

PRORAČUN I IZBOR OPREME POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA OPŠTINE MALI IĐOŠ**CALCULATION AND SELECTION OF EQUIPMENT FOR WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN MUNICIPALITY OF MALI IĐOŠ**Томислава Радановић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – МАШИНСТВО**

Кратак садржај – Предмет рада јесте прорачун и избор опреме постројења за пречишћавање отпадних вода у општини Мали Иђош, чији капацитет је планском документацијом дефинисан на 20.000 ЕС (еквивалент становника). Пречишћавање отпадних вода заснива се на комбинацији механичког и биолошког поступка прераде воде, што захтева одабир одговарајуће опреме за све операције пречишћавања отпадних вода.

Кључне речи: Отпадне воде, пречишћавање, пумпе, дуваљке, хидраулички прорачун.

Abstract – The subject of the paper is calculation and selection of equipment for the wastewater treatment plant in the municipality of Mali Iđoš, which capacity is defined by the planning documentation at 20,000 equivalent population. Wastewater treatment is based on a combination of mechanical and biological water treatment technologies, which requires selection of appropriate equipment for all wastewater treatment operations.

Keywords: Wastewater, treatment, pumps, blowers hydraulic calculation.

1. УВОД

Отпадне воде су природне воде које су разним начинима употребе промениле своје физичке, хемијске и биолошке карактеристике и постале штетне по животну средину.

Пречишћавање отпадних вода је поступак који се користи за уклањање загађујућих материја из атмосферских вода, канализације или индустријских вода и њихово претварање у отпадне воде које се могу вратити у природни циклус воде са задовољавајућим квалитетом и утицајем на животну средину.

Загађујуће материје у отпадним водама се уклањају, мењају или разграђују током процеса пречишћавања комбинацијом механичких и биолошких поступка прераде воде, што захтева одабир одговарајуће опреме за сваки део процеса.

У раду је приказан поступак пречишћавања отпадних вода као и хидраулички прорачун и одабир одговарајуће опреме постројења за пречишћавање отпадних вода (ППОВ) у општини Мали Иђош.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Слободан Ташин.

2. КОНЦЕПЦИЈА РЕШЕЊА ППОВ-А

Отпадне воде насеља Мали Иђош прикупљају се и одводе сепаратним системом канализације. Просторним планом општине предвиђено је да се у јавну канализациону мрежу могу упуштати искључиво претходно третиране индустријске отпадне воде. Квалитет упуштених индустријских отпадних вода мора одговарати квалитету отпадних вода из домаћинства па је комплетна индустрија општине у обавези да изврши примарно пречишћавање отпадних вода до нивоа квалитета који је дефинисан општинском одлуком о одвођењу и канализацији отпадних вода.

Отпадна вода у систему канализације се од краја главног колектора канализације доводи гравитационо до постројења за пречишћавање отпадних вода (ППОВ), односно до првог објекта постројења (груба решетка), а потом до црпне станице.

Сам процес пречишћавање отпадних вода предвиђа примену механичко – биолошког поступка, уз дехидрацију муља.

Механичко пречишћавање обухвата филтрацију кроз грубу и фину механичку решетку, одвајање песка путем гравитационог таложења уз истовремену редукцију садржаја масноћа.

Биолошко пречишћавање отпадне воде врши се у дис-континуалним шаржним реакторима (енг. Sequencing Batch Reactor - SBR) са активним муљем у којима се истовремено одвијају процеси биолошке оксидације, таложења, нитрификације, денитрификације, дефосфоризације и стабилизације муља.

У биолошком пречишћавању отпадне воде користе се многобројни микроорганизми а пре свега бактерије. Микроорганизми претварају биоразградиве материје из отпадне воде у просте продукте као што су угљен диоксид и биомаса. Обзиром да се муљ стабилизује истовремено уклањањем загађујућих материја, обрада муља се односи само на смањење његове запремине. За ту намену, предвиђа се гравитационо згушњавање и машинска дехидратација муља [4].

3. ХИДРАУЛИЧКИ ПРОРАЧУНИ**3.1. Црпна станица**

Дотекла отпадна вода мора се препумпати на вишу когу ради даље обраде (предтретманска станица и биолошки реактори). Имајући у виду неравномерност дотока отпадних вода у току дана, у главној црпној

станции су усвојене 2+1 пумпе, од којих свака има капацитет једнак половини максималног дотока на постројење.

За хидраулички прорачун пумпи биће разматран случај када је ниво воде у црпном базену најижи $h_g = 17,06$ m, при минималном дотоку воде. Сагледани су губици од усисног дела пумпи у црпилишту до спајања потисног цевовода са станицом за механички предтретман, где се даље односи отпадна вода на третирање. Применом енергијске једначине (1) добија се потребан напор пумпних агрегата.

$$H = h_g + \left(\lambda \cdot \frac{l_1}{d_1} + \Sigma \xi_1 \right) \cdot \frac{v_1^2}{2g} + \dots + \left(\lambda \cdot \frac{l_n}{d_n} + \Sigma \xi_n \right) \cdot \frac{v_n^2}{2g} \quad (1)$$

Табела 1. Прорачун локалних и линијских губитака

		L (m)	DN (mm)	λ	Q (L/s)	v (m/s)	v ² /(2g) (m)	Δh_{lin} (m)	ζ	Δh_{lok} (m)	
1	колено 90°	-	150	-	60	3,40	0,59	-	0,25	0,147	
2	права цев	1,0	150	0,022	60	3,40	0,59	0,086	-	-	
3	дифузор DN150/250	-	150	-	60	3,40	0,59	-	0,35	0,206	
5	права цев	4,5	250	0,022	60	1,22	0,08	0,030	-	-	
	лептираста неповратна клапна	-	250	-	60	1,22	0,08	-	1,8	0,137	
6	колено 90°	-	250	-	60	1,22	0,08	-	0,25	0,019	
4	пљоснати засун	-	250	-	60	1,22	0,08	-	0,3	0,023	
6	колено 90°	-	250	-	60	1,22	0,08	-	0,25	0,019	
7	права цев	0,3	250	0,022	60	1,22	0,08	0,002	-	-	
8	ТТ комад	-	250	-	120	2,44	0,30	-	1,5	0,457	
9	дифузор DN250/350	-	250	-	120	2,44	0,30	-	0,37	0,113	
10	права цев	166	350	0,022	120	1,25	0,08	0,827			
11	колено 90°, 5 ком.	-	350	-	120	1,25	0,08	-	1,25	0,099	
12	слободно истицање	-	350	-	120	1,25	0,08	-	1	0,079	
								$\sum \Delta h_{lin}$	0,95	$\sum \Delta h_{lok}$	1,30

Свака пумпа је опремљена посебном спојницом којом је омогућено лако вађења агрегата из воде. Посебно израђен део на телу пумпе осигурава, самом тежином агрегата, непропусност између спојнице и пумпе.

На споменутој спојници налази се вођица од нерђајућег челика. Ова вођица омогућује сигурну манипулацију пумпним агрегатима приликом вађења или спуштања у црпни базен. За вађење пумпи из базена користи се ручна дизалица. Ланац за извлачење, који је спојен са телом дизалке је такође израђен од нерђајућег челика, ради спречавања корозије.

Кућишта пумпи израђена су од сивог лива. Она се у сврху заштите од корозије боје посебном антикорозивном бојом у више премаза.

Радно коло пумпе је израђено посебно за рад са необрађеном отпадном водом, које истовремено омогућава пролаз крупних комада и уситњавање отпада уколико је габаритно већи.

Мотор пумпе заштићен је термичком заштитом у намотајима статора и од продора влаге у комори механичког заптивача.

Паралелан рад две пумпе приказан је на дијаграму на слици 2.

Аутоматско управљање пумпама врши се помоћу хидростатичке сонде за унапред задати ниво воде у црпном базену. [5]

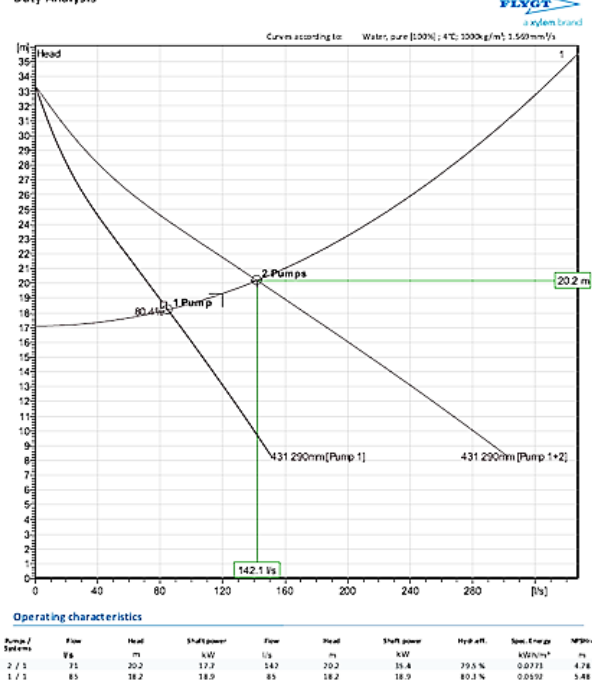
Уврштавањем вредности из табеле 1 у претходну једначину (1), добија се укупан напор пумпе $H = 19,31$ m, при паралелном раду две пумпе и протоку $Q = 120$ l/s.

На основу потребног капацитета једне пумпе и израчунате потребне висине дизања (напора), усваја се пумпа **Flygt NP3171 MT 3~ 431**.

Карактеристике пумпе су:

- проток $Q = 85$ l/s,
- напор: $H = 18,2$ m,
- снага $P = 22$ kW.

NP 3171 MT 3~ 431
Duty Analysis



Слика 2. Крива рада пумпи у паралелном раду FLYGHT NP3171 MT3~ [8]

Из очитаних података за карактеристичну радну тачку, може се приметити да ће обе пумпе у паралелном раду при потребној геодетској висини дизања остварити капацитет од $Q = 142,1 \text{ l/s}$.

3.2. Биолошки третман отпадне воде

Након механичке обраде отпадне воде следи биолошка обрада.

За биолошки третман отпадне воде изабран је SBR поступак (Sequenced Batch Reactor Process) са дубинском аерацијом и мешањем садржаја.

Мешање и аерација остварују се помоћу миксера и дифузора за унос ваздуха односно кисеоника. Ваздух под притиском, који је потребан за биолошки процес, производи се дуваљкама. Оне се постављају као компактан агрегат на заједничку управљачку платформу пречистача [4]. Потребан притисак дуваљки добијен је прорачуном који узима у обзир пад притиска кроз цевне деонице, пад притиска на најудаљенијем дифузору и пад притиска на дуваљци и вентилу.

Добијени потребан радни притисак дуваљки износи: $\Delta p_u = 708 \text{ mbar}$. Сходно добијеној вредности потребног притиска одабрана је дуваљка произвођача „Kubiček“ ознаке **3D45B-150K**.

Техничке карактеристике одабраног типа дуваљки су:

- проток ваздуха: $11 \text{ m}^3/\text{min}$,
- снага дуваљке: 22 kW ,
- пречник потиса: 150 mm ,
- притисак Δp : 700 mbar ,
- брзина обртања дуваљке: 2600 min^{-1} .

Сигурност рада SBR-а битно зависи од квалитета одвода бистре/ пречишћене воде. Циљ је отицање ефлуента без чврстих материја у реципијент, што значи да та пречишћена вода не сме садржати пливајући или седиментирани муљ. Све ово се постиже применом посебних уређаја који одводе воду са површине базена SBR-а који се називају декантери.

Декантерски уређај који је изабран за пречистач састоји се од хоризонталне одводне цеви, цеви која се спаја на уроњени, окретни зглоб и електричног витла. Сви делови су израђени од нерђајућег челика и потпуно су отпорни на корозију.

3.4. Дренажа муља – дехидратација

Ротациона клипна (моно) пумпа служи за допремање незгуснутог муља из силоса за муљ у постројење на дренажу. Пумпа је инсталисана у шахту у близини силоса за муљ. Хидраулични учинак пумпе је усклађен са капацитетом декантер центрифуге, где је капацитет $Q = 0,0025 \text{ m}^3/\text{s}$.

Хидрауличким прорачуном се дошло до избора пумпних агрегата рачунајући пад притисак у потисном цевоводу (2):

$$H_p = H_g + \Delta H_{lok} + \Delta H_{lin} \quad (2)$$

Пад напора усред трења се израчунава:

$$\Delta H_{lin} = \lambda_m \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho_m}{\rho_v} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (3)$$

где су:

- ρ_v – специфична густина воде $[\text{kg}/\text{m}^3]$,
- ρ_m – специфична густина мешавине $[\text{kg}/\text{m}^3]$,
- v_f – брзина флуида у цевоводу $[\text{m}/\text{s}]$,
- l – дужина цевовода $[\text{m}]$,
- D – пречник цевовода $[\text{m}]$,
- g – гравитациона константа $[\text{m}^2/\text{s}^2]$.

Пад напора усред локалних губитака се израчунава:

$$\Delta H_{lok} = \Sigma \zeta \cdot \frac{v_f^2}{2g} \quad (4)$$

где је:

Σ – сума коефицијената локалних губитака [-],

v_f – брзина флуида у цевоводу $[\text{m}/\text{s}]$,

На основу формула (2)(3)(4) добијен пад притиска у потисном цевоводу износи $H = 7,55 \text{ m}$.

Према добијеном паду притиска и капацитету муља одабрана је моно пумпа.

Карактеристике усвојене пумпе, ознаке „Sydex BK 039-1L“ су следеће:

- проток $Q = 5-9 \text{ m}^3/\text{h}$,
- притисак на потису $2-3 \text{ bar}$,
- инсталисана снага $2,2 \text{ kW}$ - фреквентно регулисана,
- пречник усис/потис $\text{DN}90$.

4. ЗАКЉУЧАК

За потребе пречишћавања отпадних вода у општини Мали Иђош извршен је хидраулички прорачун опреме и усвојена је следећа опрема:

- Пумпа за препумпавање отпадне воде на вишу коту: **Flygt NP3171 MT 3~ 431**. Карактеристике пумпе су:

- проток $Q = 85 \text{ l/s}$,
- напор: $H = 18,2 \text{ m}$,
- снага $P = 22 \text{ kW}$.

- Дуваљка за потребе аерације „KUBIČEK“ тип **3D45B-150K**. Техничке карактеристике одабраног типа дуваљки су:

- проток ваздуха: $11 \text{ m}^3/\text{min}$,
- снага дуваљке: 22 kW ,
- пречник потиса: 150 mm ,
- притисак Δp : 700 mbar ,
- брзина обртања дуваљке: 2600 min^{-1} .

- Пумпа за муљ ознаке „Sydex BK 039-1L“ следећих карактеристика:

- проток $Q = 5-9 \text{ m}^3/\text{h}$,
- притисак на потису $2-3 \text{ bar}$,
- снага $2,2 \text{ kW}$ (фреквентна регулација),
- пречник усис/потис $\text{DN} 90$.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стипић М. (2019.) *Скрипта из предмета Комунална хидротехника – део 2. каналсање насеља*, Факултет техничких наука у Новом Саду – скрипта.
- [2] Шашић, М., (1990). *Транспорт флуида и чврстих материјала цевима*, Научна књига, Београд.

- [3] Букуров, М., (2009) *Апарати за механичко пречишћавање ваздуха*, Факултет техничких наука у Новом Саду, Едиција: Техничке науке – уџбеници.
- [4] Пројекат за извођење (2019.) „*Централног постројења за пречишћавање отпадних вода за насеља у општини Мали Иђош*“ – пројекат технологије.
- [5] Пројекат за извођење (2019.) „*Централног постројења за пречишћавање отпадних вода за насеља у општини Мали Иђош*“ – пројекат хидротехничких инсталација.
- [6] Пројекат за извођење (2019.) „*Централног постројења за пречишћавање отпадних вода за насеља у општини Мали Иђош*“ – пројекат машинских инсталација.
- [7] Каталог за одабир моно пумпи произвођача „*SYDEX*“.
- [8] Сајт за одабир пумпних агрегата произвођача „*FLYGHТ*“ <https://www.xylect.com/>.
- [9] Каталог за одабир дуваљки произвођача „*KUBIČEK*“.

Кратка биографија:



Томислава Радановић рођена је у Новом Саду 1995. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Машинства– Енегетика и процесна техника, модул – гасна и нафтна техника, одбранила је 2023.год.
Контакт: tomislavaradanovic@gmail.com