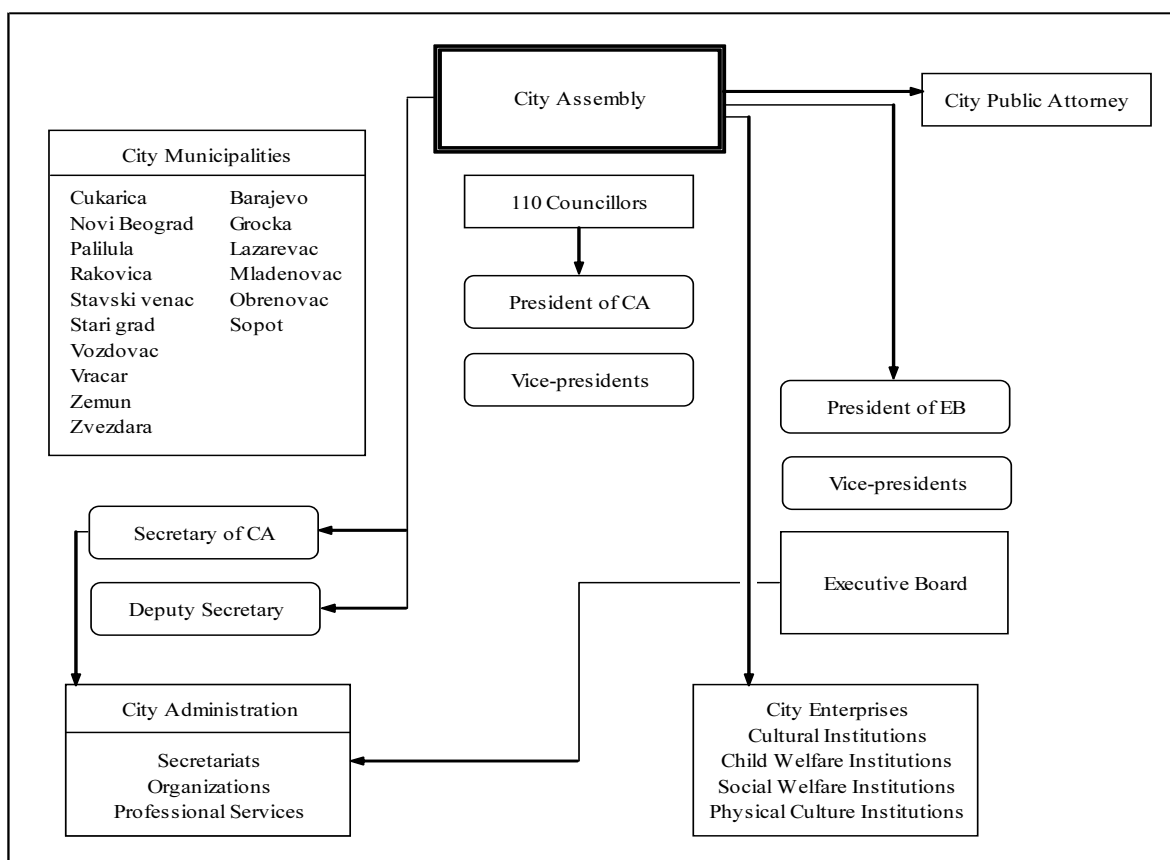


第3章 ベオグラード市の概要及び上水道供給の現状

3-1 ベオグラード市の概要

3-1-1 一般概要

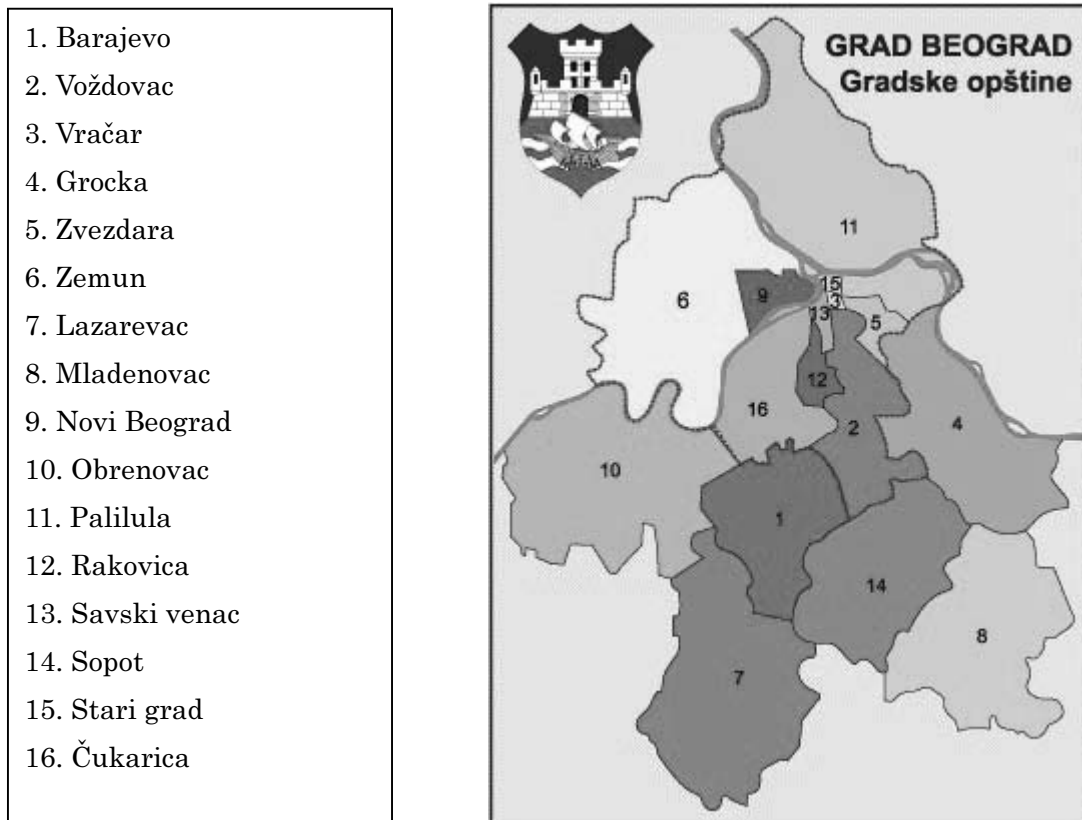
ベオグラード市はセ国の首都で同国の政治、経済、文化の中心地としての役割を担っている。ベオグラード市は 110 人の議員 (Councillor) からなる市議会 (City Assembly)、15 人のメンバーからなる理事会 (Executive Board)、そして行政機関 (City Administration) など大きく 3 つの組織からなる。



出所：ベオグラード市

図 3-1 ベオグラード市組織図

またベオグラード市は更に 16 の自治体 (Municipality) に区分けされており、それぞれに自治議会が存在している。また 16 の Municipality は下記の通り都市部 (Urban) と郊外 (Suburban) に種別されている。



出所：ベオグラード市

図 3-2 ベオグラード市の行政区分地図

*Urban --- 2. Vozdovac、3. Vracar、5. Zvezdara、6. Zemun、9. Novi Beograd、11. Palilula、
12. Rakovica、13. Savski venac、15. Strari grad、16. Cukarica

*Suburban --- 1. Barajevo、4. Grocka、7. Lazarevac、8. Mladenovac、10. Obrenovac、
14. Sopot

ベオグラード市はその傘下に水道、交通、電気など 11 の公益法人 (Public Utility Companies) を置く。本調査のカウンターパートであるベオグラード市上下水道公社 (Beogradski Vodovod I Kanalizacija 《以下 BVK と略す》 = 英文名 : Belgrade Waterworks and Sewerage) はその内の一つである。また、この他にも 6 つの公企業を所有している。

2002 年の最新の人口統計調査によると同市の総人口は 1,574,050 人 (Urban - 1,280,639 人、Suburban - 293,411 人) である。Municipality 単位では最も人口が多い所は、Novi Beograd で 217,180 人、最も少ない所は Sopot で 20,356 人であった。尚、ユーゴ紛争前の 1991 年に実施された国勢調査では、ベオグラード市の人口は、1,548,275 人であり、大幅

な人口増加は認められない。市の説明によると、この人口増加率停滞の原因は旧ユーゴスラビア連邦の分裂により、相当数の非セルビア人がスロベニア、クロアチア等の旧ユーゴ連邦からの独立国に流出したことにある。但し、BVKによると、逆にそれらの国に居住していたセルビア人が難民という形で、加えてコソボ、モンテネグロにいたセルビア人が国内避難民という形でベオグラード市に流入しており、その人数は人口統計に反映されていない。BVKの推計では20万人程度の難民が水道供給範囲に生活しており、ベオグラード市の人口は実際には170万人程度になるとのことである。

3-1-2 自然概要

1) 位置・面積

ベオグラード市はバルカン半島のほぼ中心にあり、サバ川とドナウ川が合流する沖積平野に位置する（北緯 44° 49' 14"、東経 20° 27' 44"）。ドナウ川は約 60 km、サバ川は約 30 km 市内を流れており、河岸の総延長は 200 km 程度になる。また、両河川には合計で 16 の中洲（River Island）が存在する。ベオグラード市全体の面積は 322,268 ヘクタールで、最も面積の大きい Municipality は Palilula（44,661 ヘクタール）で、逆に最も小さい面積を持つ Municipality は Vracar（292 ヘクタール）である。

2) 地形

ベオグラード市北部（ドナウ川の北側）はルーマニアから続くパンノイア平原の一部にあたり比較的平坦である。しかし、市内中心部（ドナウ川とサバ川の合流地点の東側）はバルカン山脈やロドピ山脈に繋がる起伏の激しい地形になる。市内中心部で最も高い所はトリニティ教会のある Torlak で標高 303.1m（市全体では Kosmaj 山の 628m）、低い所で 70.15m（Ada Huja）である。また、ベオグラード市の平均標高は 132m である。

3) 気候

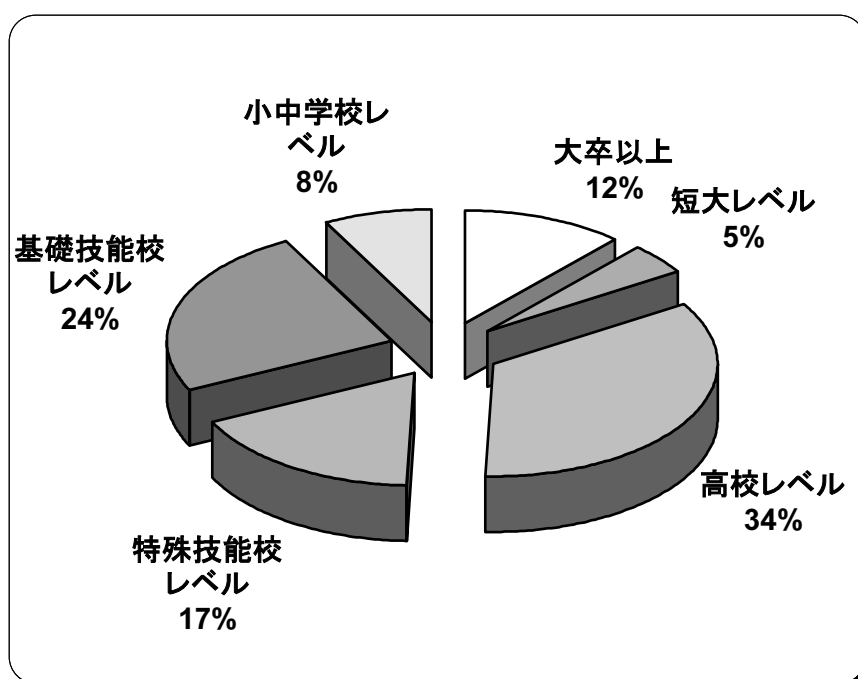
ベオグラード市の気候は四季のある大陸性気候で、欧州諸国の中では比較的温暖と言えるが、年間の寒暖の差が大きい。1961年から1990年の年間平均気温は 11.9℃である。最も気温の高い月は7月（平均 21.7℃）と8月（同 21.3℃）である。最近では夏場に 40℃近く気温が上昇することもあり、水不足に大きな影響を与えている。最も気温の低い月は1月（同 0.4℃）で降雪もある。冬場の平均降雪日は27日で、平均 14～25cm 積もる。また、年間降雨量は 685mm で、年間を通じて降雨量が多い月は5月と6月である。

3-2 ベオグラード市の上水道セクターの現状

3-2-1 上下水道公社概要・組織

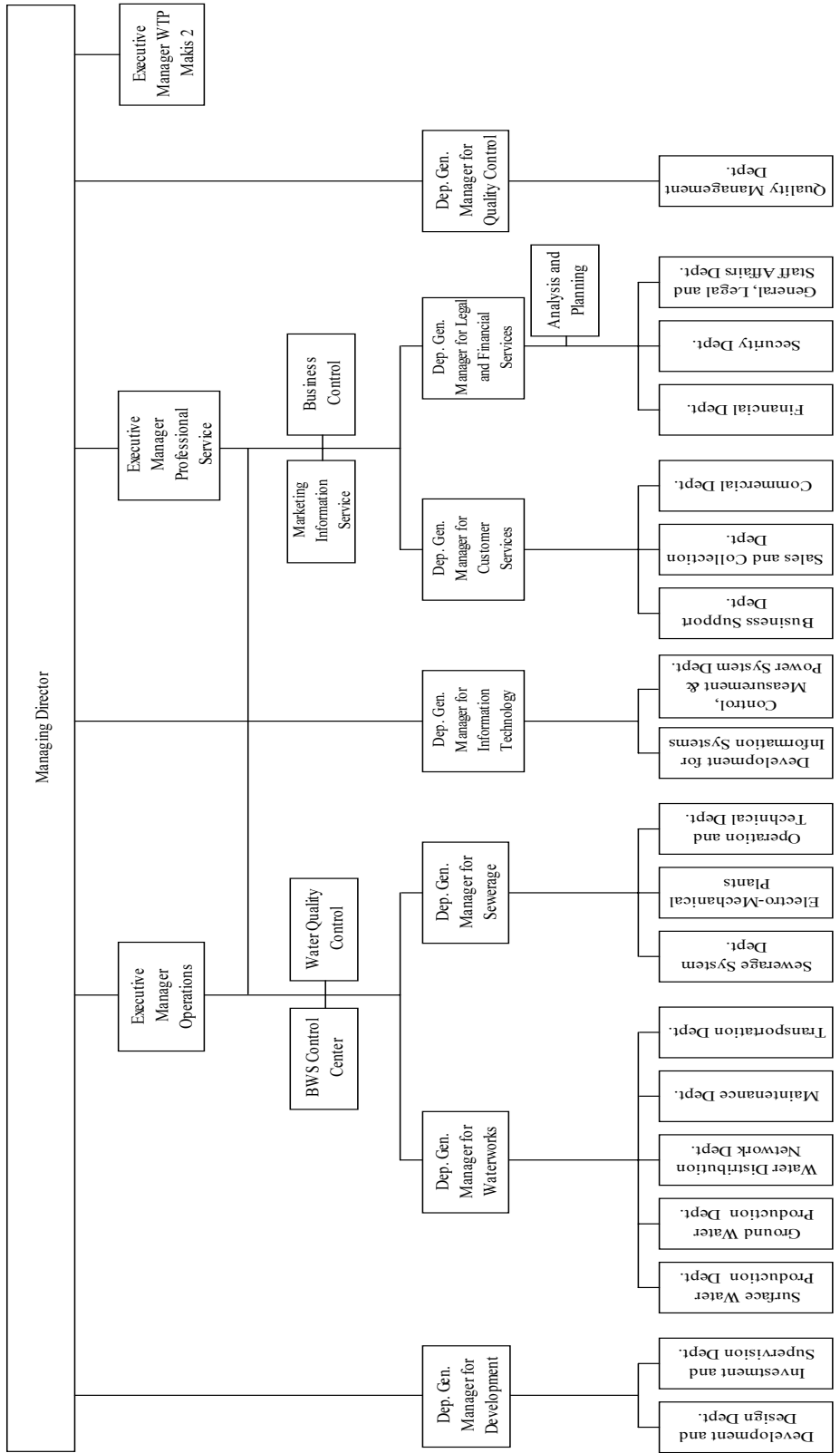
BVKは1892年に設立され、ベオグラード市内の上下水道事業の運営を管轄している。BVKはベオグラード市(City Assembly of Belgrade)の傘下にある11の公益法人(Public Utility Company)の一つである。BVKとベオグラード市の間には管理委員会(Managing Board)が介在し、BVK総裁の任命、重要事項の認可、予算案の承認等を行う。管理委員会は9名のメンバーから構成され、6名はベオグラード市から任命され、3名はBVKの管理職から選出される。議題の重要性によっては管理委員会を通じて市当局に承認を求める場合もある。現在の委員長は市の水資源局(Office of Water Management)のIvan Andjelkovic氏である。2002年現在、BVKはセ国内の全公私企業の中で、資本力では13番目、総収入では67番目の国内有数の「大企業」の一つである。

BVKは2004年3月末現在で合計3,125人の職員を擁しており、重役以下大きく7部門に分かれ、その傘下に19の実務部署がある。各職務をコンピューター化することにより2000年末には3,734人いた職員を4年で16%減に成功した。BVKの人事担当によると、財務内容の改善のためこの傾向はまだ数年は継続するとのことである。また、全体的には人員削減の方向ではあるが、大卒以上の高等教育を受けた職員は増やす予定とのことである。下記に学歴別の従業員構成を、次項の図3-4にBVKの組織図を示す。



出所：BVK（図のデータは2003年12月31日付のもの）

図3-3 BVK従業員学歴別構成



出所：BVK

図 3-4 BVK 組織図

3-2-2 上下道システム

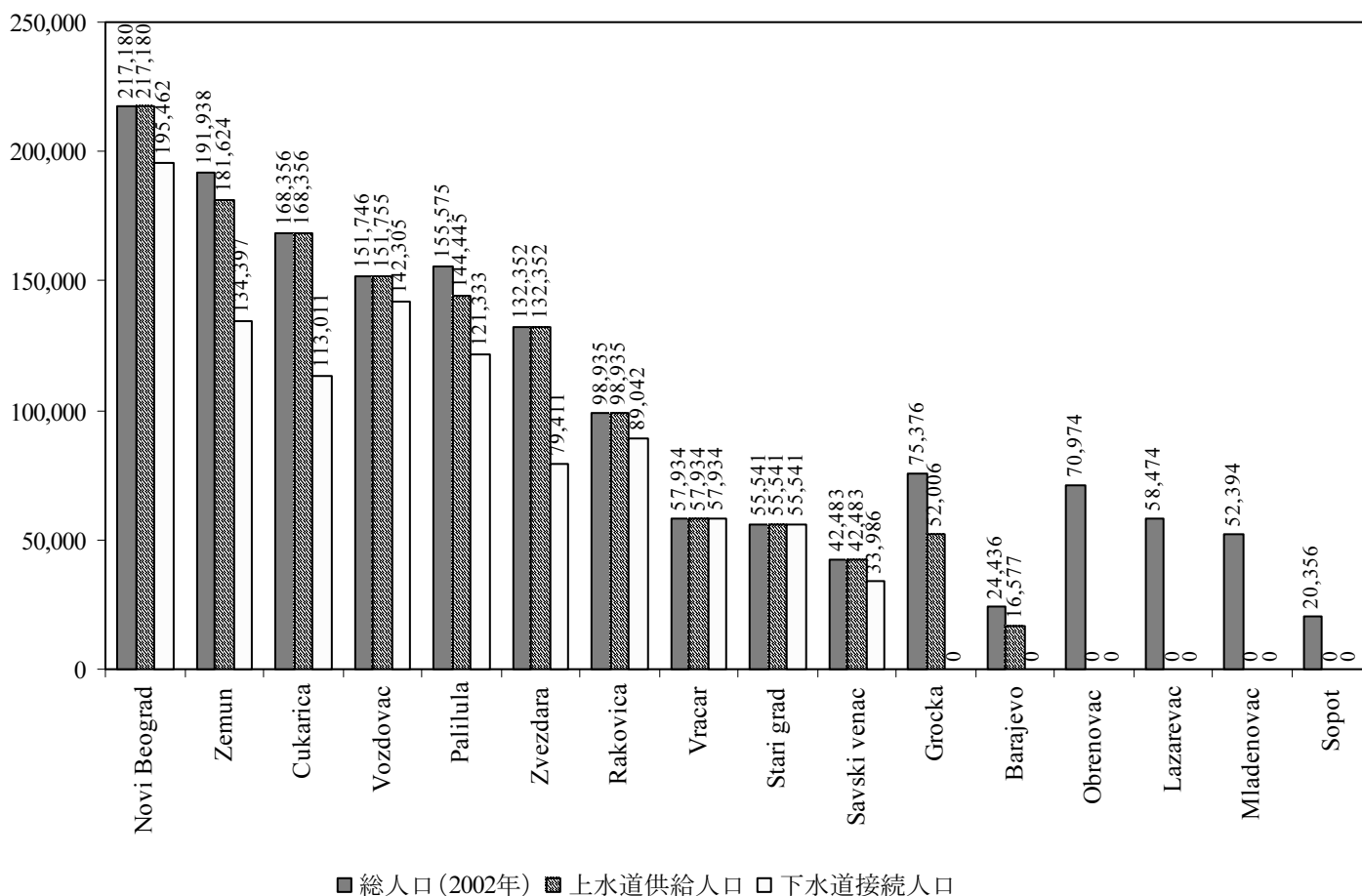
(1) ベオグラード市上水道供給の現状

BVK のサービス提供地域は、図 3-2 にある 16 の Municipality の内、12 地区であり、他の 4 地区 (Lazarevac、Mladenovac、Sopot、そして Obrenovac) はそれぞれの Municipality が独自で水道施設を管理し給水サービス提供を行っている。2003 年、ベオグラード市都市整備計画が策定され、それまで対象外であった 4 地区も BVK の管轄となった。前述の通りベオグラード市の人口は、2002 年に実施された国勢調査によると、1,574,050 人、上水道接続人口は、1,319,188 人、上水道普及率は 84%となっている。

表 3-1 ベオグラード市上水道普及状況

	地区名	人口 (人)	BVK による 上水道接続人口 (人)	上水道普及率 (%)
1	NOVI BEOGRAD	217,180	217,180	100
2	ZEMUN	191,938	181,624	95
3	CUKARICA	168,356	168,356	100
4	VOZDOVAC	151,746	151,755	100
5	PALILULA	155,575	144,445	93
6	VEZDARA	132,352	132,352	100
7	RACOVICA	98,935	98,935	100
8	VRACAR	57,934	57,934	100
9	STARI GRAD	55,541	55,541	100
10	SAVSKI VENAC	42,483	42,483	100
11	GROCKA	75,376	52,006	69
12	BARAJEVO	24,436	16,577	68
13	OBRENOVAC	70,974	0	0
14	LAZAREVAC	58,474	0	0
15	MLADENOVAC	52,394	0	0
16	SOPOT	20,356	0	0
	合計	1,574,050	1,319,188	84

出所：BVK 及び国勢調査 (2002 年 - Federal Statistical Office)



出所：BVK

図 3-5 ベオグラード市上下水道普及状況

参考までに、上図 3-5 にベオグラード市の上水・下水道の普及状態の比較を掲載する。BVK は基本的には上下水道は同時並行で実施すべきという認識は持っているものの、上水道に比べ、下水道は立ち遅れているのが現状である。尚、ベオグラード市には下水処理場はなく、図中の下水の数字は下水管網へのアクセスがある人口を指す。

また、ベオグラード市における BVK 上水道接続人口の推移は以下のとおりである。

表 3-2 BVK 上水道接続人口

単位：1000 人

年度	1892	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2003
接続人口	50	430	600	950	1,120	1,260	1,377	1,346	1,320

出所：BVK

下表 3-3 に BVK の上水道施設能力を掲げる。

表 3-3 ベオグラード市上水道施設能力

	1970	1980	1990	1994	2000	2001
1. 水供給量						
a) 年間水生産量 m ³ /年 (×10 ⁶)	104	178	203	222	245	243
b) 水使用原単位 l/人./day	369	423	442	443	393	376
c) 日最大水需要量 l/s		6,486	7,034	7,323	8,330	8,417
1.1. 浄水場設計容量						
a) 地下水	3,150	7,100	8,000	8,000	8,000	8,000
b) 表流水	500	500	2,500	2,580	3,580	3,580
c) 合計	3,650	7,600	10,500	10,580	11,580	11,580
1.2. 取水井 (Reny Well)						
a) 井戸本数	26	55	93	95	99	99
b) 取水量 l/s	2,990	5,060	5,045	4,859	4,797	4,510
2. 配水システム						
2.1. ゾーン配水比率(%)						
a) Zone I 標高 75-125 m	56.1	53.5	52.5	56.1	54.1	52.16
b) Zone II 標高 125-175 m	35.7	33.5	33.2	23.8	24.2	25.08
c) Zone III 標高 175-225 m.	7.9	12.4	13.2	18.0	19.4	20.48
d) Zone IV 標高 225-310 m	0.2	0.6	1.1	2.1	2.3	2.28
2.2. 配水ネットワーク						
a) ネットワーク延長 (km)	1,217	1,615	1,979	2,257	2,510	2,534
b) 配水タンク容量(10 ³ m ³)	190	194	196	206	219.5	208.6
c) 配水ポンプ場数	16	17	20	25	28	28
3. 漏水率 (%) ¹	23.29	20.87	20.62	26.22	26.5	29.5

BVK の年間水生産量は、2.4 億 m³ 前後であり、年間平均水生産量は 2002 年で 7,330 l/s ほどである。水使用原単位は、工業用水 25%を含んでおり、1990 年代から減少の傾向を示しているが、BVK によると工場の稼働率が低いこと、料金値上げによる水節約効果によるもので、今後まだ縮小していくとの予想である。工業用水道の敷設は、建設費の調達ができ

¹ 配水量から有収水量を差し引いた水量/配水量。漏水は物理的漏水及びその他の無効水を指し、漏水率は、日本の定義である無効水率を意味する。

ないことから、当面の計画には含まれていない。

水源はサバ川流域に99%以上依存している。また取水割合は、本章(2)1)、表3-4に示すように、地下水60%、表流水40%となっている。しかしながら、地下水は、浄水場の設計容量が8,000 l/sであるのに対し、実際の取水量は2001年で4,500 l/sであり、60%ほどの取水実績しかない。また表流水の浄水場は取水量と設計容量は一致しており、ほぼ100%の稼働率を示している。

また全体の需給状況は、2001年の日最大需要量は、8,417 l/sであり、実績浄水処理容量8,410 l/s(本章(2)2)浄水場にて詳述)と均衡している。

配水ネットワークは約2,500 kmにおよび、配水タンク容量は、208,600 m³を有し、2001年の1日最大需要量8,417 l/s(=727,000 m³/日)の約30%を有している(本章(2)4)配水システムにて詳述)。配水管は老朽化し、年間50 kmほどの取替えが必要といわれている。

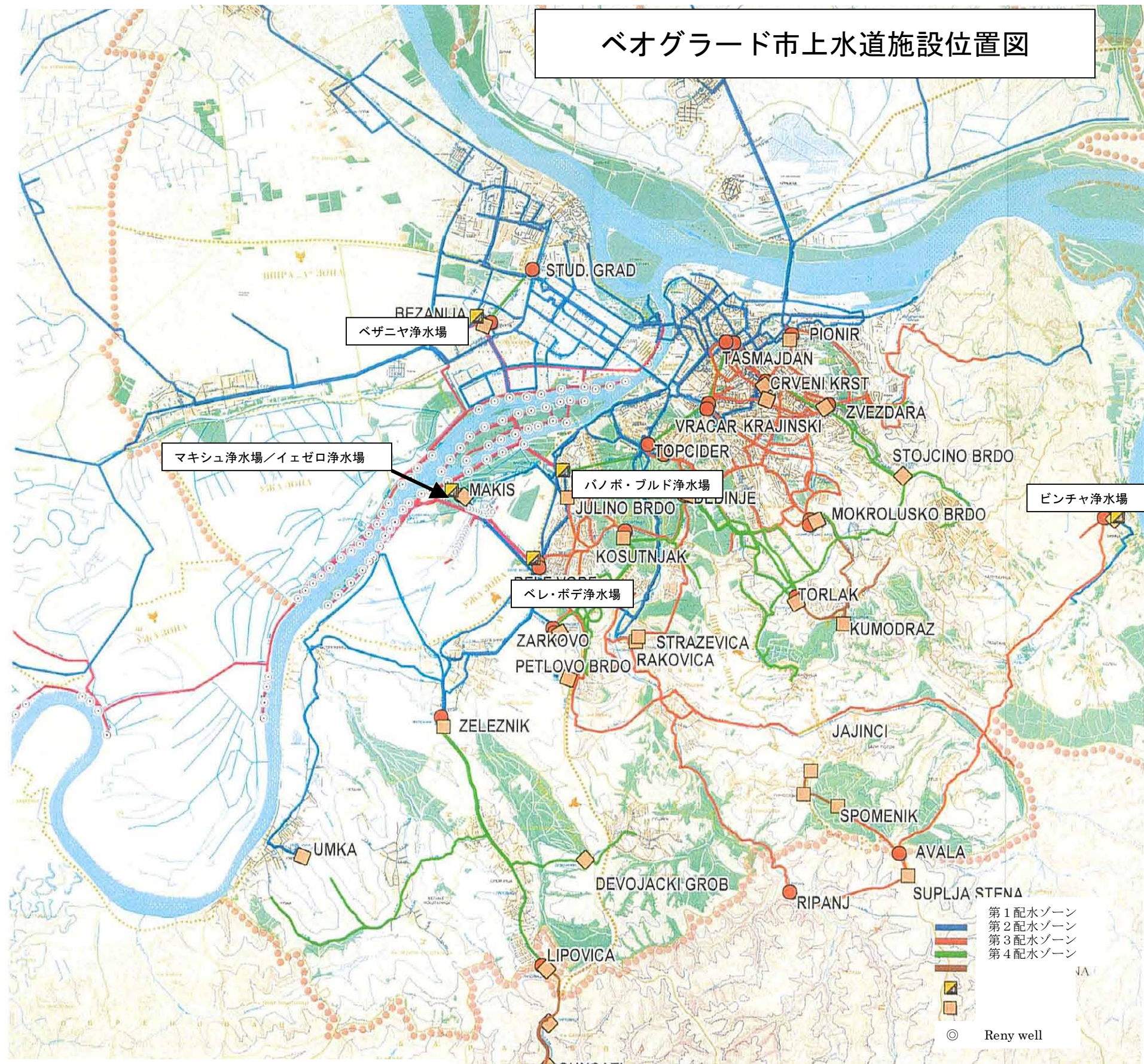
BVKでは、給水率100%、24時間給水を目標としているが、夏期におけるピーク時には、高台の配水ゾーンおよび配水末端区域において、水不足が生じている(3-3-1にて詳述)。

漏水率は、30%に達しており、これは老朽化したパイプラインの物理的漏水と、料金未徴収、不正接続などの無収水率である。ドイツのKfWが無償援助で漏水対策に取り組んでいる。

2003年作成の「上下水道整備計画²⁾」では、目標年次を2021年(15年計画)とし2006年の平均1日需要量8,200 l/s、2021年の平均1日需要量を9,000 l/sと設定し、これに沿って、今後の開発計画を策定している(3-2-7今後の計画参照)。

図3-6にベオグラード市上水道施設の位置図を示す。

²⁾ Prospective Development Program for The Water Supply System for Belgrade、(2004)、BVK。添付資料-1



ベオグラード市上水道施設位置図

出所：BVK

図 3-6 ベオグラード市上水道施設位置図

(2) ベオグラード市上水道施設の現状

1) 取水

上水道水源は、地下水が約 60%、サバ川及びドナウ川の表流水からの取水が約 40%である。ただしドナウ川からの取水は 1%に満たない。

地下水は 99 本の大口径浅井戸 (BVK では Reny Well と称している。以下 Reny Well) が、図 3-7 に示すように、サバ川沿いに、約 40 km にわたり建設されている。Reny Well は、口径 3~5 m の鉄筋コンクリートの筒状構造物で、深さは 30 m~50 m (被圧帯水層ではない)、井筒の側壁から帯水層へ多孔集水管を水平放射状に設置して集水し、水中ポンプで揚水する施設である。日本では、立形集水井あるいは通称、満州井戸と呼ばれている。Reny Well 及び水平多孔集水管の標準図を、図 3-8、3-9 に示す。

Reny Well は、サバ川左岸に 62 本、右岸に 37 本建設されており、さらに市内のサバ川沿いに 47 本の管井戸 (tubewell) があり Reny Well へ水を補給している。サバ川左岸から取水された地下水は、Bezanija (ベザニヤ) 浄水場へ、右岸からの取水は、Bele Vode (ベレ・ボデ)、Banovo Brdo (バノボ・ブルド) 浄水場に導水される。3 つの浄水場の設計容量合計は、8,000 l/s と言われているが、実際の処理能力は 6,800 l/s 程度であり、また、実績として取水量は、平均 5,000 l/s 程度である。

サバ川表流水からの取水は Makis (マキシユ)、Jazero (イエゼロ) 、ベレ・ボデ各浄水場に導水され、ドナウ川の表流水からの取水は Vinca (ビンチャ) 浄水場に導水される。浄水場の処理計画容量と取水量は 3,500 l/s でほぼ一致している (100%の稼働率)。

表 3-4 に水道水源の比率と水生産量の推移、表 3-5 に Reny Well の本数と 1 本当たりの平均揚水量の推移を示す。1 本当たりの平均揚水量は年々減少している。これは地下水供給量の減少、水中ポンプの老朽化及びメンテナンス不備 (水平多孔集水管の目詰まり及び腐食) が原因としている。

表 3-4 上水道水源の比率と水生産量の推移

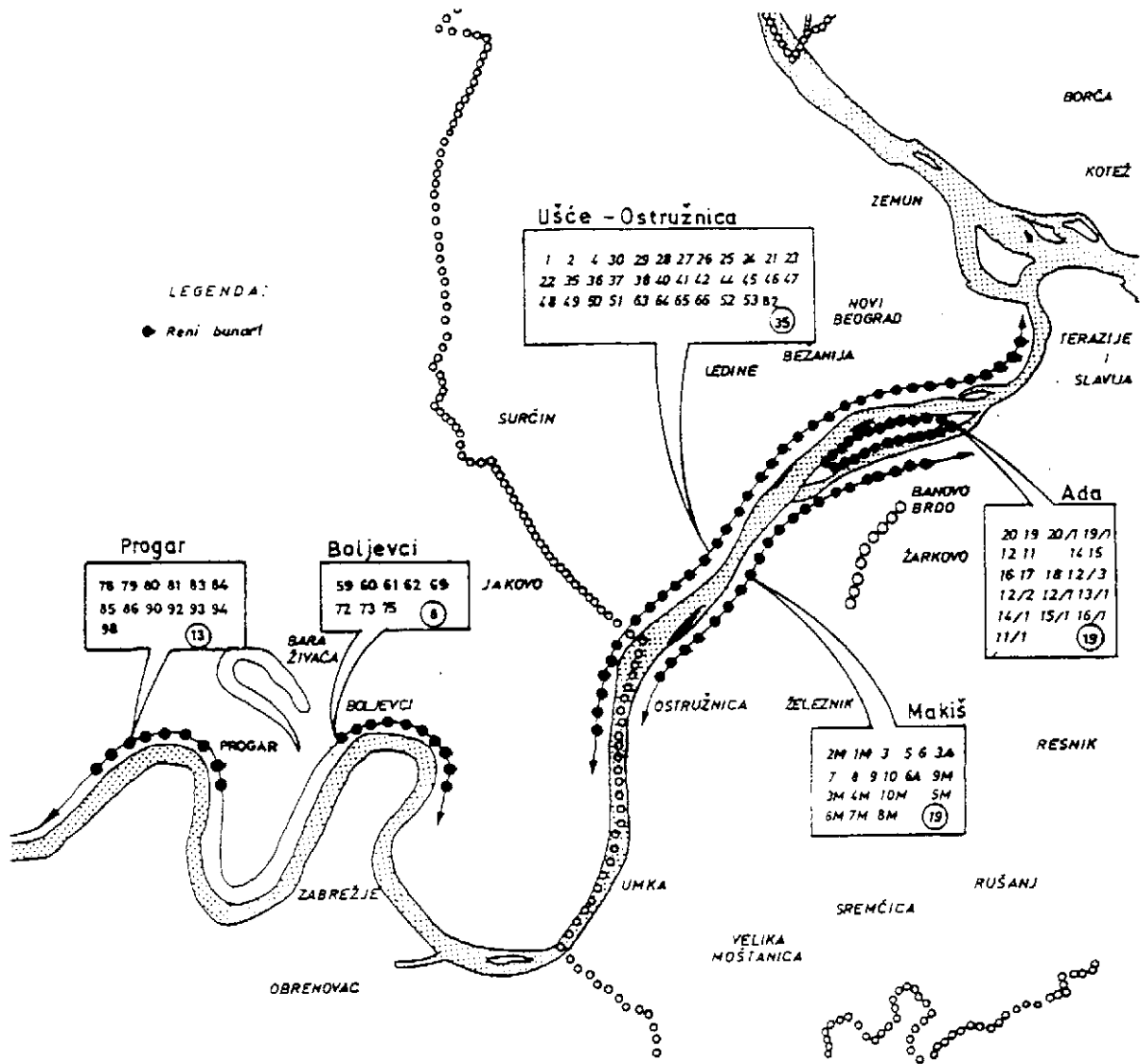
水源	年度										
	1939	1960	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2001	2002
地下水 (%)	50	70	96.2	94.3	89.7	92.1	78.1	69.7	61.3	58.7	59.2
表流水 (%)	50	30	3.8	5.7	10.3	7.9	21.9	30.3	38.7	41.3	43.8
平均水生産量 (l/s)	323	1,567	3,298	4,526	5,642	5,967	6,455	7,208	7,635	7,700	7,331

出所：上水道整備計画 (BVK 2004 年)

表 3-5 Reny Well の本数と 1 本当たりの平均揚水量の推移

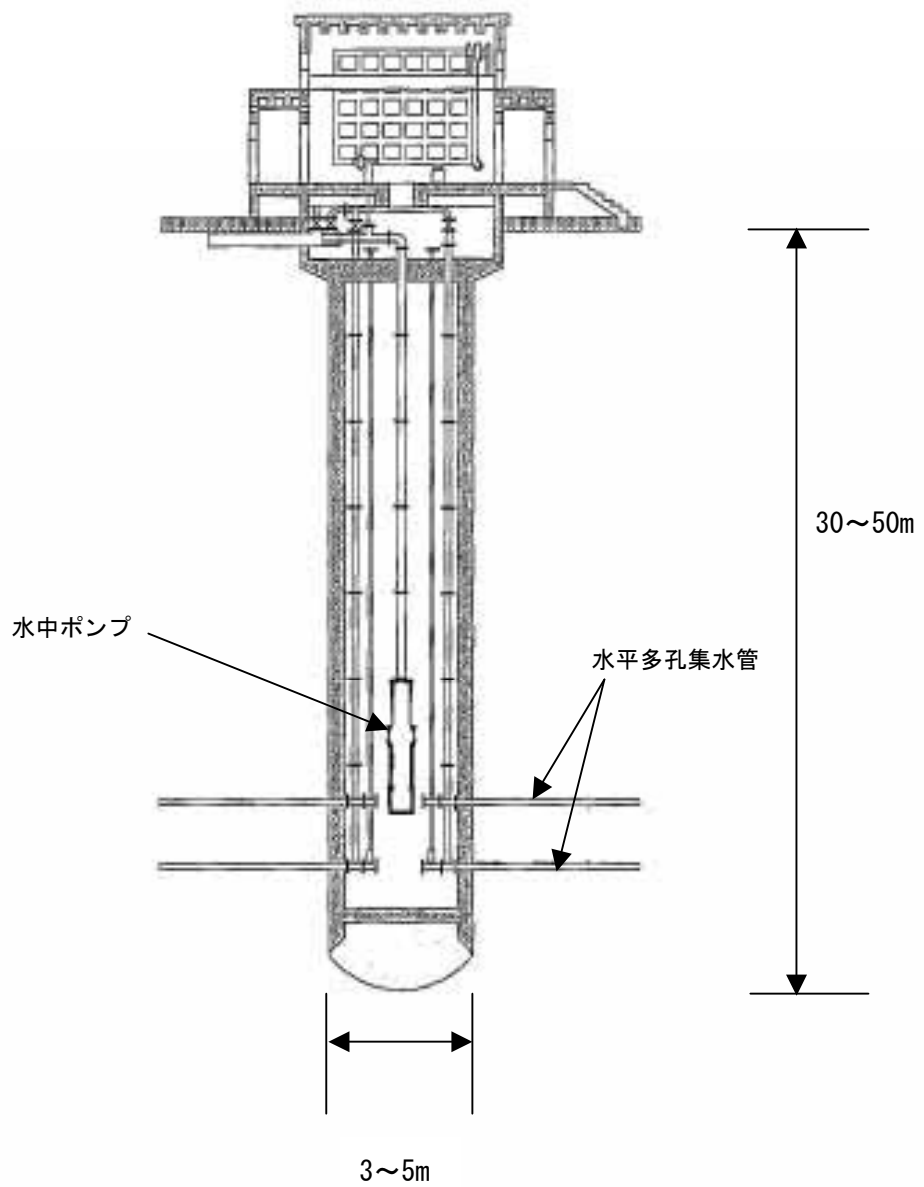
年度	1960	1965	1970.	1975.	1980.	1985.	1990.	1995.	2000.	2003
Reny Well 本数	6	14	26	38	55	83	93	96	97	99
平均揚水量 l/s/本	182	158	115	115	92	69	54	52	56	51

出所：上水道整備計画（BVK 2004 年）



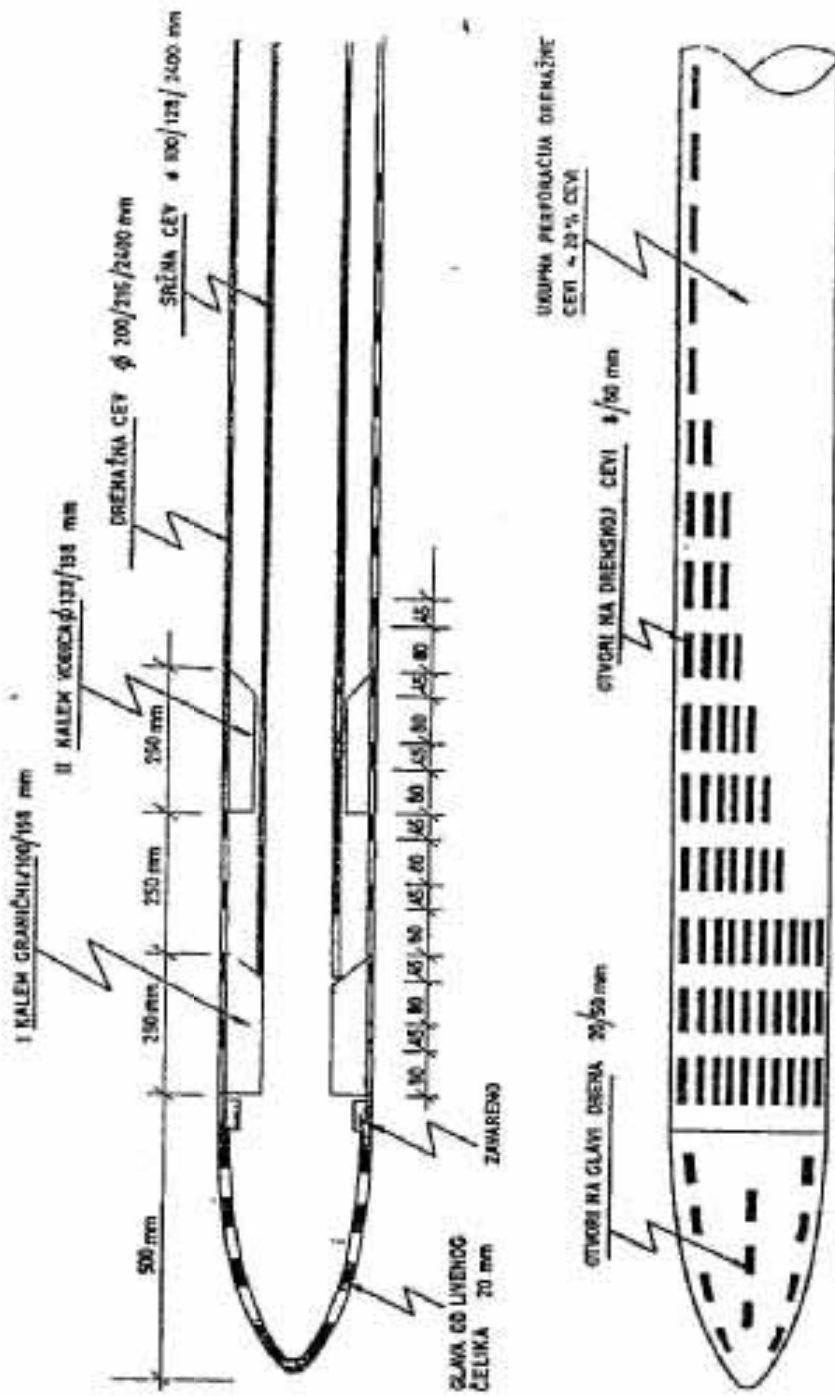
出所：BVK

图 3-7 Reny Well 位置图



出所：BVK

図 3-8 Remy Well 標準断面図



出所：BYK

图 3-9 水平多孔集水管

2) 浄水場

ベオグラード市の水道は、表 3-6 に示すとおり、6 つの浄水場で処理されている。主に 1960 年代から 1980 年代にかけて建設された。施設はよく整備されている。ただし、地下水を水源とする浄水場では、設計処理容量に対して約 60%の容量しか処理していない。表流水を水源とするマキシユ I 浄水場は、設計容量と実績処理容量がほぼ一致しており、100%の稼働といえる。さらに欧州復興開発銀行（EBRD）の融資により第 2 期工事（マキシユ II：設計処理能力 2,000 l/s）が近日中に着工される。これにより実質的な取水割合はほぼ同じとなる。しかし、表流水については、近年サバ川の水質の悪化が指摘されている。

表 3-6 浄水場施設概要

浄水場	設計容量 (l/s)	実績容量 (l/s)	水源	建設年	処理システム	計画
ベレ・ボデ	600 500	450 500	地下水 表流水	1892 1940		マキシユ II 完成後、表流水処理施設は廃止予定
バノボ・ブルド I II III	4,200 (3,600)	2,400	地下水	1962 1966 1974	エアレーション、砂ろ過、塩素殺菌	
ベザニヤ I II III	3,200	2,000～ 2,400	地下水	1967 1972 1985	エアレーション、砂ろ過、塩素殺菌	
マキシユ I	2,000	1,900	表流水	1987	前オゾン処理、凝集池、フロック形成池、沈殿池、砂ろ過池、活性炭処理、オゾン処理、汚泥処理	マキシユ II 2000l/s 同 III 2000l/s 同 II 現在 EBRD 融資により実施中。設計段階。
イエゼロ	1,000	900	表流水	1998	Makis I と同じシステムを有す	Makis 浄水場内に建設
ビンチャ	80	60	表流水	1931	凝集池、フロック形成池、沈殿池、砂ろ過、塩素殺菌	ドナウ川からの取水、マキシユ II が完成した後廃止予定
合計	11,580	8,410				

出典：上下水道整備計画（BVK 2004 年）

ベレ・ボデ浄水場は、ベオグラード市における最初の浄水場である。表流水および地下水を水源とする。施設の老朽化が著しいため、マキシユⅡ浄水場の完成後、表流水の浄水施設は廃止される。ただし、本浄水場は、送水ポンプ場、ワーク・ショップ（修理工場）が併設されており、メンテナンス活動の中心施設となっている。同浄水場は今後も市内上水道供給施設の中でも重要な位置を占めるものと思われる。

バノボ・ブルド浄水場は、サバ川右岸の地下水を水源とする。マキシユⅠ浄水場と接続し、旧ベオグラード市街地配水システムの中心となっている。1961年にオペレーションを開始し、1966年第2期工事、1974年第3期工事が完成した。設計容量は、4,200 l/s と言われているが、実質は3,600 l/s 程度であり、地下水揚水量の低下から、通常は2,400 l/s で運転している。

ベザニヤ浄水場は、サバ川左岸の地下水を水源とする。1963年から Novi Beograd（ベオグラード市新市街地）の建設が始まり、この計画に合わせ、同浄水場の建設も始まった。1967年第1期オペレーション開始、1972年、第2期工事、1985年、第3期工事が完成した。設計容量は、3,200 l/s であり、通常2,000～2,400 l/s で運転している。

マキシユⅠ浄水場（2000 l/s）は、フランス国デグラモン社の設計・施工によるオゾン処理及び活性炭処理など高度処理を備えた近代的な施設である。マキシユⅡは、国際入札により THAL CONSULTING ENGINEERING LTD.（イスラエル）と PIANPIANTI（イタリア）のコンソーシアム企業体が設計・施工監理を担当している。詳細設計はほぼ完成しており、2005年初頭には工事入札を公示する予定である。

イエゼロ浄水場は、マキシユ浄水場内に1998年に建設された最も新しい浄水場である。処理システムはマキシユ浄水場と同じであり、サバ川表流水を水源とし、1000 l/s の処理容量を有する。

ビンチャ浄水場は、1930年代に建設されたドナウ川の表流水を水源とする浄水場である。地形的制限からサバ川からの配水が困難であった市の南東部の配水を行っている。しかし、マキシユⅡ浄水場の完成後は、この地域へは、マキシユ浄水場からの配水システムに組み入れられることが計画されており、ビンチャ浄水場は廃止される予定である。

表3-6に示すとおり、設計容量の合計は、11,580 l/s であるが、実績容量は、8,410 l/s である。この差は、地下水からの取水量が計画に達していないためである。取水量を増加することによって、浄水場施設の拡張なしに、上水道供給量を増加する可能性を有している。

3) 配水ポンプ場

現在、配水システムには 26 カ所のポンプ場がある。ポンプ施設は、最も古い施設（ベレ・ボデ・ポンプ場）が 1932 年、多くは 1960 年代から 1980 年代に建設されており、配水ポンプの一般的な寿命である 30 年を越えるものが多い。このためポンプの故障が頻発している。BVK のメンテナンスチームは、すでに部品の調達が出来ないものについては、いくつかの部品を組み合わせ補修するなどの対応をしてきている。しかし、需要に対処するため予備ポンプまでも稼働させている状態であり、大きな故障が発生すれば、即座に断水に直結するリスクを抱えている。

表 3-7 配水ポンプ場施設概要

(ポンプ出力：500kW 以上)

配水ポンプ場	ポンプ番号	容量 (l/s)	揚程 (m)	モーター 出力 (kW)	建設年	要請対象 ポンプ
PS-2 Sava	1	520	18	110	1985	
	2	1000	18	250	1985	
	3	1000	18	250	1985	
	4	1000	18	250	1985	
	5	1000	18	250	1985	
PS-15 Topčider	1	100	70-60	316	1961	
	2	135-150	70-65	316	1961	
	3	135-150	70-65	316	1961	
PS-15a Topčider	1	400	125	608	1967	
	2	400	125	608	1967	
	3	400	125	608	1967	
	4	250	125	404	1967	
PS-18a Tašmajdan	1	611	70	600	1997	
	2	611	70	600	1997	
	3	611	70	600	1997	
	4	611	70	600	1997	
PS-1 ^a Bele vode	1	150	142	315	1940	○
	2	150	142	315	1940	○
	3	150	142	315	1940	○
PS-1b Bele vode	1	400	98	575	1932	○
	2	150	97	210	1932	○
	3	400	98	575	1932	○

	4	150	97	210	1932	○
PS-25 ^a M. brdo	1	200	82	188	1981	
	2	200	82	188	1981	
	3	200	82	188	1981	
PS-25 M. brdo	1	80	145	237	1981	
	2	80	145	237	1981	
	3	80	145	237	1981	
PS-10 Dedinje	1	180-200	50-55	160	1978	
	2	180-200	50-55	160	1978	
	3	180-200	50-55	160	1978	
	4	180-200	50-55	160	1978	
PS-16 ^a Vračar	1	450	132-120	629	1976	
	2	450	132-120	629	1976	
	3	450	132-120	629	1976	
	4	450	132-120	629	1976	
PS-27 Makiš Č. V	1	800	50	700	1986	
	2	800	50	700	1986	
	3	1000	100	1400	1986	
	4	1000	100	1400	1986	
	5(diesel)	500	96	700	1986	
	6	1600	95	900/2000	1986	
PS-17 ^a Zvezdara	1	200	82	188		○
	2	200	82	188	1980-1982	○
	3	200	82	188		○
PS-18 Tašmajdan	1	400	60	400	1964	○
	2	400	60	400	1964	○
	3	240	60	250	1964	○
	4	400	60	400	1964	○
PS-19 Bežanija	1	200-250	88-65	210	1964	○
	2	180	88	210	1964	○
	3	200-250	88-65	210	1964	○
PS-20 Železnik	1	80-140	166-130	320	1980	○
	2	80-140	166-130	320	1980	○
	3	80-140	166-130	320	1980	
PS-23 Stu. grad	1	261	70	211	1976	○
	2	261	70	211	1976	○

	3	380	70	304	1976	○
	4	380	70	304	1976	○
	5	380	70	304	1976	○
PS-4 Crveni krst	1	300	70	300	1962	○
	2	100	65-75	250	1997	
	3	230	70	210	1989	
PS-3a Surčin	1	450-720	36-25	250	1987	
	2	450-720	36-25	250	1987	
	3	450-720	36-25	250	1987	
	4	450-720	36-25	250	1987	
PS-28 Žarkovo	1	120-240	144-108	400	1990	
	2	120-240	144-108	400	1990	
PS-28 ^a Žarkovo	1	210-330	64-52	250	1991	
	2	375-480	64-52	400	1991	
	3	375-480	64-52	400	1991	
	4	375-480	64-52	400	1991	

(ポンプ出力：500kW 未満)

配水ポンプ場	ポンプ番号	容量 (l/s)	揚程 (m)	モーター 出力(kW)	建設年	要請対象 ポンプ
PS-1 Šabačka	1	320	144-108	74	1940	
	2	230	22	59	1935	
	3	200	15	50	1935	
	4	350	20	110	1969	
PS-21 Pionir	1	50	65	75	1967	○
	2	50	65	75	1967	○
	3	100	65	110	1967	○
PS-22 Torlak	1	60	90	76	1970	
	2	60	90	76	1970	
PS-5	1	50	60	100	1928	
	2	50	60	100	1928	
P. P. Vinča	1	20	300	110	1974	
	2	21	250	110	1994	
PS-6 Dunav	1	25-42	40	75	1989	
	2	20-26	40	45	1989	
	3	25-42	40	75	1989	

PS-16 Vračar	1	150	65	126	1961	
	2	150	65	126	1961	
	3	200	60	162	1961	
PS-17 Zvezdara	1	60-65	50	50	1964	
	2	75-120	90-80	118	1964	
	3	75-120	90-80	118	1964	
PS-24 Košutnjak	1	125	60	85.5	1979	
	2	125	60	85.5	1979	
	3	125	60	85.5	1979	
PS-3 Surčin	1	195-305	45-34	160	1987	
	2	195-305	45-34	160	1987	
PS-30 Lipovica	改修作業中					
PS-26 Ripanj	1	15-20	173-159	55	1994	
	2	15-20	173-159	55	1994	
	3	15-20	173-159	55	1994	
PS-33 Avala	1	8	266	39	1965	
	2	15	270	90	1965	
Booster-Pive Kar.	1	600	10	90	1996	
Booster-Mokroluška	1					

出所：BVK

4) 配水システム

ベオグラード市は標高 70 m～325 m という高低差をもった地形であり、配水システムはこの標高によって、図 3-10 に示すように、4 つの配水ゾーンに分けている。ゾーン I は標高 75 m～125 m に位置する区域であり、環状配水ネットワークを形成している。またベオグラード市新市街地を含み、現在、最も広い配水区となっている。ゾーン II は標高 125 m～175 m に位置する区域であり、ベオグラード市中心街、商業地を含む配水区である。ゾーン III は、標高 175m～225m に位置する高台の配水区である。ゾーン IV は、標高 225 m～310 m に位置する最も高台の配水区と、都市近郊及び新興地区の南部地区を含む区域であり、4 段階のポンプアップを行うという複雑なシステムを形成している。

配水タンクの貯水量は、22 万 m³におよぶが、ゾーン別にみると、高台の配水ゾーン III の貯水率は 21.7%であり、ゾーン II と比較して水需要量は同程度であるが、貯水率が低い。これが停電時の配水ポンプの停止と相まって、夏期の水不足の一因にもなっていると考えられる。

表 3-8 配水システムの推移

	1892	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2001	2003
人口 (× 1000 人)	50	430	600	950	1,120	1,200	1,720	1,768	1,320
ネットワーク延長 km	46	466	673	1,217	1,615	1,963	2,510	2,534	N/A
配水タンク m ³ (× 1000)	5.0	78.0	82.0	176.7	181.5	196.2	219.5	208.5	208.5

出所：上下水道整備計画 (BVK 2004 年)

表 3-9 配水タンクの貯水率

ゾーン	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV	Total
配水タンク容量 m ³	95,132	91,375	29,467	5,750	221,724
水需要 m ³	390,016	171,455	132,525	16,368	710,364
貯水率 %	24.4	53.3	21.7	35.1	31.2

出所：上下水道整備計画 (BVK 2004 年)

また配水パイプラインは 2,500 km の延長を有するが、十分な設備投資が行われておらず表 3-11 に明らかなように、大半が老朽化してきている。BVK によると、毎年 50 km 程度の管路更新が必要とのことである。また老朽化の結果、漏水率が 30%と高く、漏水対策が緊急な課題となっている。現在、KfW の無償援助により漏水管の取り替えが実施されている。パイプの材質比率は新規更新が進んでいないことよりほとんど変化はないが、発がん性の問題があるアスベスト管の比率 15%が目立つ。いずれにせよ漏水箇所を特定し、即時交換の

必要がある。

表 3-10 既設パイプラインの材質

材質	%					
	1980	1990	1994	1999	2000	2001
1. 鑄鉄管	56.7	57.8	59.4	63.1	63.3	63.1
2. 鋼管	N/A	0.1	2.2	2.2	2.2	2.2
3. 亜鉛メッキ鉄管	20.2	20.0	18.1	16.6	16.3	16.2
4. アスベスト管	22.0	21.0	17.8	16.2	15.2	15.1
5. 塩ビ管	0.6	0.7	2.2	3.1	2.8	3.0
6. コンクリート管	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3

出所：BVK

表 3-11 既設パイプの経過年

経過年	延長 (km)	%
10 年未満	425.2	16.0
10 年～20 年	555.8	20.9
20 年～30 年	551.9	20.8
30 年～40 年	644.7	24.3
40 年～50 年	236.6	8.9
50 年～100 年	240.3	9.1
Total	2,654.4	100.0

出所：BVK

表 3-12 配水タンク

名称 (及び地域)	建設年	最高水位 (海拔 : m)	容量 (m ³)	タンク数
Pionir (I)	1967	149	42,180	2
Glavni (I)	1926/1937	149	3,832	1
Krajinski (I)	1946/1950	149	29,661	2
Zeleznik (I)	1967	149	8,458	2
Zarkovo (I)	1992/93	150	10,000	2
Umka (I)	1976	140	1,000	2
Zvezdara (II)	1942/1963	204	44,902	4
Mokrolusko (II)	1981	204	10,000	2
Dedinje (II)	1930/1936	204	24,498	8
Barajevo (II)	1978/1981		508	2
Petlovo Brdo (II)	1993		10,000	2
Stojcino Brdo (III)	1964/1977	268	9,122	2
Torlak (III)	1958/1970	255	11,962	2
Devojacki Grob (III)	1967	274	2,047	1
Kosutnjak (III)-WT	1981	255	2,000	1
Lipovica (III)	1986	274	1,500	2
Kumodraz (IV)	1970	334	4,851	2
Lipovica (IV)-WT	1986	320	400	1
Guncati (IV)	1981	291	508	2
Total			217,429	42

出所 : BVK

注) : 全ての配水タンクは鉄筋コンクリート造りである。

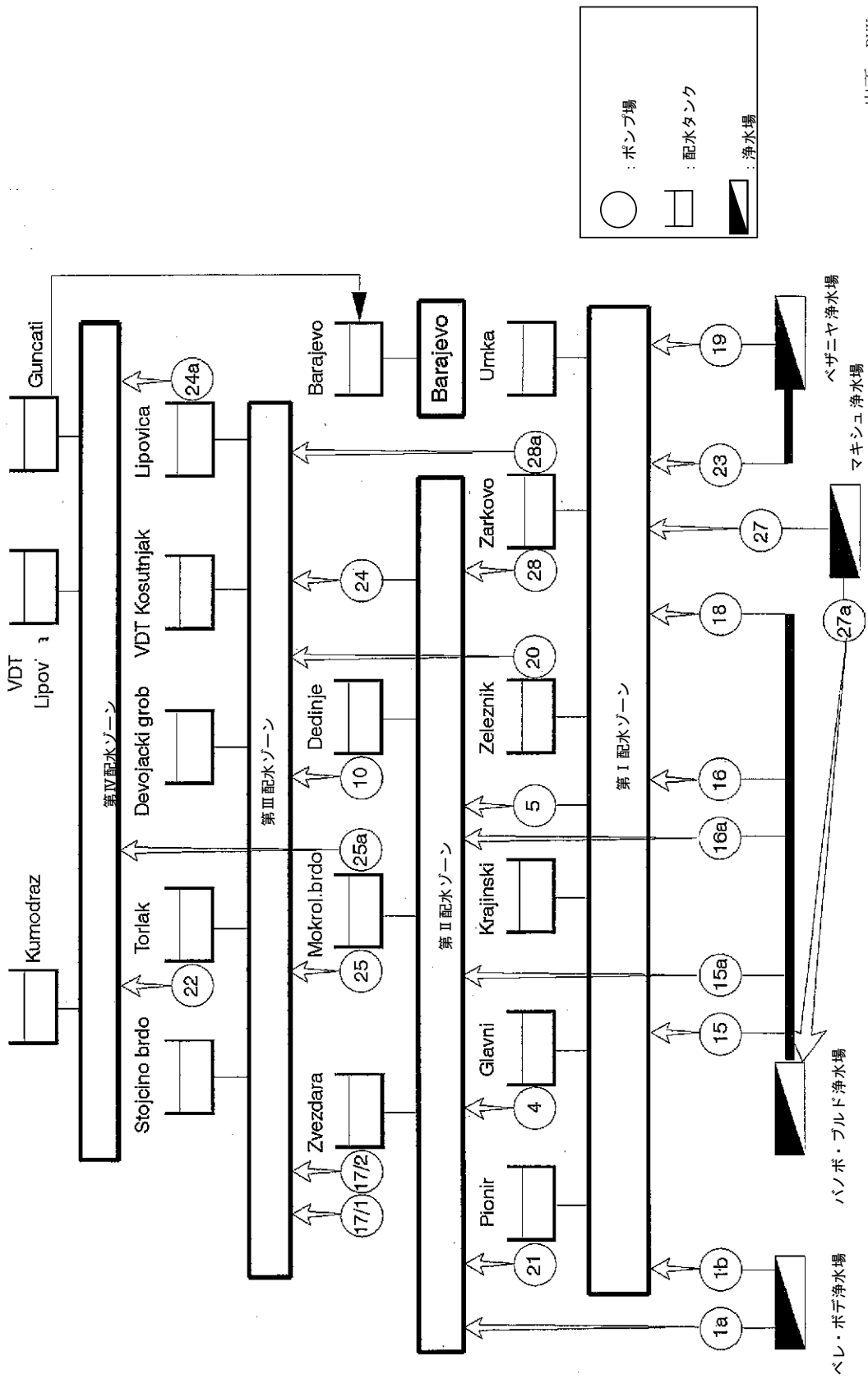


図 3-10 配水システム図

3-2-3 運営維持管理

BVKは110年以上の歴史を有し、高い水道技術を誇り、取水から浄水、配水と一貫したシステムを有し、ベオグラード市民への上水道供給のすべての責任を有している。しかしながら、過去10年間は、内戦と経済封鎖により、BVKも財政難に見舞われ、適切な維持管理、設備の更新が行われず、施設は老朽化している。BVKのメンテナンス部は、取水・配水ポンプの修理、据付け等を自己スタッフで行う技術レベルを有しているが、修理機械の多くは老朽化しており、品質の維持及び故障箇所の修理に精一杯である。特に、配水ポンプは1930年代からのものが未だに稼働しており、メンテナンス部では異なったポンプの部品を組み合わせながら懸命に運転を続けているといった状況である。

(1) 組織

メンテナンス部の組織を図3-11に示す。

● 役割

- ・ メンテナンス部は、スタッフ数は約200名を有し、配水ポンプ場、井戸、浄水場、配水タンクの電気・機械設備の維持管理を行っている。同部は5つの課に分かれ、以下の役割を担当している。
 - ①機械維持管理 (Mechanical Maintenance) 100名：各施設の機械の保守点検、取水・配水ポンプの解体・清掃・修理及び据付
 - ②電気維持管理 (Electric Maintenance) 50名：各施設の電気の保守点検、モーターの電気関係修理 (コイルの巻き替え、制御盤の据付、配線等)
 - ③井戸のリハビリ (Wells Repairing) 20名：水中ポンプの保守点検、井戸の建設
 - ④配水タンクの維持管理 (Reservoir Maintenance) 20名：配水タンクの保守点検
 - ⑤薬品の維持管理 (Chemical Maintenance) 8名：塩素殺菌設備の保守点検、薬品補填
- ・ 各課のスタッフは、日常業務として、業務スケジュールを作成し、すべての施設の保守点検を行っている。取水・配水ポンプの故障等が発生した場合は、主任技術者が現場に急行し、その判断によって必要なスタッフのチームが編成され、修理に駆けつける。
- ・ 車両部 (Transportation Department) は、各部の車両の手配を管轄しており、メンテナンス部が修理の際は、車両部に連絡し準備してもらうことになる。

- ・ 配水ネットワーク部（Water Distribution Network Department）は、管きよの漏水対策、破損修理、取り替え等を管轄する。同部は、上水道供給対象地域を3区域に分け、さらに各地域を6つのサブ地区に分け、8時間シフトの24時間体制で3人のスタッフが常駐している。昼間の事故の場合は、ただちに現場に急行し、適切な措置を講じる。また状況に応じて同本部に連絡し専門家修理チームの派遣を要請する。夜間における管の破裂等の事故に関しては、バルブを止める措置のみを施し、翌日、同部の専門修理チームが駆けつける。
- ・ 監視制御システムに関する維持管理については、新設された情報技術部（IT Department）が担当する。

(2) スペア・パーツ

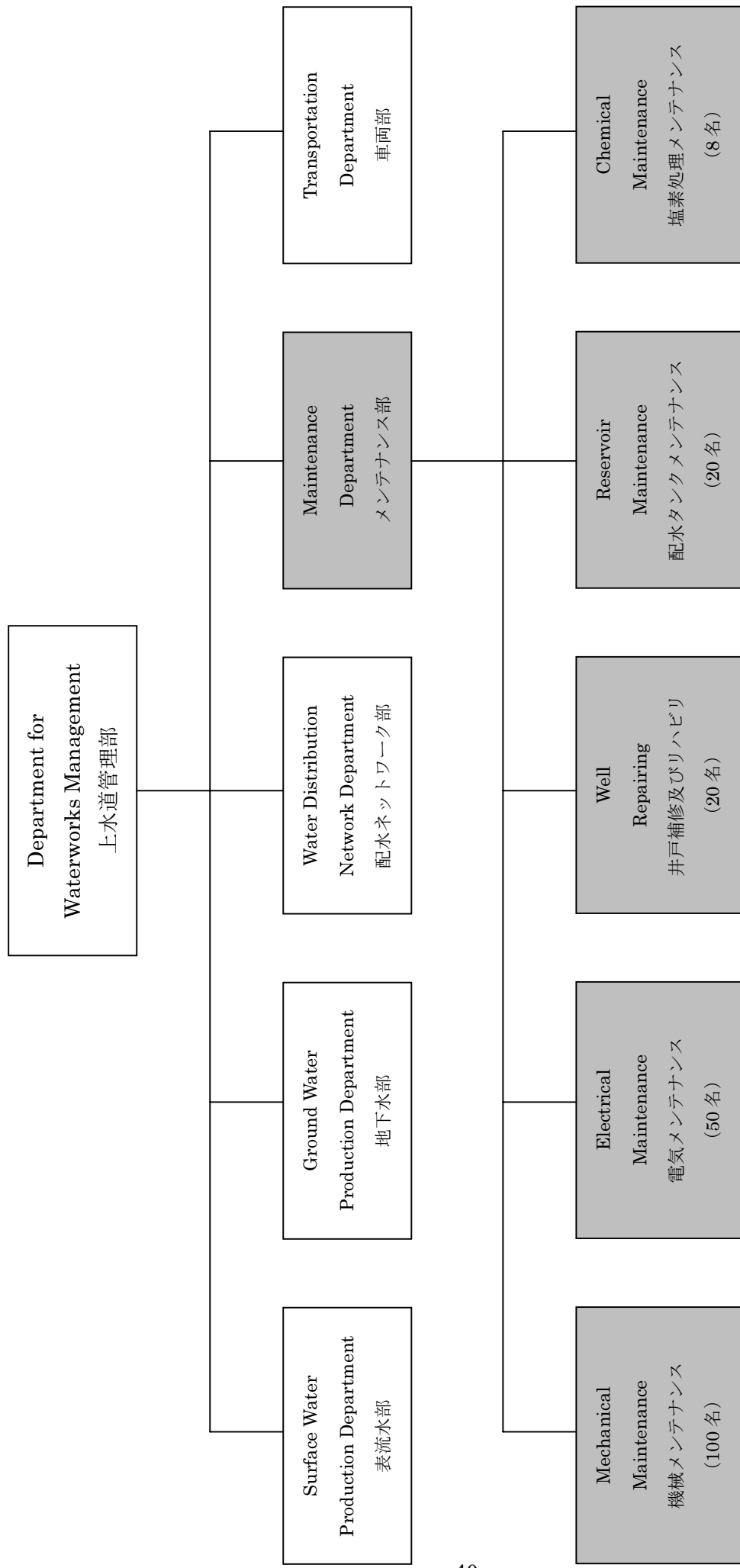
ベレ・ボデ浄水場にスペア・パーツ管理所が併設されている。現在のところ、消耗品については一揃いのストックがあるとのことである。しかしながら、古い機器の部品は入手困難になりつつあり、部品が調達できない場合は、BVKの修理工場で製造している。ただし、大きな故障及び複雑な部品については対応できない。

(3) 保有機器

BVKのメンテナンス部が保有する工作機械等、維持管理機器リストを表3-13に示す。

(4) 課題

年式の古い機械を使用しているため、効率の良いメンテナンスができない。各施設の設備は老朽化し、故障が頻発しているが、配水ポンプ場は予備ポンプまでもフル稼働させている状態であり、定期点検ができない。また、スペア・パーツも必要最小限を取り寄せている。



出所: BVK 上水道管理部

図 3-11 運営維持管理組織図

表 3-13 メンテナンス用保有機器リスト

(1) 工作機械

番号	機械名 (和名)	機械名 (英名)	型式	メーカー名/製造国	製造年	備考
1.	万能旋盤	Universal lathe	PA-B 30	Potisje/セルビア	1977	
2.	万能旋盤	Universal lathe	US-51			
3.	万能旋盤	Universal lathe	TR-90	Poreba ,/ポーランド	1963	補修済 (2004)
4.	万能旋盤	Universal lathe	TNP 250	Prvomajska/クロアチア	1969	
5.	万能旋盤	Universal lathe	PA-B 30	Potisje/セルビア	1979	
6.	万能旋盤	Universal lathe	PA-900R	Potisje/セルビア	1987	
7.	旋盤	Lathe		FAM/セルビア	1961	
8.	旋盤	Lathe	AP-3	Potisje/セルビア	1985	
9.	水平ボール・ フライス盤	Horizontal boring milling machine	BH-110 DIG	ILR/セルビア	1995	
10.	万能フライス盤	Universal milling machine	UHG	Prvomajska/クロアチア	1963	補修済 (2000)
11.	平削り盤	Planing machine		Infratieta/ルーマニア	1967	
12.	立て削り盤	Vertical planing machine	ND-300	ILR/セルビア	1996	
13.	万能研磨機	Universal tool sharpener	UOZA-5	Prvomajska/クロアチア	1959	
14.	つりあい試験機	Balancing machine	AM 1000	Vebthuringer/西ドイツ	1968	補修済及び コンピュータ 制御化(2003)
15.	研磨機	Grinding machine	EBS 4/33			
16.	二重研磨機	Double grinding machine	EDS 2			
17.	ラジアルボール盤	Radial boring machine		Schudart&Schütte/ドイツ		補修済 (2003)
18.	ラジアルボール盤	Radial boring machine	TRB-5A	Sarlah/セルビア	1979	
19.	ラジアルボール盤	Radial boring machine				
20.	ハンドプレス	Hand press	RPL	ILR/セルビア	1995	

(2) その他

番号	機械名 (和名)	機械名 (英名)	型式/仕様	数量
1.	電気式手動研磨機	Electrical manual grinding machine	DeWalt, 2000W, Ø230	3
2.	電気式手動ドリル	Electrical manual drills	DeWalt, 701W, Ø2-Ø12	3
3.	ネジ研削機	Thread-grinding machine		2
4.	ハンマードリル	Hilti drills		1
5.	計測器具	Measuring tools (caliper, micrometers...)	From Ø25 to Ø400	Compl.1
6.	ジョー・プラー	Jaw pullers	SKF, TMMP	Compl.1
7.	誘導加熱器	Induction heater	SKF, TIH	1
8.	シャフト調整器	Shaft align tool	SKF, TMEA1	1
9.	中心温度計	Thermo pen	SKF, TMTP1	1
10.	オイル検査器	Oil check monitor	SKF, TMEH1	1
11.	振動ペン	Vibration pen	SKF, CMVP	1
12.	溶接機用トランス	Transformer for welding	KHD 375	1
13.	溶接機用インバーター	Invertor for welding	Varstroj, 180A	2
14.	溶接機用インバーター	Invertor for welding	Kebora, 240A	1
15.	溶接機用トランス	Transformer for welding	250A	1
16.	ガス/酸素溶接機器	Gas/Oxygen welding equipment		Compl.3
17.	工具類	Manual tools		Compl.2

出所：BVK 上水道管理部