

УГРАДЊА ПУМПЕ ПИТКЕ ВОДЕ НА ВОДОЗАХВАТУ И ДОБИЈЕНА ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ

INSTALLATION OF A POTABLE WATER PUMP AT THE WATER INTAKE AND THE OBTAINED ENERGY EFFICIENCY

ЖЕЉКО РАЉИЋ¹

Стручни рад

ДЕЈАН РАЧИЋ²

DOI: 10.5937/VIK24243R

Резиме: Уградњом пумпе питке воде на водозахвату већег капацитета од првобитно пројектованог, доноси изазове у виду оптимизације са већ постојећим системом. У првом реду потребно је линијске губитке у потисном цјевоводу свести на најмању могућу мјеру. Прорачунима смо дошли до корекције пречника припадајућих вентила и спојева у колекторском цјевоводу и на тај начин су искориштени високи степени корисности пумпног агрегата. На наведени начин, задржана је енергетска ефикасност уграђеног уређаја. Изазови су били у организацији и припремним радовима, како би застоји постројења били минимални.

Кључне речи: водозахват, пумпа, ефикасност

Abstract: Installing a potable water pump on a water intake with a larger capacity than originally designed, it brings challenges in the form of optimization with an already existing system. First of all, it is necessary to minimize the line losses in the pressure pipeline. Through calculations, we came to the correction of the diameter of the associated valves and connections to the collector pipeline, and in this way the high degree of usefulness of the pump aggregate was used. The energy efficiency of the built-in device is maintained. The challenges were in the organization and preparatory works, in order to minimize plant downtime.

Key Words: water pump, water intake, energy efficiency

¹ Жељко Раљић, XX Куљанска 7, Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, ra.zeljko@gmail.com, ORCID: 0009-0002-9203-8606

² Дејан Рачић, Водовод АД Бања Лука, Марије Бурсаћ 4, Република Српска, Босна и Херцеговина, dejan.racic@vodovod-bl.com, ORCID: 0009-0006-7627-8246

1. Фабрика за прераду воде

1.1. Опис

Изворишни капацитети се налазе у подручју Новоселије, на ријеци Врбас 6 km узводно од Бање Луке. Захват површинске воде узима се из водотока ријеке (слика 1). „Сирова вода“ се црпи путем водозахвата „В 3“ на десној обали Врбаса у профилу узводно од експлоатационог подручја подземне издани.

Садашњи концепт постројења у Новоселији за добијање питке воде се састоји из:

а) Бунарског система путем инфилтрационих базена капацитета 300 - 400 l/sec. Систем је потпомогнут уз вјештачки обogaћене подземне издани, копаних и бушених бунара. Од 10 бунара 8 је у функцији.

б) Садашње конвенционално постројење ради од 1977. године. Просјечна годишња производња воде за пиће на изворишту Новоселија износи око $30 \times 10^6 \text{ m}^3$. Капацитет постројења у I фази био је 600 l/sec, а након његове реконструкције у II фази повећан је за додатних 400 l/sec.



Слика 1. Водозахват са пумпном станицом сирове воде
Figure 1. Water intake with raw water pumping station

2. Одабир одговарајућег пумпног агрегата

2.1. Основни појмови и подјела пумпи

Под овим појмом подразумевамо компоненте или уређаје који претварају механички рад у хидростатичку енергију (пумпе) и обратно, које претварају хидростатичку енергију у механички рад (мотори).

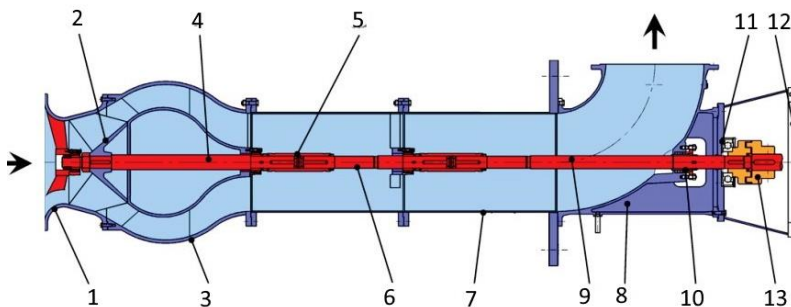
При раду пумпи, енергија добијена од погонских машина претвара се у радном колу у потенцијалну, кинетичку и у незнатној мјери у топлотну енергију тока течности. Улога и намјена пумпи је: подизање течности на задану висину, транспорт флуида на даљину, стварање притиска и одржавање одређеног натпритиска, одсисавање мјешавине течности и ваздуха из затворених посуда и одржавање одређеног потпритиска (вакуум-пумпе). Пумпе транспортују течност која је нестишљива ($\rho = \text{конст.}$)

У стручним литературама више је начина подјеле пумпи. Динамичка машина која је описана у раду је пумпа са ротирајућим елементима, у нашем случају се ради о пумпи са крилцима (лопатицама). Често се у литератури користи подјела пумпи на динамичке и запреминске. Код динамичких пумпи предаја енергије се врши под утицајем сила тј. преко радног кола. Према положаји вратила овдје се ради о пумпи са вертикалним вратилом.

Динамичке машине (пумпе) у зависности од струјања течности у радном колу дијеле се на центрифугалне, завојне и аксијалне, гдје је основни елемент радно коло.

3.2. Аксијалне, динамичке пумпе

Карактеристика аксијалних пумпи је да остварује велике протоке и мале напоре (висину дизања) радног флуида. То су особине које су одлучиле за одабир наведеног типа пумпи.



Слика 2. Шематски приказ аксијалне пумпе: доводна цијев - звон (1) радно коло (2), дифузор – заколо (3), вратило пумпе (4), спојна чухура (5), вратило пумпе (средњи дио) (6), одводна цијев (7), отпустна цијев (8), вратило пумпе (9), заптивка вратила (10), потисни лежак (10), лежиште ел. мотора (12), спојница (13)

Figure 2. Schematic view of an axial pump: supply pipe - bell (1), impeller (2), diffuser - circuit (3), pump shaft (4), connecting sleeve (5), pump shaft (middle part) (6), column pipe (7), discharge pipe (8), pump shaft (9), shaft seal (10), thrust bearing (11), electric motor stool (12), coupling (13)

На слици 2. приказана је шематски аксијална пумпа. Течност долази у радно коло (2) преко доводне цијеви (звона) (1) у осном смјеру. У неким случајевима као доводна цијев служи добро оформљен улазни дио пумпе. Радно коло постављено је на вратило пумпе (4), састоји се од главчине са лопатицама, која су радијално постављене на главчину.

При обртању радног кола услед узгонског дјеловања лопатица радног кола и течности, повећава се струјна енергија течности која се манифестује порастом притиска и брзине.

По изласку из радног кола течност улази у дифузор – заколо (3). То је непокретан елемент снабдјевен са неколико лопатица и одговарајућом равномјерном просторном површином, која се изводи тако да се обимска компонента апсолутне брзине струјања постепено смањује.

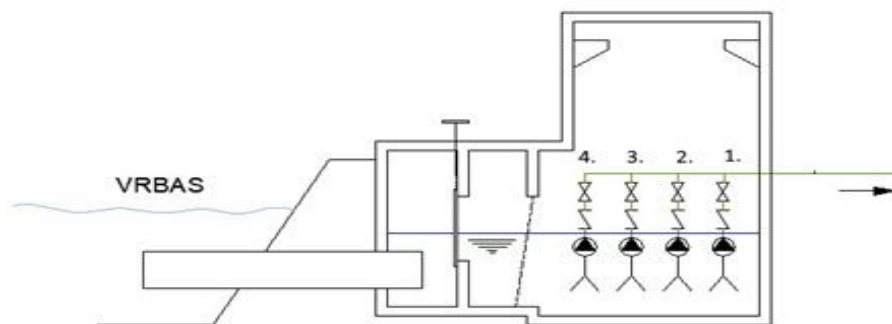
На тај начин брзина струјања кроз заколо опада, тј. кинетичка енергија опада, а на њен рачун расте енергија притисака. Дакле, дифузор (3) претвара кинетичку енергију флуида у енергија притиска.

Након изласка из закола течност струји кроз излазну цијев (7).

4. Уградња пумпе

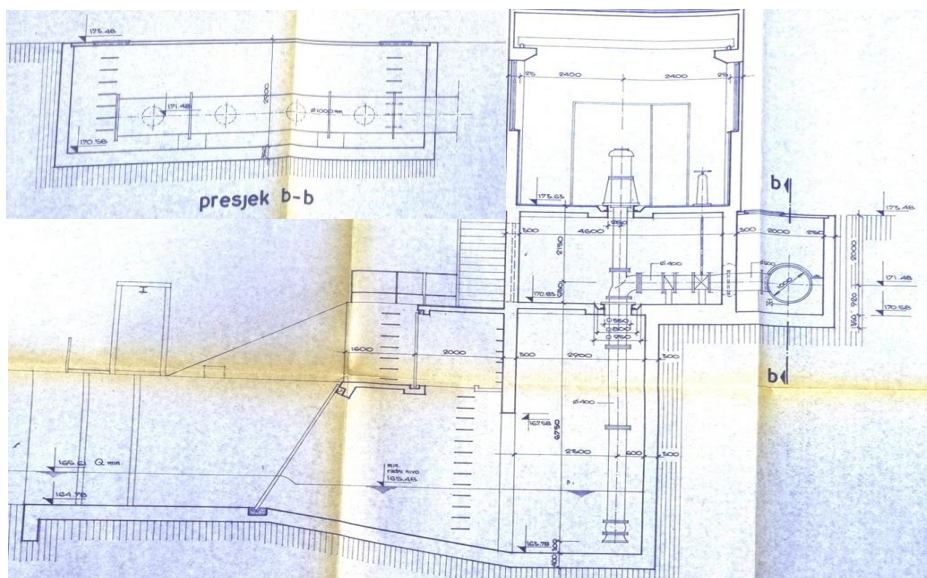
4.1. Затечено стање

На водозахвату сирове воде В-3 (слика 1.) распоред пумпних агрегата је према шеми слике 3. Пумпна станица састоји се од четири пумпе произвођача Литострој, произведених 1975. године и једне пумпе произвођача „Јастребац“ произведене '80-их година.



Слика 3. Водозахват сирове воде са шемом расподеле пумпних агрегата
Figure 3. Water intake of raw water with the distribution scheme of pump aggregates

На слици 4 приказана је шема уграђе пумпе Литострој и начин спајања са колекторским цјевоводом пречника $\varnothing 1000$ mm са потисним цјевоводом из излаза пумпе пречника $\varnothing 400$ mm. На слици је назначена и минимална кота урањања пумпе у „водозахват“.



Слика 4. Водозахват сирове воде са шемом постављене пумпе произвођача Литострој Љубљана и начином упујања у колекторски цјевовод сирове воде (пресјек Б-Б)

Figure 4. Water intake of raw water with a diagram of the pump installed by the manufacturer Litostroj Ljubljana and the method of connection to the collector pipeline of raw water (section B-B)

Техничке карактеристике претходно уграђених пупних агрегата:

Уградно мјесто 1, 2. и 3.

Произвођач пумпе: „Литострој“ Љубљана

Тип пумпе: Ви 4/35

Q: 300-400 l/s

H: 16,5 – 11m,

N:65-60 kW

n:1450 o/min

Уградно мјесто бр. 4.

Произвођач пумпе: „Јастребац“ Ниш

Произвођач мотора: „Р. Кончар“

Тип мотора:4A3 280C-4 B1, IP44

P:75kW, $\cos\varphi=0,87$

n:1475 o/min

Произвођач мотора: „Р. Кончар“

Тип пумпе: 2.35 ВЗ 34
IP44

Q:300 – 350 l/s

H:16,6 -14 m

N:65-60 kW

n: 1450 o/min

Тип мотора:8АЗ 280С-4Т Б5,

P:75kW, cosφ=0,87

n:1475 o/min

4.2. Прорачун и технички захтјеви при инсталацији пумпе

Усвојена је локација број 1 пумпног агрегата за замјену, као најоптималнија са становишта могућих губитака услед поремећаја струјања флуида у колекторској цијеви пречника 1.000 mm. Предложена је пумпа протока Q=515 l/s при х=17,5 m са 110 kW у радној тачки Q/H дијаграма. Ефикасност пумпе у радној тачки износи 83% .

Слиједећи корак је рјешавање проблематике локалних губитака због пораста протока са 300 l/s на Q=515 l/s. Из тог разлога су су рађени прорачуни и тражено оптимално рјешење, како са становишта трошкова инвестиције тако и са становишта уштеде енергије. Водећи рачуна о потребном трајању застоја при уградњи и замјени машинских елемената.

4.2.1. Рјешавање проблематике локалних губитака

Анализа губитака у потисном дијелу цјевовода узимајући улазне податке за вриједности протока:

Q = 500 l/s; б) Q = 400 l/s; ц) Q = 350 l/s.

Пречник потисног цјевовода: D = Ø400 mm.

$$\text{Према : } \Delta h = \sum \zeta \frac{v^2}{2g}; \quad (1);$$

Гдје је:

$\sum \zeta = 7,5$ – коеф. лнијских губитака на цјевоводу.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4Q}{\pi D^2} = 7,96 Q \text{ – брзина струјања флуида.}$$

$$\Delta h = \sum \zeta \frac{v^2}{2g} = \frac{7,96 Q^2}{2g \cdot 19,62} = 3,23 \cdot Q^2 = 6,1 m \text{ – пад напора у цјевоводу.}$$

$$v = 7,96 Q = 7,96 \cdot 0,5 = 3,98 m/s.$$

Према (1) добијамо слиједеће резултате прорачуна приказане у табели 1.

Табела 1. Брзине струјања „ $v(\text{m/s})$ “ и падови напора „ $\Delta h (\text{m})$ “ у цјевоводу за пречник $\varnothing 400 \text{ mm}$

Table 1. Fluid flow velocities „ $v(\text{m/s})$ “ ties and pressure drops „ $\Delta h (\text{m})$ “ in the pipeline for a diameter of $\varnothing 400 \text{ mm}$

Q (l/s)	$\varnothing$ (mm)	$v(\text{m/s})$	$\Delta h (\text{m})$
350	400	2,78	2,97
400	400	3,18	3,88
500	400	3,98	6,1

Закључујемо да се са попречном везом $\varnothing 400$ не може постићи добар ефекат уз употребу пумпе протока $Q= 500 \text{ l/s}$. Из тог разлога је неопходно повећати пречник довода од пумпе до колекторске цијеви пречника $\varnothing 1000$.

Ако направимо упореду анализу са повећањем пречника цјевовода са $\varnothing 400$ на $\varnothing 500$, добићемо слиједеће:

Табела 2. Брзине струјања „ v “ и падови напора „ Δh “ у потисном дијелу цјевовода за упоредне вриједности протока „ Q “ и пречнике цјевовода $\varnothing 400$ и $\varnothing 500$

Table 2. Velocities „ v “ and pressure drops „ Δh “ in the pressure part of the pipeline for comparative flow values „ Q “ and pipeline diameters $\varnothing 400$ and $\varnothing 500$

	$\varnothing 400$		$\varnothing 500$	
Q (l/s)	$v (\text{m/s})$	$\Delta h (\text{m})$	$v (\text{m/s})$	$\Delta h (\text{m})$
350	2,78	2,97	1,78	1,13
400	3,18	3,88	2,04	1,48
500	3,98	6,1	2,54	2,31

Након ових резултата је видљиво да су најприхатљивији губици за $\varnothing 500$, пречника цјевовода. Ако анализирамо за пумпу са капацитетом $Q=515 \text{ l/s}$ имаћемо:

За:

$$\Sigma \zeta = 7,0$$

Према:

$$\Delta h = \Sigma \zeta \frac{v^2}{2g} = \Delta h = 0,7 \frac{v^2}{19,62} = 0,36 v^2$$

Добијамо слиједеће вриједности (табела 3):

Табела 3. Упоредне вриједности пада напора „ Δh “ и брзине струјања „ v “ за номиналну вриједност протока Q 515 (l/s)

Table 3. Comparative values of effort drop „ Δh “ and flow rate „ v “ for the nominal flow value Q 515 (l/s)

Вр..	Пречник $\varnothing$ (mm)	Пресјек A (m^2)	Проток Q (l/s)	Врзина струјања v (m/s)	Пад напора Δh (m)
1	400	0,13	515	3,96	5,64
2	500	0,20	515	2,55	2,34
3	600	0,28	515	1,84	1,22
4	700	0,39	515	1,32	0,63
5	800	0,50	515	1,03	0,38

Из наведене анализе и прорачуна локалних губитака, закључено је да су најидеалнији услови са становишта губитака, када би вентиле на потису замијенили са профилем ДН 600, ДН 800 и ДН 1000.



Слика 5. Колекторска цијев пречника $\varnothing$ 1000 са прирубничким спојом $\varnothing$ 500
Figure 5. Collector pipe with diameter $\varnothing$ 1000 with flange connection $\varnothing$ 500

Такођер, због жеље и потребе за што је могуће краћим застојем у раду комплетне пумпне станице, није било реално нпр. планирати да се мијењају постојећи прикључци на колектору (слика 7) јер би то проузроковало дуго-трајније застоје у водоснабдијевању што у овом случају није било прихватљиво.

Наравно, најлошији услови се добију за ДН 400 а најбољи за ДН 1.000, али као најоптималније и економски прихватљиво рјешење смо предложили и усвојили ДН 600, и задржали на колектору ДН 500 те правили потребне редукције као што је видљиво на слици 8.



Слика 6. Спајање излаза инсталиране пумпе са колеторским цијевоводом. На слици су приказани неповратни, зауставни вентили и изграђен конус који редукује пречнике цијеви

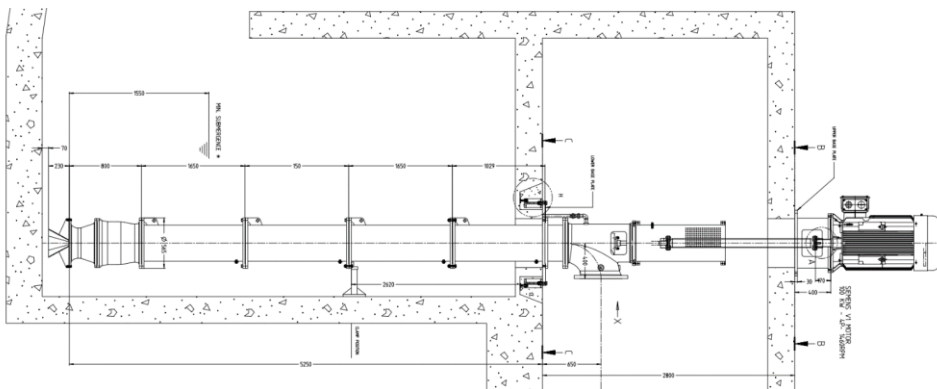
Figure 6. Connecting the output of the installed pump to the collector pipeline. The picture shows non-return, stop valves and a built-in cone that reduces pipe diameters

5. Карактеристике инсталиране пумпе

На слици 7 приказана је шема инсталиране аксијалне цијевне пумпе са лопатицама (пропелером). То је једностепена пумпа, са керамичким лежајевима осовине који поједностаљују одржавање. У двоетажној је изведби, са потисном прирубницом између двије носиве плоче пумпе. Електро мотор пумпе прилагођен за погон фреквентном регулацијом.

Техничке карактеристике инсталиране пумпе:

- Радни медиј: Ријечна вода
- Максимална температура медија: 15,0°C
- Запремински проток: 1854 m³/h
- Висина дизања: 17,5 m
- Ефикасност пумпе: 83%
- Максимална ангажована снага у захтијеваној радној тачки: 112 kW
- Максимална снага мотора: 132 kW
- Минимални пумпани проток: 1440 m³/h
- Максимални пумпани проток: 2500 m³/h
- Висина дизања код минималног протока: 22 m
- Висина дизања код максималног протока: 7 m
- Дужина пумпе од усиса до првог ослоња: 6610 mm
- Дужина између првог и другог ослоња: 2800 mm.



Слика 7. Уграђена пумпа произвођача "КСБ"
Figure 7. Installed pump manufactured by „KSB“.

7. Закључак

Са инсталацијом нове пумпе сирове воде, на уградном мјесту број 1. водозахвата, капацитета 515 l/s, добијено је поуздано водоснабдјевање уз неопходан рад са само два од четири инсталирана пумпна агрегата.

Наведени резултат добијен је хидротехничком анализом и захтјевима водовода као крајњег корисника. Проблеми који настају као посљедица значајног пораста протока у потисном цјевоводу, на крају су успјешно ријешени уз остварене тражене резултате.

8. Литература

- [1] Ристић Б, *Пумпе, компресори и вентилатори*, Научна књига, Београд, 1987.
- [2] Протић З, Недељковић М, *Пумпе и вентилатори*, Машински факултет, Београд, 2021.
- [3] Миловановић З, *Пумпе, компресори и вентилатори*, Машински факултет, Бања Лука, 2021.
- [4] Техничка документација произвођача и упутство за кориштење, QUALITY DOCUMENTATION and Instruction Manual, KSB, PUMP TYPE: SNW 400-405.