



БЕОГРАДСКИ ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА
BELGRADE WATERWORKS AND SEWERAGE

БЕОГРАД ■ СЕПТЕМБАР 2014.



ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ПРЕРАДУ ВОДЕ

МАКИШ 2

WATER TREATMENT PLANT MAKIŠ 2



МАКИШ 2

ЈЕ ДУГОРОЧНО РЕШЕЊЕ ЗА СНАБДЕВАЊЕ БЕОГРАДА ВОДОМ



ГРАД БЕОГРАД СКЛОПИО ЈЕ СА ЕВРОПСКОМ
БАНКОМ ЗА ОБНОВУ И РАЗВОЈ УГОВОР ЗА
ФИНАНСИРАЊЕ ИЗГРАДЊЕ ПОГОНА ЗА ПРERAДУ
ВОДЕ МАКИШ 2, У ИЗНОСУ ОД 20 МИЛИОНА ЕВРА,
А ИСТО ТОЛИКО ИЗДВОЈЕНО ЈЕ И ИЗ БУЏЕТА ГРАДА

Фабрика воде Макиш је највеће, најмодерније и најсложеније постројење за прераду воде у систему Београдског водовода. Први објект овог комплекса, капацитета 2000 литара у секунди почео је са радом 1987. године, а почетком деведесетих изграђено је и Филтерско постројење Језеро, са додатних 1000 литара у секунди. Временом су потребе града за новим количинама воде прерасле капацитете Макиша и четири преостала произвођа погона Београдског водовода.

У циљу дугорочног решавања снабдевања водом Београда и околине, Град Београд склопио је са Европском банком за обнову и развој уговор за финансирање изградње Погона за прераду воде Макиш 2, у износу од 20 милиона евра, а исто толико издвојено је и из буџета града.

За реализацију овог пројекта, ЈКП „Београдски водовод и канализација“ закључило је два уговора. Први за пројектовање и испоруку опреме са израелском фирмом „J.V. Tahal consulting engineers LTD. Pianimpianti S.P.A.“ на износ од око 21 милион евра и други



за изградњу постројења са фирмом „Приморје“ – Словенија, на износ око 18 милиона евра. Радови на изградњи отпочели су 23.06.2008. године, а пробни рад 5. септембра 2014.

Пројектовани капацитет Макиша 2 је 2 кубна метра воде у секунди. Овај погон је повезан са постројењима Макиш 1 и Језеро у јединствени систем, чији је укупни капацитет 5 кубика у секунди.

Завршетком фабрике воде Макиш 2 Београђанима је обезбеђено довољно воде за наредних 20 година. Поред повећања капацитета, Макиш 2 унапређује технологију прераде површинске речне воде, тако што побољшава озонизацију, а увођењем угљен диоксида поступак бистрења чипи ефикаснијим, безбеднијим и економичнијим. Са овим постројењем у Београдски водовод по први пут се уводи UV дезинфекција, којој ће бити подвргнуто свих 5 кубика воде из комплекса Макиш. Такође, пуштањем у погон фабрике воде Макиш 2 омогућава се почетна фаза реконструкције Макиша 1, који је препрестао у погону од 1987. године.



Макиш 1



Језеро



Макиш 2

Упоредо са Макишом 1 својеремено су изграђени многи заједнички објекти и за будућа проширења комплекса Макиш, као што је: разделно окно, хемијска зграда, третман муља, регенерација активног угља, погонска лабораторија и други.

Along with Makiš 1 were constructed many secondary facilities for future expansion of Makiš complex, such as: distribution chamber, chemical building, sludge treatment facility, plant laboratory, etc.

Makiš 2 is a long-term solution for Belgrade water supplying

Makiš 2 plant is the biggest, the most modern and complex water treatment plant in Belgrade water supplying system. The first facility in this complex with capacity of 2000 liters per second started working in 1987 and in 1990's filtration plant Jezero was constructed which provided additional 1000 liters per second. During the time, needs of the city for new quantities of water overgrown capacities of Makiš and other four treatment plants of Belgrade water supplying system.

In order to achieve long-term solution for water supplying of Belgrade and the surrounding areas, the City of Belgrade with European Bank for Reconstruction and Development concluded a contract for financing the construction of water treatment plant Makiš 2, amounting to 20 million euro, and the same amount was appropriated from the City budget.

In order to complete this project, PUC Belgrade Waterworks and Sewerage concluded two contracts. The first was for designing and delivery of the equipment with Israeli company „J.V. Tahal consulting engineers LTD. Pianimpianti S.P.A.“ for the amount of 21 million euro

and second for construction of the plant with company „Primorje“ – Slovenia, for the amount of approximately 18 million euro. Construction works commenced on 23.06.2008 and trial-run on September 4th 2014.

Designed capacity of Makiš 2 is 2 cubic meters per second. It represents an integral part with Makiš 1 and Jezero plant with total capacity of 5 cubic meters per second.

Completion of Makiš 2 plant will provide to residents of Belgrade sufficient quantities of water for the next 20 years. Besides the capacity increase, Makiš 2 also improves technology for surface water treatment by enhancing ozonization, and introduction of carbon dioxide in the process makes clarification more efficient, safe and economic. With this treatment plant, Belgrade Waterworks introduces UV disinfection for the first time, to treat all five cubic meters from complex Makiš. Commissioning of treatment plant Makiš 2 also enables initial stage of reconstruction of Makiš 1 which has been continuously operating since 1987.



Словеначка фирма “Приморје” почела је изградњу постројења Макиш 2 у јуну 2008. год. За подизвођаче ове капиталне инвестиције ангажоване су углавном фирме из Србије.

До краја те године изведени су обимни земљани радови на ископу грађевинске јаме за објекте Главне технолошке линије. Затим је уследило бушење шипова и израда армирано-бетонских доњих плоча.



Постројење Макиш 2 је савремено технолошко и грађевинско достигнуће, али и резултат посвећености и истрајности људи који су га градили. На слици је група запослених у Јединици за имплементацију Макиша 2, током изградње постројења.

Наредна, 2009. година посвећена је комплексној изради армирано бетонске конструкције свих пројектованих објеката. Исте године постројење је изграђено до коте нивоа воде производне линије, а маја 2010. године достигло је коту крова. Истоврмено је монтирана и уграђивана процесно машинска опрема и полагани цевоводи великих пречника.

Током 2011. и 2012. године завршена је армирано бетонска конструкција и фасада, па је постројење добило коначни изглед. Настављена је монтажа и уградња процесно машинске и електро опреме.

Током свих година изградње наилазило се на тешкоће какве обично прате овако велике пројекте. За све проблеме техничке природе, па и оне најсложеније, увек се налазило решење, док је финансирање пројекта било неупоредиво тешко.

Проширење обима радова, изградња целина које нису биле предвиђене основним пројектом и финансијски проблеми условили су да се реализација пројекта продужи до 2014. године. У августу је започело финално пуштање опреме у пробни рад, што представља и физички завршетак радова на изградњи.

Пробни рад постројења представља завршну фазу, која ће трајати до краја 2014. године, после чега се ППВ Макиш 2 ставља на располагање водоводном систему града Београда.

КАКО СМО ГРАДИЛИ МАКИШ 2



Course of construction of WTP Makis 2

Slovenian company "Primorje" commenced the construction of Water Treatment Plant Makis 2 in June 2008. Companies from Serbia were mainly engaged as subcontractors for this capital investment.

Extension of the scope of works and construction of the units that were not envisaged by the Final design as well as financial problems caused project realization to prolong until 2014. In August commenced final trial-run of the equipment, which represents physical completion of construction works.

ППВ МАКИШ2 У БРОЈЕВИМА

■ Главна технолошка линија ППВ Макиш 2 простире се на површини од око **8.500m²** што је приближно површини два фудбалска терена. Највиши објекат достиже висину од **21m**, а најдубље укупани дубину од **7,5m**.

■ Током изградње ископано је преко **30.000m³** земље, израђено је **860** шипова укупне дужине преко **11km** у АБ конструкцију уграђено је око **25.000m³** бетона и око **2.400t** арматуре.

■ Радови на обради унутрашњих површина обухватили су заштиту сувих и мокрих бетонских површина, око **55.000m²** и постављање кисело-отпорне керамике на површини од око **16.000m²**.

■ За израду фасаде употребљено је око **7.500m²** алуминијумских фасадних панела.





На Постојењу Макиш 2 примењује се иста основна технологија прераде воде из реке Саве, као и на постројењу Макиш 1, јер се у досадашњој пракси показало да је овај поступак ефикасан и да даје воду високог квалитета, која у свим параметрима у потпуности задовољава Правилник о хигијенској исправности воде за пиће.

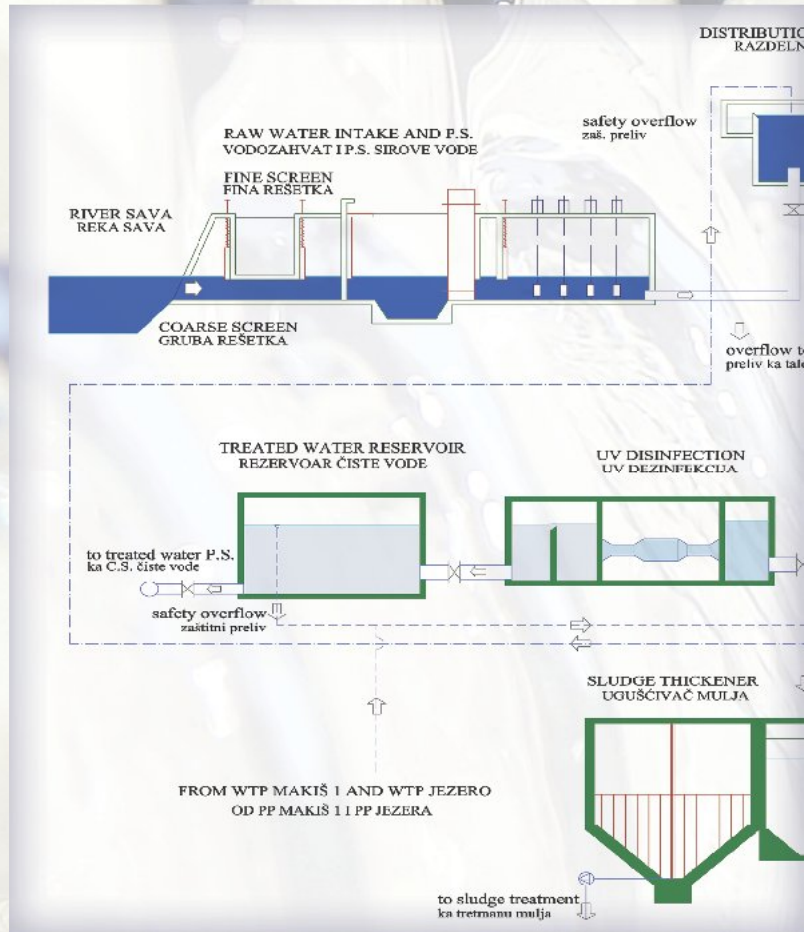
Технологија прераде воде на постројењу Макиш 1 започиње поступком предозонизације сирове воде. Озон се у овој фази користи као предоксидант, који делимичном оксидацијом и дезинфекцијом ефикасно уклања гвожђе, маган, алене, материје које води дају мирис и укус, а при том доприноси ефикаснијем бистрењу воде у следећој фази прераде. Процес бистрења обухвата коагулацију, флокулацију и таложњење, а одвија се применом алуминијум сулфата и полиелектролита. Издвојене флокуле таложје се на ламеластом таложнику, муљ се одводи на даљи третман, а избистрена вода прелива у канал и одлази у коморе за главну озонизацију. Овде се вода третира смешом озона и кисеоника, системом дифузије, при чему се врши оксидација неорганских и органских материја, ради њиховог претворања у нерастворни облик и уклањања на пешчано антрацитним филтерима. На филтерима са испуном од активног угља врши се адсорпција непожељних једињења из прерађене воде, која се на крају технолошког процеса подвргава главном и завршном корективном хлорисању, ради одржавања минимално потребне количине хлора у дистрибутивном систему.

УНАПРЕЂЕНА ТЕХНИЧКА РЕШЕЊА

Избор технологије прераде воде на Постојењу Макиш 2 захтевао је примену свих досадашњих поступака обраде воде, који су се показали као ефикасни на основу искустава стечених 25-годишњом експлоатацијом Макиша 1. Била је ово прилика за уклањање уочених недостатака и увођење техничких унапређења:

- Одвајање објеката у којима су смештени пешчано-антрацитни и ГАУ филтери (филтри са гранулисаним активним угљем) због ефикасније манипулације приликом третмана и хидрауличног транспорта ГАУ ради регенерације.
- Изградња заједничког постројења за континуалну припрему и дозирање полиелектролита за сва три објекта (Макиш 1, Макиш 2 и Језеро).
- Реконструкција постројења и цевовода са заменом ињектора и дифузора за предхлорисање, главно и завршно хлорисање за сва три објекта. Тиме се значајно повећава ефикасност и

МАКИШКА ТЕХ



сигурност система, јер се цевовод са гасним хлором до места дозирања налази под вакуумом, што осигурава тренутну евакуацију и враћање хлора у контејнере у случају инцидента-пуцања цевовода.

- Увођење модерног система аутоматског управљања и надзора над целим постројењем, који ће у наредној фази бити повезани и са објектима Макиш 1 и Језеро.

НОВИ ПОСТУПЦИ У ТЕХНОЛОГИЈИ ПЕРАДЕ

- Постојење за УВ зрачење, које је предвиђено за третман воде са сва три постројења и намењено је за инактивацију 99 посто евентуално заосталих патогених микроорганизама после дезинфекције на постројењу за озонизацију.
- Постојење за складиштење и дозирање угљен диоксида (CO₂), којим се врши корекција рН вредности воде, да би се побољшали ефекти флокулације и коагулације. Оптимално рН подручје за реакцију алуминијум сулфата налази се у опсегу од рН 5-7, а савска вода има уобичајено рН вредност око 7,8.

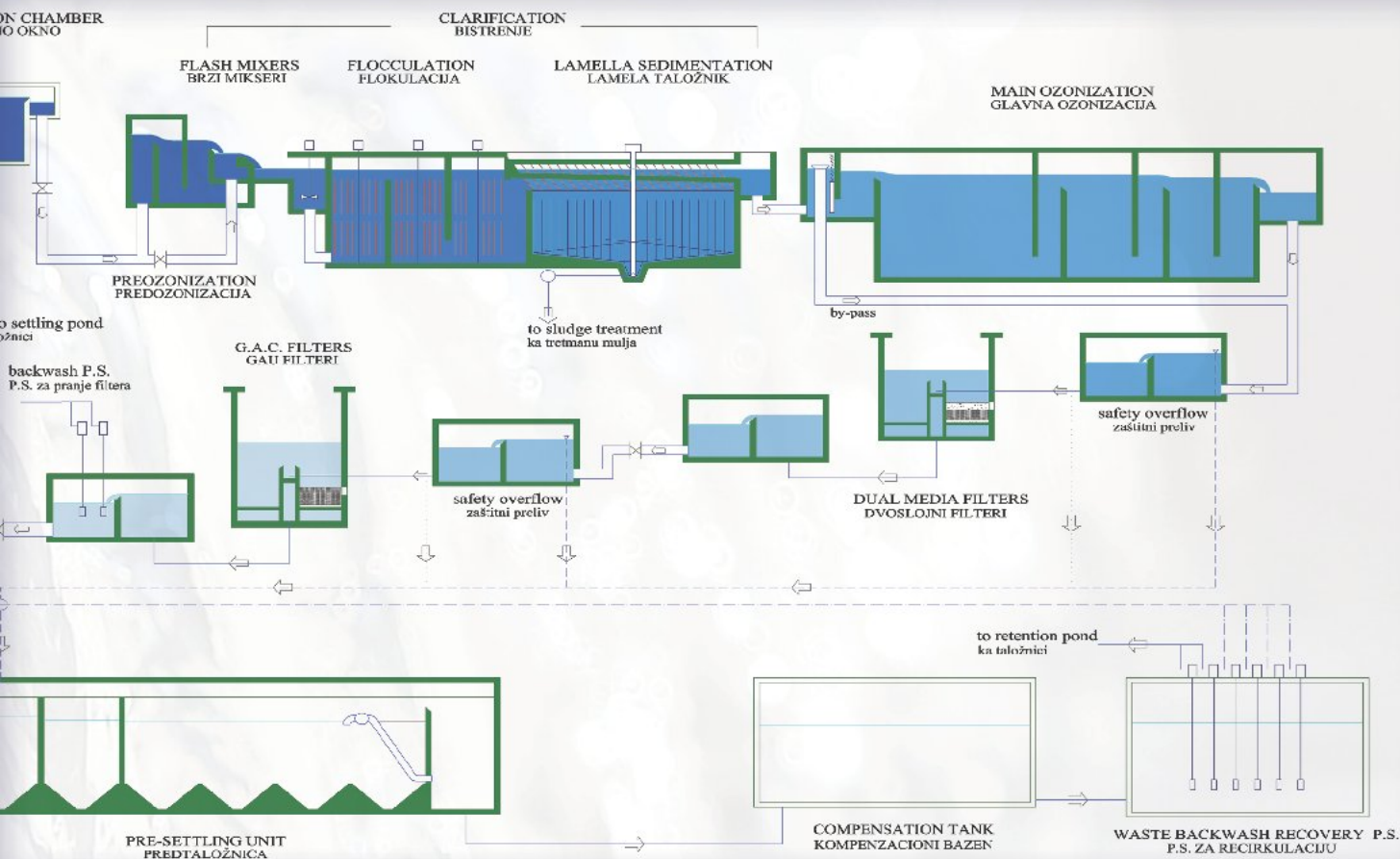


Water treatment technology

In WTP Makiš 2 is used the same basic technology for treatment of water from the river Sava as in the WTP Makiš 1, since present practice has proven the efficiency of the process and that it provides water of high quality, which in all parameters completely complies with Book of Rules for hygienic accuracy of drinking water.

In addition to other technical improvements, new processes are introduced into water treatment technology with new plant: UV disinfection and correction of pH values by carbon dioxide, in order to improve effects of flocculation and coagulation, and neutralization of residual ozone by hydrogen peroxide.

ТЕХНОЛОГИЈА ПРЕРАДЕ ВОДЕ



Применом угљендиоксида се остварују и значајне уштеде у потрошњи алуминијум сулфата.

- Постројење за складиштење и дозирање водоник пероксида, који се користи за неутрализацију резидуалног озона у води, иза комора за главну озонизацију.
- Треба напоменути да је за третман свих врста отпадних вода урађена пројектна документација на нивоу главних пројеката, која обухвата решење технолошких, атмосферских, санитарних отпадних вода и вода од прања филтера за све објекте комплекса Макиш.

ПОБОЉШАНА КОНТРОЛА КВАЛИТЕТА ВОДЕ

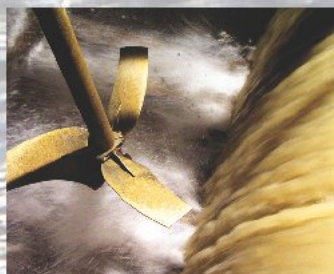
У оквиру пројекта Макиш 2 додатно је опремљена Погонска лабораторија за контролу квалитета воде и унапређено континуално праћење параметара квалитета воде, које започиње у прјној станици сирове воде, где се утврђује мутноћа, рН вредност, редокс потенцијал, оксидациони редукциони потенцијал воде, проводљивост и температура.

Предвиђа се и уградња уређаја за мултипараметарско праћење: органских материја, хемијске потрошње кисеоника, биолошке потрошње кисеоника, укупног органског угљеника и укупно суспендованих честица, као и специфичних параметара као што су нитрати и површински активне супстанце и детерџенти.

Контролише се избистрена вода после процеса бистрења (предозонизације, коагулације, флокулације и таложња), а параметри су мутноћа и рН вредност. Филтрираној води се после пешчаних и ГАУ филтера мери мутноћа. На изласку из комплекса Макиш прати се рН вредност и мутноћа.

За потребе регулације рада уређаја континуално се прати концентрација озона у озонираној води и концентрација резидуалног хлора.

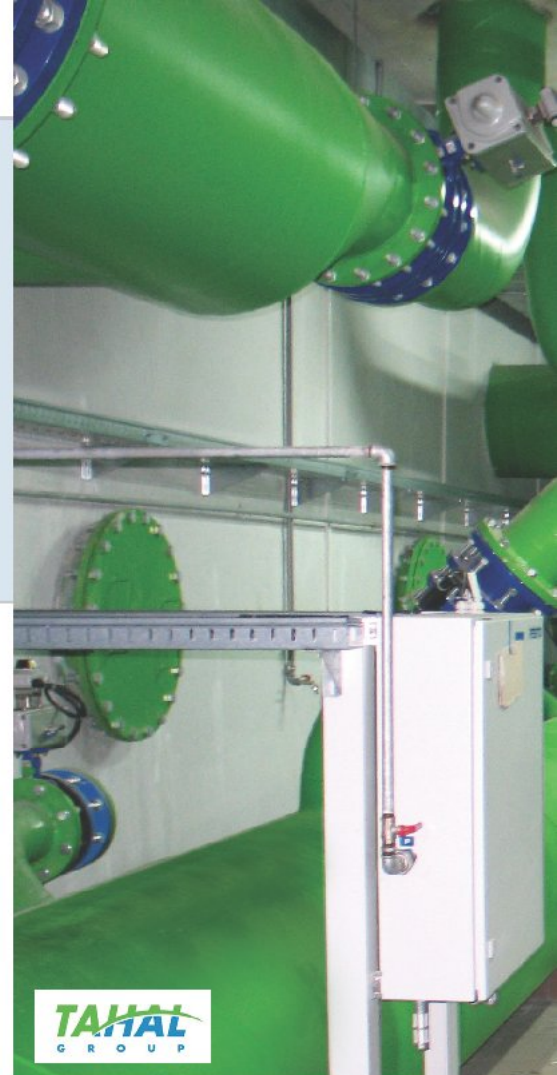
Упоредо са грађбом Макиша 2 на истој локацији реконструисана је и зграда Командно лабораторијског центра, у коју је смештена Служба санитарне контроле воде Београдског водовода. У новом амбијенту и уз помоћ нове опреме, проширен је број параметара који се анализирају, уведене су савременије методе испитивања и подигнут ипонако висок ниво другостепене контроле квалитета воде у Београдском водоводном систему.



ВРХУНСКА ОПРЕМА И КВАЛИТЕТНИ МАТЕРИЈАЛИ

У Постројење Макиш 2 уграђена је разноврсна хидро-машинска и процесно-машинска опрема, која се састоји из више система:

- Пумпна станица сирове воде коју чине: пумпни агрегати са припадајућим цевоводним инсталацијама
- Систем за регулацију рН вредности сирове воде помоћу угљендиоксида
- Регулација протока сирове воде на објекту Разделно окно
- Опрема за бистрење коју чине: мешачи, ламеларни таложник, пумпе за екстракцију и рецикулацију муља
- Систем за озонизацију који чине: генератори озона, дифузни систем, деструктори озона, систем за хлађење генератора озона, систем за неутрализацију озона водоник пероксидом, инсталација за транспорт течног кисеоника и озона
- Филтерске инсталације на пешчано-антрацитним (П/А) и филтерима са гранулисаним угљем (ГАУ) које чине: процесни цевоводи са припадајућом цевоводном арматуром и систем за хидраулички транспорт гранулисаног активног угља
- УВ дезинфекција коју чине: УВ реактори, систем за хемијско прање УВ реактора
- Компресорска станица за сервисни ваздух: компресори високог притиска са припадајућим инсталацијама и пнеуматски развод до извршних органа на филтерима
- Компресорска станица за прање филтера: компресори ниског притиска са припадајућом инсталацијом
- Пумпна станица за прање филтера: пумпни агрегати са припадајућим цевоводним инсталацијама
- Опрема за припрему и дозирање хемикалија (алуминијум сулфат, полиелектролит, хлор, водоник пероксид)
- Систем за прањење квалитета воде у процесу
- Дренажне пумпне станице на свим објектима
- Термотехничке инсталације на свим објектима
- Дизалице на свим објектима
- Спољне цевне везе са шахтовима
- Резервоар чисте воде са припадајућим цевоводним инсталацијама и пумпном станицом за прањење

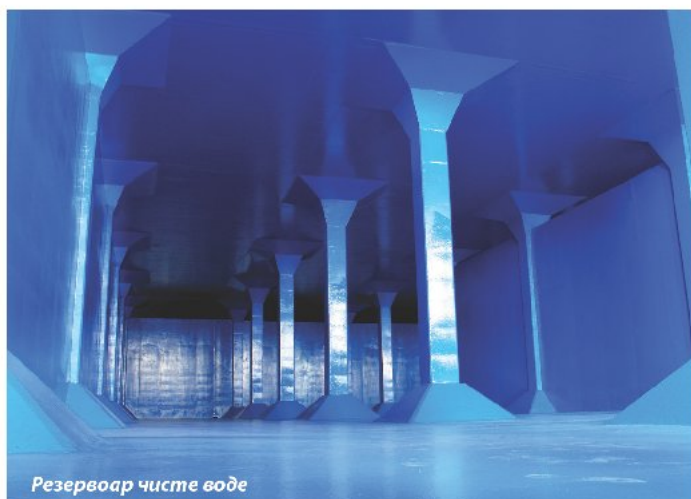


- Инсталације за евакуацију вода из процеса у току пробног рада постројења

Уграђена је савремена опрема репомираних произвођача, коју је испоручила израелска фирма Тахал, која је и пројектовала постројење. При избору опреме су узета у обзир искуства стечена у Постројењу Макиш 1.

ЕЛЕКТРО ОПРЕМА

У оквиру новог постројења Макиш 2 за напајање свих технолошких објеката електричном енергијом, изграђене су две нове и реконструисане две постојеће трафостанице 10/0.4kV.



Резервоар чисте воде



UV генератор



Изведена је целокупна електро опрема нсопходна за квалитетан и сигуран рад постројења.

У циљу надзора над системом Макиш (прва фаза Макиш 1, Пстројење Језеро и ново Пстројење Макиш 2) рсализован је јединствен и поуздан систем за управљање и надзор базиран на рачунарској опреми за праћење рада постројења у рсалном времену, програмабилним контролерима, рачунарским мржжама и осталој пратчеј рачунарској и комуникационој опреми.

Избором адскватних техничких рещсња и применом система за управљање обезбђсјсна је континуална

контрола квалитета воде и производног капацитета постројења у свим деловима процеса производње

Као основни начин управљања предвиђсено је аутоматско вођење постројења . Дaљњиска контрола, која има падзорпу и корективпу функцију, врши се из контролно командног центра преко рачуара на којима је имплементиран софтверски пакет SCADA.

Такође, на најсавременијем модуларпом зидпом скрапу високе резолуције омогућено је константно симултано приказивање стања свих делова процеса.



State of art equipment and quality materials

Various hydro mechanical and process mechanical equipment, consisting of several systems, have been installed in Makiš 2 plant.

Modern equipment manufactured by well-established manufacturers has been chosen and delivered by Israeli company TahaI, which also made the design of the plant. During the process of equipment selection were used experiences gained during WTP Makiš 1 operation.

Continuous control of water quality and plant production capacity was provided, and, as a basic manner of management, automatic plant management was introduced.

Remote control with supervising and corrective function is performed from control and command center via computers using SCADA software package. Also, state-of-art modular wall screens of highest resolution enable constant simultaneous presentation of all process parts.

МОДЕРНИ ФИЛТЕРИ

Да би фабрика воде радила пројектованим капацитетом, који ће задовољити потребе града за квалитетном питком водом неопходно је било уградити високо квалитетну испуну у филтере, која се састоји од 223m³ кварцног шљунка (340t) и 115m³ кварцног песка (1530t). Високи садржај силицијум диоксида од 98 посто указује на врхунски квалитетет материјала. Да би филтери што боље обавили свој посао прекривени су са 456m³ (350t) хидроантрацита .

Процес прецишћавања се води и преко филтера са гранулисаним активним угљем. Количина од 2170m³ (1040t) угља,



добијеног од кокосове љуске из далеког Вијетнама уграђена је у ове филтере.

Комплетна филтрација воде се обавља преко 112.756 филтерских дизни уграђених у пешчане и филтере са гранулисаним угљем.

122

ГОДИНЕ РАЗВОЈА БЕОГРАДСКОГ ВОДОВОДА

УПОРЕДО СА ГРАДОМ РАСТЕ И ЊЕГОВ ВОДОВОД, УЗ НЕПРЕКИДНЕ НАПОРЕ БРОЈНИХ ГЕНЕРАЦИЈА ЗАПОСЛЕНИХ ДА У СВАКОМ ТРЕНУТКУ БЕОГРАЂАНИМА ОБЕЗБЕДЕ ДОВОЉНО КВАЛИТЕТНЕ ВОДЕ. ОД ИЗГРАДЊЕ ПРВИХ СМРЕКЕРОВИХ БУНАРА У МАКИШКОМ ПОЉУ, ДО ПУШТАЊА У РАД МАКИША 2 ПРОТЕКЛЕ СУ 122 ГОДИНЕ



Први трагови организованог снабдевања Београда водом датирају из доба римске владавине (I до V века н.е.) када је изграђен Римски водовод. Турци су изградили Булбулерски, а Аустријанци Варошки водовод. Временом је слабио капацитет природних извора, којима су се напајале јавне чесме ових водовода, па се приступило изградњи савременог Београдског водовода, по пројекту инжењера Оскара Смрекера из Манхајма. Водовод је пуштен у погон 1892. године, а чинило га је 5 цевастих бунара у Макишком пољу, резервоар од 1700 кубика на Црвеном крсту и 42km разводне мреже. Давао је дневно 2800 кубика, или 50 литара воде по становнику.

Читав период од оснивања Београдског водовода до данас обележила је интензивна изградња и ширење Београда, уз сталан пораст броја становника и потреба за новим количинама воде. Упоредо са градом расте и његов водовод, уз непрекидне напоре бројних генерација запослених да у сваком тренутку Београђанима обезбеде довољно квалитетне воде. Од изградње првих Смрекерових бунара у Макишком пољу, до пуштања у рад Макиша 2-протекле су 122 године. За то време количина воде коју Београдски водовод дневно испоручи Београђанима порасла је од 2800 на 550 000 кубика, дакле две стотине пута. Данас је Београдски водовод сложен водопривредни систем, који водом снабдева 1.500 000 грађана, целокупну привреду и комуналне системе града. Предузеће се упоредо бави одвођењем употребљених и атмосферских вода, као и управљањем пословима везаним за снабдевање водом и каналисање.



Година	1892.	1950.	1960.	1970.	1980.	1990.	1991.	2000.	2010.	2013.
Број потрошача	50000	430000	600000	950000	1120000	1260000	1247234	1244243	1470881	161432
Год.произв.воде (м3/год)х103	1875	27000	49570	104028	178398	203551	204119	245386	202537	194932
Капацитет пост. l/s	33	960	1200	3950	6500	10500	10500	11580	11580	11580
Запремина резервоара, м3	5000	78000	82000	176953	181513	197216	197216	219500	219500	219500
Дужина водоводне мреже, km	46	466	673	1217	1615	1979	2128	2510	3275	3587
Инстал. капацитет CS (kW) /чиста вода/	350	10257	13000	23076	28987	35600	35600	35600	35600	35600
Просечна дневна произв. м3/дан	2800	75342	135440	285008	487427	557674	559230	672290	554896	534060
Просечна спец. потрошња l/s/дан	56	189	229	369	423	442	448	393	286	253



122 YEARS OF BELGRADE WATER SUPPLYING

The first traces of organized water supplying originate from the period of Roman governing (from I to V century of the new era) when Roman Waterworks was constructed. The Turks constructed Bulbuder, and the Austrians Town Waterworks. In time, capacity of natural sources that supplied public fountains of these waterworks diminished, which initiated the construction of contemporary Belgrade Waterworks according to the design of an engineer Oskar Smreker of Manheim. The waterworks was put into operation in 1892, and it consisted of five tubular wells in Makiš field, a reservoir of 1700 cubic meters in residential area Crveni krst and 42 km of distribution network. Daily it produced 2800 cubic meters which was 50 liters of water per capita.

This whole period since foundation of Belgrade waterworks until today was marked by intensive construction and spreading

of Belgrade, with constant growth of the number of its inhabitants and constant need for new quantities of water. Waterworks has been growing following the growth of the city with constant endeavors of numerous generations of employees to provide residents of Belgrade with sufficient quantities of water. From the construction of first Smreker's wells in the Makiš field until commissioning of Makiš 2 plant 122 years passed. During this period, water quantity daily produced at the Belgrade waterworks increased from 2800 to 550 000 cubic meters, which is two hundred times. Nowadays, Belgrade waterworks represents a sophisticated water management system, supplying with water 1,500,000 residents, complete industry and utility systems of the city. The company also manages removal of used and rain waters, and activities related to water supplying and channeling.

