

これから、JICA調査団の需要想定に傾向が似ているNEKのミドル・ケースが採用可能と思われる。

3.2.4 電源開発計画と需給バランス

NEKが1994年に作成した電源開発計画（1995年～2005年）を需要想定と併せてTable 3-2-4-1に示す。尚、この需要想定はミドル・ケースである。

1995年以降の電源開発規模は951MW（9%増）であり、その内訳は火力が1,275MWの増、水力が476MWの増をして原子力が800MWの減となっている。

この結果、2005年の設備出力の合計は11,540MWとなり、その内訳は火力が6,130MW（53.1%）、水力が2,710MW（23.5%）、そして原子力が2,700MW（23.4%）となる。

ここで、最大需要電力に対する供給予備力をみた場合、原子力の設備容量が減少となる2000年から2001年が最も低くなるとみられている。

今後、ブルガリア国の電力需要は最低のシナリオをたどったとしても堅実に伸びていくことが予想されること、需要構造をみた場合、現在は産業用電力需要の落ち込みが激しいが、経済成長が進み、産業用電力需要が伸びてくれば、電力需要の上昇率は飛躍的に伸びていく可能性があること、また、2000年から予定されているコズロデュイ原子力発電所1、2号機の廃止により電力需給が逼迫する可能性があることから、新規電源開発の必要性は高い。

さらには、エネルギー資源を考えた場合、主要エネルギー資源であるリグナイトの有効利用は必須なものである。

一方、既設発電設備の再建を含めた改修、改良による設備容量の増量化はブルガリア国の電源計画を考える上で重要な意味を持っている。

こうしたことから、マリツァ・イースト第1火力発電所の再建計画必要性は極めて重要であるといえる。

3.3 電力系統解析

3.3.1 検討条件

ブルガリア国電力系統の電力系統解析（電力潮流計算、短絡容量、過渡安定度）を下記条件により実施した。

- (1) 検討年度：再建プラントの運転開始予定の2001年
- (2) 系統構成及び系統インピーダンスはNEK作成資料を使用した。Figure 3-3-1-1にインピーダンスマップを示す。
- (3) 2001年における総需要は8,470MWとした。
- (4) 過渡安定度計算のための事故点はマリッツァ・イースト第1変電所の母線事故とした。尚事故種別は3相地絡事故(3LG-0)事故とした。
- (5) 電力系統の運転条件は、系統維持電圧95~105%、負荷力率95%(遅れ)とした。

3.3.2 検討結果

(1) 電力潮流計算

計算結果を Figure 3-3-2-1 に示すが、各変電所の母線電圧、送電線の潮流とも問題はない。

(2) 短絡容量

3相短絡電流1.4kA(短絡容量535MVA)となった。

(3) 過渡安定度

計算結果を Figure 3-3-2-2 に示すが、検討結果は安定であった。

Table 3-1-1-1: Development of installed Capacity in Bulgaria (Unit:MW)

Years	NEK				Sub Total	Industry-Owned	Total	Increase (%)
	Thermal	Nuclear	Hydroelectric	Hydro				
1985	4,820	1,760	1,975	8,555	1,681	10,236	0.0	
1986	4,820	1,760	1,975	8,555	1,681	10,236	9.8	
1987	4,820	2,760	1,975	9,555	1,725	11,280	0.4	
1988	4,820	2,760	1,975	9,555	1,725	11,490	-3.1	
1989	5,030	2,760	1,975	9,765	1,664	11,132	-0.3	
1990	4,735	2,760	1,973	9,468	1,639	11,104	0.0	
1991	4,735	2,760	1,970	9,465	1,639	11,104	9.0	
1992	4,735	2,760	1,970	9,465	1,639	12,104	3.6	
1993	4,735	3,760	1,970	10,465	1,639	12,536	1.7	
1994	4,735	3,760	2,402	10,897	1,639	12,751		
1995	4,950	3,760	2,402	11,112	1,639			

Table 3-1-1-2: Outline of Thermal Power Plants in Bulgaria

Power Plants	Commissioning Date	Installed Capacity (MW)	Energy Generation in 1994 (GWh)	Fuel Type
Varna	1968,69,70,77,79	1,260	2,308	Imported Coal, Natural Gas
Maritsa East 2	1966,69,85,90,95	1,450	6,091	Lignite
Maritsa East 3	1978,79,80,81	840	4,437	Lignite
Bobob Dol	1973,74,75	630	2,075	Brown
Russe	1964,66,67,84,85	400	638	Imported Coal
Maritsa East 1	1959,60,61,62	200	980	Lignite
Maritsa 3	1951,52,54	170	232	Lignite

Table 3-1-1-3: Outline of Hydroelectric Power Plants in Bulgaria

Power Plants	Installed Capacity (MW)	Energy Generation in 1994 (GWh)
Belmeken	375	178.0
Sestrimo	240	81.8
Antonivanovtsi	160	105.7
Peshtera	125	139.2
Momina Klisura	120	25.9
Ivailovgrad	108	63.0
Kardjali	106	39.9
Devin	80	28.3
Krichim	80	75.9
Aleko	66	54.5
Teshel	60	28.9
Studen Kladenets	60	56.1

Table 3-1-2-1: Outline of Transmission System in Bulgaria (Unit:km)

Years	750kV	400kV	220kV	110kV	
				Overhead	Cable
1985		1,509	2,197	7,382	34
1986		1,671	2,242	7,519	39
1987		1,680	2,288	7,576	39
1988	85	1,718	2,282	7,795	44
1989	85	1,844	2,283	7,809	44
1990	85	1,844	2,283	7,922	44
1991	85	1,844	2,283	7,929	44
1992	85	1,844	2,308	7,937	44
1993	85	1,862	2,296	8,026	44
1994	85	1,862	2,296	8,026	44
1995	85	1,862	2,296	8,165	44

Table 3-1-2-2: Outline of Substation in Bulgaria

Years	110kV		220kV		400kV		750kV		Capacity (MVA)
	S/S	Tr.	S/S	Tr.	S/S	Tr.	S/S	Tr.	
1985	240	502	14	36	6	20			24,355
1986	247	517	15	36	8	24			26,394
1987	251	528	15	40	8	24			27,109
1988	253	536	16	40	8	23	1	2	30,116
1989	263	554	16	37	8	25	1	2	29,872
1990	264	549	16	40	8	23	1	2	30,268
1991	266	553	16	37	9	23	1	2	30,441
1992	269	558	16	35	9	27	1	2	31,032
1993	269	559	16	36	9	26	1	2	31,222
1994	269	559	16	36	9	26	1	2	31,222
1995	269	559	16	37	10	26	1	6	31,527

Table 3-2-1-1: Trend of Energy Consumption in Bulgaria

Years	Gross Generation		Auxiliary Loss		Net generation (GWh)	Import (GWh)	Supplied energy (GWh)	Network Loss		Export		Energy Consumption		Peak load (MW)	Population (1,000)	Consumption (kWh/capita)	Load factor (%)
	(GWh)	Increase (%)	(GWh)	Increase (%)				(GWh)	Increase (%)	(GWh)	Increase (%)	(GWh)	Increase (%)				
1985	41,632		4,544		37,088	5,959	43,047	4,016		1,655		37,376		8,015	8,961	4,171	53.2
1986	41,820	0.5	4,595	1.1	37,225	4,571	41,796	4,170	3.8	599		37,027	-0.9	7,414	8,958	4,133	57.0
1987	43,473	4.0	4,766	3.7	38,707	4,673	43,380	4,413	5.8	324		38,643	4.4	7,853	8,971	4,308	56.2
1988	45,021	3.6	4,890	2.6	40,131	4,450	44,581	4,794	8.6	304		39,483	2.2	8,114	8,980	4,397	55.5
1989	44,328	-1.5	4,725	-3.4	39,603	4,937	44,540	4,656	-2.9	548		39,336	-0.4	8,332	8,885	4,427	53.9
1990	42,130	-5.0	4,623	-2.2	37,507	5,387	42,894	4,443	-4.6	1,597		36,854	-6.3	8,111	8,718	4,227	51.9
1991	38,834	-7.8	4,206	-9.0	34,628	3,083	37,711	5,191	16.8	959		31,561	-14.4	7,489	8,657	3,646	48.1
1992	35,569	-8.4	4,055	-3.6	31,514	3,289	34,803	4,960	-4.5	584		29,259	-7.3	7,193	8,540	3,426	46.4
1993	37,902	6.6	4,210	3.8	33,692	1,634	35,326	4,760	-4.0	1,518		29,048	-0.7	7,143	8,472	3,429	46.4
1994	38,104	0.5	4,245	0.8	33,859	1,173	35,032	4,659	-2.1	1,245		29,128	0.3	7,040			
1995	42,003	10.2	4,353	2.5	37,650	1,901	39,551	5,415	16.2	2,121		32,015	9.9	7,520			
Average	40,983		4,474		36,509	3,732	40,242	4,680		1,041		34,521		7,657			

Table 3-2-1-2: Development of Electric Power Generation in Bulgaria

Years	NEK		Industry-Owned		Total	Increase (%)		Gross Supply	Export	Gross Increase (%)
	Thermal	Nuclear	Hydroelectric	Sub Total		Import	Export			
	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)
1985	19,522	13,131	2,256	34,889	6,743	41,632		5,959	1,655	45,936
1986	21,185	12,070	2,326	35,581	6,239	41,820	0.5	4,571	599	45,792
1987	22,123	12,456	2,538	37,097	6,376	43,473	4.0	4,673	324	47,822
1988	19,974	16,050	2,596	38,600	6,421	45,021	3.6	4,450	304	49,167
1989	20,701	14,565	2,691	37,957	6,371	44,328	-1.5	4,937	548	48,717
1990	19,909	14,665	1,851	36,425	5,705	42,130	-5.0	5,387	1,597	45,920
1991	17,879	13,184	2,441	33,504	5,330	38,834	-7.8	3,083	959	40,958
1992	17,271	11,552	2,063	30,886	4,683	35,569	-8.4	3,289	584	38,274
1993	17,303	13,897	1,941	33,141	4,761	37,902	6.6	1,634	1,518	38,018
1994	16,762	15,334	1,509	33,605	4,499	38,104	0.5	1,173	1,245	38,032
1995	17,675	17,261	2,507	37,443	4,560	42,003	10.2	1,961	2,121	41,843

Table 3-2-1-3: Evolution of Category-Wise Energy Consumption in Bulgaria

Years	Industry		Construction		Agriculture		Transport Communication		Public		Household		Total	
	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)
1985	20,038	53.6	1,145	3.1	1,097	2.9	1,319	3.5	4,225	11.3	9,552	25.6	37,376	100.0
1986	20,283	54.8	1,089	2.9	1,101	3.0	1,340	3.6	4,529	12.2	8,685	23.5	37,027	100.0
1987	20,674	53.5	1,091	2.8	1,143	3.0	1,441	3.7	4,849	12.5	9,445	24.4	38,643	100.0
1988	21,185	53.7	1,139	2.9	1,094	2.8	1,489	3.8	4,635	11.7	9,941	25.2	39,483	100.0
1989	20,932	53.2	994	2.5	1,070	2.7	1,493	3.8	4,723	12.0	10,124	25.7	39,336	100.0
1990	19,395	52.6	896	2.4	995	2.7	1,483	4.0	3,694	10.0	10,391	28.2	36,854	100.0
1991	15,055	47.7	608	1.9	868	2.8	1,418	4.5	3,544	11.2	10,068	31.9	31,561	100.0
1992	13,459	46.0	497	1.7	819	2.8	1,463	5.0	3,395	11.6	9,626	32.9	29,259	100.0
1993	13,188	45.4	465	1.6	784	2.7	1,394	4.8	3,195	11.0	10,022	34.5	29,048	100.0

Table 3-2-2-1: Data for Regression Equation

Year	GDP		Energy Consumption		Population		GDP/Capita		kWh/Capita	
	Million US\$	Increase %	GWh	Increase %	Million	Increase %	US\$/Capita	US\$/Capita	US\$/Capita	kWh/Capita
1985	32,277		37,376		8,961		3,602		3,602	4,171
1986	31,569	-2.2	37,027	0.0	8,958	0.0	3,524		3,524	4,133
1987	28,786	-8.8	38,643	0.1	8,971	0.1	3,209		3,209	4,308
1988	26,197	-9.0	39,483	0.1	8,980	0.1	2,917		2,917	4,397
1989	24,294	-7.3	39,336	-1.1	8,885	-1.1	2,734		2,734	4,427
1990	15,982	-34.2	36,854	-2.4	8,669	-2.4	1,844		1,844	4,251
1991	7,068	-55.8	31,561	-0.8	8,596	-0.8	822		822	3,672
1992	8,608	21.8	29,259	-1.3	8,485	-1.3	1,014		1,014	3,448
1993	10,812	25.6	29,048	-0.3	8,460	-0.3	1,278		1,278	3,434

Table 3-2-4-1: Power Demand Forecast and Demand Supply Balance (1995 to 2005)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Power Balance (MW)											
Installed Capacity											
Thermal	4,855	5,050	4,485	4,325	4,555	4,810	4,760	5,320	5,820	6,080	6,130
Hydroelectric	2,234	2,234	2,234	2,666	2,666	2,710	2,710	2,710	2,710	2,710	2,710
Nuclear	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,100	2,700	2,700	2,700	2,700
Total	10,589	10,784	10,219	10,491	10,721	11,020	10,570	10,730	11,230	11,490	11,540
Peak Power Demand	7,180	7,400	7,640	7,870	8,110	8,360	8,470	8,580	8,690	8,800	8,910
Reserve capacity	3,409	3,384	2,579	2,621	2,611	2,660	2,100	2,150	2,540	2,690	2,630
Reserve ratio (%)	47.5	45.7	33.8	33.3	32.2	31.8	24.8	25.1	29.2	30.6	29.5
Energy Balance (GWh)											
Energy Generation											
Thermal	14,214	15,252	16,236	17,559	18,869	20,349	23,192	26,220	26,677	27,301	28,055
Hydroelectric	1,699	1,699	1,699	1,699	1,699	1,909	1,909	1,909	1,909	1,909	1,909
Nuclear	23,650	23,637	23,662	23,699	23,761	23,761	21,402	19,057	19,055	19,057	19,057
Total	39,563	40,588	41,597	42,957	44,329	46,019	46,503	47,186	47,640	48,267	49,002

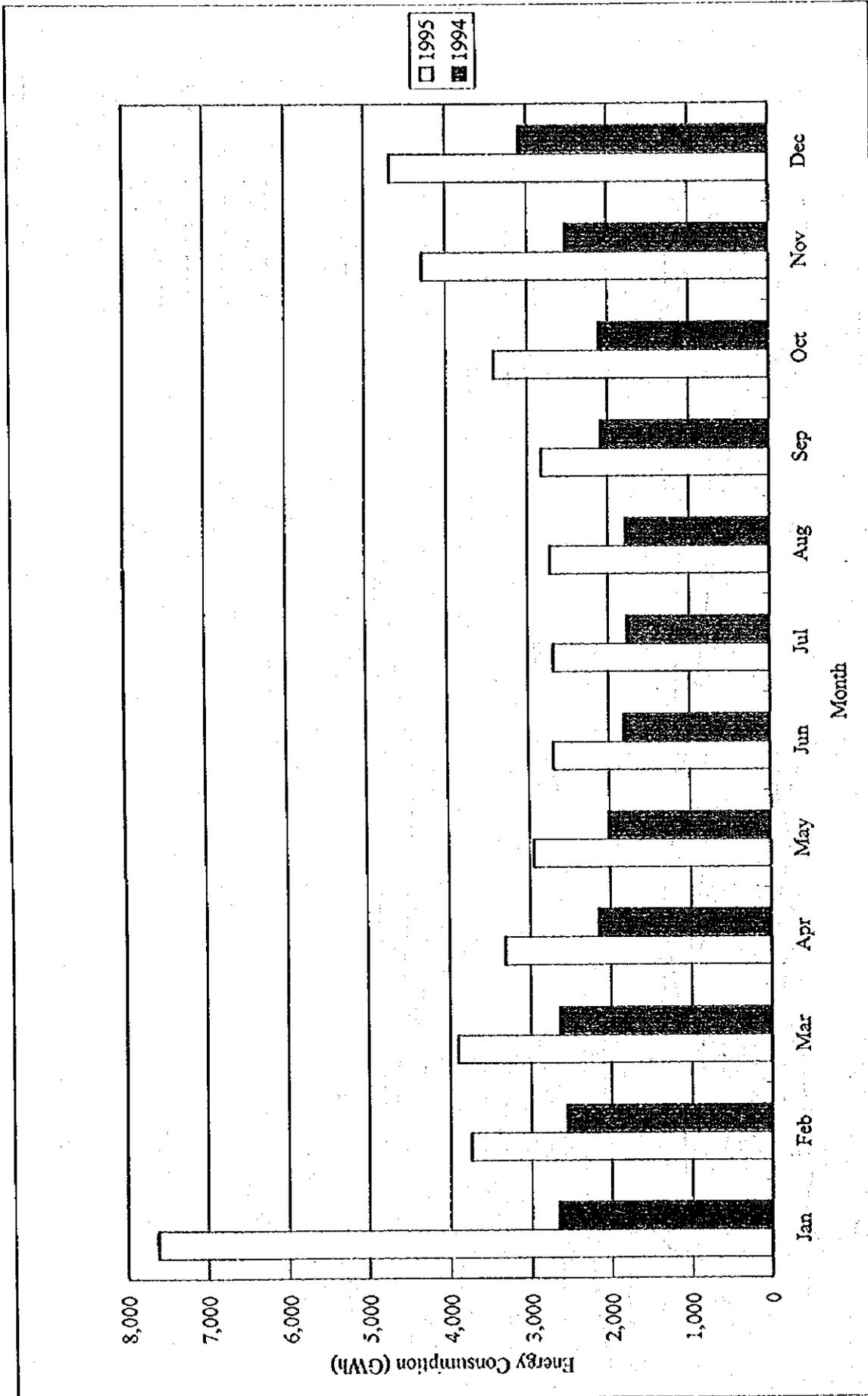


Figure 3-2-1-1: Monthly Trend of Energy Consumption in Bulgaria

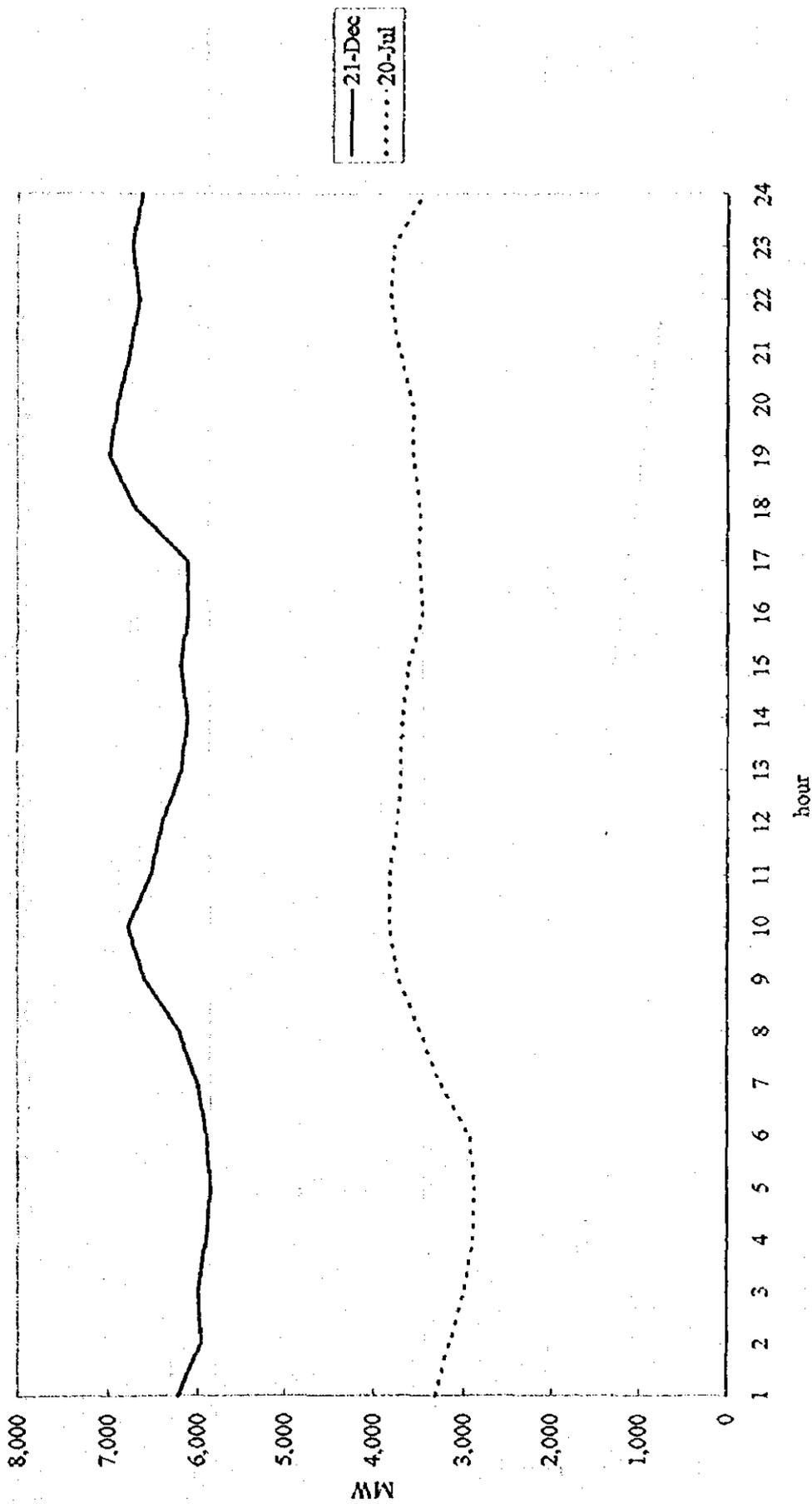


Figure 3-2-1-2: Peak and Minimum Consumption Days in 1994

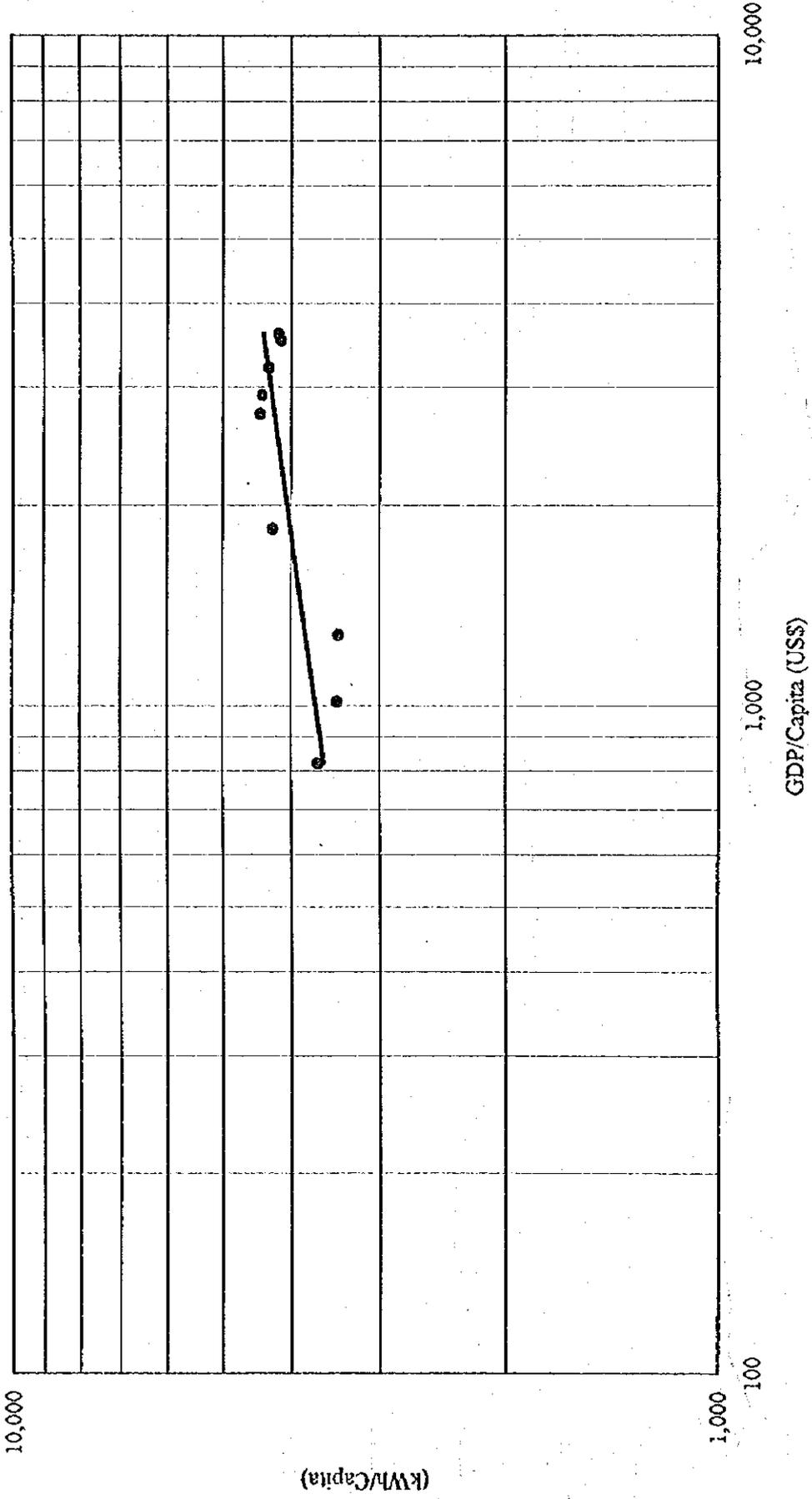


Figure 3-2-2-1: Relationship between per capita GDP and Energy Consumption

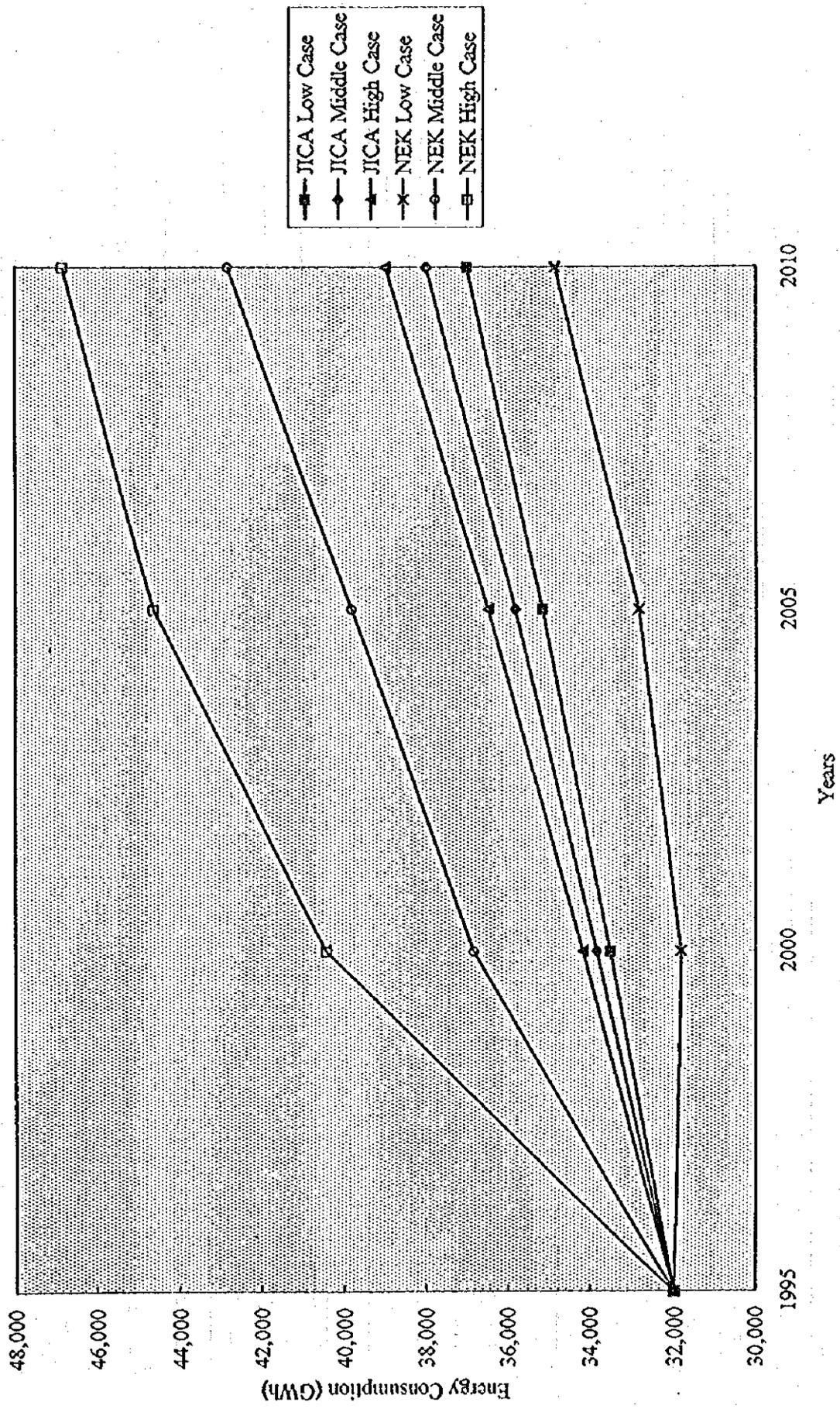
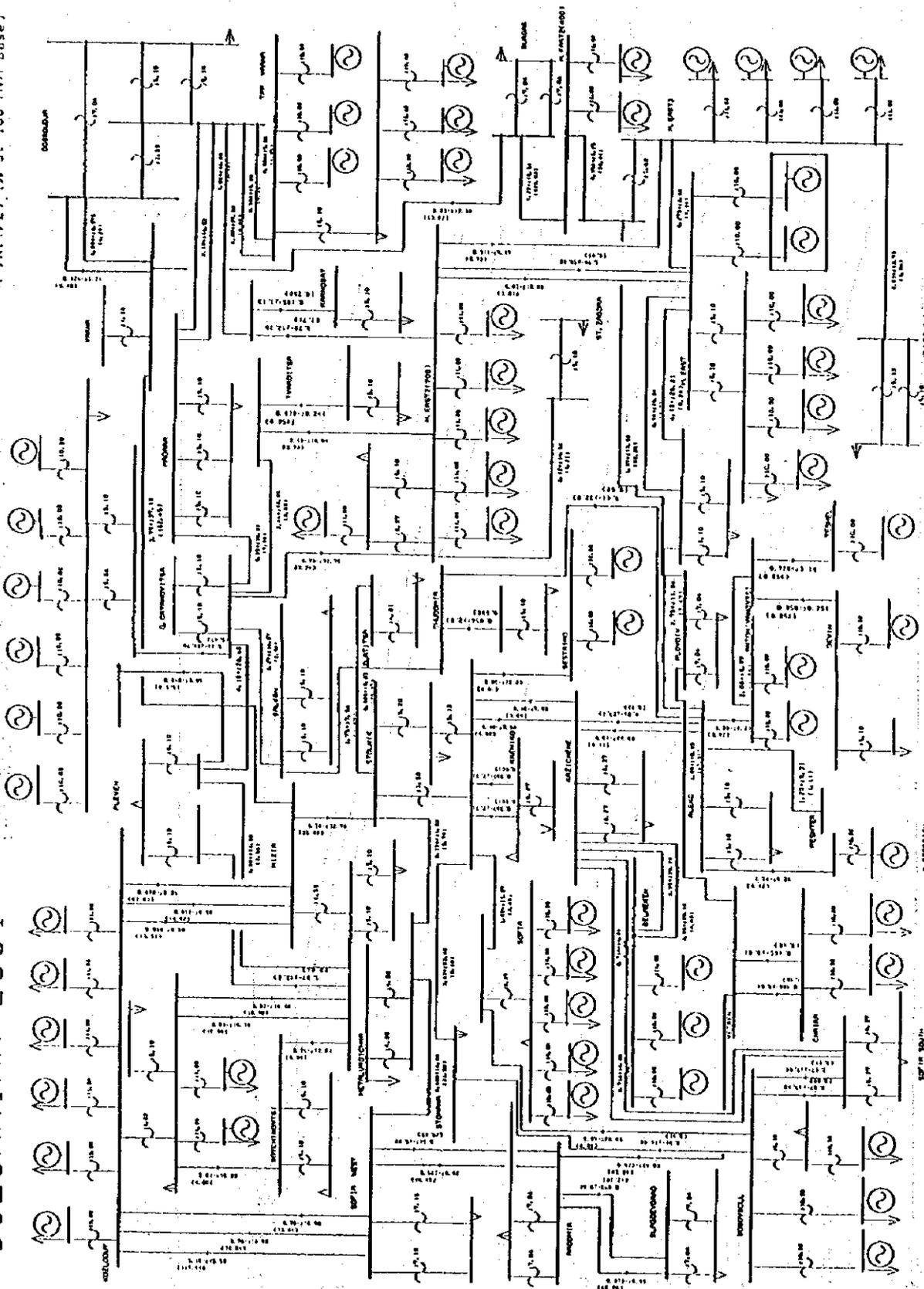


Figure 3-2-3-1: Energy Demand Forecast

BULGARIAN 2001

R=X(Y/Z); (% at 100 MVA Base)



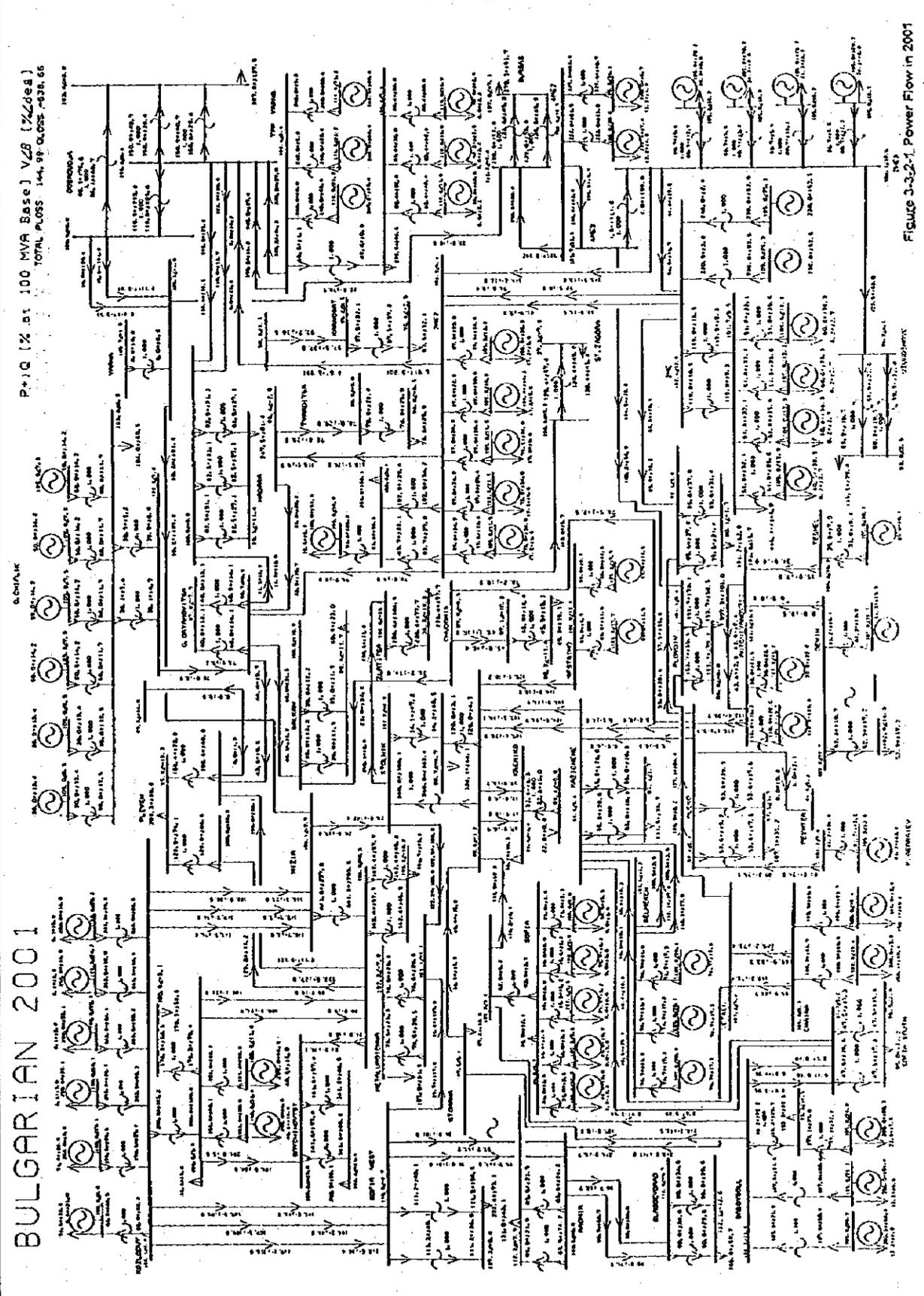


Figure 3-32-1. Power Flow in 2001

GENERATOR ANGLE

Code	Term	Comment	Max	Min	Initial	Final
1 —○—	1RUSS-G1 ANG	ROUSSE	54.24	0.73	22.87	15.76
2 —▲—	2ME-G1 (#5) ANG	M. EAST12	82.76	31.81	43.00	41.23
3 —■—	2ME-G2 (#6) ANG	M. EAST12	82.76	31.81	43.00	41.23

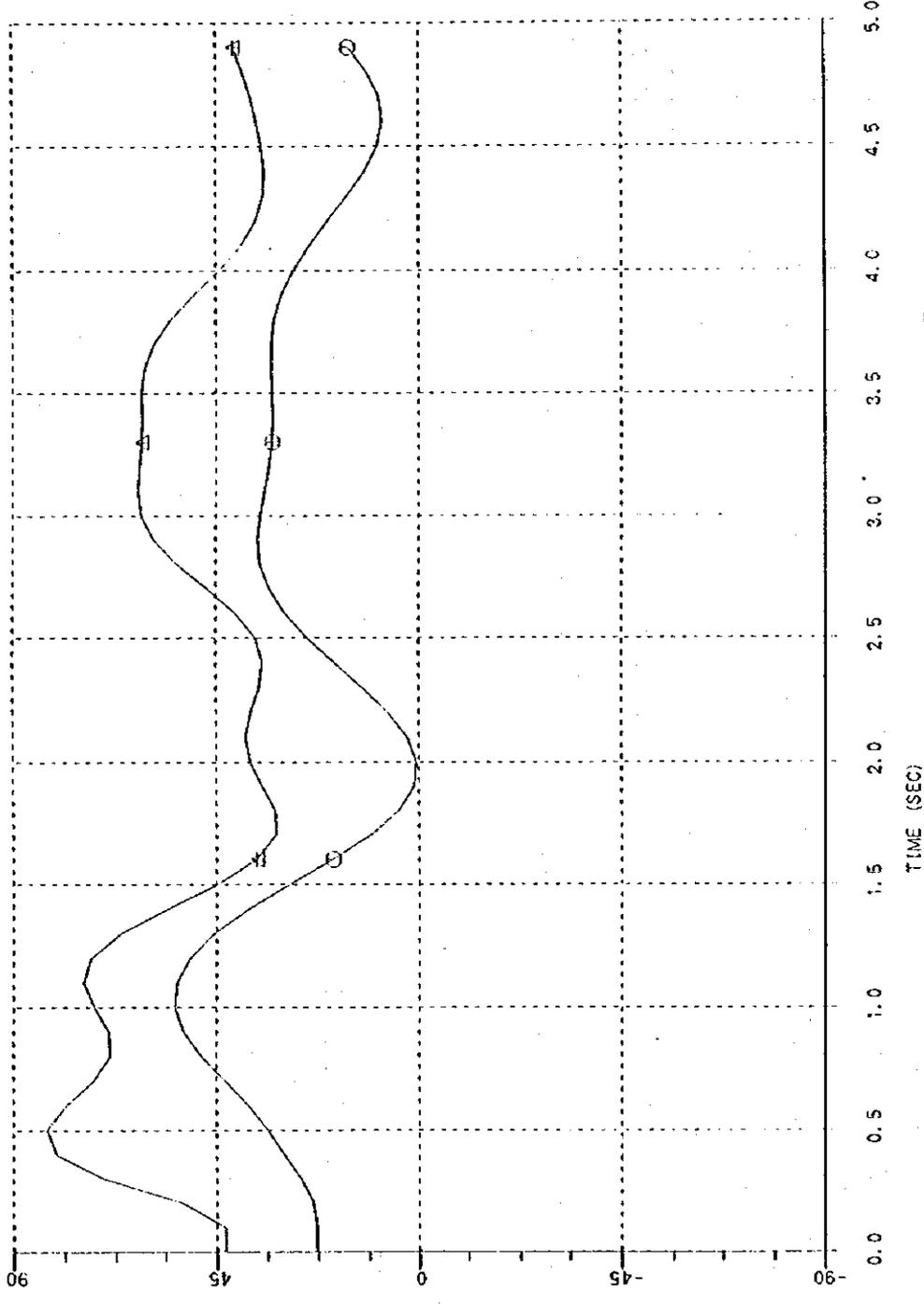


Figure 3-3-2-2 Stability Study

第 4 章 石炭・石灰石供給計画

第4章 石炭・石灰石供給計画

	(頁)
4.1 石炭	4- 1～ 4- 7
4.1.1 ブルガリア国内の現状と計画	
4.1.2 リリツァ・イェスト炭鉱	
4.1.3 採炭及び輸送計画	
4.1.4 再設炉外使用石炭性状	
4.1.5 計画実行に伴う考慮事項	
4.2 石灰石	4- 8～ 4-23
4.2.1 ブルガリア国内の現状	
4.2.2 発電所近郊鉱山の特徴	
4.2.3 採石及び輸送計画	
4.2.4 計画実行に伴う考慮事項	

[List of Tables]

- 4-1-1 : Coal Mines in Bulgaria
- 4-1-2 : Coal produced during the period 1.1.1992 - 31.10.1994
and utilization break-down
- 4-1-3 : Coal Mining Forecast for Bulgaria
- 4-1-4 : SPECIFICATION of MARITSA EAST LIGNITE BASIN/ TROYANOVO 2/ AFTER 1998
for MARITSA EAST 1 TPP
- 4-2-1 : Cement Production Capacity of Each Plant
- 4-2-2 : Properties of Sampled Limestone

[List of Figures]

- 4-1-1 : Locations of Coal Mines in Bulgaria
- 4-1-2 : Locations of Coalfield and Power Stations in Maritsa East
- 4-1-3 : General process flow diagram of the open cast pits
- 4-2-1 : Locations of Limestone Mine and Cement Factory
- 4-2-2 : Locations of Limestone Mines

第4章 石炭・石灰石供給調査

4.1 石炭

4.1.1 「ブ」国内の現状と計画

(1) 炭鉱所在地

「ブ」国を大別して東側と西側に12ヶ所の炭鉱が点在している。

その所在地を Figure 4-1-1 に示す。

(2) 埋蔵量, 炭種, 採炭方法

リグナイトが多く、リグナイト炭鉱が85%以上の埋蔵量を有している。

その各炭鉱別埋蔵量, 炭種, 採炭方法を Table 4-1-1 に示す。

(3) 各炭鉱の出炭実績

1992.1.1～1994.10.31までの各炭鉱別出炭実績を Table 4-1-2 に示す。

(4) 各炭鉱の出炭計画

1995～2020年までの各炭鉱別出炭計画を Table 4-1-3 に示す。

4.1.2 リグナイト炭鉱

(1) 炭鉱所在地

「ブ」国内最大のリグナイト露天掘り炭田で、3鉱区(Troyanovo-North, Troyanovo-1, Troyanovo-3)に分けて操業しており、その周囲3ヶ所にリグナイト第1～3火力発電所が有る。

その炭鉱と発電所の概略位置を Figure 4-1-2 に示す。

(2) 現況と特徴

(a) 管理会社：トロヤノヴォ炭鉱会社(ラドネヴォ町)が統括し、第1～3支社、レモンテック(機械修理), 資本投資会社で構成されている。

(b) 生産量

- ① 1993年実績は概ね 23×10^6 トン/Year であり、その内リグナイト第1～3発電所用は 19×10^6 トン/Year, プリケット用は 4×10^6 トン/Year であった。
- ② 通常毎年5,6月頃から10月中旬頃まで定期点検修理を実施して、秋～冬に生産量を増加するが、最近では財政難から定期点検修理計画が立てにくく、交換部品等も不足し機械不調となっているため、以前の生産量 ($28 \sim 31 \times 10^6$ トン/Year) が低下している。因みに、現況の設備改善には概ね40億Levaの資本投資が必要

となる。

③ 生産量 30×10^6 トン/Year 以下は、採算性が少なく投資は難しいが、各鉱区の現在評価は次のとおりである。

- ・北 鉱区 : 2080 年まで問題なし
- ・トヤノ第 1 鉱区 : 2025 年まで問題なし
- ・トヤノ第 3 鉱区 : 2025 年まで問題なし

(c) 石炭性状

① 「ブ」国基準、発電所用及び 7ヶツ用の石炭性状は、次のとおりであり、その各数値 ベースは灰分= as Air-Dried, 水分= as Received である。

- ・「ブ」国基準=低位発熱量(LHV) 1,300 kcal/kg 以上, 灰分 36%以下
- ・発電所用= LHV 1,300~1,350 kcal/kg, 灰分 34 ~ 35%, 水分52~ 60%
- ・7ヶツ用= LHV 1,300~1,750 Kcal/kg, 灰分 22%以下

② その他性状は、概ね次のとおりである。

- ・S 分= 5~6 % (as Dried Base) : 掘削場所によって変化する。
- ・C= 15% , H₂=1.6% , O₂=5.5% , N₂=0.34% (as Received Base)

③ 他所の低位発熱量は、次のとおりである。

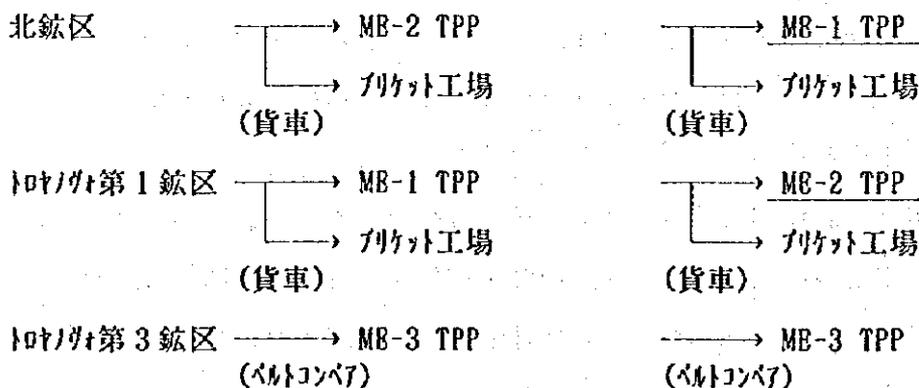
- ・Bobov Dol 炭鉱 (7ヶツに近い): 2,400 kcal/kg
- ・Pirin 炭鉱 (7ヶツに近い) : 4,000 kcal/kg

(d) 各鉱区の供給先と輸送方法

24時間の運転体制は可能であり、現況と将来予定は次のとおりである。

[現 在]

⇒ [2,000~2,005 年頃以降]



(e) 炭層の特徴

① 三層に別れ、その各層の間には粘土が有る。

特に上層 (第 1 層) は、灰分が高く、粘土、砂等のため燃料とならない。

また、力割用はボーリング結果により決めるが、現在中層（第2層）から採掘している。概略下図のような構造となっている。

(層厚)	
50~60 m	——(地表)—— 表土
0.7~0.9m	石炭第1層：不使用 ・灰分 30 %
0 ~ 4 m	粘土 (通称:Blue Clay) ・灰分 60 ~70 %
20 m	石炭第2層 $\left\{ \begin{array}{l} \text{発電用} \\ \text{力割用} \\ \text{発電用} \end{array} \right\}$ ・灰分 20 ~30 % 層中に粘土質分(0.5~2m)が含まれる。(通称:Black Clay)
3 m	粘土 (通称:Blue Clay) ・灰分 60 ~70 %
3 m	石炭第3層：発電用 ・灰分 30 ~35 %
1 ~ 2 m	粘土 (通称:Blue Clay) ・灰分 60 ~70 %

② 現在、S分は 2.0~2.6 % (air dried base)であるが、中層（第2層）と下層（第3層）の差はなく、掘削方向によって変化する。

・北⇒南：S= 2.5 → 1.7 % ・東⇒西：S= 4.55 → 6.0 %

また、灰分 (32~33% as Air-Dried Base)についても掘削方向、深さによって変化する。

・東⇒西：1~2%上昇 ・中層（第2層）⇒下層（第3層）：2~3%上昇

(f) 運用管理

① ブルガリア国基準を遵守するよう運用管理している。特に灰分 $34 \pm 2\%$ になると現状発電設備では運炭及び燃焼に支障を来すことが稀に有るため灰分33~34%を厳守するようにしている。

また、石炭採掘量が年間計画量の5%を超えた場合は政府品質委員会に報告している。

② 石炭第2層の採掘方法は、石炭層上下の粘土層50cmまでをリクレーマで掘り採っており、この方法はブルガリア国基準には無いが、石炭の崩れ等防止のため粘土分まで一緒に採っているものである。なお、石炭第3層は薄いのでフェン力割によって採掘している。

また、石炭第2層中には粘土質分が含まれ、それを完全分離することが困難であり、更に上下層粘土分も合わせて採掘するため発電所への輸送石炭には必

ず粘土分が含まれることとなる。

- ③ 炭鉱の地質調査は、50m 置きに表土から岩盤までのサンプル採取による方法で行われ、各層の地図も作成している。

よって、この地質調査結果に基づき採掘場所等を選定している。

- ④ 灰分 36%以上のものは採らないこととしているが、45% 以上のものを輸送した場合は発電所の貯炭場で良質のものとブレンドして低減を図っている。

但し、発電所では高灰分の石炭は受入れても支払いはしない。

- ⑤ 表土は専用貨車及びベルトコンベアによって炭鉱周辺の専用場所に廃棄処分されており、その輸送設備及び廃棄設備等全て炭鉱会社所有で運用管理されている。その廃棄処分場位置を Figure 4-1-3 に示す。

(g) 発電所との契約条件

- ① 1995年 3月までは灰分と水分がベースであったが、1995年 4月以降は発熱量が追加された単価契約となっている。
- ② 炭鉱会社と発電所との分析値に1%以上の差が出た場合、両者で再度クロスチェックを行うこととなっている。

(h) 輸送問題

- ① 炭鉱から発電所までの途中で石炭貨車を待機させた時、大気温度が-5℃以下になると貨車内面に付着凍結することは有るが、石炭受入れ時貨車付属ヒータやジェットヒータ(固定設備)によって解凍処理されている。
- ② 35年間の経験では、線路のワイヤ切替が凍結等による不能で 3~4 日間位輸送停止したことが有る。
- ③ 線路敷設の場合、発電所との責任分界点は“発電所境界線”となり、発電所までは炭鉱会社が施行する。
- ④ マツダ・イースト第1火力発電所への供給元が 2,000~2,005 年頃トヨタ第1鉱区から北鉱区に変更となっても、現在マツダ・イースト第2火力発電所(1,420MW)へ供給しているので、能力的には問題なしと判断される。

(i) トヨタ北鉱区の概況

- ① 2000年迄に $12\sim 13 \times 10^6$ トン/Year の生産計画は有るが、設備更新がされないと 11×10^6 トン/Year に減産しなくてはならない。
- ② チェンクは、ブ国及び DIN規格により必要の都度(3kg/1回)実施している。

③ S分は水分と灰分による相関表により求めている。

$$S(\%) = 6.03[1 - 0.253(A\%/100)](100 - W\%)/100$$

水分(W) 50→60%	
灰分 (A) 20 ↓ 50 %	2.86
	2.11

④ 炭鋳掘削機械、ベルトコンベア の能力等は次のとおりである。

- ・掘削機能力：1,000 t/h , 3,000 t/h (F17 製, 3年前購入)
- ・掘削方法：第2層上部から15m に位置し、45~80cmの深さで回転させて、左右 50mの首振りが可能である。
- ・ベルトコンベア：2,250m/m巾 (オランダ又はチェコ製)
1,600 ~1,800m/m巾 (ブリクソン&バンド-製)

⑤ 従業員は鉄道、掘削等関係機関を含み12,400人いる。

4.1.3 採炭及び輸送計画

(1) 採炭計画

(a) 検討条件

- ① 採炭鉱区：トヤマ北鉱区
- ② 埋蔵量：512,855 × 10³ ton(1994.1現在)
- ③ 掘削機能力：1,000 t/h , 3,000 t/h
- ④ 運転体制：24時間(2直×12時間)体制可能
- ⑤ 再設方外消費石炭量：840 t/h (420 t/h×2 units)
20,200 t/d (≒840t/h×24 h)
5,160 × 10³ t/y (2units, 年間利用率 0.7)
- ⑥ 掘削機点検修理：夏場(5,6月~10月頃)で、各掘削機 3ヶ月停止する。
- ⑦ 冬場、日照時間、労働安全問題から 1日平均10時間運転とする。

(b) 検討結果

上記 (a)①~④項の採炭能力は再設方外消費量を十分に許容出来るが、掘削機点検修理時期を考慮し、次のような採炭計画を行うものとする。

・採炭量：1日 20,200 ト

$$\begin{cases} 1,000 \text{ t/h 掘削機} = 505 \text{ t/h} \\ 3,000 \text{ t/h } \text{''} = 1,515 \text{ t/h} \end{cases} \quad (\text{計}) 2,020 \text{ t/h}$$

$$(\text{概算}) 20,200 \text{ t/d} = 10 \text{時間} \times (Q_1 + 3Q_1)$$

$$\therefore Q_1 = 505 \text{ t/h} \rightarrow \text{計 } 2,020 \text{ t/h}$$

(2) 輸送計画

(a) 検討条件

- ① 輸送方法：鉄道石炭専用貨車
- ② 貨車能力：1編成 (10両：55 t (Coal)/台)
- ③ 採炭量：20,200 t/d, 2,020 t/h

(b) 検討結果

- ① 貨車は1日当たり37編成必要である。 [$37 = (20,200) / (55) \cdot (10)$]
- ② 1編成 (10両) 貨車への石炭積み込み時間を40分 (含む入出庫) とすると、運行時間は1日当たり25時間を要する。よって、2編成 (10+10両) を基本として、1日当たり13時間程度の運用をする。 [$25 = (37) \cdot (40) / (60)$]

4.1.4 再設炉用燃料使用石炭性状

再設炉用燃料として計画されている石炭性状を Table 4-1-4 に示す。

4.1.5 計画実行に伴う考慮事項

- (1) 再設炉用燃料性状で硫黄分 (S分) が重要な要素となるので、発電所との契約条件には現状の灰分、水分、発熱量に加えてS分の追加が不可欠となる。
よって、ボイラ設計炭である Table 4-1-4に示された石炭性状範囲内の石炭が発電所側に供給されるよう契約条件等の整備について、炭鉱会社との事前協議が必要となる。
- (2) 上項より、S分値は現状の水分/灰分の相関表から求めるのではなく、石炭物リ分析時の実測値を用いる方が望ましい。
- (3) 発電所の貯炭場が現状第1灰捨場に計画されているので、石炭搬入線路の追設改造工事が必要となるので、発電所と炭鉱会社との責任分界点を更に明確にする。

尚、線路敷設工程は再設方針建設工程と既設方針運転状況との協調が必要となる。

- (4) 石炭中の粘土質分は、発電所における運炭及び破碎工程で支障となる最大要因なので、炭鉱側の運用管理をより強化して貨車積み以前に極力粘土質分混入を排除することが望ましい。例えば、採掘時の粘土層掘り込みを可能な限り50→0cmに近づける、輸送途中にスクリーンを設置する、輸送途中で運転操作及び監視員の目視等で排除する等の簡易強化方法が考えられる。

4.2 石灰石

4.2.1 ブルガリア国内の現状

(1) 石灰石資源分布

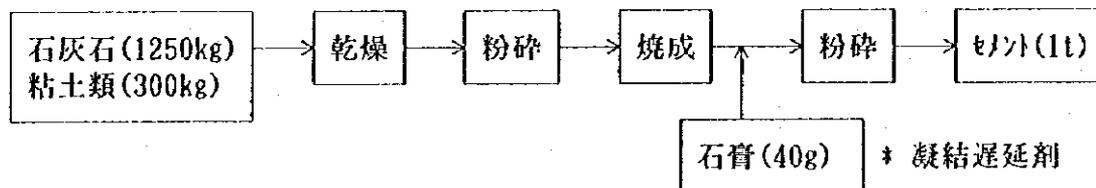
首都ソフィアから 100km 以内に多く分布し、それ以外には黒海周辺と南部に分布している。その石灰石資源分布とセメント工場を Figure 4-2-1 に示す。

(2) セメント産業

(a) 石灰石は、セメント原料の中でメインとなる。

その概略製造方法（例：セメント製造）は、次のとおりである。

（原料）



(b) セメント工場は石灰石資源の近隣に立地し、全部で 6 工場有る。

なお、粘土類も大部分は工場の近隣から調達出来るが、燃料については全部の工場がロシアから天然ガスを輸入して燃料の全量を賄っている。

(c) セメント生産量は 1,990 年まで年間 500 万トン前後であったが、市場経済に移行した 1,991 年以降半分以上に落ち込んでいる。その大きな理由は、ブルガリア国各種産業の国際競争力問題より厳しい不況とインフレに見舞われたことと、セメント消費が多い従前の建築様式があまり使われなくなったこと等である。

また、セメント消費の大部分は国内であり、輸出は微々たるものである。

(d) 全セメント工場の生産能力を Table 4-2-1 に示す。

セメント品質は ISO 規格によっているが、仕上げミルにセパレータが付設されていないため高品質のセメント製造が困難であり、唯一製造可能なのは Vulkan 工場に限定される。

(e) セメント工場の環境面で問題となるのは大気関係で SO_2 , NO_x , PM_{10} であるが、

現在は PM_{10} のみに注目されており、各工場とも煙突前段の電気集塵機設置による対応が図られている。しかし、現状の PM_{10} 排出量は概ね $100mg/m^3N$ であり、1,995 年以降は EC 基準 ($80mg/m^3N$) を満足する必要が有る。

また、騒音、振動については工場の周辺に人家が少ないことから特に問題視されていない。

4.2.2 発電所近郊鉱山の特徴

メソポタミア第1火力発電所の近郊に有る石灰石鉱山とその主な特徴は、次のとおりである。各鉱山所在地を Figure 4-2-2 に示す。

(1) フラットランド 鉱山 (発電所から北約80km, スラザラから東約25km)

- (a) 当鉱山の運営会社はイネルマツ社 (本社はスラザラに有る) である。
- (b) 1960~1965年に実施された地質調査は、セメント工場建設計画 F/S用であったが、テイミログラッド鉱山 (フルン工場) が開発されたので当計画は中止され、当所は採石して道路用やコンクリート等建材用の砂利(バラスト)製造所として運営されており、発電所までの鉄道施設が有る。
- (c) 地質調査 (エネコポウ社) 結果によると、石灰石埋蔵場所は採石処理場から約 7 km 山奥に有り、埋蔵量は約 90×10^6 トン、表層 2~3mは粘土質でその下 4~5m の石灰石層が有る。
- (d) 当所の砂利生産能力及び粉砕機能力は、次のとおりである。

・生産能力 : 100万 ton/年 粒径 : 25 段階で 7種類まで可能

・粉砕機能力 : 第 1段 PKB 2120mmφ/330m³/hr

±24mm×3.5 → + 80 mm

第 2段 PKB 2120mmφ/100m³/hr

±10mm×3.5 → + 0.15 ~65 mm

- (e) 石灰石開発の諸手続きには 2ヶ月を要する。
- (f) 石灰石性状 (日本における分析結果) を Table 4-2-2 に示す。

(2) テイミログラッド 鉱山 2ヶ所 (ムル、フル)

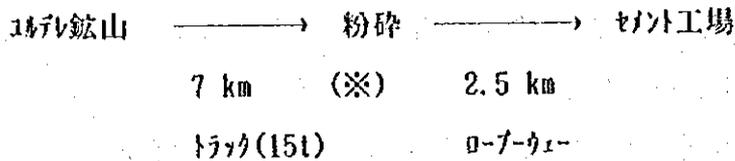
(発電所から南西約60~90km, ハスコガ から北約10kmと東南約20km)

- (a) 当鉱山の運営会社は フルン セメント会社 (テイミログラッドに有る) である。
- (b) セメント工場は1947年から生産開始され、セメント原料である石灰石は 2ヶ所から採取しており、その消費量は現在 500×10^3 トン/Year であって、2,050 年迄は生産可能と予想されている。
- (c) 石灰石の埋蔵量は次のとおりであるが、1,976 年以降地質調査が行われていないので、今後再調査を要する。

・ムル 鉱山 214×10^6 トン

・フル 鉱山 33×10^6 トン

(d) 石灰石鉱山からセメント工場までの輸送方法は、次のとおりである。



※粒径 25m/m以下に粉碎する。

粉碎機(1m/m 以下可能): 400t/h ×1 台, 250t/h ×1 台 (予備)

(e) エルドレ鉱山の石灰石性状 (日本における分析結果) を Table 4-2-2 に示す。

(3) カネツ鉱山 (発電所から東北約100km, ファンボから約30km)

(a) 当鉱山の所有は ファンボ市である。

(b) 未だ地質調査は行われておらず、埋蔵量等データが一切無い。

(c) 外観上、エルドレ鉱山の石灰石よりは良くないようである。

(d) 石灰石性状 (日本における分析結果) を Table 4-2-2 に示す。

4.2.3 採石及び輸送計画

(1) 採石計画

(a) 検討条件

① 採石鉱山: 4 鉱山 (フチクンフェ, エルドレ, フラ, カネツ)

② 埋蔵量 : フチクンフェ 鉱山 = 90×10^6 トン (未開発)

エルドレ 鉱山 = 214×10^6 トン (セメント用に使用中)

フラ 鉱山 = 33×10^6 トン (同上)

カネツ 鉱山 = — (未調査)

③ エルドレ, フラ 鉱山で生産された石灰石はセメント用原料として 500×10^3 トン/Year 消費され、同鉱山は2,050 年迄は運転継続することになっている。

④ 採石時間は日照時間、労働安全問題等より 1日当たり平均10時間とする。

⑤ 再設セメント石灰石必要量: 180 t/h (90 t/h × 2 units)

$4,300$ t/d (≈ 180 t/h × 24hr)

$1,100,000$ t/y (2 units, 年間利用率 0.7)

⑥ 各鉱山の石灰石性状を Table 4-2-2 に示す。

⑦ 石灰石粒径は輸送・貯蔵時を考慮して 50 m/mφ以下とする。

(b) 検討結果

① 埋蔵量及び性状からすると“ムル山”が最有力である。

しかし、方ヶヶ山からリッパ燃焼試験用に採取した石灰石(100t)でも燃焼及び脱硫効果上特に問題が無かったこと、必要な粒徑に粉碎し鉄道輸送が可能であること、脱硫材専用山として開発が可能なこと等から“方ヶヶ山”から採石する計画とする。

② 1日必要石灰石量より1時間当たり430t/hを採石する。

$$[Q = (4,300\text{t/d}) / (10\text{hr}) = 430\text{ t/h}]$$

③ 必要粒徑までの粉碎は既設粉碎機を流用することとする。

但し、採石場から粉碎機までの輸送はローダー方式(7km新設)とする。

(2) 輸送計画

(a) 検討条件

① 輸送方法：鉄道(方ヶヶ山→発電所)

② 発電所までの距離：約80km

③ 輸送石灰石量：4,300 t/d (430t/h×10hr)

(b) 検討結果

① 貨車は1日当たり8編成必要である。[$8 = (4,300) / (55) \cdot (10)$]

② 1編成(10両)貨車への石灰石積み込み時間を40分(含む入出庫)とすると、運行時間は1日当たり6時間を要することとなる。[$6 = (8) \cdot (40) / (60)$]

4.2.4 計画実行に伴う考慮事項

(1) 脱硫材として使用する場合、約3mm以下以下の粒徑を要求されるが、山で粉碎すると輸送貨車構造等による公害問題発生が予想されるので、輸送・貯蔵に必要な粒徑(50mm以下)まで処理し、最終粒徑には発電所において粉碎処理する方が望ましい。

(2) 方ヶヶ山は未開発であり、地質調査が30年前に行われたので、再度地質調査を実施する方が望ましい。

(3) 石灰石山の開発については、ムル山第2火力発電所(No.8 Unit)排煙脱硫装置設置計画との協調が必要である。

また、その鉱山開発には概ね次の建設費及び運転経費（年間）が必要となる。

[建設費] ①掘削設備：1式 4,000,000 US\$

ドリル等掘削装置で採石後、ブルドーザーで回収しトラックでローワー発着所へ運び積み込むまでの機器購入、据付等全ての費用である。

②運搬設備：1式 10,000,000 US\$

採石場から貨車積み込み場までの輸送設備購入、据付等全ての費用である。但し、地形等の条件次第で大幅に費用の増減が有り得る。

[運転経費] 1式 800,000 US\$/year

ユーティリティ(燃料、潤滑油、電気etc)、鉄道輸送等に係る費用である。

(4) 167ル鉱山を利用する場合は、輸送方法やセメント生産等の問題をブルドーザー社及び関係機関と事前に十分なる協議をする必要が有る。

又、同鉱山の地質調査は20年前に実施されただけなので、埋蔵量等正確な地質を把握するためにも再調査が望ましく、発電所までの距離及び安全・輸送力等を考慮するとトラックより鉄道貨車輸送の方が優位なので、鉄道線路の開発が必要となる。

Table 4-1-1 Coal Mines in Bulgaria

MINES	DATA	Balance of Deposits on 01.01.1994 thousand t.	Type of Coal	Mining method
1. Maritsa East Mines Of them : Troyanovo 1 Troyanovo North Troyanovo 3		2,312,214 684,677 512,855 512,855	Lignite Lignite Lignite Lignite	Opencast Opencast Opencast Opencast
2. Beli Breg Mine		26,257	Lignite	Opencast
3. Staniantsi Mine		18,027	Lignite	Opencast
4. Chukurovo Mine		10,659	Lignite	Opencast
5. Bistritsa Mine		31,588	Lignite	Underground
6. Maritsa Basin Mines		61,753	Lignite	Underground
7. Bobov Dol Mines		165,985	Brown	Underground and opencast
8. Pernik Mines		25,783	Brown	Underground and opencast
9. Cherno More Mine		20,709	Brown	Underground
10. Pirin Mine		20,189 4,180	Brown Lignite	Underground Underground and opencast
11. Balkan Basin Mines		7,253	Hard	Underground
12. Anthracite Mine		3,746	Anthracite	Underground

Table 4-1-2 Coal Produced during the Period 1.1.1992 - 31.10.1994
and Utilization Break - down

10³ tonnes

Company	1992						1993						January - October 1994		
	Tonnage Estimate Total :	Steam Coal	Briquet-table Coal	Commodity Fund & Other Consumers	Tonnage Estimate Total :	Steam Coal	Briquet-Table Coal	Commodity Fund & Other Consumers	Tonnage Estimate Total :	Steam Coal	Briquet-table Coal	Commodity Fund & Other Consumers	Steam Coal	Briquet-table Coal	Commodity Fund & Other Consumers
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1. Maritsa East Mines Of them : Troyanovo 1 Troyanovo North Troyanovo 3	7,672 8,406 8,042	5,059 7,271 8,042	2,613 1,135		7,538 8,010 7,209	4,364 7,454 7,209	3,174 556		5,272 6,726 6,033	3,075 6,562 6,033	2,197 164				
2. Beli Breg Mine	563	534		29	505	480		25	410	386					24
3. Staniantsi Mine	584	542		42	535	495		40	448	415					33
4. Chukurovo Mine	430	367		63	452	389		63	325	282					43
5. Bistritsa Mine	80	51		29	85	61		24	42	38					4
6. Maritsa Basin Mines	863	863			926	926			755	755					
7. Bobov Dol Mines	1,426	1,275		151	1,483	1,334		149	1,118	1,012					106
8. Pernik Mines	1,314	1,169		145	1,389	1,240		149	1,080	966					114
9. Cherno More Mine	240	235		5	212	204		8	164	160					4
10. Pirin Mine	402	303		99	364	269		95	247	199					48
11. Balkan Basin Mines	201	201			222	222			126	126					
12. Anthracite Mine	45			45	41			41	25						25

Table 4-1-3 Coal Mining Forecast in Bulgaria

10⁶ tonnes

Company	1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001 - 2005		2006 - 2010		2011 - 2015		2016 - 2020	
	Estim. Q-ty	Steam Coal																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1. Maritsa East Mines - As per Coal Mining Development Concept - As per the Maximum Mining Capacities	22,254	18,334	25,880	23,090	26,430	23,630	27,380	24,580	27,880	25,080	28,380	25,580	32,000	29,000	32,000	29,000	32,000	29,000	32,000	29,000
2. Beli Breg Mine	522	450	530	450	570	450	665	565	665	565	665	565	665	565	665	565	665	565	665	565
3. Stamboltsi Mine	540	500	540	500	540	500	710	610	710	610	710	610	900	800	900	800	900	800	900	800
4. Chukurovo Mine	440	350	440	360	450	360	450	360	450	360	450	360	450	360	450	360	450	360	450	360
5. Bistritsa Mine	2,000	1,370	1,830	1,540	1,830	1,590	1,910	1,660	1,910	1,660	1,910	1,660	1,845	1,660	1,810	1,660	1,865	1,660	1,880	1,660
6. Maritsa Basin Mines	1,950	1,110	1,150	1,010	1,252	1,100	1,216	1,075	1,200	1,060	1,200	1,075	1,085	1,000	940	920	970	920	915	865
7. Bobov Dol Mines	1,000	995	995	990	995	990	995	990	995	990	995	990	995	990	995	990	995	990	995	990
8. Pernik Mines	205	160	215	160	215	180	215	180	215	180	215	180	235	180	235	180	235	180	235	180
9. Cherno More Mine	330	255	365	225	385	245	395	255	415	275	415	275	445	305	365	225	365	225	365	225
10. Pirin Mine	220	210	237	200	237	170	355	170	475	290	475	290	495	300	495	300	495	300	495	300
11. Balkan Basin Mines	110	80	110	65	110	65	110	65	110	65	110	65	110	65	110	65	110	65	110	65
12. Anthracite Mine	24		28		28		28		28		28		28		28		28		28	

Table 4-1-4 SPECIFICATION
of MARITSA EAST LIGNITE BASIN / TROYANOVO 2 / AFTER 1998
for MARITSA EAST 1 TPP

No.	Indicator	Measure Unit	Coal Analysis			
			N1 Guaranteed	N2 with Amax	N with Wmax	N with Qmax
1.	Ash, air-dried base	%	35.50	45.00	33.00	30.0
2.	Moisture as received	%	55.0	49.0	57.0	55.0
3.	Ash as received	%	15.98	22.95	14.09	13.5
4.	Carbon as received	%	18.23	18.85	18.22	20.17
5.	Hydrogen as received	%	1.54	1.42	1.54	1.70
6.	Oxygen as received	%	5.46	5.05	5.47	6.02
7.	Nitrogen as received	%	0.32	0.30	0.32	0.35
8.	Combustible sulphur as received	%	2.7	3.2	2.9	2.4
9.	Volatiles from mineral substance as received	%	1.51	2.19	1.35	1.28
10.	Calorific value (LHV)	kcal/kg KJ/kg	1,410 5,910	1,315 5,510	1,400 5,860	1,590 6,660
11.	Volatiles combustible base	%		60	--	64
12.	Hygroscopic moisture	%		11		
13.	Milling efficiency as per --K			0.83	--	1.22
	-- for guaranteed coal			k =		1.1
14.	Ash analysis					
	SiO ₂	%		35	--	50
	Al ₂ O ₃	%		16	--	32
	Fe ₂ O ₃	%		7	--	20
	MgO	%		1.5	--	3.5
	CaO	%		2.5	--	5.0
	SO ₂	%		2.5	--	15
15.	Ash Fusion Temperature					
	A. In oxidizing environment (by Leitz)					
	for Analysis 1,2,3					
	-- deformation point	t°C	1,250	1,220	--	1,300
	-- melting point	t°C	1,280	1,260	--	1,300
	-- running point	t°C	1,300	1,280	--	1,300
	B. In semi-reduction environment (by Bunte-Baum)					
	for Analysis 4					
	-- deformation point,	t°C		1,050	--	1,150
	-- melting point,	t°C		1,150	--	1,300
	-- running point,	t°C		1,200	--	1,400
16.	Density	gr/cub.cm		1.5	--	1.9
17.	Bulk weight	kg/cub.m		700	--	1,100

Table 4-2-1 Cement production Capacity of Each Plant

	Plant	Major Production Facility			Production (1,000 t/yr)		No. of Employee
		Raw Material Mill	Bake Kiln	Finishing Mill	Design Production	Actual Production	
1	Beli Izvor	Tube mill 4 units	Dry SP kiln (SP: suspension preheater) 3 units	Tube mill 4 units	1,500	700 ~ 800	1,100
2	Zlarna Panega	Tube mill 5 units	Dry SP kiln 5 units	Tube mill 5 units	1,000	600	1,000
3	Devnja	Tube mill several small mills 4 units	Wet kiln 6 units	Tube mill small mill 5 units	1,800	1,100 ~ 1,200	1,500
4	Pleven	Tube mill 2 units	Dry SP kiln 2 units	Tube mill 4 units	300	200	600
5	Granitoid	Tube mill	Wet kiln 2 units	Tube mill 4 units	700	0 (Suspended)	900
6	Vulkan	Tube mill	Wet kiln 4 units	Tube mill 5 units	400	200	700
Total					5,700	2,800 ~ 3,000	5,800

Table 4-2-2 Properties of Sampled Limestone

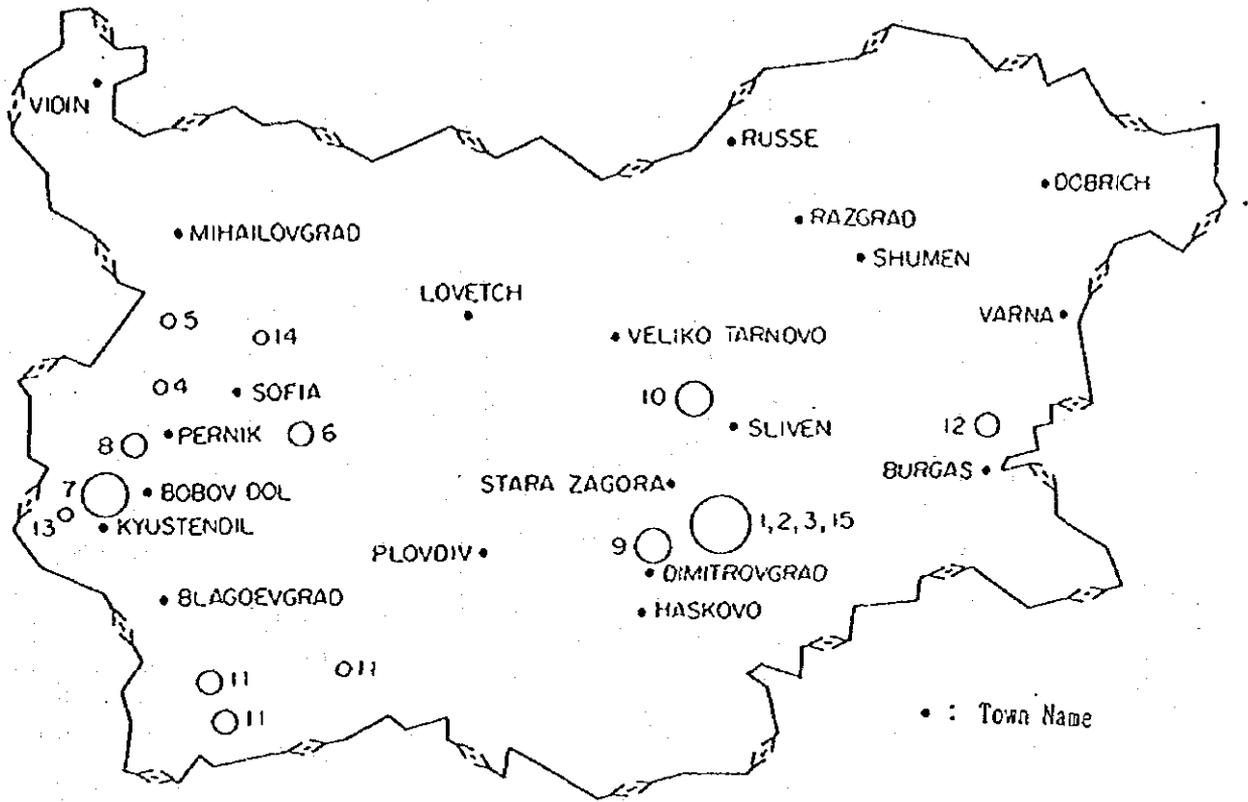
Sampled Location	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ignition Loss (1,000°C)	Purity (as CaO)	Remarks
Brayakunchevi	57.91	37.15	0.92	0.53	1.91	45.8	58.84	
Yurdere	54.0	0.16	<0.01	0.13	0.02	43.3	99.41	
Kamenets	54.0	0.38	<0.01	0.13	0.09	43.1	98.88	

Unite (%)

(Reference) According to Appendix 3, 'Limestone analysis' in the Request for Development study by Bulgaria (Jan. 12, 1994), the original limestone analysis showed Ca: 38.8% and Mg: 0.1%. The following values are acquired after converting these values into CaO and MgO in the above table.

$$\left. \begin{array}{l} \text{CaO: } 54.32 (= 38.8 \times 56 / 40) \\ \text{MgO: } 0.17 (= 0.1 \times 40 / 24) \end{array} \right\}$$

These values are similar to those of the limestone from Yurdere.



I. POSITION :

1. TROYANOVO I
2. TROYANOVO NORTH
3. TROYANOVO 3
4. BELI BREG
5. STANIANTSI
6. CHUKUROVO
7. BOBOV DOL
8. PERNIK
9. MARITSA BASIN
10. BALKAN BASIN
11. PIRIN
12. CHERNO MORE
13. BISTRITSA
14. ANTHRACITE
15. BRIKETNA FABRICA

II. COAL

- LIGNITE : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 13
- BROWN : 7, 8, 11, 12
- BLACK : 10
- ANTHRACITE : 14

III. MINES

- OPEN : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11
- UNDERGROUND : 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Figure 4-1-1 Locations of Coal Mines in Bulgaria

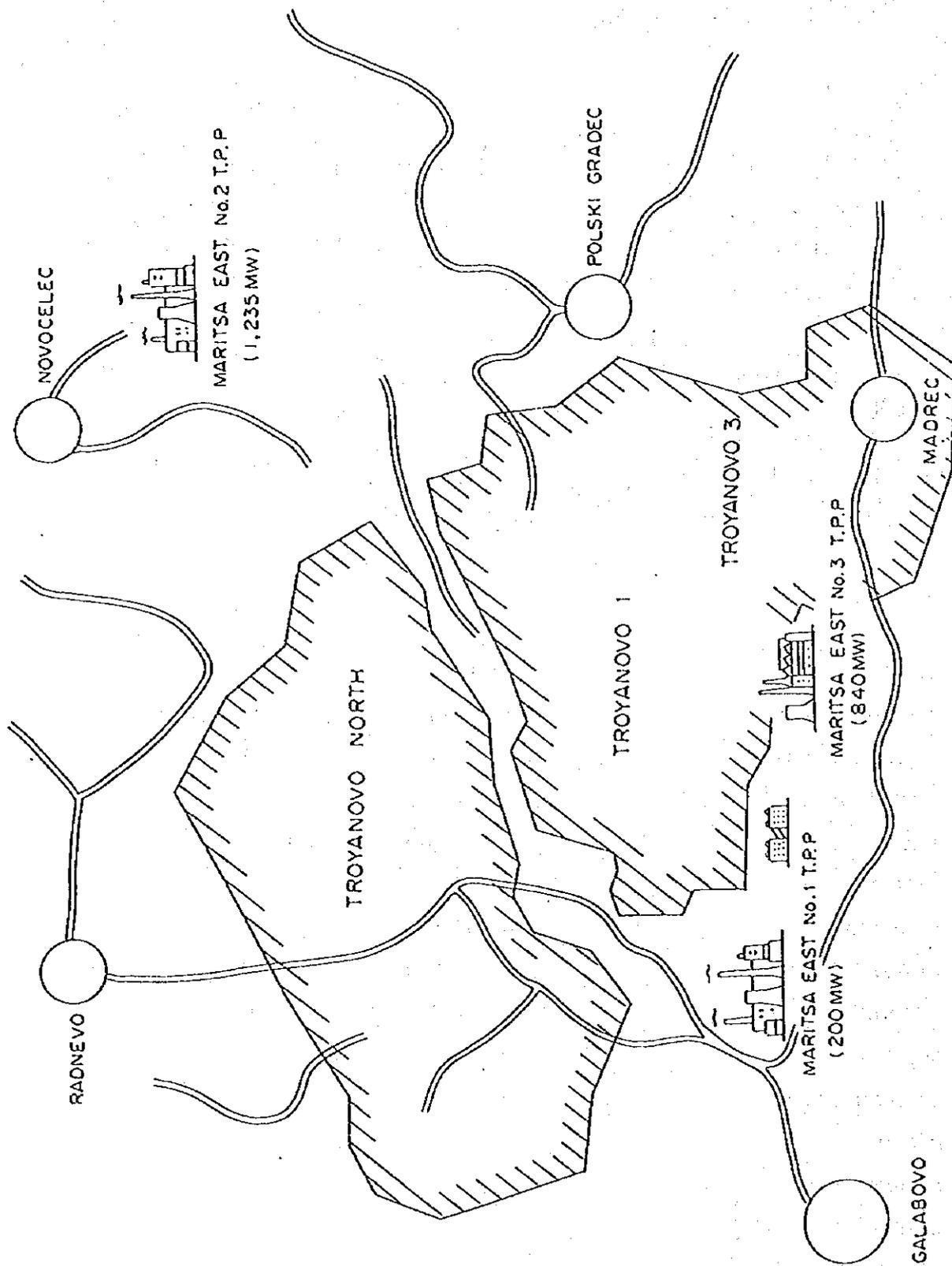
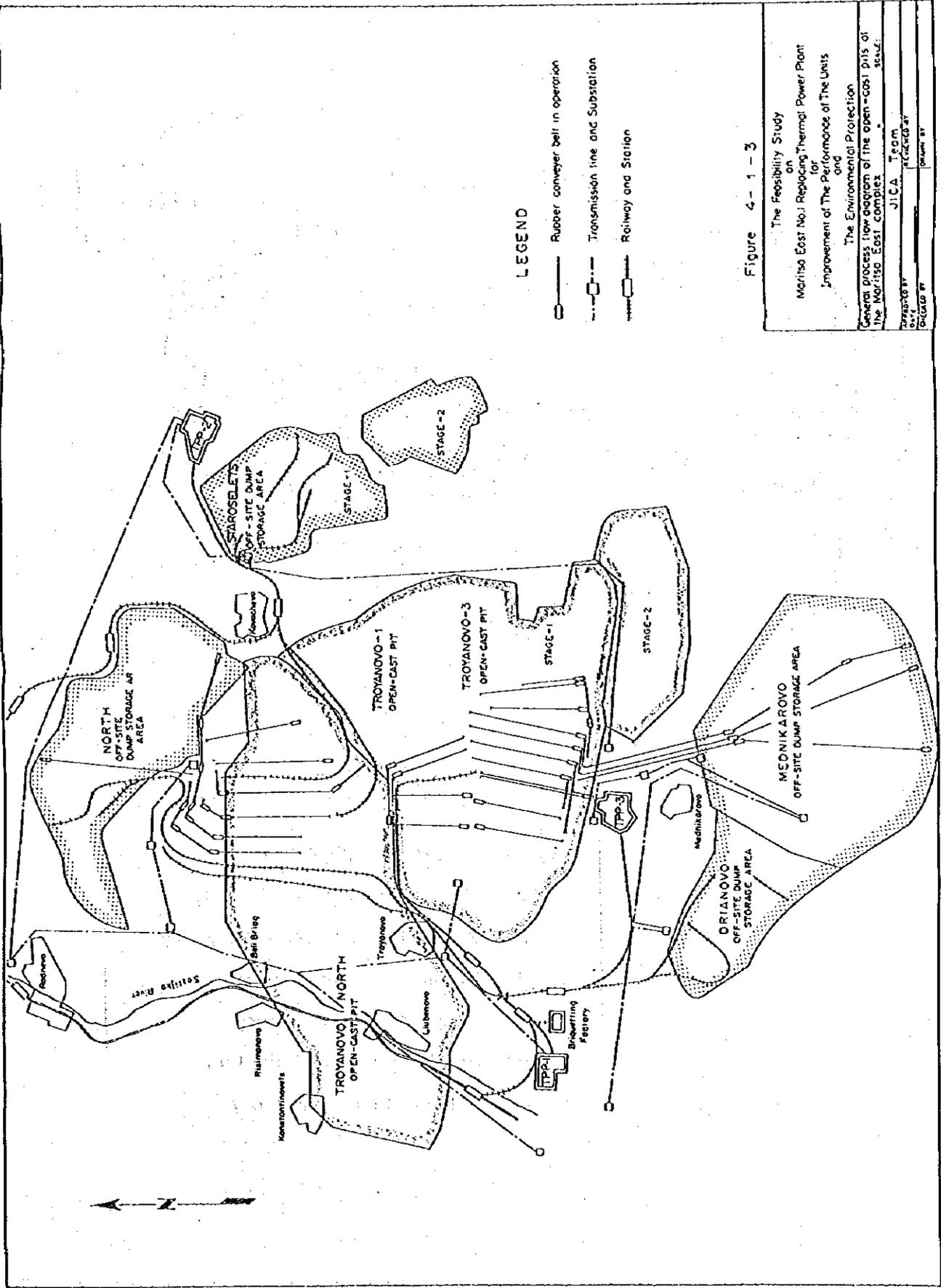
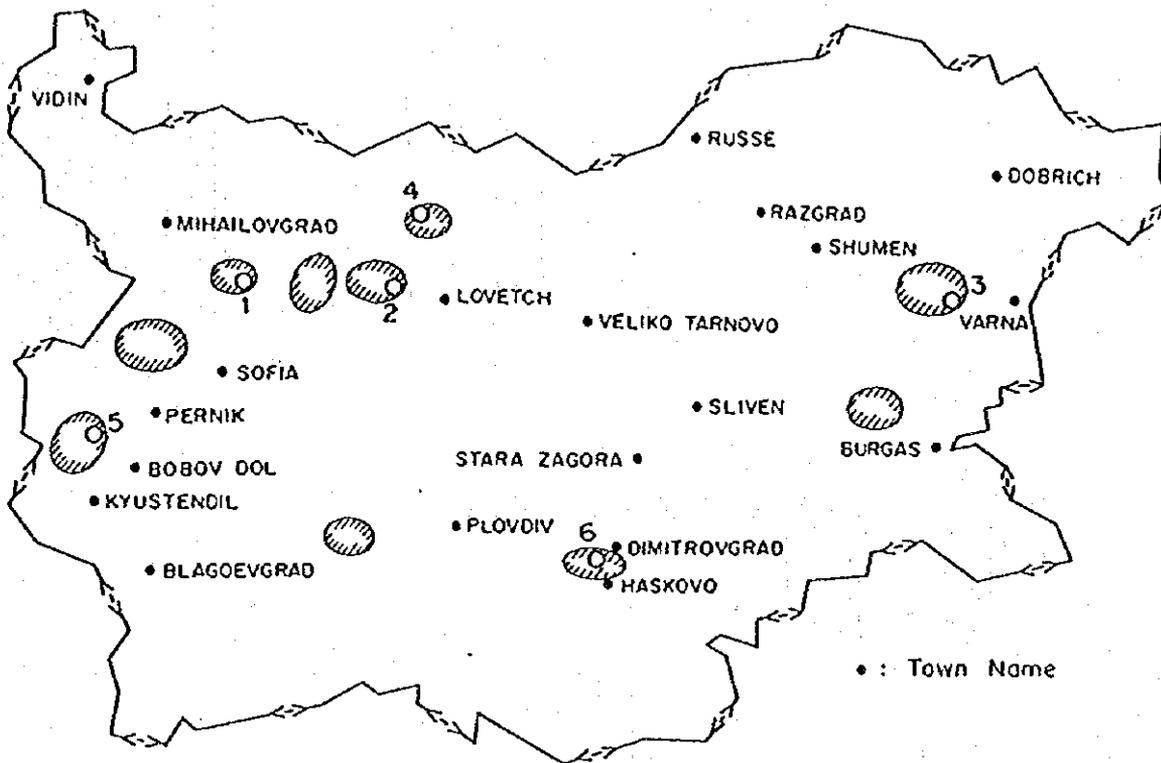


Figure 4-1-2 Locations of Coalfield and Power Stations in Maritsa East

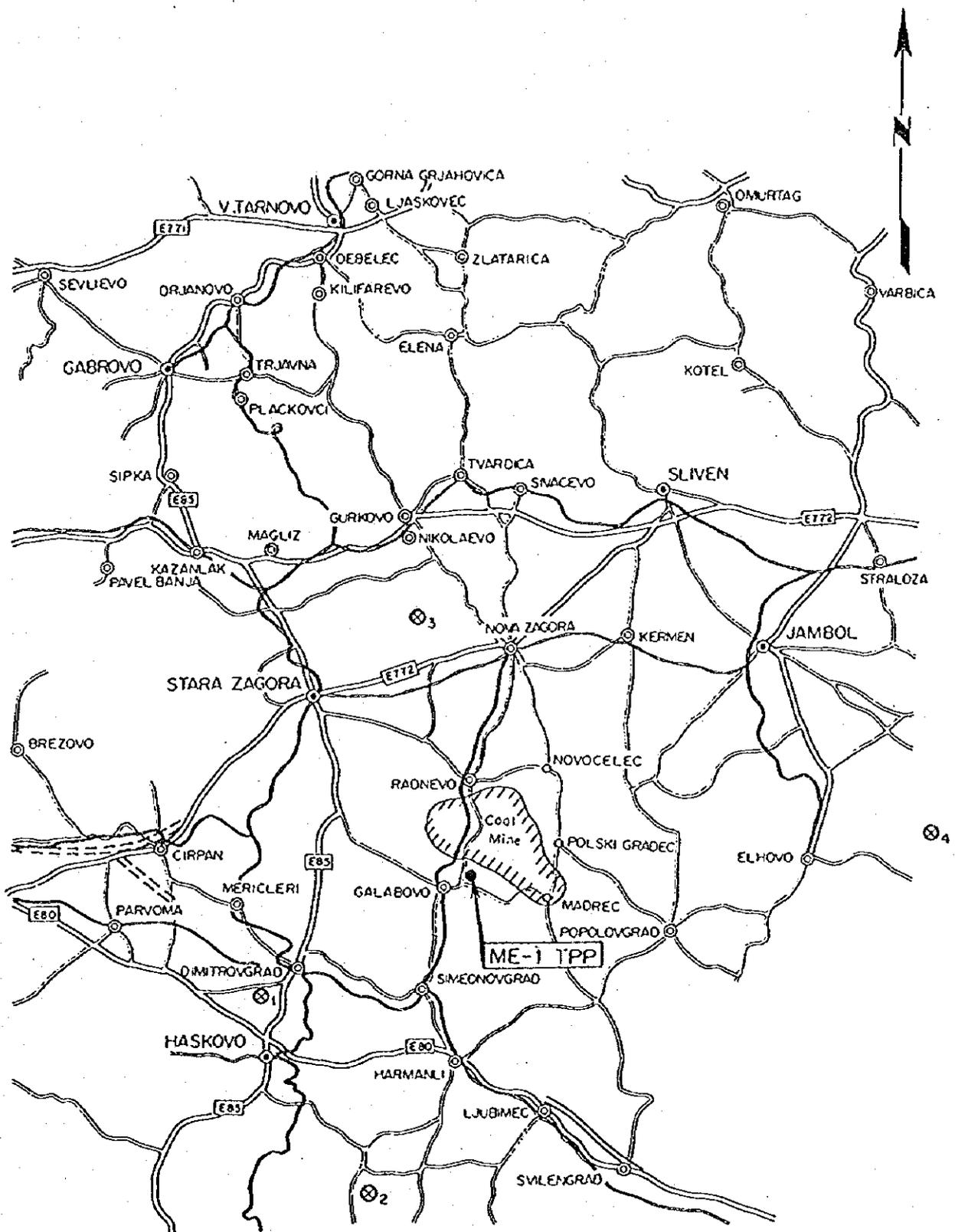




LEGEND

	Limestone Mine Area
○ 1	Beli Izvor / Cement Factory
○ 2	Zlatna Panega / Cement Factory
○ 3	Devnja / Cement Factory
○ 4	Pleven / Cement Factory
○ 5	Granitoid / Cement Factory
○ 6	Vulkan / Cement Factory

Figure 4-2-1 Locations of Limestone Mine and Cement Factory



LEGEND

⊗ ₁	YURDERE Limestone Mines
⊗ ₂	CHALA Limestone Mines
⊗ ₃	BARACHAKUNCHUVI Limestone Mines
⊗ ₄	KAMENETS Limestone Mines

Figure 4-2-2 Locations of Limestone Mines

第 5 章 最適開発計画

第5章 最適開発計画

	(頁)
5.1 検討諸元	5- 1~ 5- 5
5.1.1 技術面の基本方針	
5.1.2 検討共通諸元	
5.2 ボイラ型式選定	5- 6~ 5-18
5.2.1 ボイラ型式の種別	
5.2.2 ボイラ型式の特徴	
5.2.3 ボイラ型式別のユーティリティ設計結果	
5.2.4 ボイラ型式別のレイアウト検討結果	
5.2.5 ボイラ型式選定の検討結果	
5.3 タービン・発電機型式選定	5-19~ 5-21
5.3.1 蒸気タービンの型式選定	
5.3.2 発電機の型式選定	
5.4 既存流用可能設備	5-22~ 5-31
5.4.1 取放水設備	
5.4.2 本館タービン室	
5.4.3 煙 突	
5.4.4 機械設備	

[List of Tables]

- 5-1-1 : Design Lignite Properties
- 5-1-2 : Design Limestone Properties
- 5-1-3 : Heavy Oil Properties
- 5-2-1 : 評価対象ボイラ型式選定の技術・経済比較
- 5-2-2 : Planned Performance
- 5-4-1 : 既設タービン室健全性調査まとめ

[List of Figures]

- 5-2-1 : CFBC (230MW) Layout
- 5-2-2 : BFBC (230MW) Layout
- 5-2-3 : PCF+FGD (230MW) Layout
- 5-2-4 : Effective Stack Height vs. Adjacent Structure Height
on a 120 m High Stack, MB-1 P/S
- 5-3-1 : Section of TCDF Type Turbine
- 5-4-1-1 : Intake and Discharge Tunnel

第5章 最適開発計画

5.1 検討諸元

5.1.1 技術面の基本方針

ブルガリア国と合意されている本調査の基本条件は、以下のとおりである。

(1) 電気出力 350～400MW

但し、蒸気供給は発電用と地域暖房用（25Gcal/h）とする。

(2) 旧5～6号機（2×150MW）跡地及び設備（タービン建屋、煙突、冷却水系統設備、重油タンク、起動用ボイラ）を可能な限り再利用する。

(3) 環境規制は、ブルガリア国及びEC基準を満足すること。

(4) ブルガリア国の法律を遵守すること。

(5) ボイラ型式は、流動床燃焼または従来型微粉炭燃焼方式を検討する。

(6) 調査業務の一部を現地コンサルタント会社に再委託する。

(7) 工事費の低減を考慮した計画とする。

5.1.2 検討共通諸元

プラント設計を行うに当たって技術面の基本方針の詳細をNEKと協議した結果、基本設計諸元を以下のとおり定めた。

(1) 定格出力

電気出力 230MW×2ユニットとする。

(2) 地域暖房用温水

25Gcal/hとする。

地域暖房用温水設備は両号機に設置するが、供給はどちらか一方のみとする。

この時、温水供給している号機の電気出力は供給熱量に応じて減じるものとする。

(3) 蒸気条件

発生蒸気量は以下に示す2 Caseの内で大きいほうのCase 1から選定し、740t/h（MCR）とした。

(a) Case 1：発電機出力 230MWの場合

$(680\text{t/h}[\text{電気出力}230\text{MW発生時のタービン必要量}] + 10\text{t/h}[\text{スチーム・エア・ヒータ使用量}] + 20\text{t/h}[\text{補助蒸気使用量}]) \times 1.03[\text{MCR/BCR比}] = 740\text{t/h}$

(b) Case 2 : 発電機出力200MWで地域暖房用温水 25Gcal/h供給の場合

(613t/h[電気出力200MW発生時のタービン必要量]+10t/h[スチーム・エア・ヒータ使用量]+20t/h[補助蒸気使用量]+40t/h[地域暖房用使用蒸気量])×1.03 [MCR/BCR比]≒710t/h

また、主蒸気圧力・温度及び再熱蒸気温度は以下に示すように自然循環型ボイラで一般的に用いられている値とした。

- | | | |
|----------|---|----------|
| ① 主蒸気圧力 | 169kg/cm ² g (2,400lbf/in ²) | (タービン入口) |
| ② 主蒸気温度 | 538°C (1,000°F) | (タービン入口) |
| ③ 再熱蒸気温度 | 538°C (1,000°F) | (タービン入口) |

(4) 設計リグナイト及び灰性状

開発調査要請書 [Terms of Reference] ('95年1月12日) Appendix 2 の "SPECIFICATION OF MARITSA EAST LIGNITE BASIN/TROYANOVO2/APTR1998 FOR MARITSA EAST-1 TPP" 記載値とし、その各性状を Table 5-1-1 に示す。

(5) 設計石灰石性状

開発調査要請書 [Terms of Reference] ('95年1月12日) Appendix 3 の "LIMESTONE ANALYSIS" 記載値とし、その性状を Table 5-1-2 に示す。

(6) 設計重油性状

既設重油設備 (受入、貯蔵、払出) を流用するものとし、その重油性状を Table 5-1-3 に示す。

(7) プラント年間利用率

70%とする。

(8) 最低負荷

40%とする。

(9) 排出ガス基準

O₂ = 6%、Dryベースで以下の基準値を遵守するものとする。

- (a) S O₂ : 650mg/m³N (227ppm) 以下 (ブルガリア基準値) 又は脱硫効率90%以上 (高硫黄炭使用時の E C 基準)
- (b) N O_x : 600mg/m³N (292ppm) 以下 (ブルガリア基準値)
- (c) Dust : 100mg/m³N 以下 (ブルガリア基準値)
- (d) C O : 250mg/m³N (200ppm) 以下 (ブルガリア基準値)

(10)排水基準

ブルガリア国基準「表面流水の水質の評価に適用される指標と基準」（保険省環境保護委員会及び都市計画委員会発行、STATE GAZETTE ISSUB NO. 96）の分類Ⅲを遵守する。

(11)過負荷

以下の過負荷容量が可能なものとする。

- (a) ボイラMCR : ECRの103%以下
- (b) タービンTMF : 定格出力の105%以下
- (c) 発電機 : 定格出力の105%以下

(12)リグナイト及び石灰石の貯蔵量

ブルガリア基準である23日分とする。

Table 5-1-1 Design Lignite Properties

Item			Guaranteed	A Max	W Max	Q Max
Ash	(air-dried base)	%	35.50	45.00	33.00	30.00
Moisture	(as received)	%	55.00	49.00	57.00	55.00
Ash	(as received)	%	15.98	22.95	14.09	13.50
Carbon	(as received)	%	18.23	18.85	18.22	20.17
Hydrogen	(as received)	%	1.54	1.42	1.54	1.70
Oxygen	(as received)	%	5.46	5.05	5.47	6.02
Nitrogen	(as received)	%	0.32	0.30	0.32	0.35
Combustible sulphur	(as received)	%	2.70	3.20	2.90	2.40
Volatiles from mineral substance (as received)		%	1.51	2.19	1.35	1.28
Calorific value (LHV)	kcal/kg		1,410	1,315	1,400	1,590
	kJ/kg		5,910	5,510	5,860	6,660
Volatiles		%	60 - 64			
Hygroscopic moisture		%	11			
Milling efficiency	per K		0.83 - 1.22			
	per for guaranteed coal		K=1.1			
Ash analysis	SiO ₂	%	35 - 50			
	Al ₂ O ₃	%	16 - 32			
	Fe ₂ O ₃	%	7 - 20			
	MgO	%	1.5 - 3.5			
	CaO	%	2.5 - 5.0			
	SO ₃	%	2.5 - 15			
Ash fusion temperature						
A. In oxidizing environment (by Leits) for Analysis 1,2,3						
	Deformation point	°C	1,250		1,210 - 1,300	
	Melting point	°C	1,280		1,260 - 1,300	
	Running point	°C	1,300		1,280 - 1,300	
B. In semi-reduction environment (by Bunte-Baum) for Analysis 4						
	Deformation point	°C			1,050 - 1,150	
	Melting point	°C			1,150 - 1,300	
	Running point	°C			1,200 - 1,400	
Density	gr/cub. cm		1.5 - 1.9			
Bulk weight	kg/cub. cm		700 - 1,000			

Table 5-1-2 Design Limestone Properties

Original limestone analysis (air dried base)	Ca (%)	38.8	
	Mg (%)	0.1	
	C (%)	11.94	
	S (%)	0.004	
Fraction analysis between 0.125 - 0.250 mm (air dried base)	Ca (%)	39	
	Mg (%)	0.1	
	C (%)	11.94	
	S (%)	0.003	
Limestone specification	Grade	Reactive Index RI (mol/mol)	Adsorption Capacity CI (Limestone gs/kg)
	excellent	< 2.5	120 <
	good	2.5 - 3.0	100 - 120
	medium	3.0 - 4.0	80 - 100
	low	4.0 - 5.0	60 - 80
	bad	5.0 <	< 60

Table 5-1-3 Heavy Oil Properties

Item		Bulgarian Standard	Acceptable Properties
Calorific value [HHV]	MJ/kg	39.8	39.88
	Kcal/kg	9,506	9,525
Kinematics viscosity	mm ² /s	115	—
Density	g/cm ³	1.015	0.968
Ash content	Weight %	0.15	0.068
Sulfur content	Weight %	3.5	2.99
Moisture	Volume %	1.0	—
Impurities	Weight %	0.5	—
Flash point	°C	110 or more	120 or more
Pour point	°C	25 or less	7 or less

5.2 ボイラ型式選定

5.2.1 ボイラ型式の種類別

マリツァ・イースト第一発電所の旧5～6号機跡地に再建するボイラ型式の選定にあたり、以下に示す点を考慮して選定する。

- (1) すでに商用発電用としての実績がある。
- (2) 排出ガス基準値の遵守が可能である。
- (3) リグナイト性状等に適合可能である。この条件を満たすボイラの中で有力と考えられる型式は、大別して

(a) 流動床ボイラ (FBC: Fluidized Bed Combustion Boiler)

(b) 微粉炭焼きボイラ (PCF: Pulverized Coal Fire Boiler) + 排煙脱硫装置 (FGD: Flue Gas Desulphurizer)

の2型式がある。また、流動床ボイラには、

(a) 循環式流動床ボイラ (C-FBC: Circulating Fluidized Bed Combustion Boiler)

(b) バブリング式流動床ボイラ (B-FBC: Bubbling Fluidized Bed Combustion Boiler)

の2型式がある。これより、マリツァ・イースト第一発電所に最適なボイラ型式の選定にあたり、

(a) 循環式流動床ボイラ (C-FBC)

(b) バブリング式流動床ボイラ (B-FBC)

(c) 微粉炭焼きボイラ+排煙脱硫装置 (PCF+FGD)

の3型式を比較検討する。

5.2.2 ボイラ型式の特徴

この3形式のボイラについて比較を行ったものを Table 5-2-1 に示す。

各ボイラの特徴及び相違点は、以下のとおりである。

(1) C-FBC (循環式流動床ボイラ)

- (a) 商用機として実用されているボイラの機数は中小容量ではあるが多く、稼働中のリグナイト焼きの最大容量機は250MWまでである。

(b) 流動媒体（燃料、石灰石、燃焼灰等）を炉内からの飛び出し速度を上まわる空気で流動させ、その中に燃料および石灰石を投入し媒体による攪拌混合により燃焼させる方式であり、燃焼ガスと石灰石接触により炉内脱硫ができる。

(c) 飛散媒体を接触伝熱部前でサイクロンにより未燃分を含むダストを高温捕集し炉内へ再循環する方式であり、大容量機を設計する場合はサイクロンの設計が重要になる。

(d) 蒸気の過熱度を上げるため、炉内に伝熱管の一部を設置したり外部熱交換器を設けたりすることが可能であるが摩耗対策が必要となる。

(2) B-FBC（バブリング式流動床ボイラ）

(a) 商用機として実用されているボイラの機数は非常に多いが小容量機が多い。稼働中の最大容量機は瀝青炭では350MWまでであるが、リグナイトでの大容量機の実績はない。

(b) 流動媒体を流動層からの飛び出し速度以下で流動させ、固定の流動層を形成し、その層内での攪拌混合を利用し燃焼させる方式であり、層内で燃焼ガスと石灰石接触により炉内脱硫ができる。

(c) 固定の流動層内で燃焼させる方式であり、大容量機を設計する場合は燃料と石灰石を均一に層内に供給する給炭システムの設計が重要になる。

(d) 固定流動層中に層内管を配置するため高伝熱率で熱吸収が可能であるが、媒体との接触による摩耗対策が必要となる。

(e) 燃焼ガス流に同伴する未燃分を含むダストは再循環させないため、燃焼効率向上のためには2次燃焼を考慮する必要がある。また、脱硫材の石灰石の消費量がC-FBCに比べ多く必要となる。

(3) PCF+FGD（微粉炭焼きボイラ+排煙脱硫装置）

(a) 商用機として実用されているボイラの機数は非常に多く、既存技術により信頼性が確立されており、稼働中のリグナイト焼きの最大容量機は600MWまでである。

(b) 固体燃料を乾燥微粉化し、気流とともに飛散しながら炉内にて高温燃焼させる方式であり、窒素酸化物が発生しやすく、脱硫機能が無いため脱硫装置の設置が必要となる。

(c) 脱硫装置は湿式石灰石-石膏法が商用機として大容量機まで非常に多い実績を有し、既に確立された技術であり信頼性がある。

5.2.3 ボイラ型式別のユーティリティ設計結果

各々のボイラ型式において Ash Max 炭を設計炭として出力230MWのプラントを設計した場合の効率、ユーティリティ、ガス性状等の結果を Table 5-2-2 に示すが、低発熱量、高水分のため、発電機出力が230MWでも排出ガス量が一般的な瀝青炭火力の400MW級になる。各ボイラ型式の特徴は以下のとおりである。

(1) C-FBC

- (a) Ca/Sが2以上で脱硫効率90%以上の性能が得られる。
- (b) 燃料中の窒素分が少ないことと、炉内燃焼温度が低いことで脱硝装置を設置しなくてもブルガリアのNO_x排出ガス基準(600mg/m³N)を遵守できる。
- (c) 水分が多くとも燃料比が低いためよく燃え、更に再循環系統を備えているため、非常に高い燃料効率が得られる。

(2) B-FBC

- (a) Ca/Sが2.5以上で脱硫効率90%以上の性能が得られる。
- (b) 燃料中の窒素分が少ないことと、炉内燃焼温度が低いことで脱硝装置を設置しなくてもブルガリアのNO_x排出ガス基準(600mg/m³N)を遵守できる。
- (c) 燃料比が低く燃焼しやすいために、CBC (Carbon Burn up Cell : 再燃焼炉)を設置しなくても良好なボイラ効率が得られ、構造の簡素化がはかれる。

(3) PCF+FGD

- (a) 湿式脱硫装置を設置することにより、脱硫効率90%以上の性能が得られる。
- (b) 湿式脱硫装置の補給水として137l/h/unitが必要であり、再建されるR1・R2号機だけで、8,800l/dの水源の確保が必要である。
- (c) 燃料中の高S分のために炉内で発生するSO₂の濃度が高いことと、燃料中の水分が高いことからガス中湿度が高いことのために酸露点上がり、ボイラ出口より脱硫入口までのガス温度を高温に保つ必要がありボイラ効率の低下が著しい。

5.2.4 ボイラ型式別のレイアウト検討結果

発電所のレイアウト例を Figure 5-2-1～3 に示す。

(1) レイアウトの基本計画

ボイラの型式にかかわらず全体に関する検討結果を以下に示す。

(a) 再建プラントの位置

現在撤去された旧5・6号機の位置に再建されるR1・R2号機設備を設置すると、残存している1～4号機用のリグナイト乾燥機と干渉して建設が困難なため、再建するプラントを北方へ約58m移動した地点に再建する。

(b) 既設180m煙突の活用

旧5・6号機で使用していた180mの煙突の有効利用は電気集じん器が煙突にぶつかってしまい、ダクトワークで延長して再利用をはかったとしても、将来の再建及び増設を考慮すると再利用は困難となるので、最適な位置に煙突を新設する。

(c) 既設120m煙突の活用

旧5・6号機の乾燥用の120mの煙突の有効利用は、再建されるボイラ建屋の高さが70m程度になると考えられることから、Figure 5-2-4 に示すように120mの煙突を用いた場合には、ボイラ建屋によるダウンドラフト効果により有効煙突効果が減じられ、煙突より排出されるガスの拡散が妨げられる。さらに煙突出口径が小さいことから本計画のガス量には容量的にも不足するので本煙突の有効利用できない。

(d) 貯炭場及び石灰石貯蔵場所の配置

現在使用している貯炭場では23日分の貯炭及び石灰石の貯蔵を行うためには十分な広さが確保できないため、埋め立て完了済の灰捨て場に配置することとする。

(e) 既設灰捨て輸送管

現在使用している灰捨て輸送管は、何れの型式のボイラを選定しても新設煙突と干渉してしまい移設する必要が生じる。今後の詳細設計が進んだ段階で移設ルートを検討が必要である。

(2) ボイラ型式の違いによるレイアウトの基本計画

ボイラ型式によりレイアウトに大きく差異の生じるものの検討結果を以下に示す。

排水処理装置についてFBCはボイラ関連設備の必要面積が少なく済み、排水処理量もPCFに比べて少ないため、排水処理装置を新設煙突とリグナイト搬入線路の間に配置可能となるが、PCF+FGDは脱硫設備増に加えて、脱硫装置排水があるため排水処理量が多くなり、旧5・6号機の貯炭場に設置する必要がある。

5.2.5 ボイラ型式選定の検討結果

(1) C-FBC

以下に示す検討結果より再建設備のボイラ型式として技術的には適用可能と考えられる。

- (a) 伝熱管の摩耗の低減、未燃損失の低減、脱硫機能の高効率化、脱硫材の消費量低減、負荷のrange abilityの拡大、所内動力の低減等が徐々に実機により証明され、年々その実績を重ねている。
- (b) 燃料も多様を究め、リグナイト焼きユニットも数多く見られる。現在、稼働中の最大容量機は250MWであるが、メーカー各社は400～600MW級C-FBCを開発中である。
- (c) 本再建計画で使用されるリグナイトは高水分、高S分、高灰分炭であるが、燃焼テストによりC-FBCの燃料として使用可能であることが確認された。
- (d) ブルガリア国のリグナイトでの実用機の運転実績が無く、運転保守に技術的開発要素が有るが適用可能と考えられる。
- (e) 建設費及び運転費は、脱硫設備が不要で、ボイラ効率が良い本設備が一番経済的である。

(2) B-FBC

以下に示す検討結果より再建設備のボイラ型式として技術的に適用困難と考えられる。

- (a) 層内管の摩耗、未燃分飛散によるボイラ効率の低下、脱硫材の消費量の増大等について経年的な性能・信頼性を調査検討する必要がある。
- (b) 現在稼働中の最大容量機は350MWであるが瀝青炭焼きであり、リグナイト焼きの大容量機での実績が無い。

(c) 給炭方式は燃料を炉底から層中へ空気搬送する「下込み方式」と層上散布で供給する「上込み方式」があるが、ブルガリア国のリグナイトのような高水分燃料は「下込み方式」は閉塞しやすく、また、「上込み方式」は大容量機になると炉床に均一に分散させることが困難になるため、安定した給炭システムの基本的な開発が困難である。

(d) 建設費及び運転費は、脱硫設備が不要ではあるが、効率はC-FBCより劣る本設備がC-FBCについて経済的である。

(3) PCF+FGD

以下に示す検討結果より再建設備のボイラ型式として技術的には適用可能と考えられる。

(a) リグナイト焚きのボイラの実績機数は非常に多く、大容量のものが稼働している。

(b) 湿式脱硫装置の使用用水が多くなるが、脱硫材の消費量は最小に抑えられる。

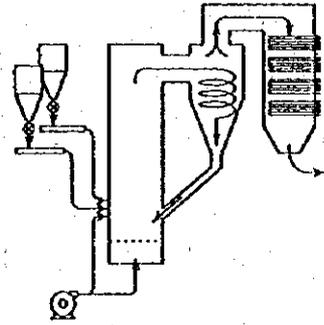
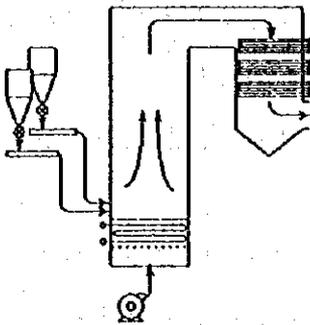
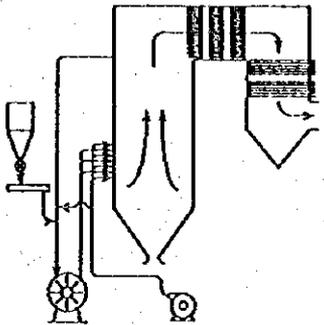
(c) ブルガリア国のリグナイトのような高硫黄・高水分リグナイトでは酸露点が高くなるために排ガス温度を高温に保つ必要がありボイラ効率が低下する。

(d) 脱硫装置の稼働実績は非常に多いが、ブルガリア国のリグナイトのような高硫黄での実績はなく技術的開発要素があるが適用可能と考えられる。

(e) 建設費及び運転費は、ボイラ本体の建設費は安価であるがボイラ効率が低く、脱硫設備が必要な本設備が一番経済性が悪い。

以上の検討結果より、適用困難なB-FBC以外のC-FBC及びPCF+FGDについては技術的に適用可能であるが、経済的に有利なC-FBCを選定し以下これについてスタディを行う。

Table 5-2-1 評価対象ボイラ型式選定の技術・経済比較

項目	C-FBC	B-FBC	PCF+FGD
(技術比較) 1. 構造 (全体)			
2. 原理	流動媒体飛出し速度を上まわる空気で流動させ、その中に燃料を投入することにより媒体による攪拌混合により燃焼させる。飛散媒体は接触伝熱部前でサイクロンにより高温捕集され炉内へ再循環する。高温燃焼炉もしくは循環媒体冷却により低温燃焼が可能となる。	流動媒体を飛出し速度以下で流動させ、固定の流動層を形成し、その層内での攪拌混合を利用し燃焼させる。ガス流に同伴するダストは原則として再循環しない。固定流動層中の層内伝熱管により、低温燃焼が可能となる。	固形燃料を乾燥微粉化し、気流とともに飛散しながら炉内に高温燃焼する。
3. 燃料	(1) 石炭 (2) 粒径 (3) 表面水分	(1) 石炭 (2) 粒径 (3) 表面水分	(1) 石炭 (2) 粒径 (3) 表面水分
4. 流動媒体	珪砂、石炭灰、石灰石	珪砂、石炭灰、石灰石	—
5. 炉内脱硫材	石灰石 1~3 mm	石灰石 1~3 mm	—
6. 性能	(1) 燃焼温度 (2) 空気過剰率 (3) 燃焼効率 (4) SOx 対策 (5) NOx 対策 (6) 負荷変率 (7) 専焼可能低負荷 (8) その他特徴	(1) 燃焼温度 (2) 空気過剰率 (3) 燃焼効率 (4) SOx 対策 (5) NOx 対策 (6) 負荷変率 (7) 専焼可能低負荷 (8) その他特徴	(1) 燃焼温度 (2) 空気過剰率 (3) 燃焼効率 (4) SOx 対策 (5) NOx 対策 (6) 負荷変率 (7) 専焼可能低負荷 (8) その他特徴
7. 構成機器の違い	(1) 燃焼炉 (2) 燃料供給 (3) 石炭前処理 (4) その他	(1) 燃焼炉 (2) 燃料供給 (3) 石炭前処理 (4) その他	(1) 燃焼炉 (2) 燃料供給 (3) 石炭前処理 (4) その他
8. 実績・適用	(1) 開発年次 (2) 実績数 (3) 大容量実績 (4) 将来	(1) 開発年次 (2) 実績数 (3) 大容量実績 (4) 将来	(1) 開発年次 (2) 実績数 (3) 大容量実績 (4) 将来

項目	C-FBC	B-FBC	PCF+FGD
9. 技術水準	△ ・中小容量では商用として確立 ・大容量では実績に乏しい	△ ・中小容量では商用として確立 ・大容量では実績に乏しい	△ ・PCFは商用として確立 ・FGDは超高S分灰での実績無し
10. 信頼性	△ ・材料の性能確保と磨耗対策、側壁管及び伝熱管の磨耗対策が必要 ・ブローイングでの実績がなく、技術開発の要素が有る	△ ・確実な石炭供給法の確保が必要 ・側壁管及び炉内に熱管の磨耗対策が必要 ・ブローイングでの実績がなく、技術開発の要素が多分に有る	△ ・FGDにおける腐食・磨耗対策及びスラッジ対策が必要 ・超高S分灰でのFGDの実績が無く、技術開発の要素が有る
11. 運用特性 (1) 負荷追従性 (2) 運転操作性 (3) 起動時間 (4) 安定性	△ 良好 起動後の炉内燃焼安定時は容易 PCFより長い 良好	△ 良好 起動後の炉内燃焼安定時は容易 最長 多少不良	○ 良好 容易、但し、FGDでのスラッジに要注意 最長 良好
12. 保守性	△ ・耐磨耗対策及びその補修が必要	△ ・耐磨耗対策及びその補修が必要	△ ・FGDの腐食・腐食対策及びその補修が必要 ・塔・配管等のスラッジ除去が必要
13. 副産品 (1) 種類 (2) 処理	混在(石炭灰+石膏+生石灰) 廃棄(灰捨場) ・Ca成分と水分による発熱・固化対策が必要→Handling注意 ・小浸透性を活かし地下水との遮断に利用可能(灰捨場底部に散布)	混在(石炭灰+石膏+生石灰) 廃棄(灰捨場) ・Ca成分と水分による発熱・固化対策が必要→Handling注意 ・小浸透性を活かし地下水との遮断に利用可能(灰捨場底部に散布)	個別(石炭灰、石膏) 廃棄(灰捨場) ・有効利用の検討が容易 ・石膏と水分による固化対策が必要 →Handling注意
14. ユーティリティ (1) 吸収剤 (2) 補給水量 (3) 動力(所内率)	【利用率70%での値】 石灰石(CaCO ₃) 520×10 ³ t/y 450×10 ³ t/y 6~7%	【利用率70%での値】 石灰石(CaCO ₃) 830×10 ³ t/y 520×10 ³ t/y 7~8%	【利用率70%での値】 石灰石(CaCO ₃) 230×10 ³ t/y 1,120×10 ³ t/y 8~9%
15. 排水	一般排水+純水装置排水	一般排水+純水装置排水	一般排水+純水装置排水+FGD排水
16. 煙突スラッジ又は排ガス再加熱	スラッジ：必要 ※酸露点温度注意	スラッジ：必要 ※酸露点温度注意	スラッジ：必要、再加熱：必要 ※酸露点温度注意
17. 設置スペース	○ ・PCF+FGDより小 ・予定敷地内に設置可能 (旧7~10号飛行跡地、北側スラッジ、既設灰捨場跡地、7~10号飛行乾燥機跡地)	○ ・PCF+FGDより小 ・予定敷地内に設置可能 (旧7~10号飛行跡地、北側スラッジ、既設灰捨場跡地、7~10号飛行乾燥機跡地)	○ ・FBCより大 ・予定敷地内に設置可能 (旧7~10号飛行跡地、北側スラッジ、既設灰捨場跡地、7~10号飛行乾燥機跡地)
18. 建設期間	原則変更無し 但し、スラッジ焚き同容量規模での実績がない為、試運転時間大の可能性有り	原則変更無し 但し、スラッジ焚き同容量規模での実績がない為、試運転時間大の可能性有り	原則変更無し 但し、超高S分灰でのFGDの運転実績がない為、試運転時間大の協調を十分に行う必要有り
19. 環境対応	○ ・排気性基準及び環境基準に適合する ・飛行機からの排水は殆ど無 ・騒音、振動共に問題となる設備は特に無	○ ・排気性基準及び環境基準に適合する ・飛行機からの排水は殆ど無 ・騒音、振動共に問題となる設備は特に無	○ ・排気性基準及び環境基準に適合する ・脱硫排水があるため大規模な排水処理装置が必要 ・騒音、振動共に問題となる設備は特に無
技術評価	適用可能 但し、環境対応には十分寄与するが、ブローイングでの運転実績がないので運転保守に技術開発的要素が有る	適用困難 ブローイングのような水分の高い石炭での拾炭法の設計が未完である	適用可能 但し、環境対応には十分寄与するが、超高S分灰でのFGD大型実績がない為、技術開発的要素が有る
(経済比較) ※カッコ内は指数表示 1. 設備費	005.3 M\$ (90)	645.5 M\$ (97)	005.9 M\$ Base (100)
2. 運転(固定可変)費	4.9 円/kWh (92)	5.2 円/kWh (98)	5.3 円/kWh Base (100)
経済評価	優位	やや優位	Base
総合評価	◎ 技術的には多少開発要素があるものの、PCF+FGDと同等である。 経済的には最優位である。	△ 安定したB-FBCの運転に必要な拾炭法は複雑であり、ブローイングの様な水分の高い石炭での拾炭法の設計が難点となる。	○ 技術的にはFGDの開発要素があるものの、C-FBCと同等である。 経済的にはコスト高である。

Table 5-2-2 Planned Performance

		(per Unit)		
1. Boiler type		C-FBC	B-FBC	PCF+FGD
2. Coal		Ash MAX	Ash MAX	Ash MAX
3. Plant efficiency (wet low calorie base)	%	36.5	34.5	32.8
Boiler efficiency	%	87.6	82.6	80.4
Turbine efficiency	%	45.0	45.0	45.0
Auxiliary power consumption	%	7.0	9.0	9.0
Plant loss	%	0.3	0.3	0.3
4. Plant efficiency (wet high calorie base)	%	28.5	26.9	25.6
Boiler efficiency	%	68.3	65.2	62.7
Turbine efficiency	%	45.0	45.0	45.0
Auxiliary power consumption	%	7.0	8.0	9.0
Plant loss	%	0.3	0.3	0.3
5. Coal consumption (wet base)	T/H	412	436	458
	T/D	9,888	10,464	10,992
(annual plant utilization = 70%)	$\times 10^3 T/Y$	2,526	2,674	2,808
6. Limestone consumption	T/H	85	112	47
	T/D	2,040	2,688	1,128
(annual plant utilization = 70%)	$\times 10^3 T/Y$	521	687	288
Surplus rate	—	2.0	2.5	1.05
7. Make up water	T/H	73	80	182
For plant using	T/H	73	80	45
For FGD using	T/H	—	—	137
	T/D	1,752	1,920	4,368
(at plant annual utilization = 70%)	$\times 10^3 T/Y$	448	491	1,116
8. Ash disposal quantity	T/H	225	255	127
	T/D	5,400	6,120	3,048
(annual plant utilization = 70%)	$\times 10^3 T/Y$	1,380	1,564	779
9. By-product gypsum	T/H	—	—	87
	T/D	—	—	2,088
(annual plant utilization = 70%)	$\times 10^3 T/Y$	—	—	533
10. Boiler outlet flue gas				
Wet base	$\times 10^3 m^3 N/H$	1,294	1,473	1,484
Dry base	$\times 10^3 m^3 N/H$	978	1,137	1,131
Gas temperature	°C	165	165	195
11. Flue gas properties at stack outlet				
Wet base	$\times 10^3 m^3 N/H$	1,297	1,477	1,666
Dry base	$\times 10^3 m^3 N/H$	981	1,140	1,191
Gas temperature	°C	170	170	90
SO ₂	mg/m ³ N	2,687	2,436	1,384
NO _x	mg/m ³ N	<600	<600	<600
Dust	mg/m ³ N	<100	<100	<100
CO	mg/m ³ N	<250	<250	<250

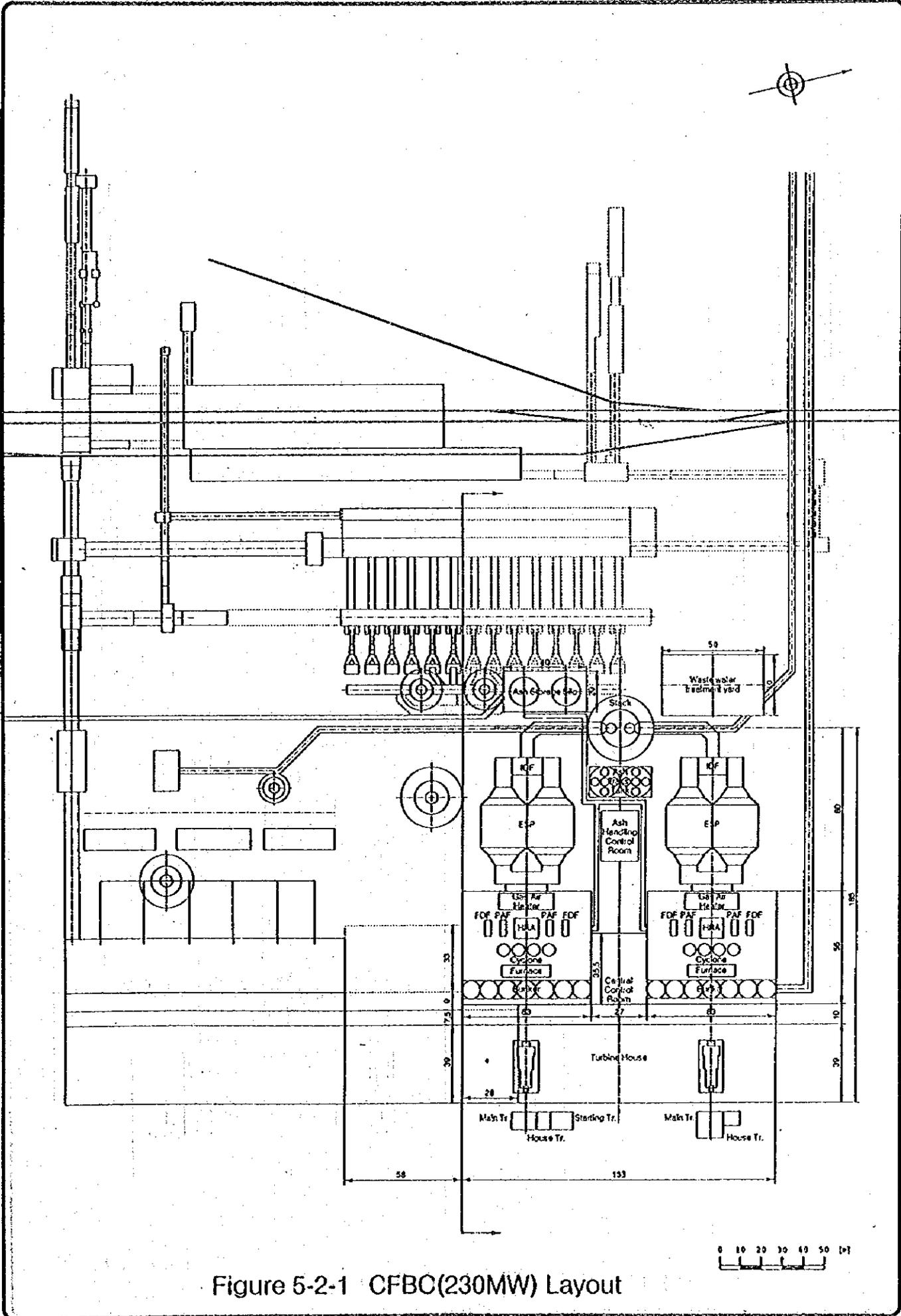


Figure 5-2-1 CFBC(230MW) Layout

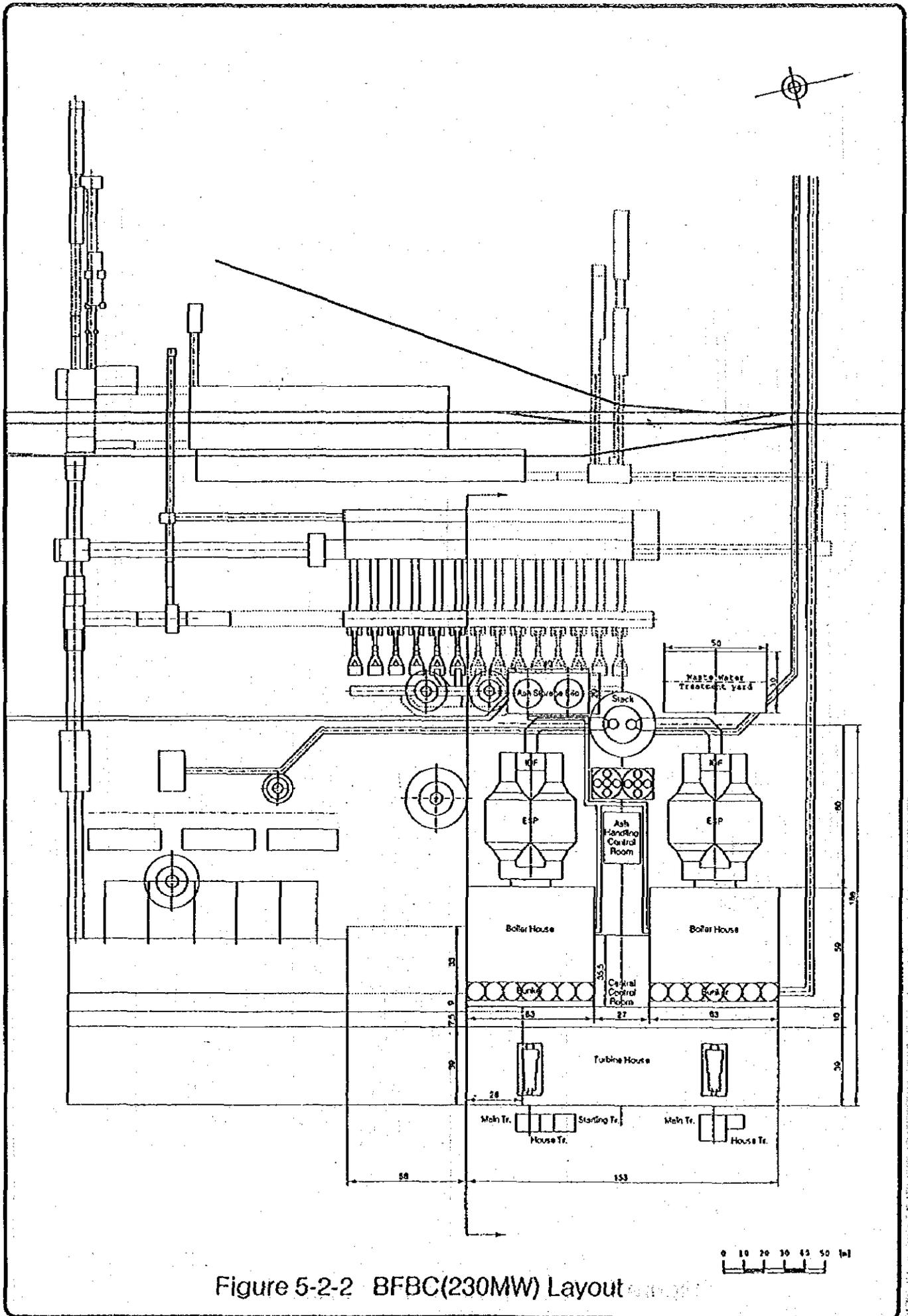


Figure 5-2-2 BFBC(230MW) Layout

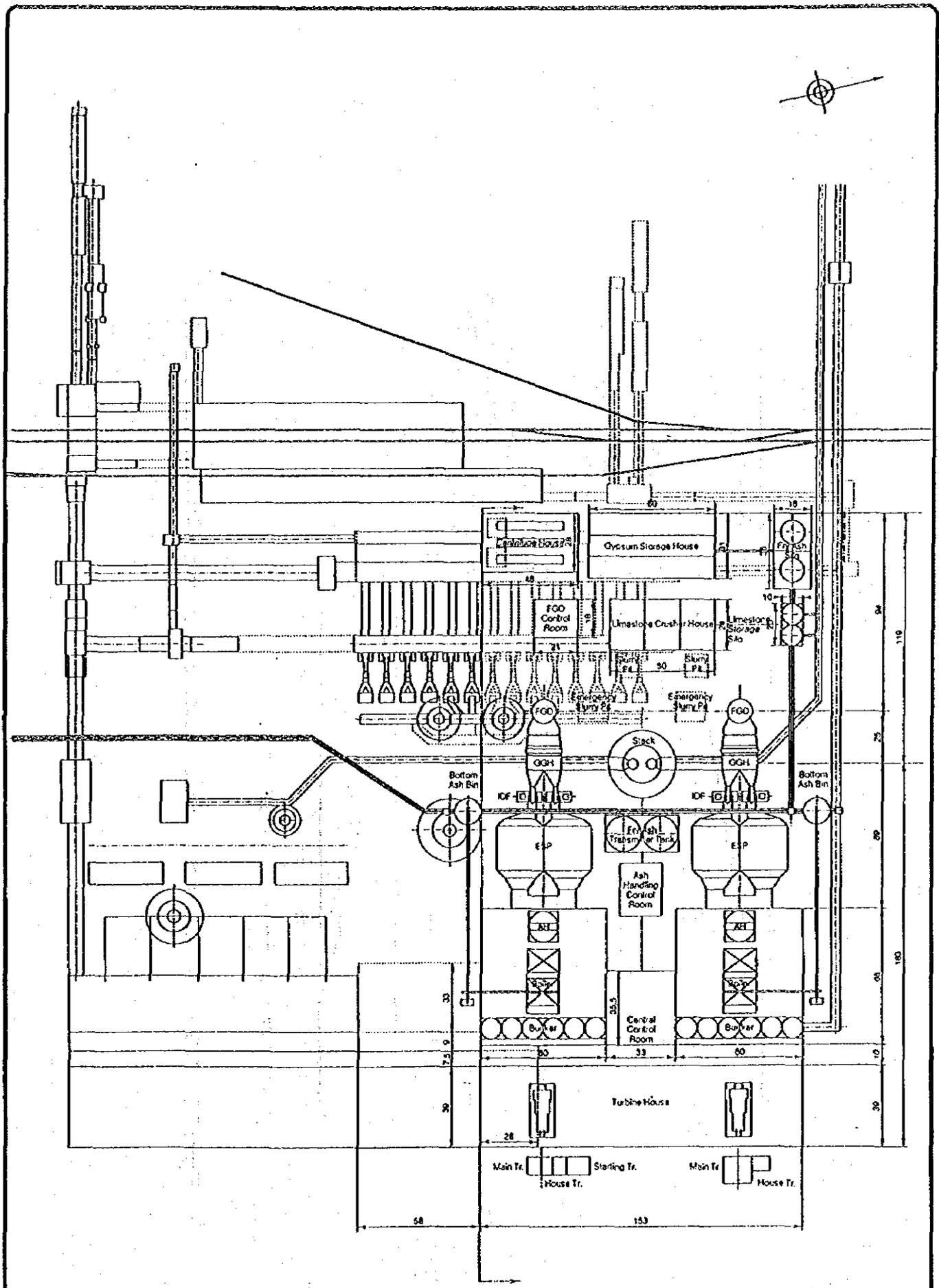


Figure 5-2-3 PCF+FGD(230MW) Layout

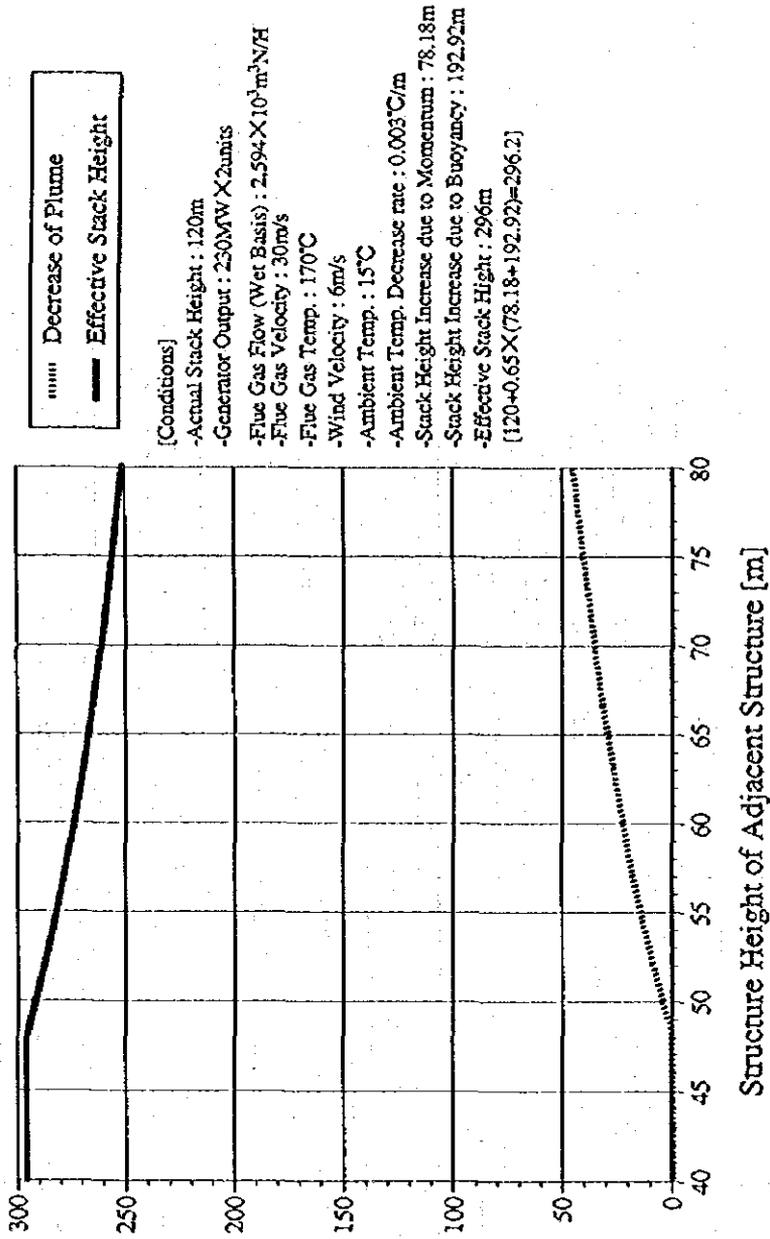


Figure 5-2-4 Effective Stack Height vs. Adjacent Structure Height on a 120m High Stack, ME-1 P/S

5.3 タービン・発電機型式選定

5.3.1 蒸気タービンの型式選定

(1) 選定結果及び理由

マリツァ・イースト第1火力発電所のR1及びR2号機用蒸気タービンとして、串型2車室複流排気型再熱タービン（タンデム・コンパウンド・ダブル・フロー：TCDF）の選定を推奨する。その断面図を Figure 5-3-1 に示す。

選定理由は以下の通りである。

- (a) マリツァ・イースト第2火力発電所や第3火力発電所のタービンと、類似の200MWクラスのタービンにTCDF型が一般に採用されており、ブルガリア国においても実績がある。
- (b) TCDF型タービンは、世界でも信頼のできるメーカーが多数製造しており、運転操作に卓越し、保守が容易である。

(2) 蒸気タービン型式の検討

(a) タービン・ケーシングの検討

- ① 200MWクラスのタービンには、従来2ケーシング・タイプと3ケーシング・タイプとが考えられたが、最近ではシングルケーシング・タイプも開発されている。それらの特徴は以下の通りである。
 - 1) 2ケーシング・タイプは、高中圧タービンと低圧タービンから構成されている。
 - 2) 3ケーシング・タイプは、高圧、中圧、低圧タービンがそれぞれ独立したケーシングを持っている。
 - 3) シングルケーシング・タイプは高圧、中圧、低圧タービンが一体となったタービンである。
- ② 本プロジェクトでは、据付面積に制限があることから、2ケーシング・タイプまたはシングルケーシング・タイプのどちらかを採用することが考えられるが、シングルケーシング・タイプは実績があまりないことから、2ケーシング・タイプを採用することとする。

(b) タービン発電機のローターの支持方法

① タービン発電機のローターの支持方法には、2つの方法がある。

一つは、ローターの両側にベアリングを配した2ベアリングサポート方式、もう一つは、隣り合ったローターを共通のベアリングで支持する方式で、ベアリングの数を減らすことが出来る。

② 本プロジェクトでは、据付・調整の簡便化及び保守性を考慮して、2ベアリング方式を採用する。

5.3.2 発電機の型式選定

(i) 選定結果及び理由

マリツァ・イースト第1火力発電所のR1及びR2号機発電機として、横置円筒回転界磁耐爆構造式三相交流同機発電機を選定する。

選定理由は以下の通りである。

(a) マリツァ・イースト第2火力発電所や第3火力発電所では、類似クラスの発電機に同タイプが採用されており、ブルガリア国においても実績がある。

(b) 同タイプの発電機は、世界でも信頼のできるメーカーが数多く製造しており、運転、保守が容易である。

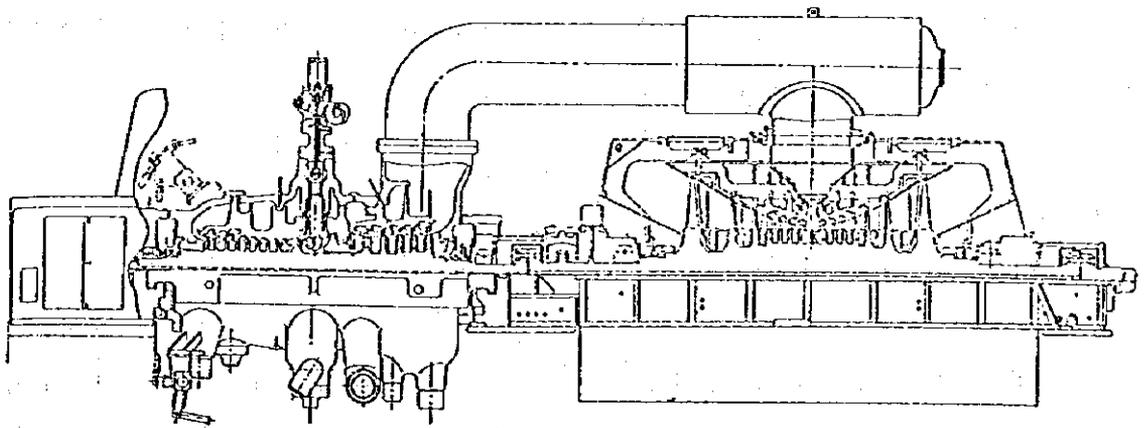


Figure 5-3-1 Section of TCDF Type Turbine

5.4 既存流用可能設備

5.4.1 取放水設備

(1) スクリーンポンプ室

スクリーンポンプ室本体については構造的に問題となるような劣化現象がみられないため既存設備の流用は可能であるが、次の2つの機械台基礎部については改造する必要がある。

(a) スクリーン部

老朽化したスクリーンを新しいスクリーンに交換するため、コンクリート側面に設けられたスクリーン設置用のガイドウォールを全て改造する必要がある。

(b) ポンプ部

新しいポンプに交換するため、ポンプ設置部のコンクリートスラブを全てポンプの据付仕様にあわせて改造する必要がある。

(2) 取水路

既設流用部及び新設部を含めた取水路計画ルートを図5-4-1-1に示す。

(a) 現状

既設取水路は2条あり、1条あたりコンクリート円形カルバート形式175mと鋼管直埋形式225mから構成されている。

(b) 既設コンクリート円形カルバート部流用可能性の検討

構築後36年以上経過しているが、現在まで健全度調査が行われていなく、コンクリートの劣化状況も不明であるが、当面、コンクリートは健全であると想定した場合の構造検討を行い、その流用可能性について検討することとする。

① 検討結果及び評価

仕様に不明な点がある為、使用鉄筋量を2ケース想定して検討した。

		ケース		ケース 1	ケース 2
使用鉄筋	mm			φ10ctc150	φ10ctc300
断面寸法	B cm H cm			100 25	
断面力	M tf・m N tf S tf			1.294 9.470 2.068	
鉄筋量	かぶり cm d cm A _s cm ²			1.5 23.5 5.240	1.5 23.5 2.620
応力度	σ _c kgf/cm ² σ _s kgf/cm ² τ kgf/cm ²			25.4 366.0 0.88	25.4 732.0 0.88
許容応力度	σ _{ca} kgf/cm ² σ _{sa} kgf/cm ² τ _a kgf/cm ²			77.0 1400.0 4.25	

いずれのケースも発生応力度より許容応力度の方が優っている。

よって、コンクリートが健全であれば流用可能と判断される。

(c) 既設鋼管直埋部流用可能性の検討

鋼管の肉厚は当初 8 mmであったが、1994年 5月に行れた管厚調査結果では、5.5mm~7.4mmとなっており、35年間で2.5mm~0.6mm腐食していることが判明している。

なお、建設中及び運用後には上面道路を車輛等が通過するため、一般部の車輛荷重を 1 t/m²とした場合の必要管厚は今後30年間の腐食代を 2 mm考慮すると、φ 2,200mm×22mmとなり、現状ではこの鋼管では必要な強度は確保できないことになる。(想定発生応力4230kgf/cm² > 許容応力1330kgf/cm²)

現状の管厚では薄過ぎて内面からの補強は不可能であり、また、地上部に諸配管基礎があるため、外面からの補強も不可能である。

従って、次のような対策を講じて補強を行うものとする。

① 地上部に諸配管、基礎がある範囲 (Figure 5-4-1-1 赤色部)

φ 1,800mm, t = 18mmの新規の鋼管を既設 φ 2,200mmの鋼管の中に挿入させ、周辺部はモルタル注入する。

なお、既設の鋼管が将来、腐食しても良いように、新規の鋼管で全て荷重を受け持つ構造とする。

② 地上部に障害となる構造物がない範囲 (Figure 5-4-1-1 黄色部)

既設の管路を撤去し、新規に水路を構築するものとする。

なお、採用する鋼管は $\phi 2,200\text{mm}$ とし、管厚はブルガリアで供給可能な 8mm とし、構造は周面をコンクリートで巻いた鋼管コンクリート巻立て構造とする。

また、コンクリート巻立厚さは、工事中の機械据付機器荷重を想定し、 7t/m^2 の荷重に耐える構造とする。

(d) 新設部の検討 (Figure 5-4-1-1 青色部)

新設部は、上記黄色部と同じ $\phi 2,200\text{mm}$ 、 $t = 8\text{mm}$ の鋼管のコンクリート巻立て構造とする。

(3) 放水路

(a) 現状

既設放水路は、コンクリートボックスカルバート構造で、1連構造が2条あり、1条あたり約 400m からなっている。

(b) 既設ボックスカルバートの検討

構築後35年以上経過しているが、現在まで健全度調査が行われていなく、コンクリートの劣化状況も不明であるが、当面、コンクリートは健全であると想定し、本カルバートは流用可能であるものとした。

(c) 新設循環水管路の部の検討 (Figure 5-4-1-1 緑色部)

本館建屋からコンクリートボックスカルバートまでの循環水管路は全て新設であり、その構造は取水管と同じ $\phi 2,200\text{mm}$ 、 $t = 8\text{mm}$ の鋼管のコンクリート巻立てとする。

(d) 新設ボックスカルバート (Figure 5-4-1-1 オレンジ色部)

循環水管路取合部から既設ボックスカルバートまでは、既設と同様に内空寸法 $2.20\text{m} \times 2.85\text{m}$ の1連のコンクリートボックスカルバート構造を新設するものとする。

(4) 計画実行に伴う考慮事項

既設取水路のコンクリート円形カルバート及び既設放水路のコンクリートボックスカルバートについて、本検討では現在まで健全度調査が行われていなく劣化状況が不明であるが、コンクリートは健全であるものと想定し、それらは健全と判断してきた。実施に当たってはカルバート内のコンクリートの健全度調査を十分行った上、その健全度に合わせて流用可能性の検討を行う必要がある。

5.4.2 本館タービン室

再建計画の中で、既設の建物が流用できるものについては、流用するものとして、既設5、6号本館タービン室のエリアに今回の再建計画のための主設備が配置されるように計画を進めた。しかし、今回の計画では、タービン室から煙突までの機器配置に対して、スペースが不足し、既設5、6号機タービン室のみでは、機器を配置することは困難と判断された。したがって、今回の計画では、既設タービン室の一部を利用して、不足分をその横に新たに増築する計画である。

既設と新築の両用となるため、タービン室及び周囲の構造物の計画は複雑になるため、建築の計画および詳細設計時には次の点に留意する必要がある。

- (1) 本館タービン室は、既設部分と増築部分とを構造的に分離して、荷重を伝達させないようにする。
- (2) Table 5-4-1 にまとめた既設タービン室の健全性についての調査の検討が必要である。
- (3) 既設部分と増築部分の建物寿命に違いがある。
- (4) 既設のディアレーターセクションは、スペースが小さいため、配管等を除いて使用しないものとする。
- (5) 機器、配管、ケーブル等の配置の既設形状による制約
- (6) 循環水配管の配置の制約
- (7) 既設部分の改造
- (8) タービン室の換気性能の既設との連絡による制約

経済的には、既設を流用した方がメリットがあるので、これが充分発揮できるように最適な建築計画をする必要がある。

5.4.3 煙 突

今回の機器配置によると、既設の煙突の再利用は困難と判断された。したがって、煙突は新築するものとして計画する。既設の煙突は流用可能設備の対象としないものとする。

Table 5-4-1 既設タービン室健全性調査まとめ

項目	項目別評価			備考
	A通り	B通り	B通り	
亀裂	1	1	1	柱、梁、床に対して貫通していない0.3mm以下の亀裂しか見られなかった。
漏水	1	1	1	床（天井）よりの漏水は見られなかった。
表面劣化	1	1	1	床（天井）のコンクリートに剥落、鉄筋露出、うき、鉄筋錆膨張は見られなかった。
コンクリートの中酸化	0.55	0.43	0.7	柱のサンプリングコアの試験により、A、B通りでは、主筋近くまで中酸化が進んでいた。
鉄筋の錆	1	1	1	柱に対して、はつり出した鉄筋の状態は、黒皮の状態に近かった。
コンクリートの化学的損傷	1	1	1	目視による躯体表面及びサンプリングコア表面に異常はなかった。
コンクリート圧縮強度	1	1	1	サンプリングコアによる強度試験により、設計強度以上であることが確認された。
建物ふりく	1	1	1	実測を行い、建物にふりくがなく、2次障害は見られなかった。
たわみ	1	1	1	床、梁、屋根部鉄骨に対して、実測を行い、たわみ量が規定値以下であった。
劣化係数	0.97	0.96	0.98	1を健全として、建物全体の劣化度の割合を示す。
基準残存耐用年（年）	62	62	62	法定耐用年80年と経年34年より計算された。
耐用年指標（%）	75	74	76	法定耐用年に対する劣化度に応じた基準残存耐用年の修正値の割合を示す。
耐用性評価ランク	B			評価はA～Dまでであり、Aは健全であり、Dは即補修等が必要である。
総合評価	コンクリートの中酸化がある程度進行しているが、その他の項目では、健全性が示されている。耐用性評価では、Bランクであり、将来C、Dランクになる恐れがあるので、継続的に点検することが望ましい。			

5.4.4 機械設備

既設機械設備の内、流用可能な設備は、以下の通りである。

- ・河川水送水ポンプ及び送水配管
- ・天井クレーン（タービン建屋）
- ・保守用クレーン（循環水ポンプ室）
- ・地域熱供給用温水配管

(1) 河川水送水ポンプ及び送水配管

(a) 既設設備

サズリーカ川から2台のポンプにより250 m³/hの取水を行っている。

(b) 流用可能性

① 再建プラント完成後の取水量予測

6.1.2 発電所用水設備で検討した結果、再建プラント（R1号機及びR2号機）用に必要な取水量は3,260t/日（=136t/h）で、既設1～4号機分と合わせると236t/h [=100t/h (250t/h×200MW÷500MW) + 136t/h]の取水量が必要となると予想される。

② 既設設備流用可能性

再建プラント完成後の取水量は、現在の取水量以内となるので、既設ポンプ2台は流用する。

③ 送水配管も一部流用とし、途中で分岐させて新設ユニットまでは新設するものとする。

(2) 天井クレーン（タービン建屋）

(a) 既設天井クレーン仕様

① フック容量

- 1) 主巻 : 100トン
- 2) 補巻 : 50トン
- 3) リフター : 5トン

② フック揚程

- 1) 主巻 : 100トン
- 2) 補巻 : 50トン
- 3) リフター : 5トン

③ フック揚程

- 1) 主巻 : 20m
- 2) 補巻 : 22m
- 3) リフター : 24m

④ フック速度

1) 主巻

	巻揚速度	降下速度
最大速度	$V_1=1\text{m/min.}$ $V_2=0.7\text{m/min.}$	$V_1=1.45\text{ m/min.}$ $V_2=1.2\text{ m/min.}$
リフト速度	$V_3=0.4\text{ m/min.}$ $V_4=0.1\text{ m/min.}$	$V_3=1.08\text{ m/min.}$ $V_4=0.1\text{ m/min.}$

2) 補巻

	巻揚速度	降下速度
最大速度	$V_1=7.8\text{m/min.}$ $V_2=5.11\text{m/min.}$	$V_1=10.58\text{ m/min.}$ $V_2=8.76\text{m/min.}$
リフト速度	$V_3=2.98\text{m/min.}$ $V_4=0.78\text{m/min.}$	$V_3=7.854\text{m/min.}$ $V_4=0.78\text{m/min.}$

3) リフター

a. 昇降速度

・最大速度 : $V = 8\text{ m/min.}$

・リフト速度 : $V_1 = 1\text{ m/min.}$

b. 移動速度 : $V_2 = 20\text{ m/min.}$

⑤ トロリーの走行速度 : $V = 13.1\text{ m/min.}$

⑥ クレーンの走行速度 : $V = 30\text{ m/min.}$

(b) 既設設備流用可能性

これと同仕様の天井クレーンが、マリッツァ・イースト第3火力発電所(210MW×4基)でも使用されているので、新設R1、R2号機(230MW×2基)には既設天井クレーンが流用可能と考える。

但し、使用前にロードテストを行う必要がある。

(3) 保守用クレーン(循環水ポンプ室内)

(a) 既設循環水ポンプ室は流用するので、循環水ポンプのメンテナンス用のクレーンも流用するものとする。

(b) 新設循環水ポンプ及びモーターの重量とクレーン容量をチェックする必要がある。

(4) 地域熱供給用配管

(a) 地域熱供給用温水配管は、既設タービン建屋の変圧器側に敷設されており、これを流用するものとする。

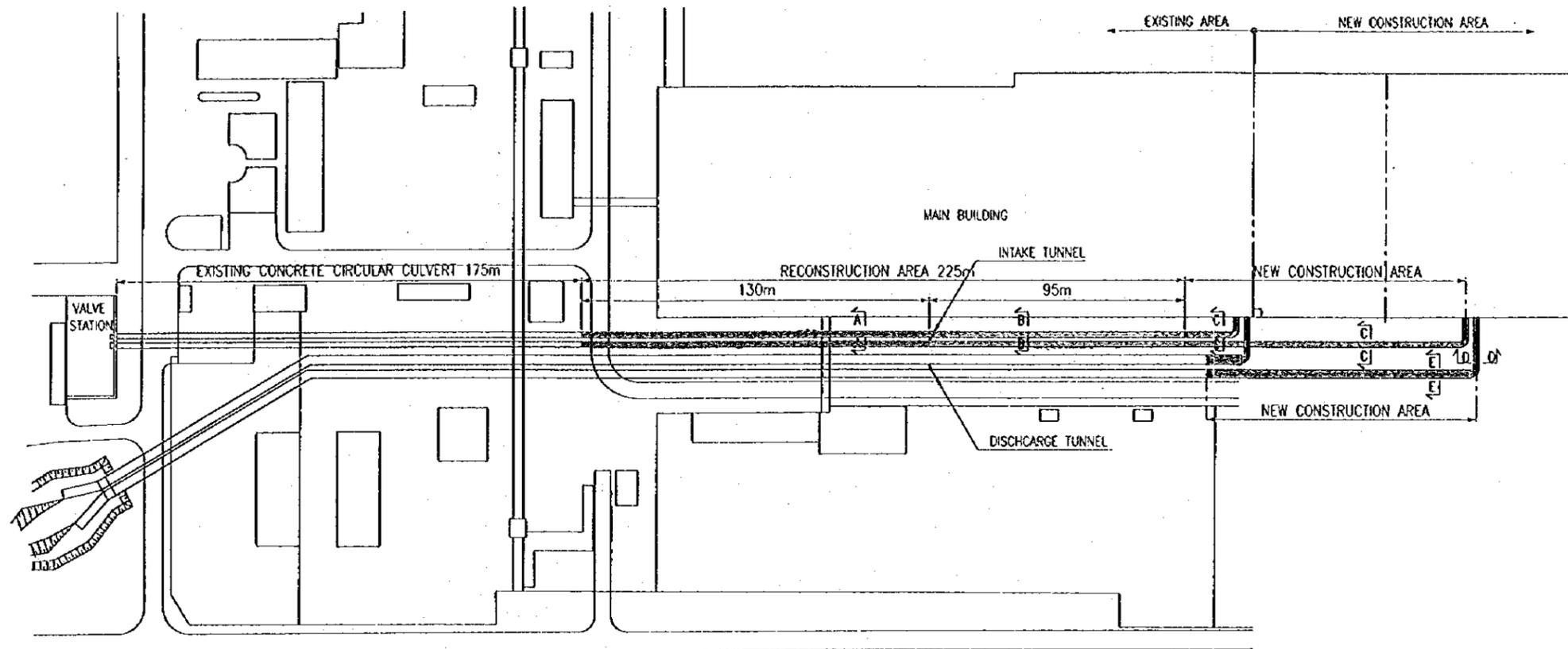
(b) なお、タービン建屋が延長され、タービン発電機関係も北側に移動するのでその分の配管は新設するものとする。

(5) 消火設備

(a) 現在、消火ポンプ2台(1台当たり250 m³/h、12bar)及びディーゼルエンジン駆動消火ポンプ、並びに2系統の埋設消火配管(新しい配管:口径φ326/圧力7ata、古い配管:口径φ159/圧力6 ata)が使用されている。

(b) 再建プラント用としてこれらの設備を流用するものとする。ただし、既設消火配管の一部と再建プラントが干渉するので、その部分のみ地上配管として新設するものとする。なお、新設配管は保守管理上、地上式配管が望ましい。

INTAKE AND DISCHARGE TUNNEL PLAN S=1:1 000



SECTION S=1:100

A-A

B-B

C-C

D-D

E-E

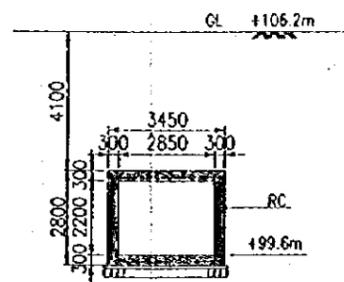
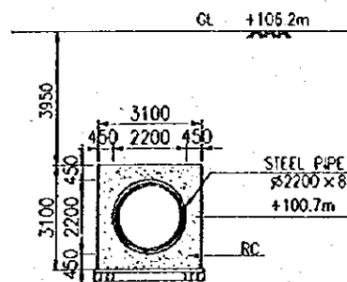
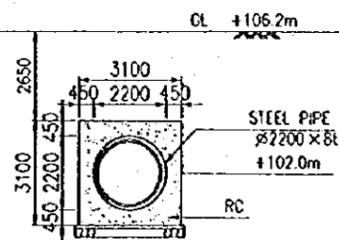
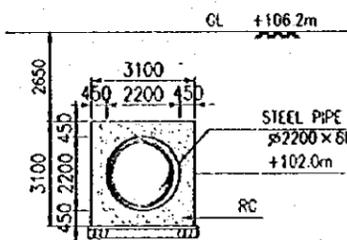
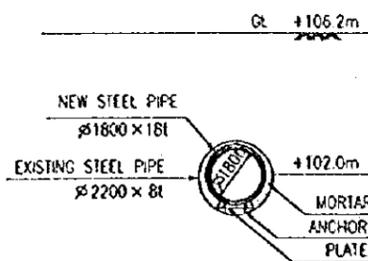
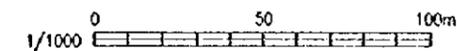


Figure5-4-1-1 INTAKE AND DISCHARGE TUNNEL PLAN

FEASIBILITY STUDY ON MARISA EAST NO.1 REPLACING THERMAL POWER PLANT FOR IMPROVEMENT OF THE PERFORMANCE OF THE UNITS AND THE ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE REPUBLIC OF BULGARIA			
INTAKE AND DISCHARGE TUNNEL			
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY TEAM			
APPROVED BY	REVIEWED BY	CHECKED BY	DESIGN BY
ENG.		SCALE	DATE
		1/1000, 1/100	

第 6 章 概 念 設 計

第 6 章 概念設計

	(頁)
6.1 設計諸元	6- 1 ~ 6- 3
6.2 計画性能	6- 4 ~ 6- 5
6.3 レイアウト	6- 6 ~ 6- 9
6.4 ボイラ／マテリアルバランス	6- 11 ~ 6- 13
6.5 タービン／ヒートバランス	6- 14 ~ 6- 16
6.6 ボイラ設備	6- 17 ~ 6- 21
6.7 蒸気タービン設備	6- 22 ~ 6- 61
6.8 発電機設備	6- 62 ~ 6- 64
6.9 熱供給設備	6- 65 ~ 6- 66
6.10 環境対策設備	6- 67 ~ 6- 86
6.10.1 集塵設備	
6.10.2 排水処理設備	
6.11 灰処理設備	6- 87 ~ 6- 93
6.12 発電所用水設備	6- 94 ~ 6-110
6.13 空気供給設備	6-111 ~ 6-115
6.14 燃料及び石灰石貯蔵運搬設備	6-116 ~ 6-130
6.14.1 石炭設備	
6.14.2 石灰石設備	
6.14.3 重油, L P G 設備	
6.15 電気及び制御設備	6-131 ~ 6-162
6.16 開閉所及び変電所設備	6-163 ~ 6-171
6.17 建築物及び煙突	6-172 ~ 6-194

[List of Tables]

- 6-1-1 : Design Lignite Properties
- 6-1-2 : Design Limestone Properties
- 6-1-3 : Heavy Oil Properties
- 6-2-1 : Planned Performance
- 6-7-1 : 腐食・侵食に関する各種材料の特性
- 6-10-1-1 : Dust Collector Comparison (Outlet Dust : 100 mg/m³N)
- 6-10-2-1 : Forecast of Source, Quantity and Quality of Low Concentrated Salt Waste Water
- 6-10-2-2 : Forecast of Source, Quantity and Quality of High Concentrated Salt Waste Water
- 6-12-1 : Raw Water Analysis for Design
- 6-12-2 : Water Quality of Treated Water
- 6-12-3 : 純水使用量の要素予測 (日最大)
- 6-12-4 : ろ過水使用量の要素予測 (日最大)
- 6-12-5 : 発電所用水設備・機器容量算定根拠
- 6-14-3-1 : Heavy Oil Properties
- 6-15-2-1 : PLANT PERFORMANCE CALCULATION (Example)
- 6-15-2-2 : ALR-DPC SPECIFICATION
- 6-17-1 : 建築物リスト (基礎リストを含む)
- 6-17-2 : タービン室
- 6-17-3 : ボイラー室
- 6-17-4 : 中央操作室
- 6-17-5 : 貯炭場上屋
- 6-17-6 : 石灰石貯蔵上屋
- 6-17-7 : トリッパー建屋
- 6-17-8 : 灰処理制御室
- 6-17-9 : 石炭・石灰石運搬制御室
- 6-17-10 : 純水装置室
- 6-17-11 : 水素発生装置室
- 6-17-12 : 屋外機械台基礎
- 6-17-13 : 煙突形状計算
- 6-17-14 : 煙突

[List of Figures]

- 6-3-1 : General Layout
- 6-3-2 : CFBC (230MW) Layout
- 6-4-1 : Fuel Firing System & Air & Gas Draft System Material Balance
- 6-5-1 : TURBINE CYCLE HEAT BALANCE DIAGRAM (230MW)
- 6-5-2 : TURBINE CYCLE HEAT BALANCE DIAGRAM (200MW)
- 6-6-1 : SIDE VIEW OF C-FBC BOILER PLANT
- 6-7-1 : GENERAL ARRANGEMENT GROUND FLOOR (GL+200)
- 6-7-2 : GENERAL ARRANGEMENT OF OPERATING FLOOR AND DEARATOR Floor
- 6-7-3 : GENERAL ARRANGEMENT VIEW A-A
- 6-7-4 : FLOW DIAGRAM OF CONDENSER COOLING WATER SYSTEM
- 6-7-5 : FLOW DIAGRAM OF CONDENSATE, FEEDWATER AND MAIN STEAM LINE
- 6-7-6 : FLOW DIAGRAM OF AUXILIARY COOLING WATER SYSTEM
- 6-9-1 : 熱供給系統
- 6-10-1-1 : Influence of inherent electrical resistivity on dust collection efficiency (at 150°C)
- 6-10-1-2 : Influence of temperature and moisture on dust collection efficiency
- 6-10-1-3 : Influence of sulfur on dust collection efficiency
- 6-10-1-4 : Dust removal on bag filter
- 6-10-1-5 : Bag filter (reverse cleaning type)
- 6-10-2-1 : FLOW DIAGRAM OF WASTE WATER TREATMENT SYSTEM
- 6-10-2-2 : FLOW BALANCE OF WATER AND WASTE WATER
- 6-11-1 : Water Intake and Discharge System in Power Station
- 6-11-2 : ASH HANDLING SYSTEM FLOW
- 6-12-1 : FLOW DIAGRAM OF WATER TREATMENT SYSTEM
- 6-12-2 : FLOW BALANCE OF WATER AND WASTE WATER
- 6-13-1 : INSTRUMENT AIR PIPING LINE
- 6-14-1-1 : COAL HANDLING SYSTEM FLOW
- 6-14-2-1 : LIMESTONE HANDLING SYSTEM FLOW
- 6-14-3-1 : System of Heavy Oil Receiving and Discharging

- 6-15-1-1 : ONE LINE DIAGRAM
- 6-15-1-2 : ONE LINE DIAGRAM (EMERGENCY)
- 6-15-1-3 : Auxiliary Cooling Water System
- 6-15-2-1 : SOPHISTICATION OF THE ROLES AND EXPANSION IN APPLLCATION OF COMPUTER FOR THERMAL POWER PLANT
- 6-15-2-2 : DCS SYSTEM CONFIGURATION (A)
- 6-15-2-3 : DCS SYSTEM CONFIGURATION
- 6-15-2-4 : DENC FUNCTIONAL STRUCTURE
- 6-15-2-5 : DPC-UNITMASTER CONTROL BLOK
- 6-15-2-6 : DPC INTERFACE SOPIA AND MB-1/TPP
- 6-15-2-7 : UPS BASIC CIRCUIT
- 6-16-1 : Single Line Diagram of Switchyard (MB-1 TPP Side)
- 6-16-2 : SWITCHYARD PLAN (MB-1 TPP Side)
- 6-16-3 : SWITCHYARD SECTION (MB-1 TPP Side)
- 6-16-4 : Single Line Diagram of Switchyard (MB-1 S/S Side)
- 6-16-5 : PLAN OF SWITCHYARD (MB-1 S/S Side)
- 6-16-6 : Power System Diagram of Maritsa East No.1 Thermal Power Plant
- 6-16-7 : TRANSMISSION LINES ROUTE OF MB-1 TPP
- 6-17-1 : TURBINE HALL AND BOILER SECTION ELEVATION AND SECTION
- 6-17-2 : ELEVATION WITH THE EXISTING HALL
- 6-17-3 : TURBINE HALL AND BOILER HOUSE GROUND FLOOR (GL+200)
- 6-17-4 : TURBINE HALL AND BOILER HOUSE OPERATION FLOOR (GL+8,000) AND DEABRATOR FLOOR (GL+16,000)
- 6-17-5 : NEW STACK H=180

第6章 概念設計

6.1 設計諸元

プラント設計を行うに当たって、基本となる共通諸元を以下に示す。

- (1) 定格出力 : 電気出力 230MW×2 ユニット
- (2) 地域暖房用温水 : 25Gcal/h
但し、設備は両号機に設置するが、供給はどちらか一方のみとする。この時、温水供給している号機の電気出力は供給熱量に応じて減じるものとする。
- (3) 蒸気条件
 - (a) 蒸気発生量 : 740t/h/unit (MCR)
 - (b) 主蒸気圧力 : 169kg/cm²g (2,400lbf/in²)
 - (c) 主蒸気温度 : 538°C (1,000° F)
 - (d) 再熱蒸気温度 : 538°C (1,000° F)
- (4) リグナイト及び灰性状 : Table 6-1-1 に示す。
- (5) 石灰石性状 : Table 6-1-2 に示す。
- (6) 重油性状 : Table 6-1-3 に示す。
- (7) プラント年間利用率 : 70%
- (8) 最低負荷 : 40%
- (9) 排ガス基準
 - (a) SO₂ : 脱硫効率90%以上
 - (b) NO_x : 600mg/m³N (292ppm) 以下
 - (c) Dust : 100mg/m³N以下
 - (d) CO : 250mg/m³N (200ppm) 以下
- (10) 排水基準 : ブルガリア国基準「表面流水の水質の評価に適用される指標と基準」の分類Ⅲを遵守する。
- (11) 過負荷
 - (a) ボイラMCR : ECRの103%以下
 - (b) タービンTMF : 定格出力の105%以下
 - (c) 発電機 : 定格出力の105%以下
- (12) リグナイト及び石灰石の貯蔵量 : 23日分
- (13) 気温 : -20°C~40°C
- (14) 風力 : 38kg/m²
- (15) 地震係数 : 0.08G

Table 6-1-1 Design Lignite Properties

Coal classification			A Max
Ash	(air-dried base)	%	45.00
Moisture	(as received)	%	49.00
Ash	(as received)	%	22.95
Carbon	(as received)	%	18.85
Hydrogen	(as received)	%	1.42
Oxygen	(as received)	%	5.05
Nitrogen	(as received)	%	0.30
Combustible sulphur	(as received)	%	3.20
Volatiles from mineral substance	(as received)	%	2.19
Calorific value (LHV)	kcal/kg		1,315
	kJ/kg		5,510
Volatiles		%	60 - 64
Hygroscopic moisture		%	11
Milling efficiency	per K per for guaranteed coal		0.83 - 1.22 K=1.1
Ash analysis	SiO ₂	%	35 - 50
	Al ₂ O ₃	%	16 - 32
	Fe ₂ O ₃	%	7 - 20
	MgO	%	1.5 - 3.5
	CaO	%	2.5 - 5.0
	SO ₃	%	2.5 - 15
Ash fusion temperature			
A. In oxidizing environment (by Leits) for Analysis 1,2,3			
Deformation point		°C	1,210 - 1,300
Melting point		°C	1,260 - 1,300
Running point		°C	1,280 - 1,300
B. In semi-reduction environment (by Bunte-Baum) for Analysis 4			
Deformation point		°C	1,050 - 1,150
Melting point		°C	1,150 - 1,300
Running point		°C	1,200 - 1,400
Density	gr/cub. cm		1.5 - 1.9
Bulk weight	kg/cub. cm		700 - 1,000

Table 6-1-2 Design Limestone Properties

Original limestone analysis (air dried base)	Ca (%)	38.8	
	Mg (%)	0.1	
	C (%)	11.94	
	S (%)	0.004	
Fraction analysis between 0.125 - 0.250 mm (air dried base)	Ca (%)	39	
	Mg (%)	0.1	
	C (%)	11.94	
	S (%)	0.003	
Limestone specification	Grade	Reactive Index RI (mol/mol)	Absorption Capacity CI (Limestone gs/kg)
	excellent	< 2.5	120 <
	good	2.5 - 3.0	100 - 120
	medium	3.0 - 4.0	80 - 100
	low	4.0 - 5.0	60 - 80
	bad	5.0 <	< 60

Table 6-1-3 Heavy Oil Properties

Item		Bulgarian Standard	Acceptable Properties
Calorific value [HHV]	MJ/kg	39.8	39.88
	Kcal/kg	9,506	9,525
Kinematics viscosity	mm ² /s	115	—
Density	g/cm ³	1.015	0.968
Ash content	Weight %	0.15	0.068
Sulfur content	Weight %	3.5	2.99
Moisture	Volume %	1.0	—
Impurities	Weight %	0.5	—
Flash point	°C	110 or more	120 or more
Pour point	°C	25 or less	7 or less

6.2 計画性能

設計諸元に基づき計画した設備及び性能を以下に示す。

(1) 主要設備型式

- (a) ボイラ : 屋内型循環式流動床単胴放射形再熱式
- (b) 集じん器 : 電気式集じん器
- (c) タービン : 串型2車室複流排気型
- (d) 発電機 : 水素冷却形横置回転界磁耐爆構造三相交流同期式

(2) プラント性能

プラントの効率、ユーティリティ、ガス性状等を Table 6-2-1 に示す。

Table 6-2-1 Planned Performance

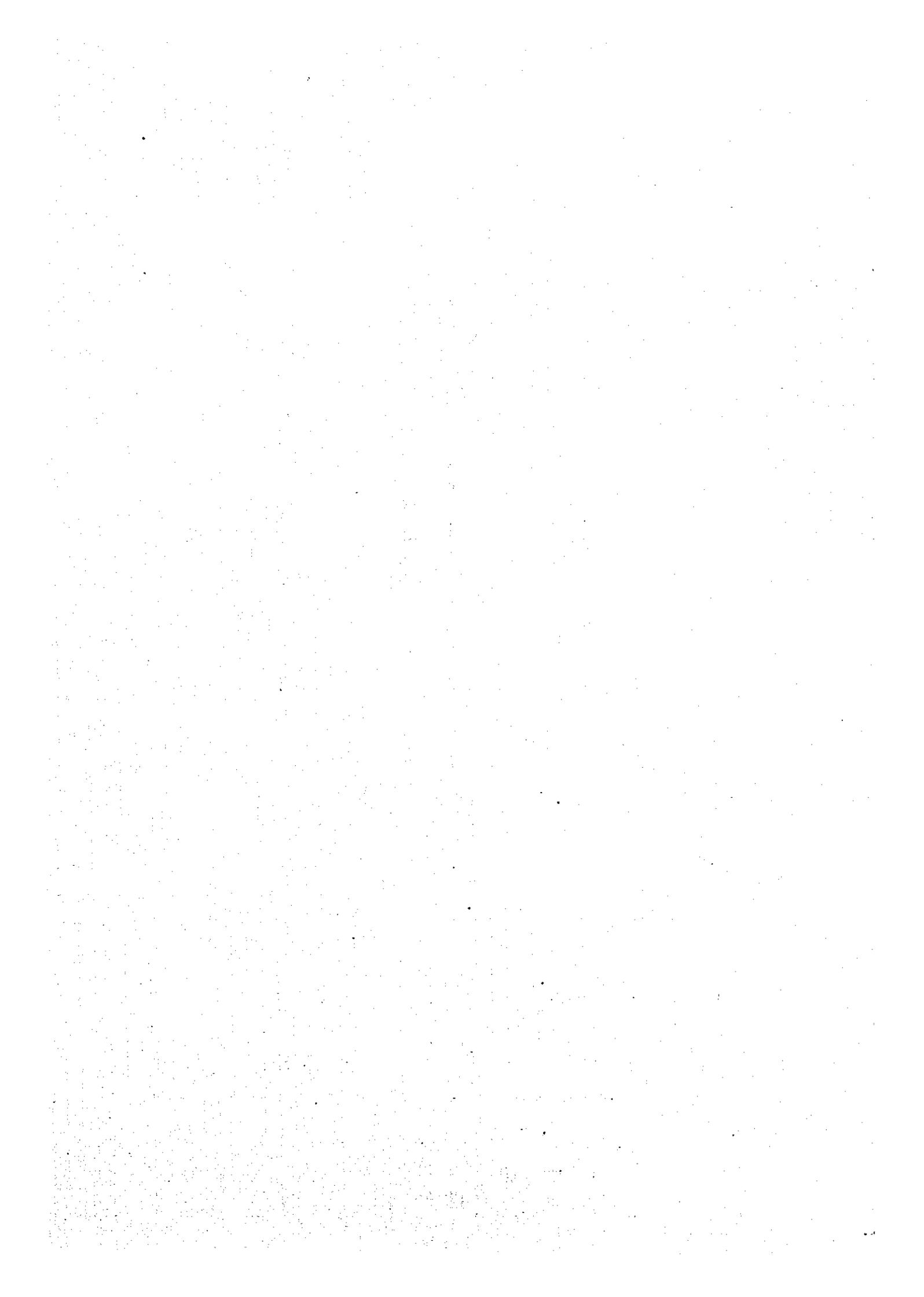
(per unit)

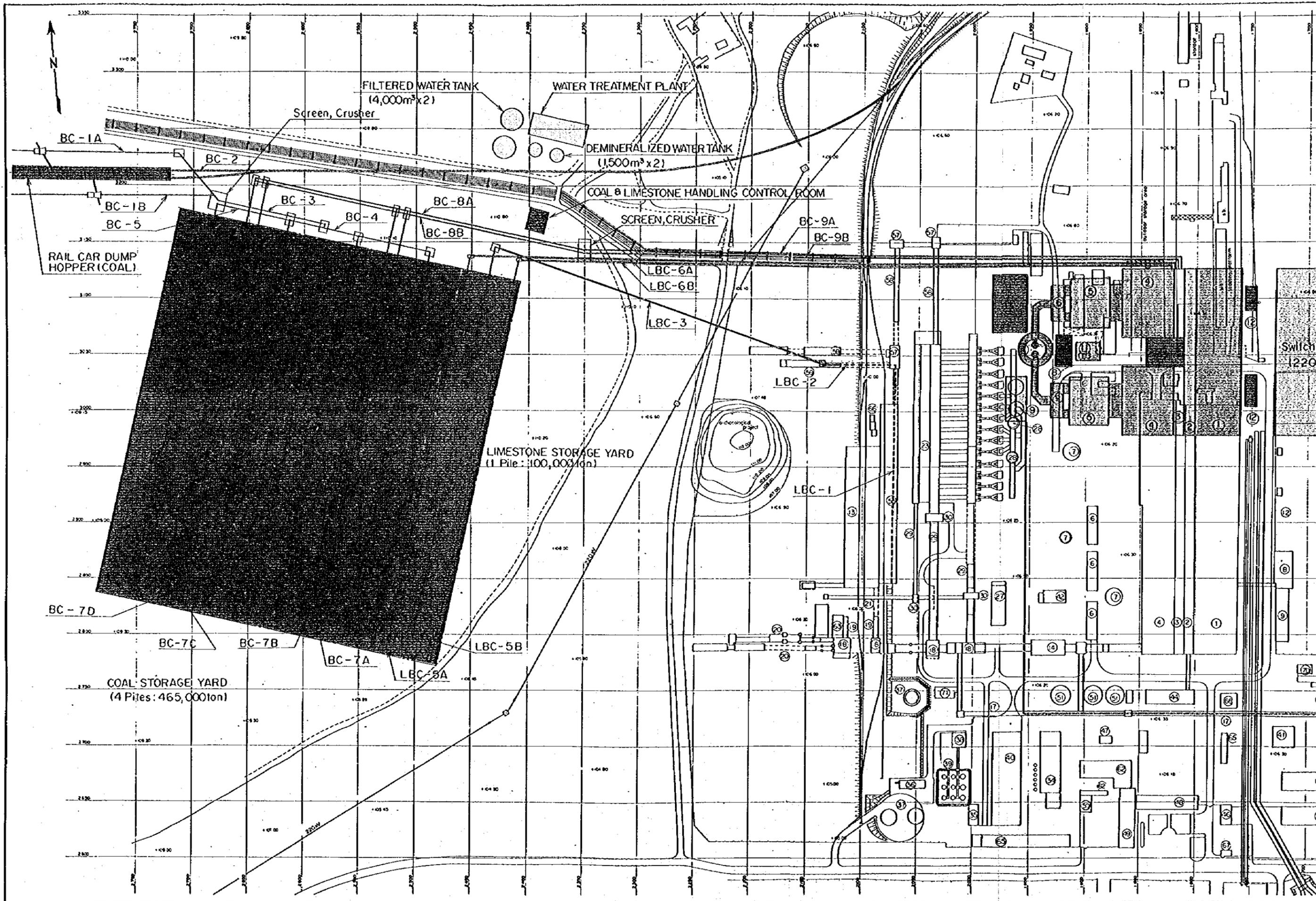
1. Boiler type		C-FBC
2. Coal		Ash MAX
3. Plant efficiency (wet low calorie base)	%	36.5
Boiler efficiency	%	87.6
Turbine efficiency	%	45.0
Auxiliary power consumption	%	7.0
Plant loss	%	0.3
4. Plant efficiency (wet high calorie base)	%	28.5
Boiler efficiency	%	68.3
Turbine efficiency	%	45.0
Auxiliary power consumption	%	7.0
Plant loss	%	0.3
5. Coal consumption (wet base)	T/H	412
	T/D	9,888
(plant annual utilization = 70%)	$\times 10^3$ T/Y	2,526
6. Limestone consumption	T/H	85
	T/D	2,040
(plant annual utilization = 70%)	$\times 10^3$ T/Y	521
Surplus rate	—	2.0
7. Make up water	T/H	73
Plant using	T/H	73
FGD using	T/H	—
	T/D	1,752
(plant annual utilization = 70%)	$\times 10^3$ T/Y	448
8. Ash disposal quantity	T/H	225
	T/D	5,400
(plant annual utilization = 70%)	$\times 10^3$ T/Y	1,380
9. By-product gypsum	T/H	—
	T/D	—
(plant annual utilization = 70%)	$\times 10^3$ T/Y	—
10. Boiler outlet flue gas		
Wet base	$\times 10^3$ m ³ N/H	1,294
Dry base	$\times 10^3$ m ³ N/H	978
Gas temperature	°C	165
11. Flue gas properties at stack outlet		
Wet base	$\times 10^3$ m ³ N/H	1,297
Dry base	$\times 10^3$ m ³ N/H	981
Gas temperature	°C	170
SO ₂	mg/m ³ N	2,687
NO _x	mg/m ³ N	<600
Dust	mg/m ³ N	<100
CO	mg/m ³ N	<250

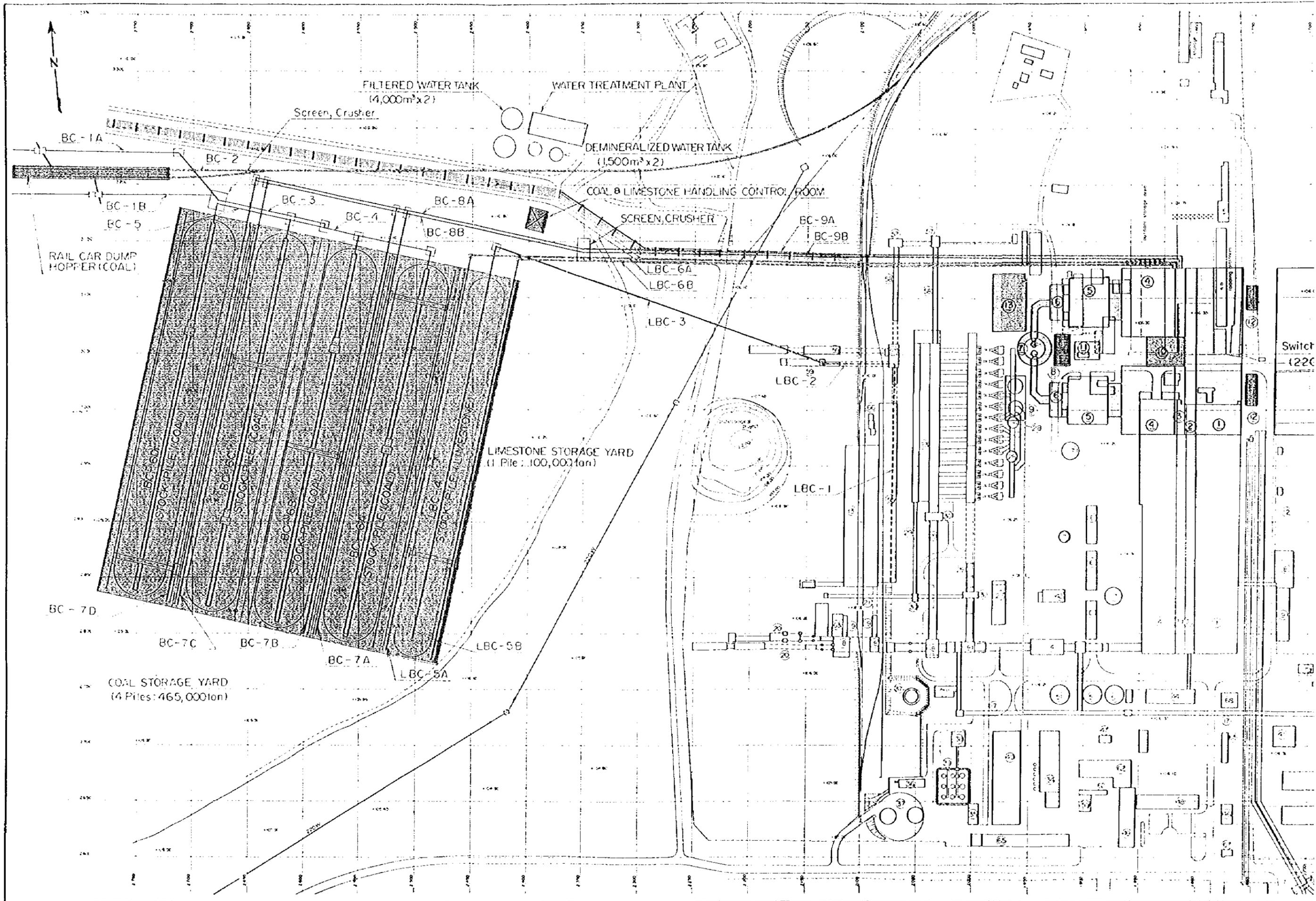
6.3 レイアウト

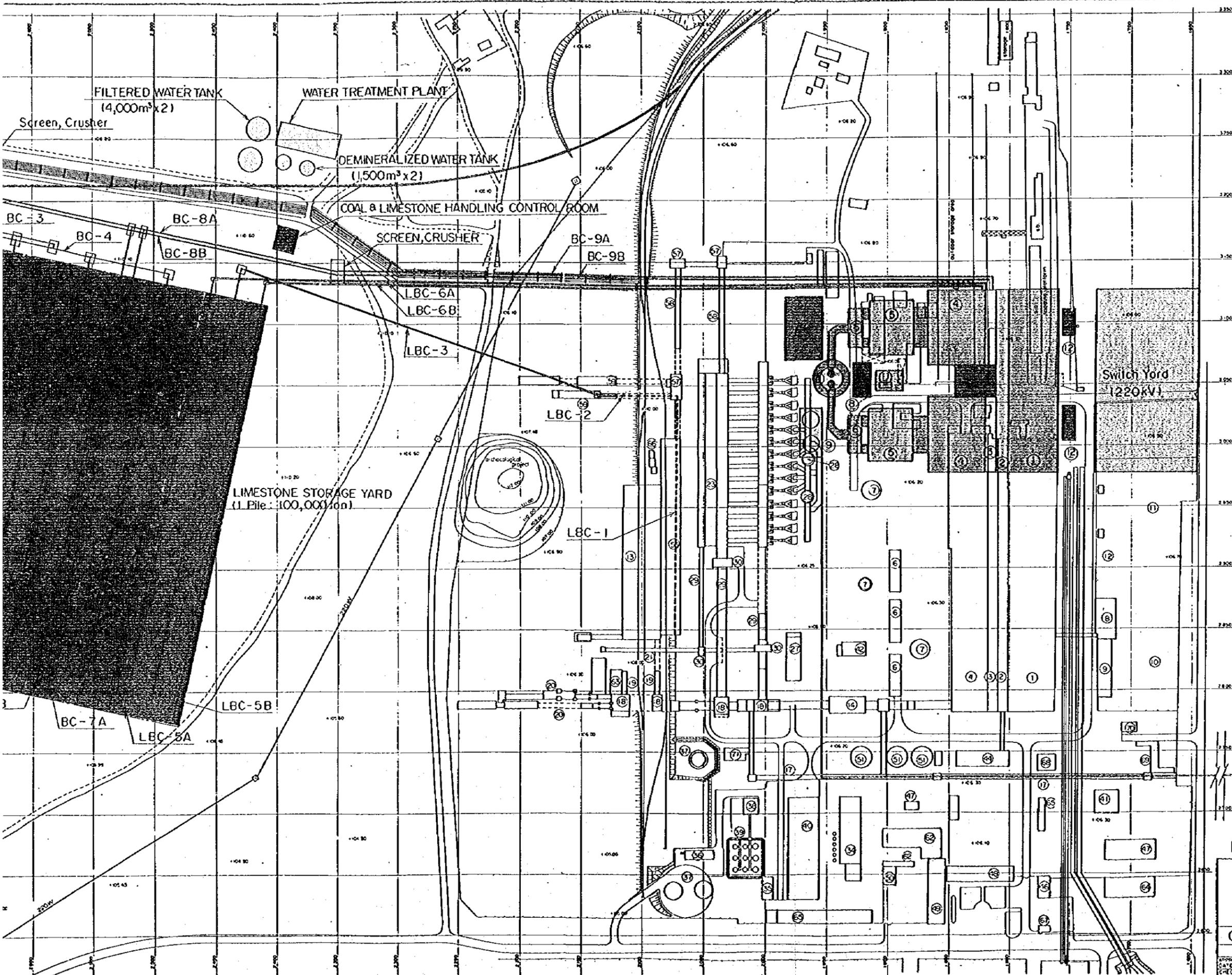
発電所レイアウト図を Figure 6-3-1～2 に示す。

- (1) 再建プラントR1・R2号機のタービン建屋を残存使用している1～4号機のタービン建屋より北方へ58m移動した地点に配置する。
- (2) 煙突は180m自立型1筒身2流方式の新設煙突を再建プラントR1・R2号機の中央に配置する。
- (3) 灰処理装置は再建プラントR1・R2号機の電気集じん器の間に配置し、ストレージタンクを経由して所外搬出用鉄道貨車まで空気搬送される。
- (4) 排水処理装置は新設煙突の北西側に配置する。
- (5) 所内用水処理装置は埋め立て完了済みの灰捨て場の北に配置する。
- (6) 貯炭場は埋め立て完了済みの灰捨て場に設置する。
- (7) 石灰石貯蔵場所は埋め立て完了済みの灰捨て場に設置する。









No.	Description
1	Turbine hall
2	Decelerator section
3	Bunker section
4	Boiler section
5	Outdoor for fly ash fans
6	Switchgear for electric precipitators
7	Stack
8	Fly ash transmitter tank
9	Fly ash silo
10	Central control room
11	Ash handling control room
12	Transformer yard
13	Waste Water Treatment Yard
14	Electrostatic precipitator
15	IDF (Induced Draft Fan)
16	Stack
17	Fly ash transmitter tank
18	Fly ash silo
19	Central control room
20	Ash handling control room
21	Transformer yard
22	Waste Water Treatment Yard
23	Electrostatic precipitator
24	IDF (Induced Draft Fan)
25	Stack
26	Fly ash transmitter tank
27	Fly ash silo
28	Central control room
29	Ash handling control room
30	Transformer yard
31	Waste Water Treatment Yard
32	Electrostatic precipitator
33	IDF (Induced Draft Fan)
34	Stack
35	Fly ash transmitter tank
36	Fly ash silo
37	Central control room
38	Ash handling control room
39	Transformer yard
40	Waste Water Treatment Yard
41	Electrostatic precipitator
42	IDF (Induced Draft Fan)
43	Stack
44	Fly ash transmitter tank
45	Fly ash silo
46	Central control room
47	Ash handling control room
48	Transformer yard
49	Waste Water Treatment Yard
50	Electrostatic precipitator
51	IDF (Induced Draft Fan)
52	Stack
53	Fly ash transmitter tank
54	Fly ash silo
55	Central control room
56	Ash handling control room
57	Transformer yard
58	Waste Water Treatment Yard
59	Electrostatic precipitator
60	IDF (Induced Draft Fan)
61	Stack
62	Fly ash transmitter tank
63	Fly ash silo
64	Central control room
65	Ash handling control room
66	Transformer yard
67	Waste Water Treatment Yard
68	Electrostatic precipitator
69	IDF (Induced Draft Fan)
70	Stack
71	Fly ash transmitter tank
72	Fly ash silo
73	Central control room
74	Ash handling control room
75	Transformer yard
76	Waste Water Treatment Yard
77	Electrostatic precipitator
78	IDF (Induced Draft Fan)
79	Stack
80	Fly ash transmitter tank
81	Fly ash silo
82	Central control room
83	Ash handling control room
84	Transformer yard
85	Waste Water Treatment Yard
86	Electrostatic precipitator
87	IDF (Induced Draft Fan)
88	Stack
89	Fly ash transmitter tank
90	Fly ash silo
91	Central control room
92	Ash handling control room
93	Transformer yard
94	Waste Water Treatment Yard
95	Electrostatic precipitator
96	IDF (Induced Draft Fan)
97	Stack
98	Fly ash transmitter tank
99	Fly ash silo
100	Central control room
101	Ash handling control room
102	Transformer yard
103	Waste Water Treatment Yard
104	Electrostatic precipitator
105	IDF (Induced Draft Fan)
106	Stack
107	Fly ash transmitter tank
108	Fly ash silo
109	Central control room
110	Ash handling control room
111	Transformer yard
112	Waste Water Treatment Yard
113	Electrostatic precipitator
114	IDF (Induced Draft Fan)
115	Stack
116	Fly ash transmitter tank
117	Fly ash silo
118	Central control room
119	Ash handling control room
120	Transformer yard
121	Waste Water Treatment Yard
122	Electrostatic precipitator
123	IDF (Induced Draft Fan)
124	Stack
125	Fly ash transmitter tank
126	Fly ash silo
127	Central control room
128	Ash handling control room
129	Transformer yard
130	Waste Water Treatment Yard

Replacing Plant

1	Turbine hall
2	Decelerator section
3	Bunker section
4	Boiler section
5	Electrostatic precipitator
6	IDF (Induced Draft Fan)
7	Stack
8	Fly ash transmitter tank
9	Fly ash silo
10	Central control room
11	Ash handling control room
12	Transformer yard
13	Waste Water Treatment Yard

Figure 6-3-1
 The Feasibility Study
 on
 Moriso East No.1 Replacing Thermal Power Plant
 for
 Improvement of The Performance of The Units
 and
 The Environmental Protection
General Layout
 JICA TEAM
 APPROVED BY: _____ DRAWN BY: _____
 CHECKED BY: _____

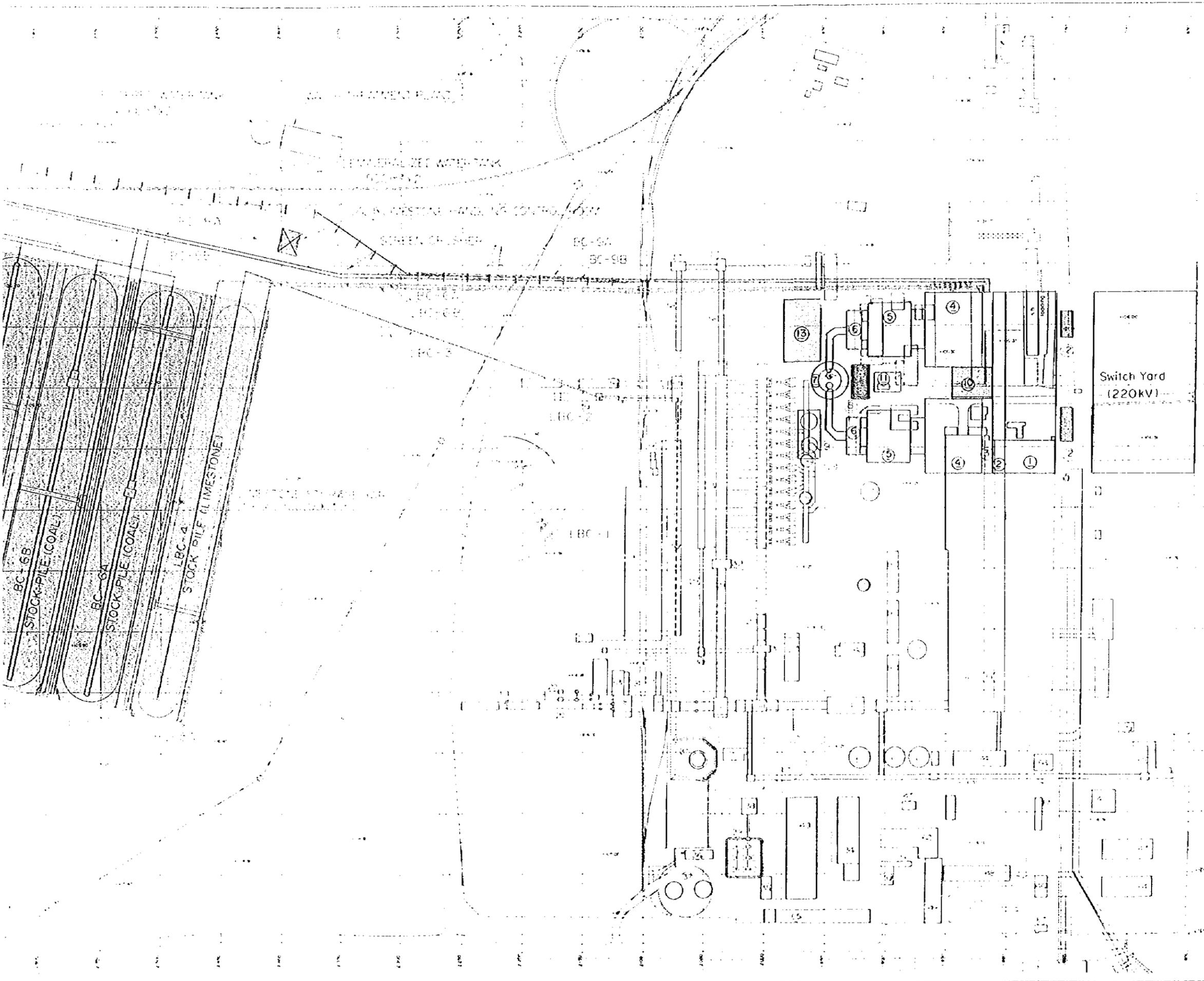


Figure 6-3
 General Layout
 of the Power Plant
 and its associated
 facilities.

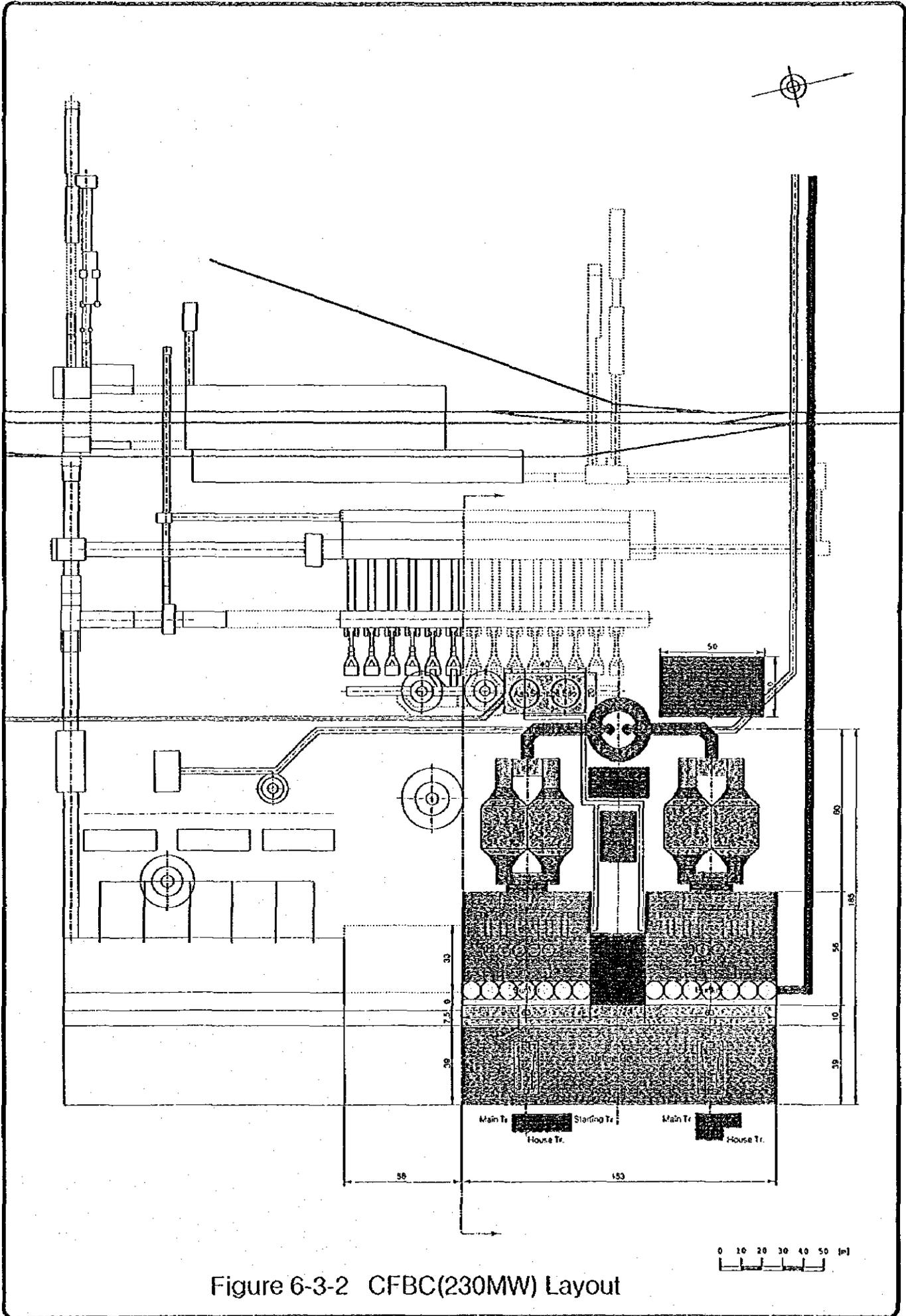


Figure 6-3-2 CFBC(230MW) Layout

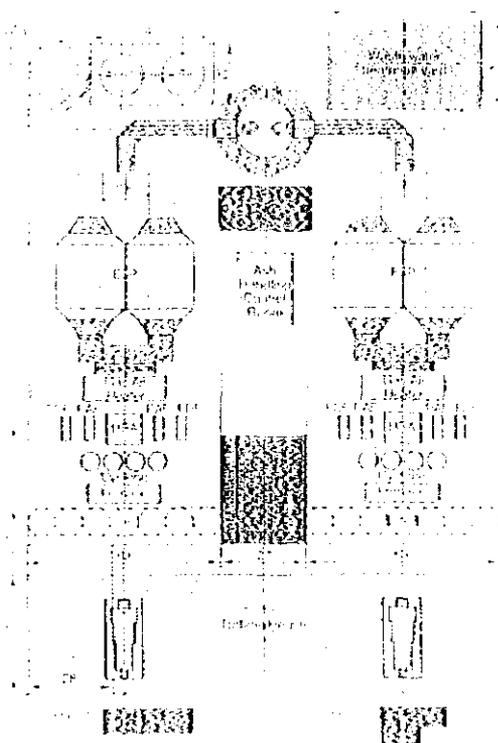


Figure 6-3-2 CFBC(230MW) Layout

6.4 ボイラ/マテリアルバランス

ボイラ設備のマテリアルバランスを Figure 6-4-1 に示す。また、ボイラの各系統構成は以下のとおりである。

(1) リグナイト供給系統

燃料のリグナイトは以下の系統にてボイラに供給される。

- (a) リグナイトは貯炭場よりボイラ建屋間でクラッシャにより、40mm以下に粉碎されて、ボイラ建屋内のコール・バンカに供給される。
- (b) コール・バンカは詰まり防止のためにバンカ角度72度で設計されており、7基が設置されている。
- (c) コール・バンカは7基あるが、1基は予備で常時6基・6時間分の容量を保有しており、送炭は24時間連続で行う。
- (d) コール・バンカより切り出されたリグナイトはコール・クラッシャにて12mm以下に粉碎されて、7基のコール・フィード・バンカに供給される。
- (e) コール・フィード・バンカより14基のコール・フィーダにて切り出されたリグナイトは火炉周囲より自重で火炉底部に落下し供給される。

(2) 石灰石供給系統

脱硫材の石灰石は以下の系統にてボイラに供給される。

- (a) 石灰石貯蔵所より、50mm以下の石灰石がボイラ建屋内のライムストーン・バンカに供給される。
- (b) ライムストーン・バンカから切り出された石灰石はライムストーン・クラッシャにて3mm以下に粉碎されて、ライムストーン・フィード・バンカに供給される。
- (c) ライムストーン・フィード・バンカよりロータリー・バルブで切り出された石灰石は空気搬送によりリグナイトの給炭管に供給され、リグナイトとともに火炉底部に供給される。

(3) 空気系統

- (a) 燃焼用空気はボイラ建屋内より吸気されFDFで昇圧された後に分岐される。
- (b) 一部はPAFで更に昇圧された後にGAHで昇温され、炉底のウインド・ボックスより炉内に供給される。

(c) 一部はG A Hで昇温された後に炉内上部に燃焼制御およびN O x発生抑制のために火炉に供給される。

(4) ガス系統

(a) 炉内で燃焼したガスはサイクロンに導かれ、ガスに同伴されるベット材（未燃リグナイト、燃焼灰、生成石膏および未反応石灰石）が分離される。

(b) 分離されたベット材は火炉底部に循環ラインにて戻され炉内温度制御に再利用される。

(c) 一方、サイクロンにて分離された燃焼ガスは接触伝熱部で熱交換をした後、G A Hで燃焼用空気と熱交換し、電気集じん器でばいじんを除去されてからI D Fを經由して煙突より排出される。

(5) 灰処理系統

(a) ベット材は炉底部より抜き出され、ベッド・マテリアル・クーラーで冷却されアッシュ・トランジット・タンクに真空搬送される。

(b) E C Oホッパー部、G A Hホッパー部及び電気集じん器より排出された燃焼灰および生成石膏等はアッシュ・トランジット・タンクに真空搬送される。

(c) アッシュ・トランジット・タンクに集められた燃焼灰および生成石膏等はアッシュ・ストレージ・サイロを經由して所外の灰捨て場に搬出される。

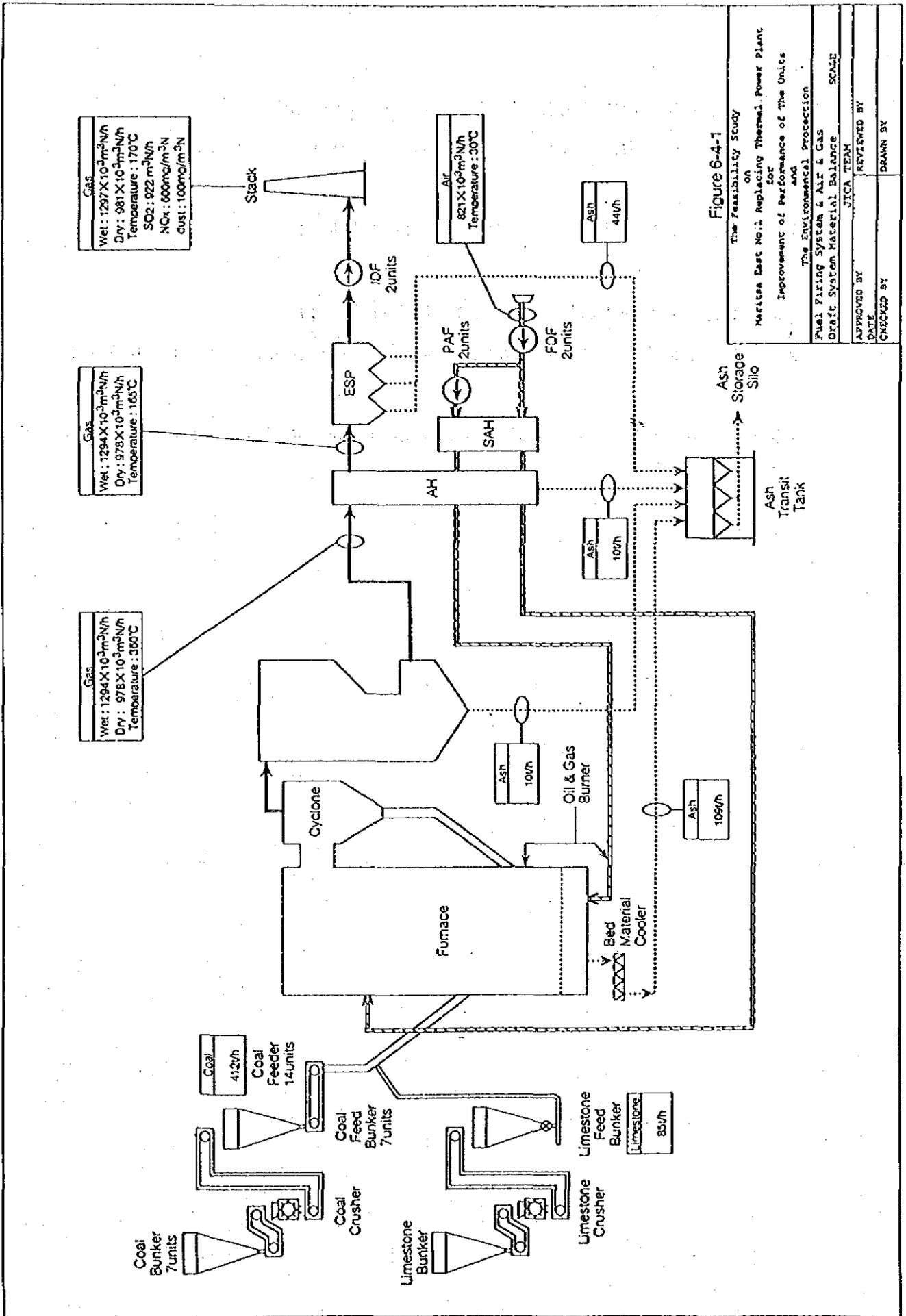


Figure 6-4-1

The Feasibility Study
 on
 Replacing Thermal Power Plant
 for
 Improvement of Performance of the Units
 and
 The Environmental Protection
 Fuel Firing System & Air & Gas
 Draft System Material Balance SCALE
 APPROVED BY: JICA TEAM
 DATE: _____ REVIEWED BY: _____
 CHECKED BY: _____ DRAWN BY: _____