figure A.2.9-4 に示す。計画地域は、Lesser Himalaya 地区に属し、主にドロマイトと粘板岩が分布する。

貯水池地域には主に粘板岩が分布しダム近くにドロマイトが分布する。粘板岩は透水性が低いドロマイトの透水性はさらに調査する必要がある。Figure A.2.9-5 の Pre FS のダム地点の地質図にはダム左岸上方を通り貯水池地域上流部を横断する Nalsyau 断層が示されている。

ダム地点の地質図と断面図を Figure A.2.9-5 と Figure A.2.9-6 に示す。ダム地点にはドロマイトが分布する。地層面は上流右岸側に平均約 40 度で傾斜している。岩盤は良好であるが、透水性はさらに調査する必要がある。河床堆積物の厚さは左岸河床付近で 10 m が確認されている。

導水路トンネルは Nalsyau Gad 川の左岸に位置し、そこには主にドロマイトが分布する。地層面はトンネルルートにほぼ直交し取水口側に 30～70 度傾斜している。トンネルルートは 2 箇所地層に平行な破碎帯を通過する。トンネルの被りは最大約 500 m である。

発電所は Nalsyau Gad 川左岸に位置し、そこには千枚岩、クォーツアイト、頁岩が分布する。地層面は北西に約 60 度で傾斜している。岩盤までの深さは 15m と推定されている。

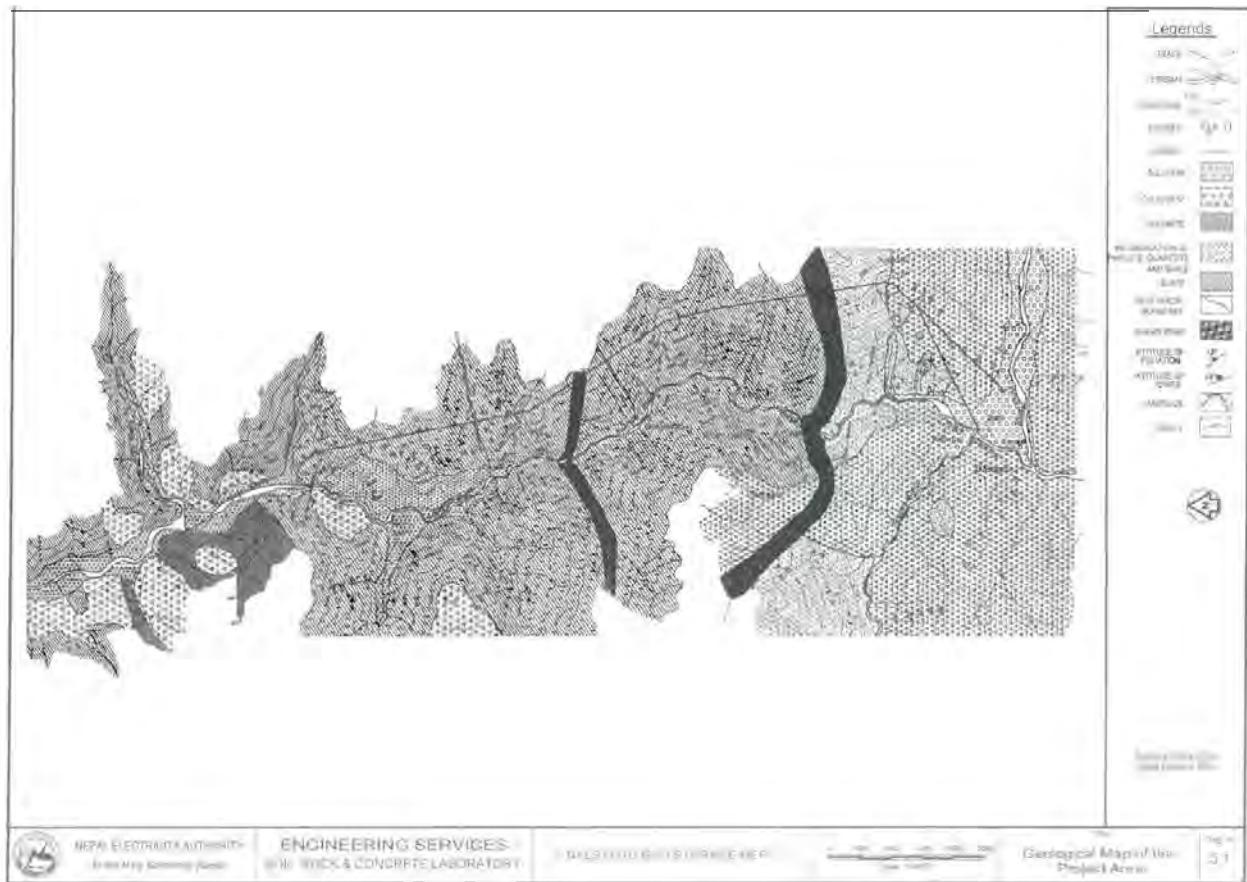
建設材料のうち粗骨材、細骨材にはダム付近の河床砂礫やダムサイト付近のドロマイトが検討されている。ロック材はダムサイト付近のドロマイトが検討されている。土質材料は貯水池地域斜面に分布する風化残留土や colluvium が検討されている。

2) 大規模構造線と断層

大規模構造線としてダム地点より約 60 km 南に MBT がある。ダム左岸より約 0.5 km 離れた位置を Nalsyau 断層が通過している。

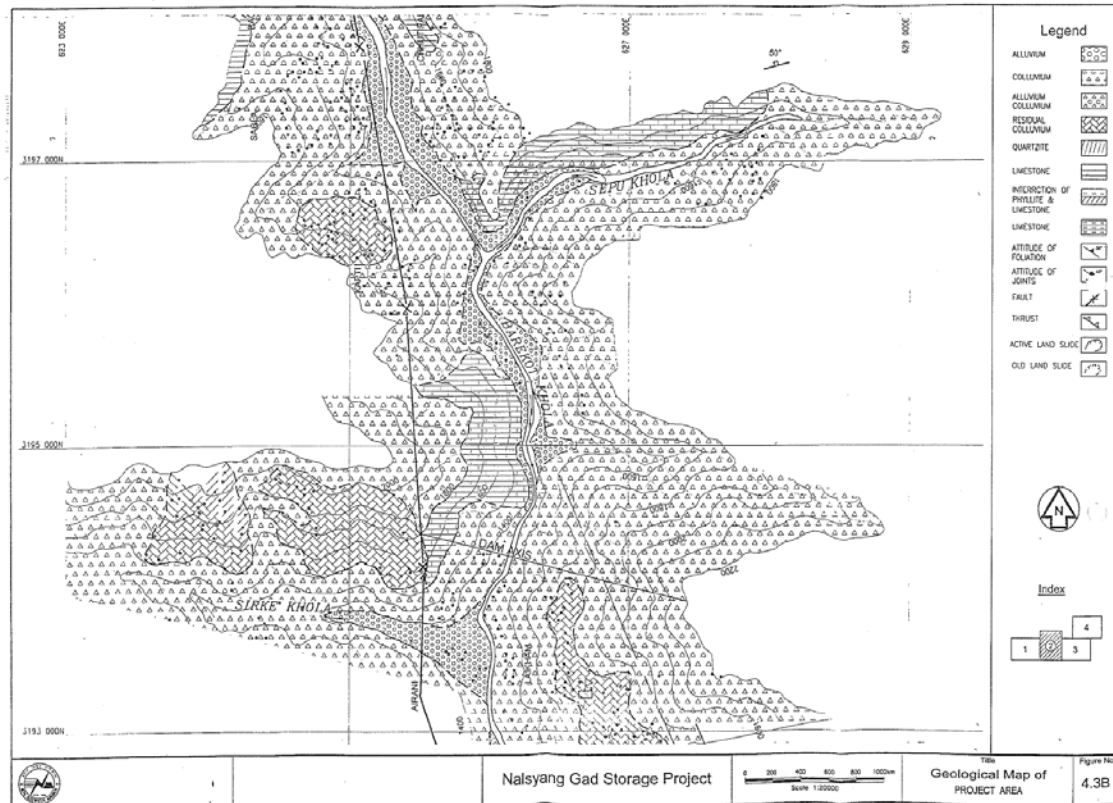
3) 地震活動度

計画地域は Lesser Himalaya 地区に属し、地震加速度マップにおける加速度は 200 mgal である。最も近い M4 以上の震源は 7 km 北西に位置する。



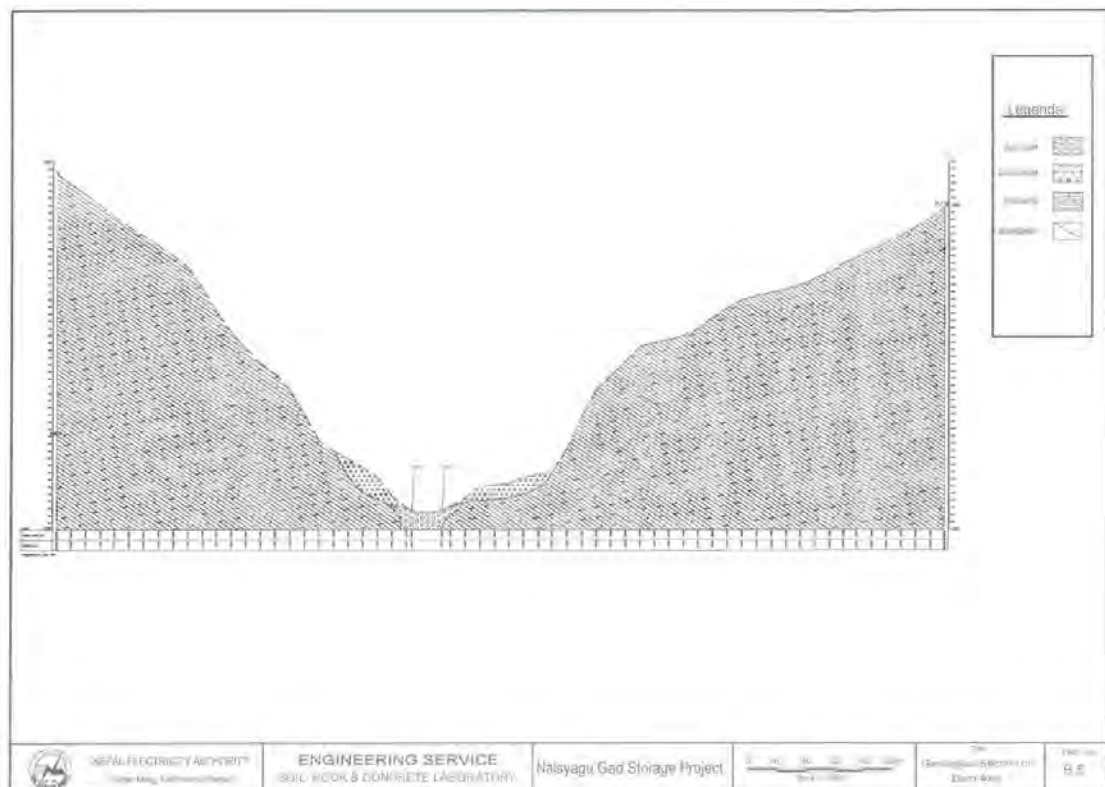
Source: Nalsyau Gad Hydropower Project Feasibility Study Report, 2012, NEA

Figure A.2.9-4 Geological map of the project area



Source: Nalsyau Gad Hydropower Project Pre-feasibility Study Report, 2004, NEA

Figure A.2.9-5 Geological map of the dam site



Source: Nalsyau Gad Hydropower Project Feasibility Study Report, 2012, NEA

Figure A.2.9-6 Geological map of the dam site

(4) 発電計画

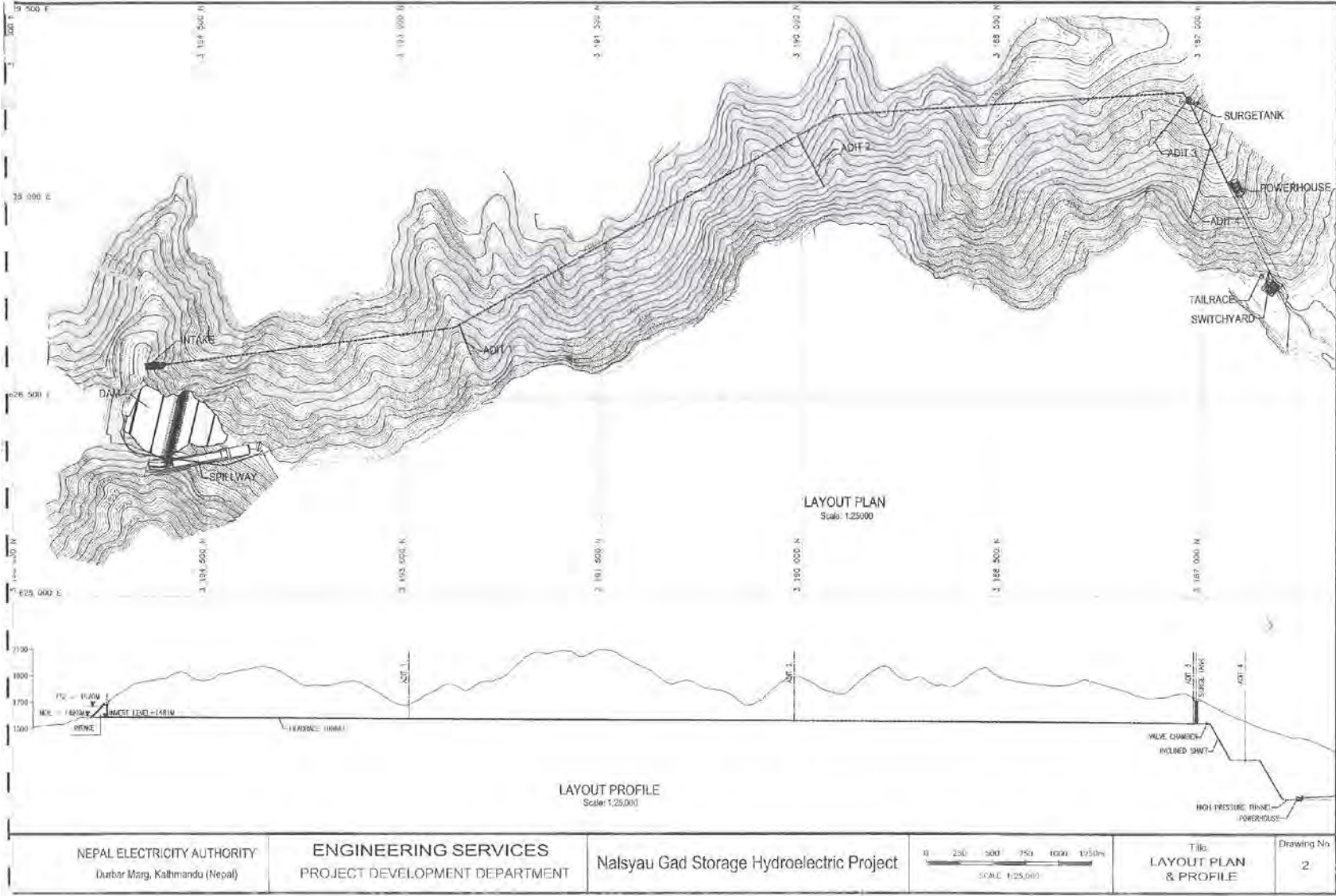
Nalsyau Gad プロジェクトは、ダム水路式の水力発電計画である。調査レベルは FS まで完了しており、構造物の基本的な設計図面は揃っている。プロジェクトの主要レイアウトの諸元と基本レイアウトを以下に示す。

Table A.2.9-5 Salient Features

Item	Unit	Nalsyau Gad	Remarks
Reservoir			
Reservoir Area at FSL	km ²	6.3	
Total Storage Capacity	MCM	419.6	
Effective Storage Capacity	MCM	296.3	
Full Supply Level (FSL)	m	1,570	
Minimum Operating Level (MOL)	m	1,498	
Dam			
Type of Dam	-	Rockfill	
Dam Volume	MCM	17.9	
Total Dam Height	m	200	
River Bed Level at Dam Axis	m	-	
Spillway Type	-	Gated Spillway	
Waterway & Powerhouse			
Intake Type	-	Sloping Intake	
Concrete Lined Headrace Tunnel Length	m	8,215	
Tunnel Diameter	m	5.7	Modified Horse Shoe
Penstock Length	m	990	D = 4.2m – 3.9m
Type of Powerhouse	-	Underground	L106m × W13m × H31m
Turbine Type	-	Vertical Pelton	
Installed Capacity	MW	410	(4 x 102.5MW)
Design Discharge	m ³ /s	75	
Rated Net Head	m	635.5	
Tail Water Level	m	863.3	Turbine Center = EL.872
Tailrace Length	m	1,280	Inverted D Shaped W4.5m x H3.5m

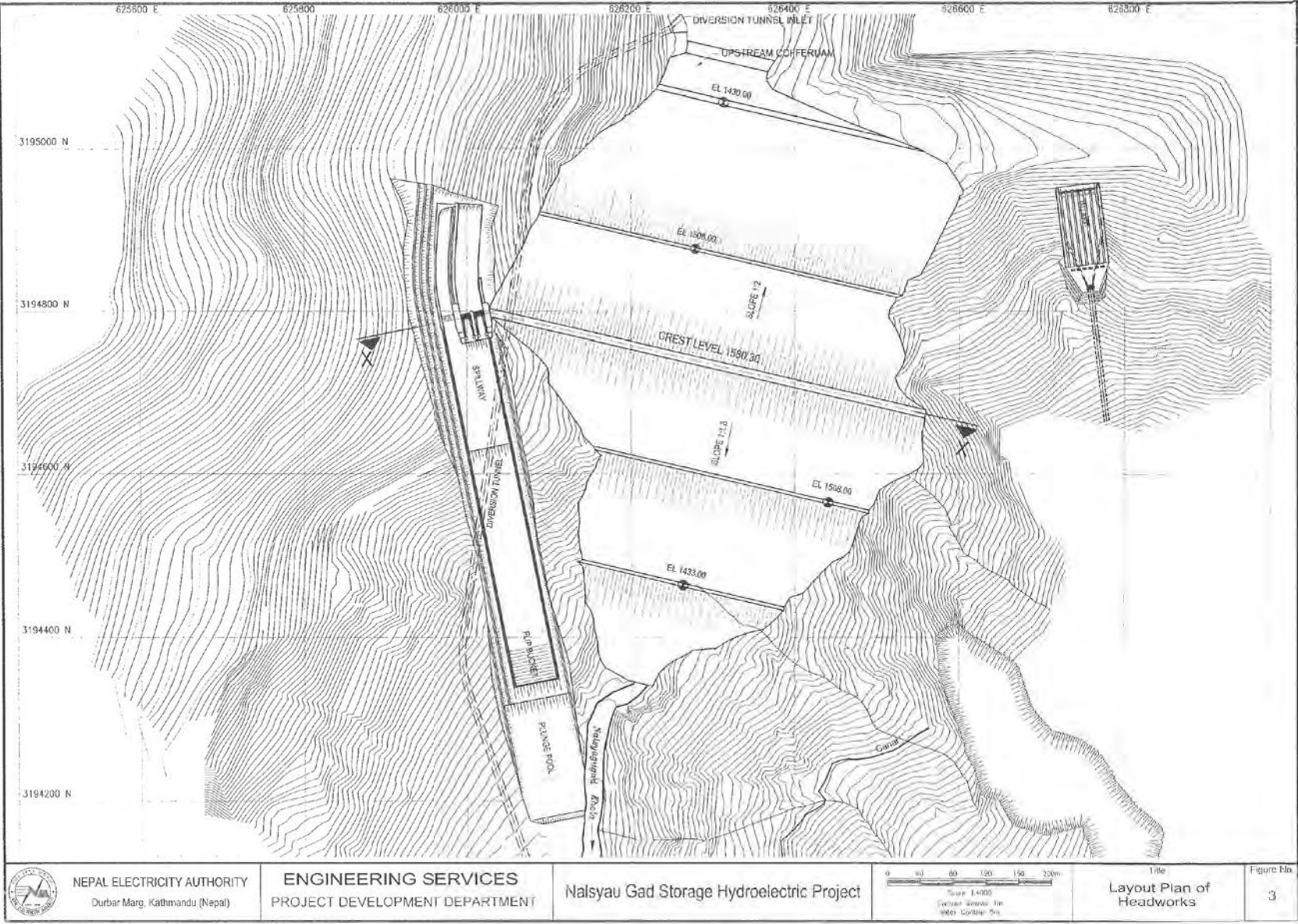
Source: Nalsyau Gad Hydropower Project Feasibility Study Executive Summary, 2012, NEA

なお、Nalsyau Gad プロジェクトに関しては、中国の企業から NEA に対して開発の申し入れがあったが、NEA からは返答していないとの情報がある。



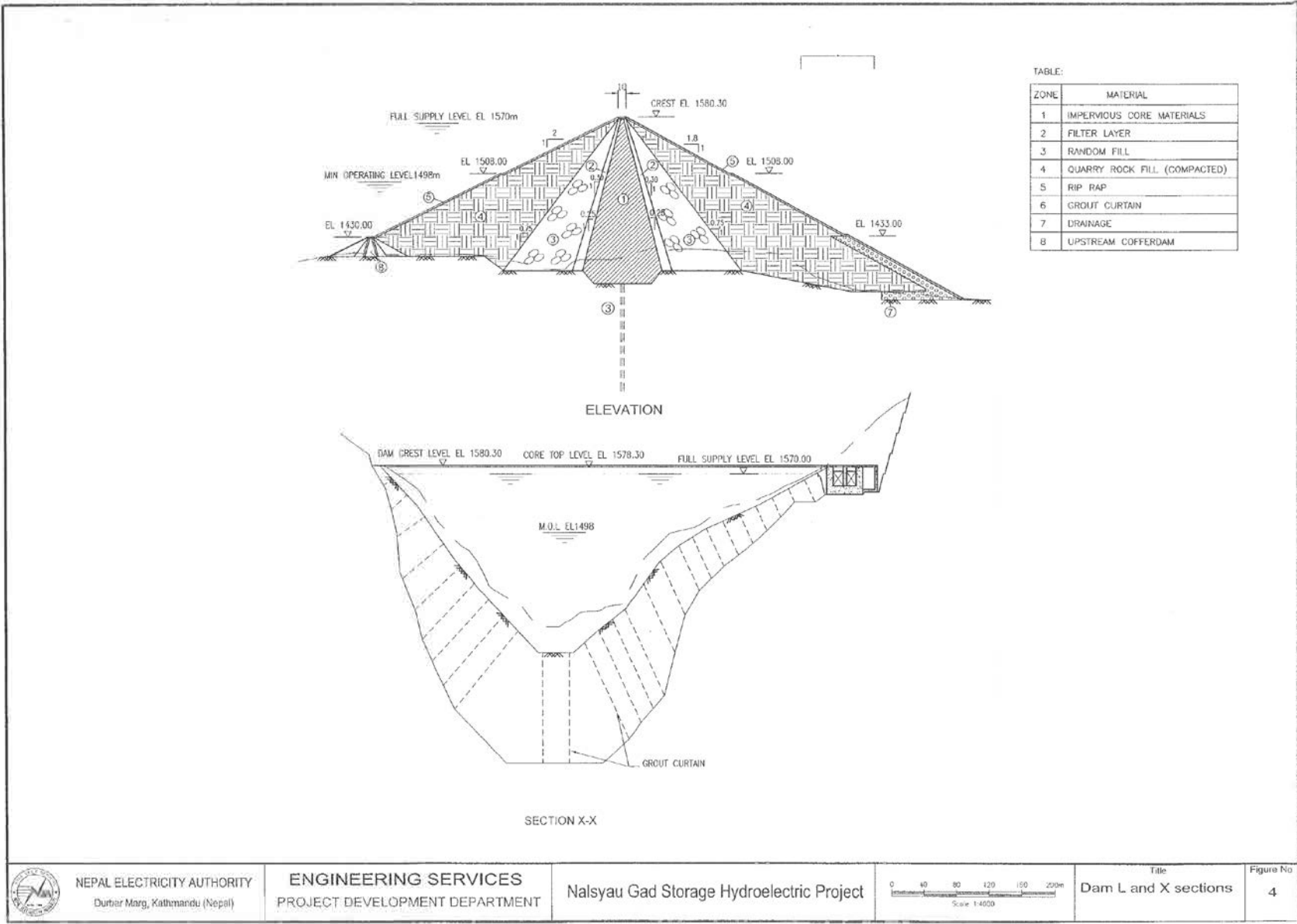
Source: Nalsyau Gad Hydropower Project Feasibility Study Executive Summary, 2012, NEA

Figure A.2.9-7 General Layout



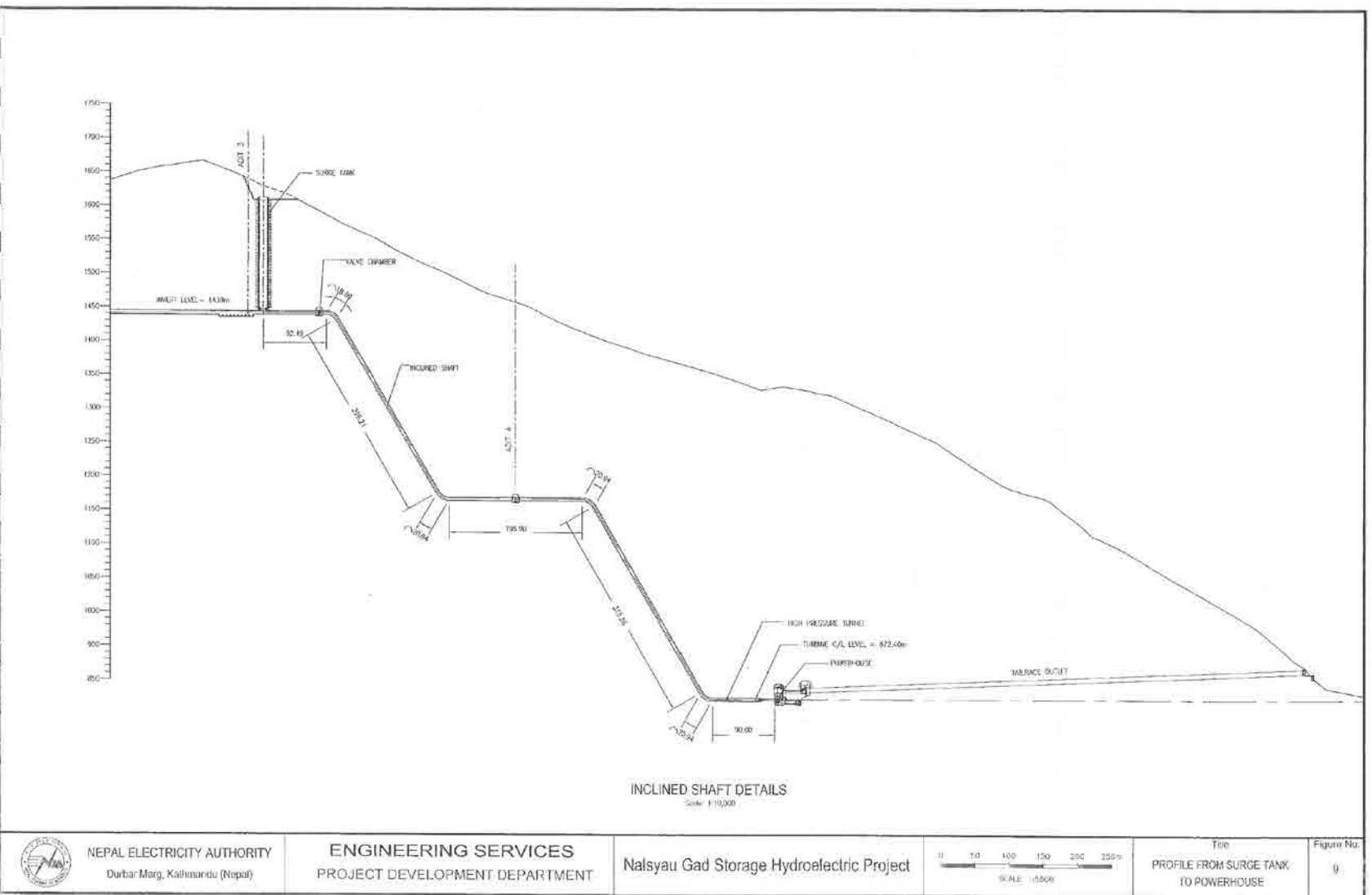
Source: Nalsyau Gad Hydropower Project Feasibility Study Executive Summary, 2012, NEA

Figure A.2.9-8 Dam Plan



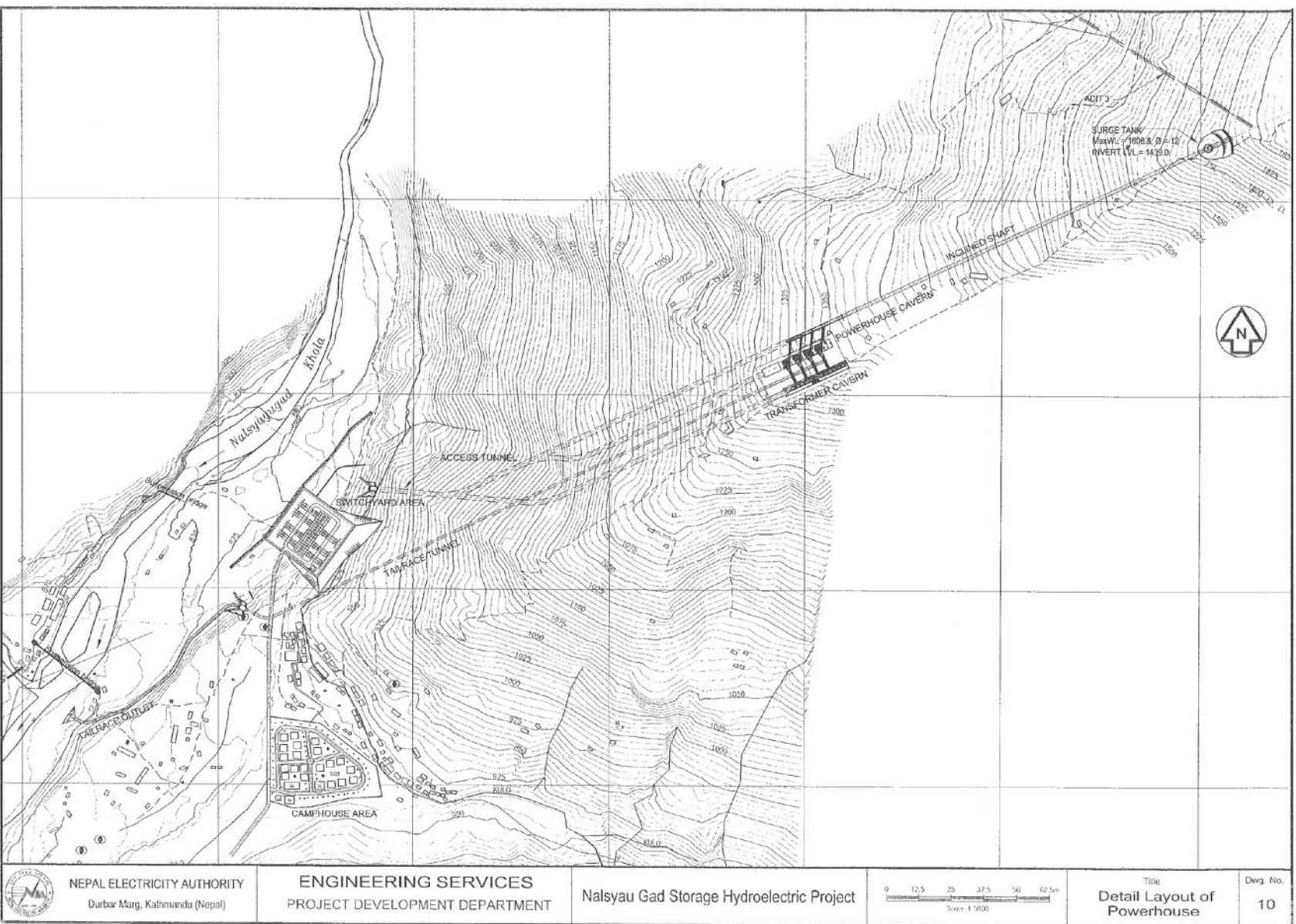
Source: Nalsyau Gad Hydropower Project Feasibility Study Executive Summary, 2012, NEA

Figure A.2.9-9 Dam Section



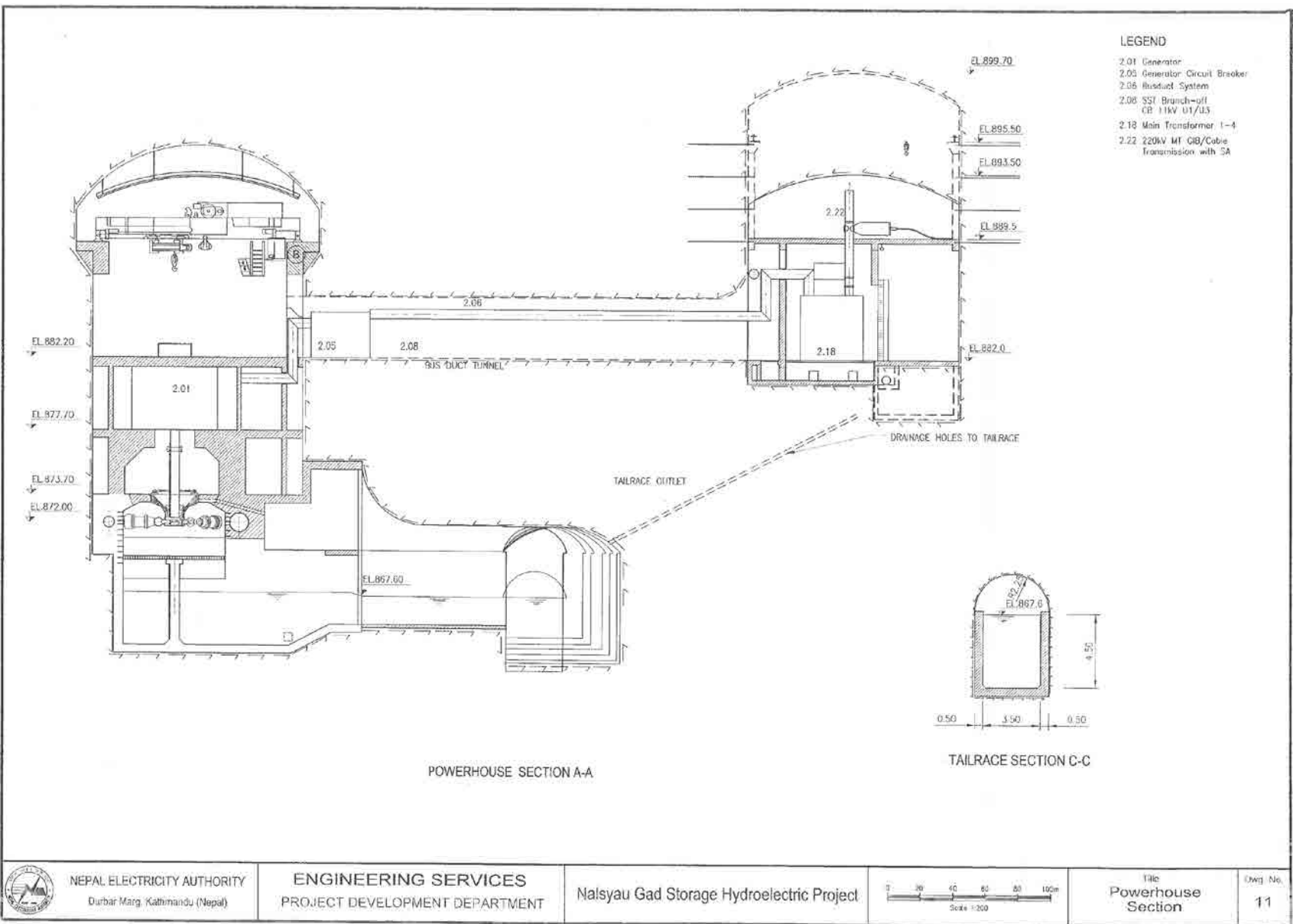
Source: Nalsyau Gad Hydropower Project Feasibility Study Executive Summary, 2012, NEA

Figure A.2.9-10 Waterway Section



Source: Nalsyau Gad Hydropower Project Feasibility Study Executive Summary, 2012, NEA

Figure A.2.9-II Powerhouse Plan



(5) 電気機器・送電線

1) 一般

発電所の有効落差、使用水量、設備出力は以下のとおりである。

有効落差：630.50 m

使用水量：75.00 m³/s

設備出力：410 MW

上記の有効落差と使用水量から、世界の既設発電所データを基に J-POWER が開発したコンピュータ・ソフト（HDWiz）を使用して電気機器の設計レビューを実施した。水車効率、発電機効率などは近年向上が図られているために、設備出力は上記 410 MW を超えるものとなった。

2) 単機出力および台数

一般的に水車・発電機の最適単機出力は、電力系統への影響、開発投入時期、輸送制限などにより決定するが、より大型の単機出力は経済的にスケールメリットがある。

しかしながら、本計画ではすべての電気機器はインドを経由して、さらにネパール国内の道路が整備されていない地点を経て輸送されるために、単機出力の決定にあたっては以上を考慮して 1 台当たりの最大出力は 100 MW 程度を上限とする。よって本計画においては 4 台案で計画することとする。

3) 水車

a) 水車出力

水車出力は定格有効落差 630.50 m、定格使用水量 18.75 m³/s の条件の基、一台あたりの出力は下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 630.50 \times 18.75 \times 0.90 \\ &\doteq 104,200 \text{ kW} \end{aligned}$$

ここで、

P_t : 水車定格出力 (kW)

H_n : 基準有効落差 (m)

Q_t : 1 台あたりの定格使用水量 (m³/s)

η_t : 水車効率

b) 水車形式

一般に、水車形式は落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸ペルトン水車とする。

c) ランナー材質

ランナー材質は高耐磨耗材として、13Cr.4Ni ステンレススチールを使用する。また、ペルトン形水車のランナー、バケットやウェアリングの表面には、水質によってはコーティング（ソフトまたはハード）を施す。このコーティング方法は、詳細設計において検討する。

d) 発電所出力

発電所の出力は上記の単機当たりの水車出力から以下になる。

$$104,200 \text{ kW} \times 4 = 416,800 \text{ kW}$$

なお、上記出力を用いて電力量計算のレビューが実施されている。

4) 発電機

発電機の型式は縦軸、3 相交流同期発電機で定格容量は 113,500 kVA、90%遅れ力率とする。

a) 発電機容量

発電機の定格容量は、水車最大出力、力率および発電機効率から計算される。

$$P_g = P_t \times \eta_g / p.f \text{ (kVA)}$$

$$= 104,200 \times 0.981 / 0.90$$

$$\approx 113,500 \text{ kVA}$$

ここで、

P_g : 発電機定格容量(kVA)

P_t : 水車定格出力(kW)

η_g : 発電機効率

$p.f$: 力率、遅れ

上記より、発電機の定格容量は 113,500 kVA となる。

5) 送電線

送電線の設計にあたっては、NEA 作成の 400 kV Transmission Line Power Development Plan を基に、発電所から最も近接した変電所まで接続することとし、熱容量や電界強度を考慮して下記の送電線仕様とする。なお、送電線距離については机上検討のために地図上の直線距離に割増した数値を設計距離とした。

接続先変電所 : Chaujhari Substation

送電電圧 : 220 kV

送電距離 : 33 km

線種 : Bison×2 条、2 回線

2.10 Naumure (W.Rapti) プロジェクト (W-25)

目 次

(1) プロジェクト概要	1
(2) 気象・水文	5
(3) 地形・地質	6
(4) 発電計画	9
(5) 電気機器・送電線	13

List of Tables

Table A.2.10-1 Project Description	3
Table A.2.10-2 Monthly Rainfall at the Khanchikot Station	5
Table A.2.10-3 Monthly Rainfall at the Bijuwartar Station	5
Table A.2.10-4 Flow Data of the Naumure (W. Rapti) Project	6
Table A.2.10-5 Life of Reservoir	6
Table A.2.10-6 Salient Features	9

List of Figures

Figure A.2.10-1 General Layout of the Naumure (W. Rapti) Project (W-25)	2
Figure A.2.10-2 General Layout of the Naumure (W. Rapti) Project (W-25)	2
Figure A.2.10-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Naumure Project	4
Figure A.2.10-4 Geological map of the project area	8
Figure A.2.10-5 Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region	8
Figure A.2.10-6 General Layout	10
Figure A.2.10-7 Dam Section	11
Figure A.2.10-8 Powerhouse Section	12

A.2.10 Naumure (W.Rapti) (W-25)プロジェクト

(1) プロジェクト概要

Naumure プロジェクトは、西部 Argakhanchi District および Pyuthan District の West Rapti 川に位置する出力 245 MW の貯水式水力プロジェクトである。最新の検討は“Naumure (W.Rapti) Hydroelectric Project Pre-Feasibility Study, 1990, NEA”の中で実施されており、調査レベルは Pre-FS 段階である。

水文特性としては、プロジェクト地点の最寄りの Khanchikot 観測所での年間降雨量は 1,772 mm、ダム地点の平均流量は 138.7 m³/s である。流域面積は 3,430 km²、比堆砂量は 5,750 t/km²/year と NEA が西部地域の平均堆砂量として採用している 3,960 t/km²/year よりも大きく推定されている。流域内には GLOF のリスクを持つ氷河湖は存在しない。

地質的な側面から見ると、計画地域は Lesser Himalaya 地区と Sub Himalaya 地区にまたがっており、両者の境界に MBT がある。Lesser Himalaya 地区には主に頁岩、クォーツァイト、石灰岩が分布している。Sub Himalaya 地区には、砂岩、シルト岩などが分布している。貯水池地域の upstream は Lesser Himalaya 地区に、downstream は Sub Himalaya 地区に位置している。downstream の Sub Himalaya 地区の砂岩やシルト岩が貯水池地域の保水性を高めている。MBT 付近の岩盤は破碎され、不安定な斜面が多いと思われる。ダム地点、導水路ルートおよび発電所地点は Sub Himalaya 地区に位置する。ダム地点は砂岩とシルト岩からなり岩盤は中硬であるがやや透水性が高い。導水路トンネルは主に砂岩を通過し岩盤は良好と思われる。発電所地点の岩盤は泥岩と砂岩よりなる。この岩盤は地下発電所には適さないと思われる。地震加速度マップにおける加速度は 130 mgal とやや小さい。大規模構造線 (MBT) までは 3 km と近い。M4 以上の震源からは 40 km とかなり離れている。

自然・社会環境面では、自然面への影響が比較的大きく、社会面への影響は中程度である。Rapti 流域に位置し、湛水面積 19.8 km² と Sun Koshi No.3 に次いで大きい。影響を受ける森林面積は 7.85 km² と Sun Koshi No.3 プロジェクトに次いで大きい。記録のある植物の種数は 55 種と比較的多い。記録のある動物は、哺乳類 24 種、鳥類 49 種、両生・爬虫類 17 種と種数が比較的多い。減水区間は 0.5 km と最も短い。移転戸数は 456 戸である。影響を受ける農地の面積は 6.1 km² と Sun Koshi No.3 プロジェクトに次いで大きい。漁民は 43 人と比較的少ない。影響を受ける先住民族は Magar (Disadvantaged) と Gurung (Disadvantaged) である。

発電計画の面では、高さ 190 m のロックフィルダムが計画されている。ダム体積は約 13.2 百万 m³ と大きいことから、建設においてはダム工事がクリティカルとなるものと考えられる。現状のレイアウトでは、上流の Lower Jhimruk プロジェクトのダムおよび発電所が Naumure プロジェクトの貯水池内に計画されている。したがって、これら二つのプロジェクトを現在のレイアウトで両方建設することは出来ない。両方とも実施する場合には、どちらかのプロジェクトのレイアウトを変更する必要がある。

プロジェクトの位置図、基本レイアウトおよび主要諸元を以下に示す。

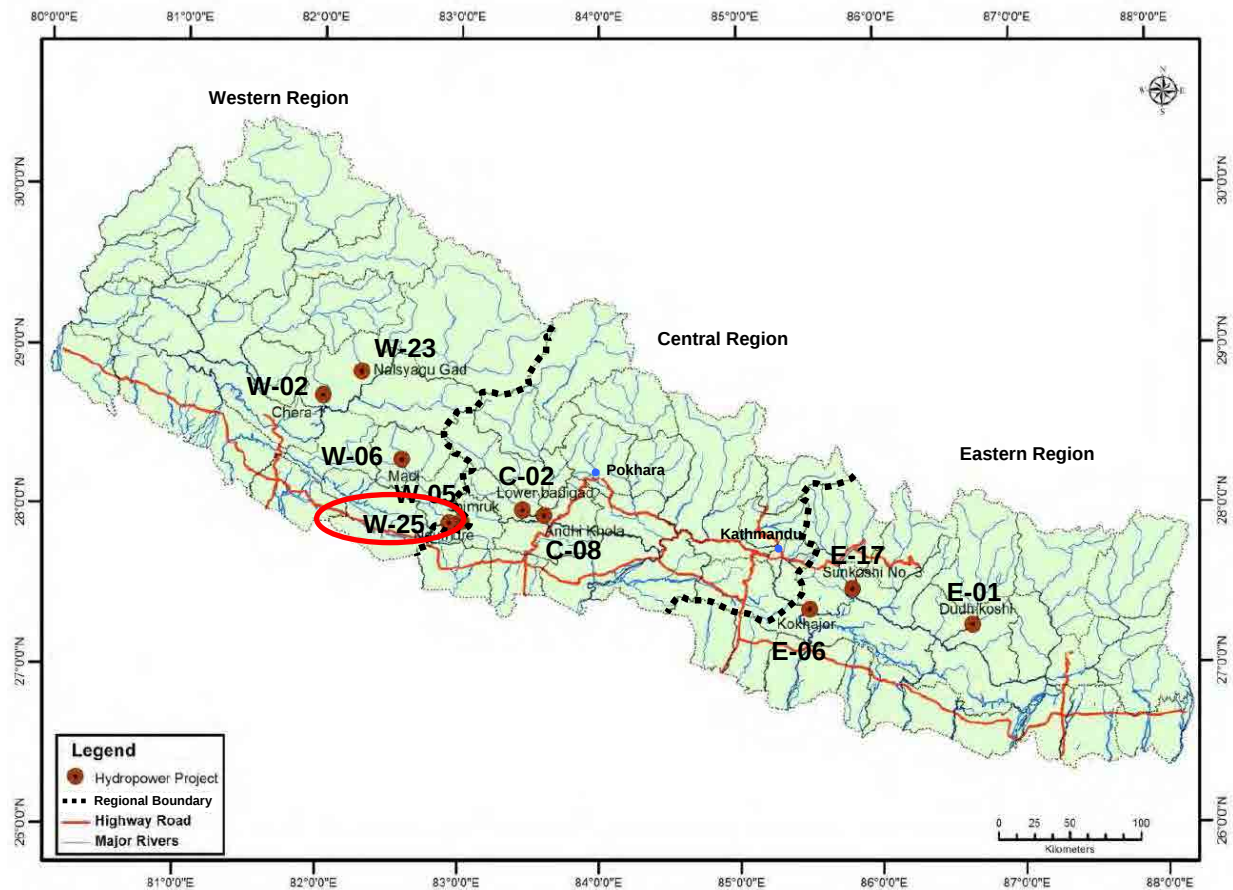


Figure A.2.10-1 General Layout of the Naumure (W. Rapti) Project (W-25)

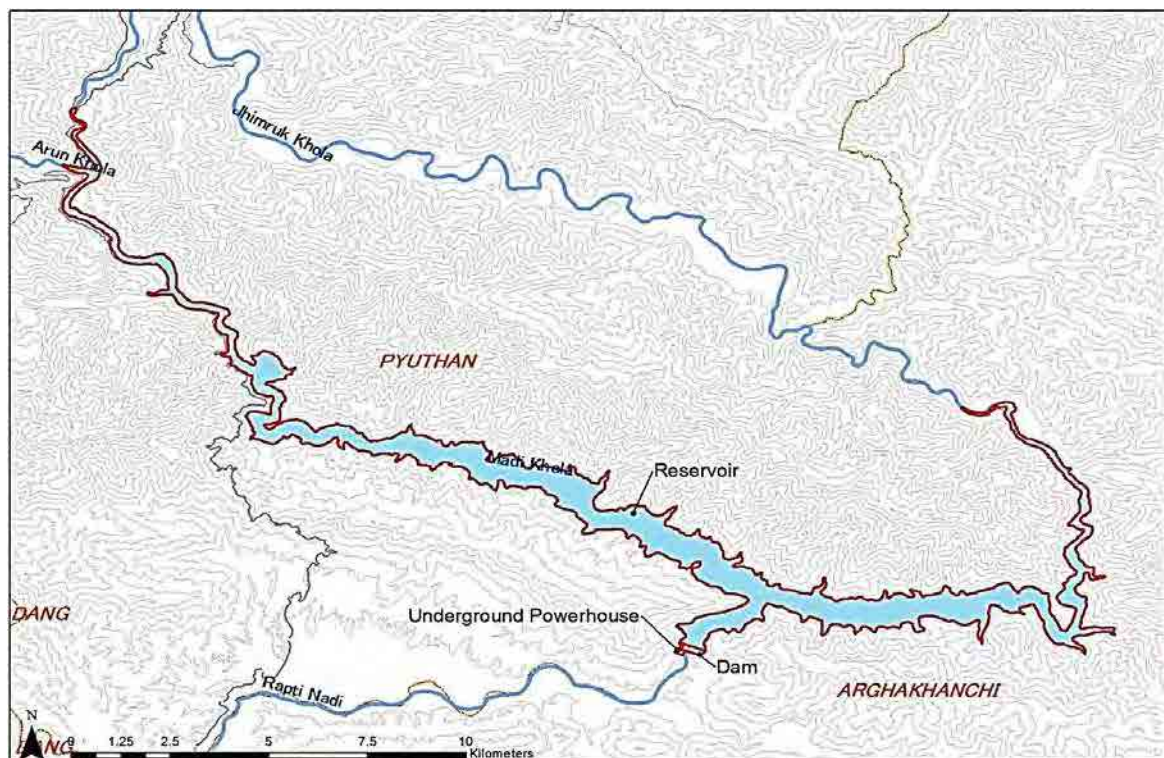


Figure A.2.10-2 General Layout of the Naumure (W. Rapti) Project (W-25)

Table A.2.10-1 Project Description

Item	Unit	Naumure (W.Rapti)	Remarks
Location	(District)	Argakhanchi Pyuthan	
Name of the River	(River)	West Rapti	
Installed Capacity	MW	245.0	
Catchment Area	km ²	3,430	
Location of Dam Site	Longitude/ Latitude	82° 55' 42.9" 27° 55' 6.1"	
Dam Height	m	190.0	
Total Storage Volume	MCM	1,021.0	
Effective Storage Volume	MCM	580.0	
Regulating Capability Factor	%	13.3	
Reservoir Area at FSL	km ²	19.8	
Full Supply Level	m	517.0	
Minimum Operation Level	m	474.2	
Tail Water Level	m	358.0	
Rated Gross Head	m	162.6	
Rated Net Head	m	154.5	
Rated Power Discharge	m ³ /s	185.6	
Total Energy	GWh	1,157.5	Estimated by the Study Team.
Dry Energy (December-April)	GWh	309.9	Estimated by the Study Team.
Length of Access Road	km	34.0	
Length of Transmission Line	km	79.0	Estimated by the Study Team.
Number of Household	nos	456	Surveyed by the Study Team in 2012.
Project Cost	MUS\$	954.5	Estimated by the Study Team at 2013 price level.
Unit Generation Cost	cent/kWh	8.2	Estimated by the Study Team.
EIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	15.2	Estimated by the Study Team.
FIRR (8% of Interest Rate, 12NRs/kWh)	%	25.3	Estimated by the Study Team

Source: Naumure (W. Rapti) Hydroelectric Project Pre-Feasibility Study, 1990, NEA (except remarked items)

なお、自然・社会環境に関する調査結果および評価のまとめを以下に示す。詳細情報は Appendix 3 および 5 に収録されている。

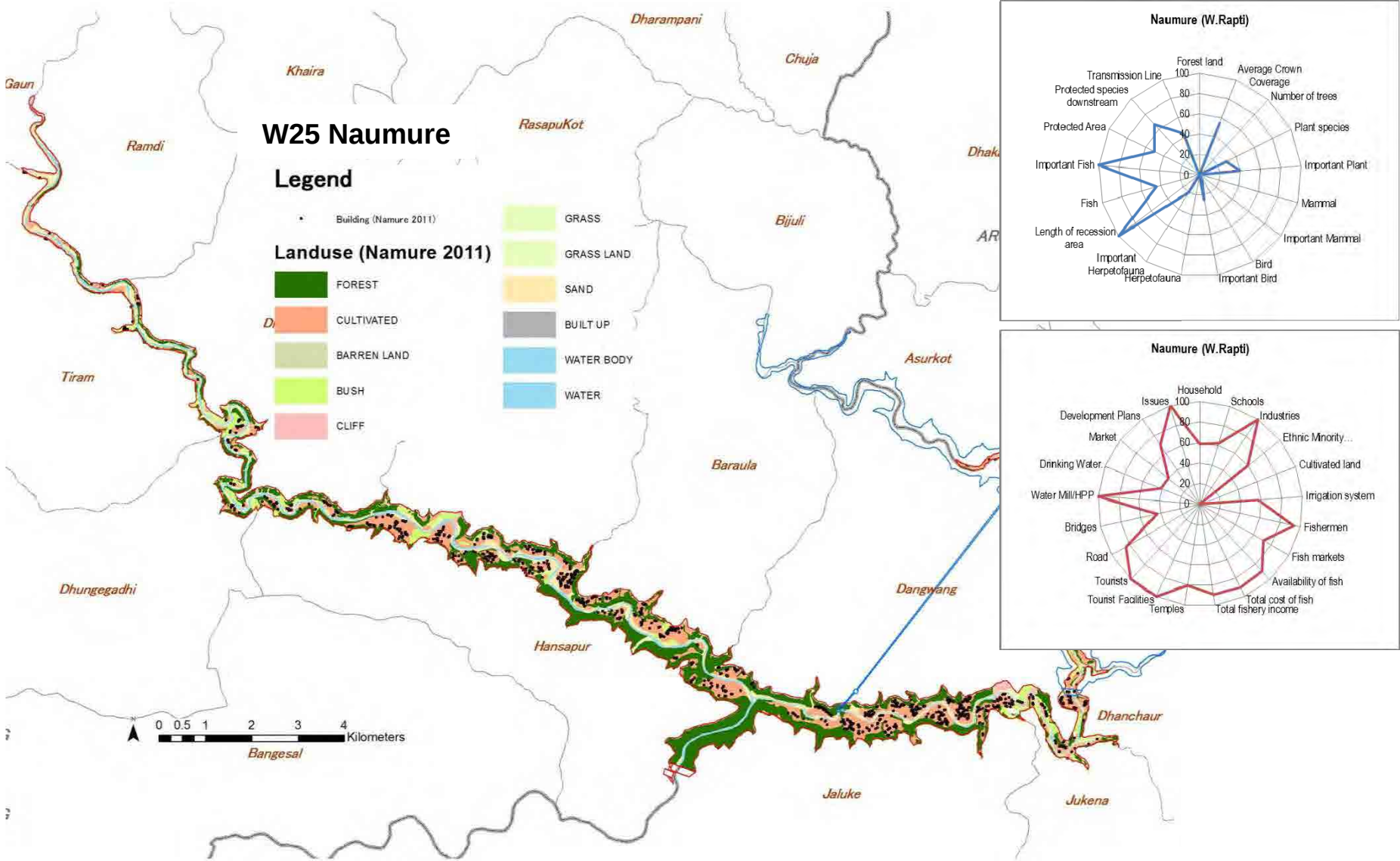


Figure A.2.10-3 Land Use and Buildings in the Reservoir Area of the Naumure Project

(2) 気象・水文

Naumure (W. Rapti) プロジェクトについて、気象特性と、水文に関する評価項目である流量データの信頼性、GLOF の危険性、堆砂の影響について述べる。

1) 気象

Naumure (W. Rapti) プロジェクトは、West Rapti 川に位置し、Arghakhanchi 行政区と Pyuthan 行政区に位置する。

Arghakhanchi に Khanchikot 気象観測所（0715）がある。Khanchikot 気象観測所の月別降水量を Table A.2.10-2 に示す。Pyuthan に Bijuwartar 降水量観測所（0505）がある。Bijuwartar 降水量観測所の月別降水量を Table A.2.10-3 に示す。

Table A.2.10-2 Monthly Rainfall at the Khanchikot Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
KHANCHIKOT	0715	Arghakhanchi	CLIMATOLOGY	Jan, 71	27.93	83.15	1,760

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
26.9	35.4	30.2	36.6	105.7	280.0	495.1	390.0	269.2	67.2	12.5	23.6	1,772.3

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

Table A.2.10-3 Monthly Rainfall at the Bijuwartar Station

Name	Index	District	Type of Station	Start to Record	Location		Elevation (m)
					Latitude	Longitude	
BIJUWAR TAR	0505	Pyuthan	PRECIPITATION	Jan, 73	28.10	82.87	823

Precipitation (mm)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
23.4	27.2	25.5	35.7	78.2	234.5	314.4	265.6	156.0	42.5	6.6	11.0	1,220.4

Source: Department of Hydrology and Meteorology: DHM

2) 流量データの信頼性

Naumure (W. Rapti) プロジェクト近傍には測水所がないため、Regional Analysis により流量を算出することとなり、流量データの信頼性が比較的低いプロジェクトである。

電力量計算に用いた Naumure (W. Rapti) プロジェクトの流量データを Table A.2.10-4 に示す。

Table A.2.10-4 Flow Data of the Naumure (W. Rapti) Project

												(m ³ /s)
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
33.41	28.91	27.92	32.80	52.52	143.57	363.64	434.89	303.94	134.16	65.15	43.30	138.68

3) GLOF の危険性

Naumure (W. Rapti) プロジェクトの上流に GLOF の危険性のある氷河湖は存在しない。

4) 堆砂の影響

近傍の Jhimruk プロジェクトの比堆砂量を流用する。FS レポートによると、近傍の Jhimruk プロジェクトの比堆砂量は 5,000～6,500 t/km²/year と算定されている。平均値 5,750 t/km²/year を採用して、貯水池寿命を算出した。貯水池寿命とは、貯水池に対する堆砂の影響を評価する指標であり、貯水容量を年間平均堆砂量で除して算出される。

貯水池寿命の算出結果を Table A.2.10-5 に示す。貯水池寿命は 78 年と計算される。

Table A.2.10-5 Life of Reservoir

a) Specific Sediment Yield	5,750 t/km ² /yr
b) Sediment Yield (Catchment Area × Specific Sediment Yield / Sediment Density)	13.1 × 10 ⁶ m ³ /yr (3,430 km ² × 5,750 t/km ² /yr / 1.5 t/m ³)
c) Total Storage Volume	1,021 × 10 ⁶ m ³
d) Life time of Storage (Total Storage Volume / Sediment Yield)	78 years (1,021 × 10 ⁶ m ³ / 13.1 × 10 ⁶ m ³ /yr)

(3) 地形・地質

1) 計画地域の地質

Naumure プロジェクトは、ネパール西部、Arghakahchi 行政区と Pyuthan 行政区に位置する。ダム地点とその直下流の発電所地点は Madi 川と Jhimruk 川合流部から約 3km 下流の Rapti 川に位置する。今回の現地調査と Pre-FS 報告書（1990 年）によると、計画地域の地質および応用地質の概要は次のとおり。

計画地域の地質図を Figure A.2.10-4 に示す。計画地域を MBT が通過している。したがって計画地域は Lesser Himalaya 地区と Sub Himalaya 地区にまたがっている。計画地域の Lesser Himalaya 地区には頁岩、粘板岩、千枚岩、クオーツァイト、石灰岩、ドロマイト等が分布している。Sub Himalaya 地区には Upper Siwaliks 層と Middle Siwaliks 層の砂岩、シルト岩、泥岩などが分布している。

貯水池地域は西北西－東南東に伸びる MBT に沿っており上記の地層はこれに平行に分布している。貯水池地域の南岸には透水性の低い堆積岩からなる Sub Himalaya 地区の山地があり、貯水池地域からの漏水の心配は無いと思われる。貯水池およびその周辺地域の応用地質

図を Figure A.2.10-5 に示す。貯水池地域にいくつかの地すべりがある。MBT に近いため岩盤が破碎されているので斜面が潜在的に不安定になりやすいと思われる。

ダム地点には Middle Siwaliks 層の主に砂岩が分布する。地層面の走行はダム軸に平行し、上流に約 60 度傾斜している。岩盤は中硬で透水性がやや高い。河床堆積物の厚さ 20 m がボーリングで確認されている。

導水路トンネルは Rapti 川の右岸に位置し、そこには Middle Siwaliks 層の主に砂岩が分布する。トンネルの被りは最大 60 m である。

発電所はダムの約 300 m 下流右岸に位置し、そこには Middle Siwaliks 層の砂岩とシルト岩が分布する。地層面の走行は斜面とほぼ直角で上流に約 40 度傾斜している。岩盤までの深さはダム地点に近いことから約 20 m と推定される。付近の岩盤は地下発電所の地点としての十分な強度を持っていないと思われる。

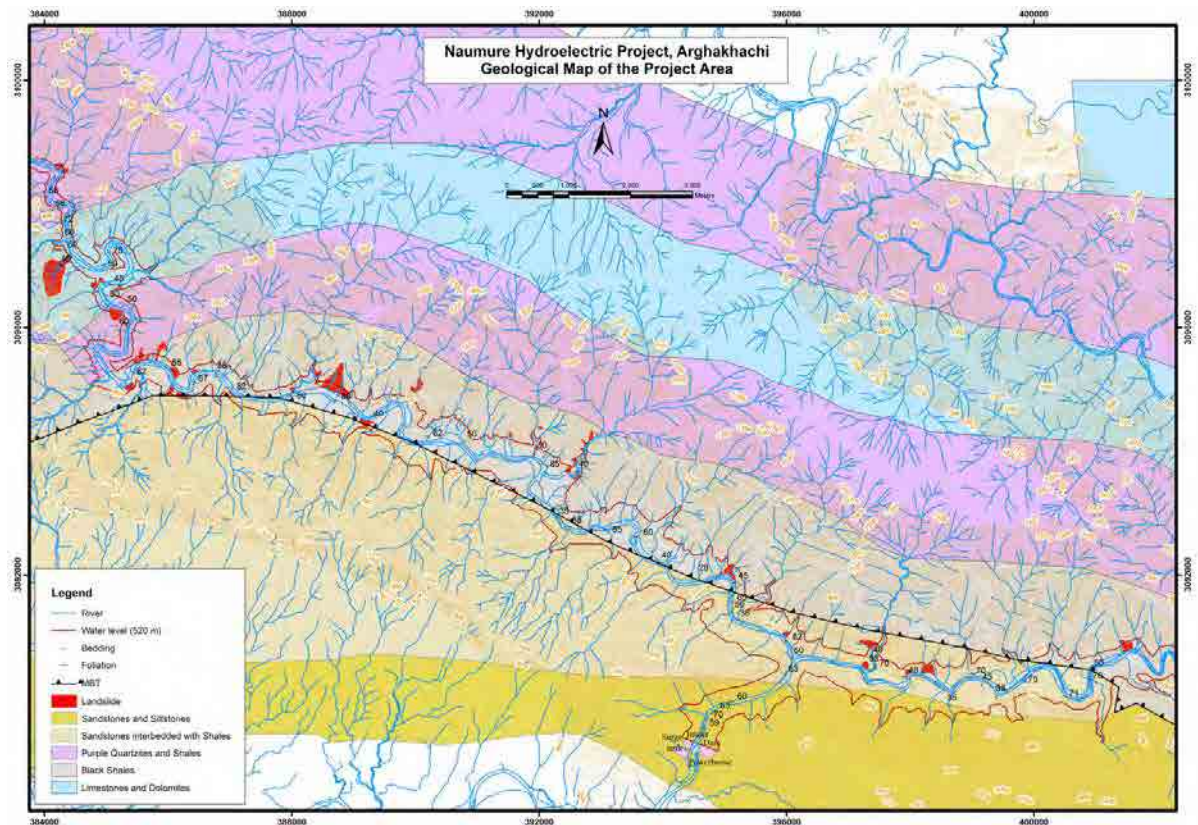
建設材料のうち粗骨材はダム地点や上流の Madi 川・Jhimruk 川合流点付近で十分な量を得ることが出来る。細骨材はダム地点の約 5 km 下流から運ばなければならない。土質材料はダム下流約 10 km の Farsabang の土取場で得ることが出来る。ロック材はダム地点 2 km 下流の砂岩を使うことが出来る。

2) 大規模構造線と断層

大規模構造線としてダム地点より約 3km 北に MBT がある。ダム地点周辺にほかに規模の大きな断層は見つかっていない。

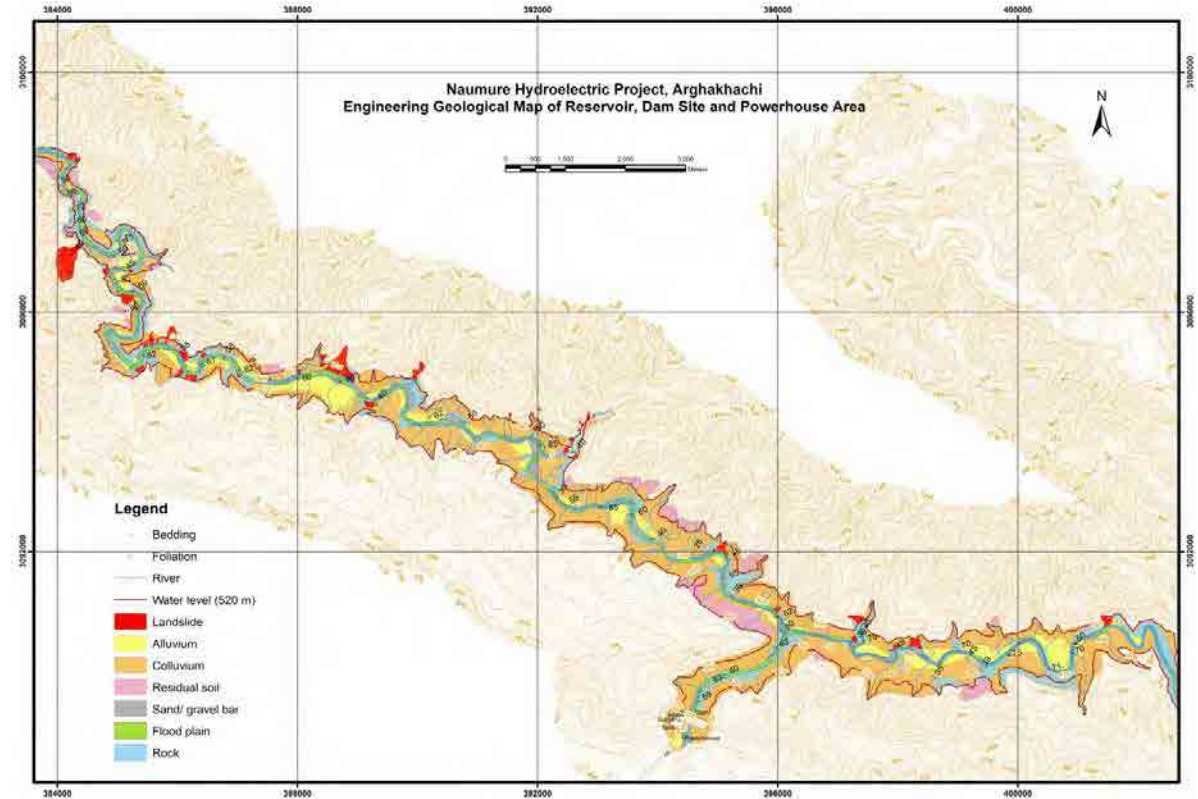
3) 地震活動度

ダム地域は Sub Himalaya 地区に属し、地震加速度マップにおける加速度は 130 mgal である。最も近い M4 以上の震源は 40 km 北東に位置する。



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.10-4 Geological map of the project area



Source: NESS Field Survey, 2012

Figure A.2.10-5 Engineering geological map of the reservoir and its surrounding region

(4) 発電計画

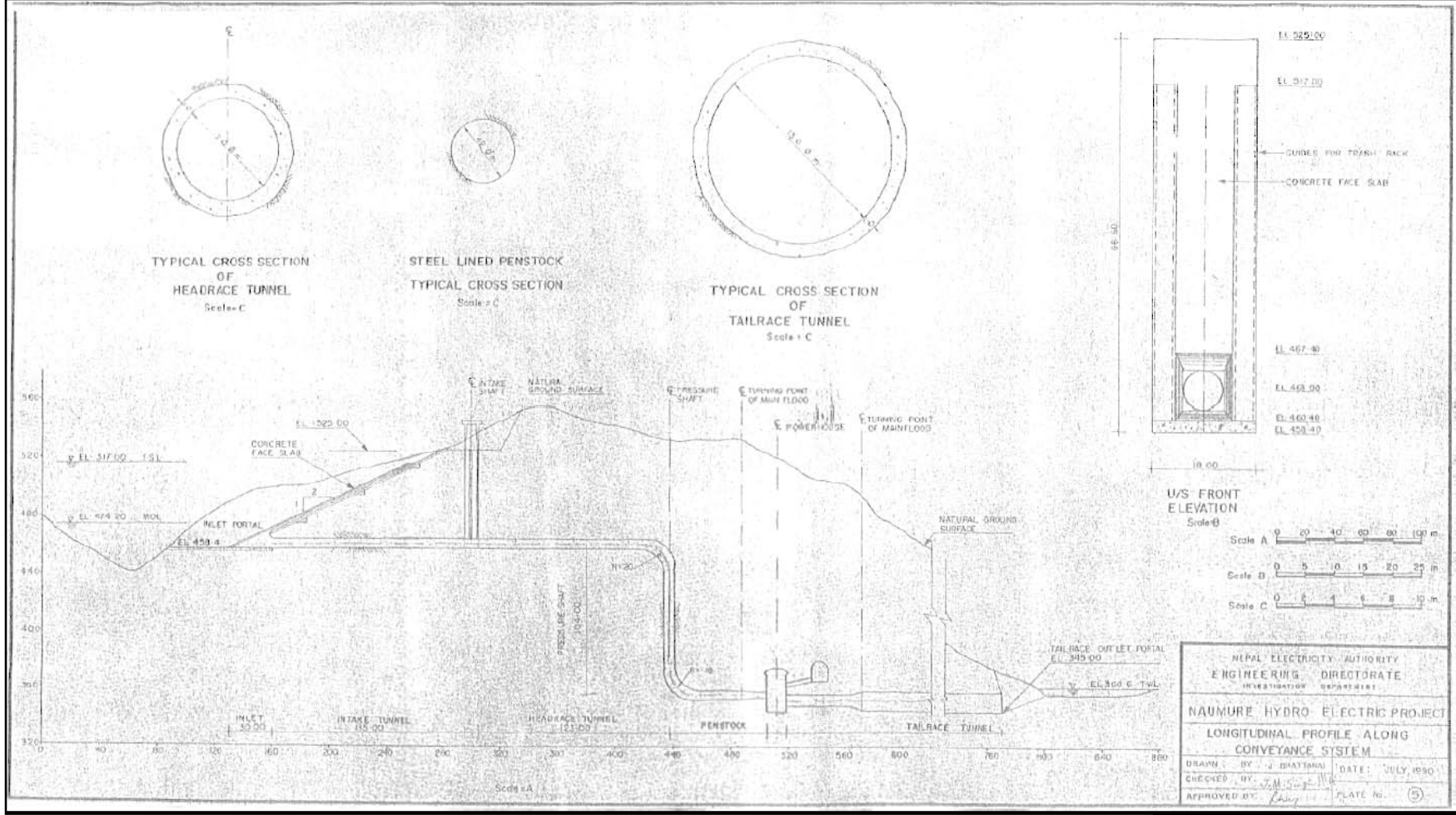
Naumure (W.Rapti) プロジェクトは、ダム水路式の水力発電計画である。調査レベルは Pre-FS 段階のため、構造物の詳細な図面は存在しない。プロジェクトの主要レイアウトの諸元と基本レイアウトを以下に示す。

Table A.2.10-6 Salient Features

Item	Unit	Naumure	Remarks
Reservoir			
Reservoir Area at FSL	km ²	19.8	
Total Storage Capacity	MCM	1,021.0	
Effective Storage Capacity	MCM	580.0	
Full Suply Level (FSL)	m	517.0	
Minimum Operating Level (MOL)	m	474.2	
Dam			
Type of Dam	-	Rockfill	
Dam Volume	MCM	13.2	
Total Dam Height	m	190	
River Bed Level at Dam Axis	m	-	
Spillway Type	-	Gated Spillway	Controlled ogee
Waterway & Powerhouse			
Intake Type	-	Normal Pressure Intake	Bell mouth
Concrete Lined Headrace Tunnel Length	m	125	
Circular Tunnel Diameter	m	7	
Penstock Length	m	120	D = 4.2m
Type of Powerhouse	-	Underground	W14m × L58m × H30.4m
Turbine Type	-	Francis	
Installed Capacity	MW	245.0	3 × 81.67 MW
Design Discharge	m ³ /s	185.6	
Rated Net Head	m	109.3	
Tail Water Level	m	358.0	
Tailrace Length	m	220.0	D = 13m (Circular lined)

Source: Naumure (W. Rapti) Hydroelectric Project Pre-Feasibility Study, 1990, NEA

なお、Naumure プロジェクトに関しては、ネパール政府とインド政府との間でプロジェクトに対する融資に関し、レターのやりとりをした経緯があるとの情報がある。

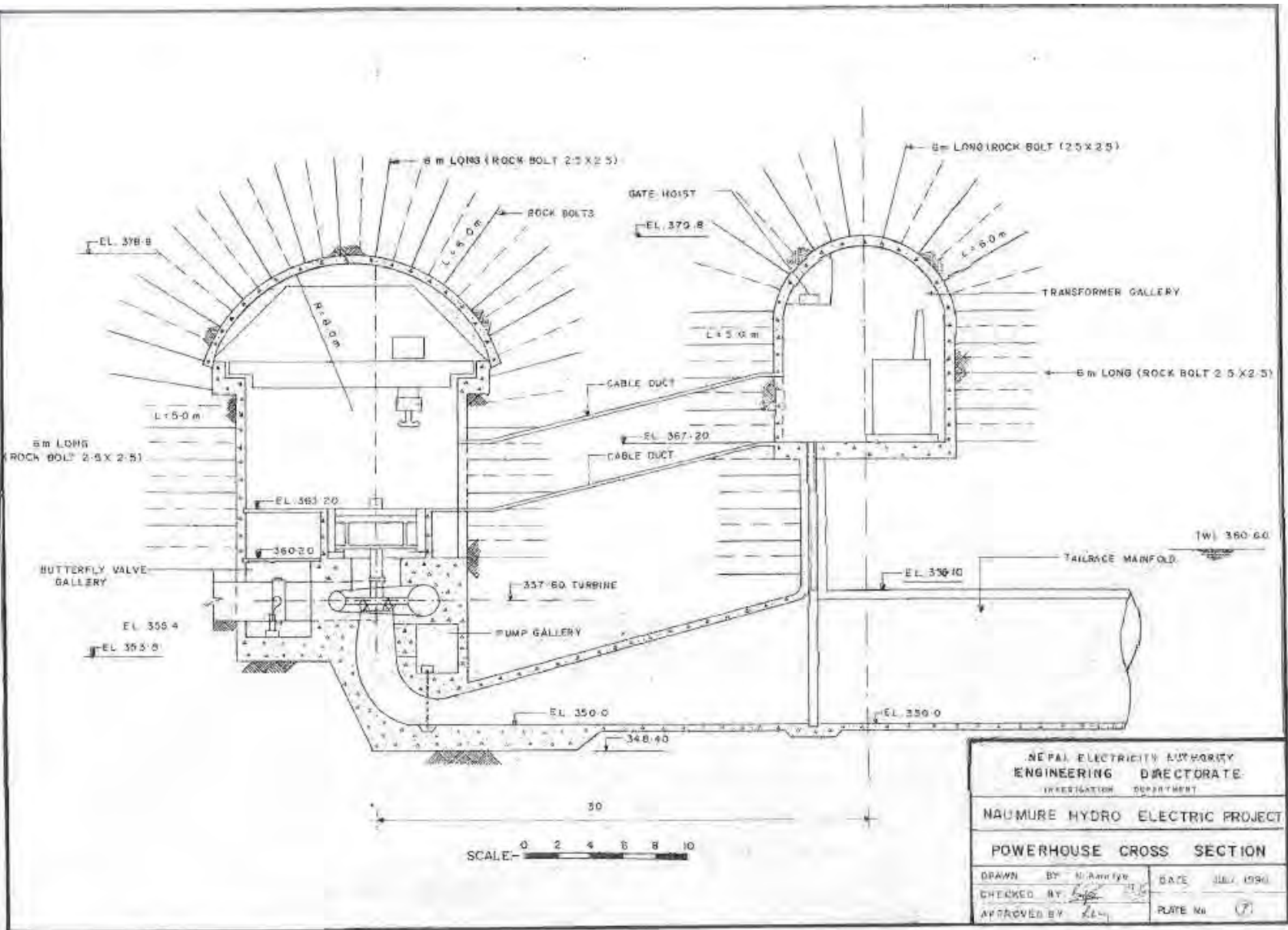


Source: Naumure (W. Rapti) Hydroelectric Project Pre-Feasibility Study, 1990, NEA

Figure A.2.10-6 General Layout



Dam Section



Source: Naumure (W. Rapti) Hydroelectric Project Pre-Feasibility Study, 1990, NEA

Figure A.2.10-8 Powerhouse Section

(5) 電気機器・送電線

1) 一般

発電所の有効落差、使用水量、設備出力は以下のとおりである。

有効落差：154.50 m

使用水量：185.60 m³/s

設備出力：245 MW

上記の有効落差と使用水量から、世界の既設発電所データを基に J-POWER が開発したコンピュータ・ソフト（HDWiz）を使用して電気機器の設計レビューを実施した。水車効率、発電機効率などは近年向上が図られているために、設備出力は上記 245 MW を超えるものとなった。

2) 単機出力および台数

一般的に水車・発電機の最適単機出力は、電力系統への影響、開発投入時期、輸送制限などにより決定するが、より大型の単機出力は経済的にスケールメリットがある。

しかしながら、本計画ではすべての電気機器はインドを経由して、さらにネパール国内の道路が整備されていない地点を経て輸送されるために、単機出力の決定にあたっては以上を考慮して 1 台当たりの最大出力は 100 MW 程度を上限とする。よって本計画においては 3 台案で計画することとする。

3) 水車

a) 水車出力

水車出力は定格有効落差 154.50 m、定格使用水量 61.87 m³/s の条件の基、一台あたりの出力は下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 154.50 \times 61.87 \times 0.927 \\ &\approx 86,800 \text{ kW} \end{aligned}$$

ここで、

P_t : 水車定格出力 (kW)

H_n : 基準有効落差 (m)

Q_t : 1 台あたりの定格使用水量 (m³/s)

η_t : 水車効率

b) 水車形式

一般に、水車形式は落差と水車出力の関係で決められる。本計画の落差と水車出力を考慮して、立軸フランシス水車とする。

c) ランナー材質

ランナー材質は、高耐磨耗材として 13Cr.4Ni ステンレススチールを使用する。また、フランシス形水車のランナーやウェアリングの表面には、水質によってはコーティング（ソフトまたはハード）を施す。このコーティング方法は、詳細設計において検討する。

d) 発電所出力

発電所の出力は上記の単機当たりの水車出力から以下になる。

$$86,800 \text{ kW} \times 3 = 260,400 \text{ kW}$$

なお、上記出力を用いて電力量計算のレビューが実施されている。

4) 発電機

発電機の型式は縦軸、3 相交流同期発電機で定格容量は 94,300 kVA、90%遅れ力率とする。

a) 発電機容量

発電機の定格容量は、水車最大出力、力率および発電機効率から計算される。

$$\begin{aligned} P_g &= P_t \times \eta_g / p.f \text{ (kVA)} \\ &= 86,800 \times 0.978 / 0.90 \\ &\doteq 94,300 \text{ kVA} \end{aligned}$$

ここで、

P_g : 発電機定格容量 (kVA)

P_t : 水車定格出力 (kW)

η_g : 発電機効率

$p.f$: 力率、遅れ

上記より、発電機の定格容量は 94,300 kVA となる。

5) 送電線

送電線の設計にあたっては、NEA 作成の 400 kV Transmission Line Power Development Plan を基に、発電所から最も近接した変電所まで接続することとし、熱容量、電界強度を考慮して下記の送電線仕様とする。なお、送電線距離については机上検討のために地図上の直線距離に割増した数値を設計距離とした。

接続先変電所 : Butwal Substation
送電電圧 : 220 kV
送電距離 : 79 km
線種 : Bison×1 条、2 回線