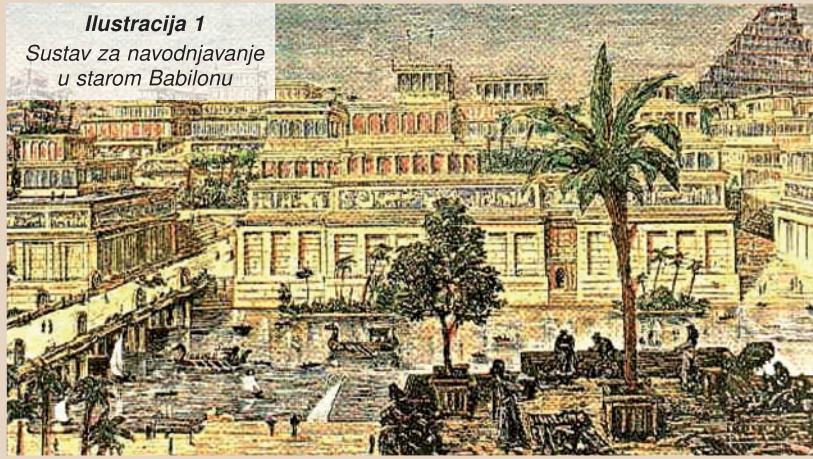


# MOGUĆNOST PRIMJENE CRPKI S POTOPLJENIM MOTOROM U VELIKIM SUSTAVIMA NAVODNJAVANJA

*Općenito se smatra da je početak ljudske civilizacije više ili manje povezan s početkom melioracije, a posebno s primjenom metoda natapanja. Naime, proizvodnja hrane je, kako tada tako i danas, bila ključni segment razvoja određenog društva, njegovih socijalnih, sociooloških, ekonomskih i ostalih karakteristika. Nađeni su dokazi da je 5400 godina prije Krista u Mezopotamiji korišteno natapanje. Babilonci, Egipćani, Sumerani, Kinezi i drugi stari narodi obilno su se koristili navodnjavanjem s jednom jedinom svrhom - preživjeti u za proizvodnju hrane vrlo lošim, sušnim klimatskim uvjetima. U suvremenoj Hrvatskoj, na žalost, situacija s natapanjem poljoprivrednih površina je iznimno nepovoljna. Procjenjuje se da se trenutno natapa svega 0,5% poljoprivrednih površina te je svaki mali korak u nastajanju osiguranja povoljnih uvjeta za jaku poljoprivrednu proizvodnju kao temeljnu ljudsku djelatnost dobrodošao.*



*U članku se razmatra mogućnost primjene novijih tehnologija crpki s potopljenim motorom na primjeru pilot-projekta navodnjavanja 500 ha poljoprivrednog zemljišta nedaleko od Belišća na području naselja Gat, koji je dobio punu državnu potporu oko 8 000 000,00 kn za ovu proračunsku godinu.*

## KRATAK OPIS SUSTAVA NAVODNJAVANJA

Za navodnjavanje 500 ha poljoprivrednog zemljišta predviđen je tlačni cijevni sustav ukupne duljine oko 14 km s hidrantima za navodnjavanje raspoređenima prema potrebama poljoprivrednih proizvođača na terenu. Na hidrantima je za uspješno funkcioniranje potrebno ostvariti dinamički tlak vode 2,5 bar. Maksimalnu predviđenu količinu vode za natapanje u cijevni sustav daje crpna stanica s vodozahvatom maksimalnog kapaciteta 600 l/s iz rijeke Drave. Kostur tlačnog cijevnog sustava čine cjevovodi promjera DN 800, 500 i 300, nazivnog tlaka PN 10 bar.

Detaljni hidraulički proračun cijevne mreže je pokazao da za postizanje potrebnih rubnih uvjeta (dinamički tlak vode na zadnjem hidrantu 2,5 bar) crpke u crpnoj stanici trebaju imati tlak dobave 5,0 bar.

## CRPNA STANICA I VODOZAHVAT

Voda iz Drave se zahvaća i pomoću cijevi od PE-HD-a unutarnjeg promjera ø1200 mm transportira u taložnicu.

Ulagana cijev je postavljena tako da je cijeli profil potopljen i pri najnižim zabilježenim vodostajima. Time je osigurana mogućnost zahvata vode u vrijeme niskih i najniže zabilježenih vodostaja. Na ulaznu cijev postavlja se gruba mehanička rešetka koja sprječava ulazak potopljenog materijala (grane i sl) koji se može naći u vodotoku.

Primarna taložnica postavljena je između vodozahvata i postrojenja crpne stanice. Predviđeno vrijeme zadržavanja vode u taložnici je 6 h pri čemu dolazi do taloženja sitnozrnog nanosnog materijala iz vodotoka. Na taj način se sprječava njegov ulazak u postrojenje crpne stanice i sustav tlačnog distribucijskog cjevovoda. Sitnozrni materijal, koji bi se u slučaju da nema primarne taložnice mogao naći u cjevovodu, utjecao bi na habanje unutarnje stijenke cijevi, a na nekim bi mjestima zbog nakupljanja mogao uzrokovati začepljenja cjevovoda. Pjesak i mulj bi također mogli izazvati značajnu štetu na ležajevima vratila crpke i drugim vitalnim dijelovima postrojenja. Crpna stanica čini ključni dio sustava za navodnjavanje i služi za crpljenje vode



te njezino podizanje na potrebnu manometarsku visinu, odnosno za podizanje tlaka kako bi se voda mogla distribuirati putem cjevovoda do hidranata za navodnjavanje na poljoprivrednim parcelama.

Postrojenje crpne stanice sastoji se od nekoliko dijelova:

- crpnog bazena
- zasunske komore
- strojarnice
- radionice i prostora za povremeni boravak radnika sa sanitarnim čvorom.

Crpna stanica se sastoji od nadzemnog dijela (strojarnice) i podzemnog dijela (zasunske komore i crpnog bazena). Podzemni dio je spojen cjevovodom s taložnicom. Cjelokupna strojarska oprema vodozahvata, taložnice i crpne stanice doseže vrijednost investicije gotovo 4 000 000,00 kn.

### MOGUĆA TEHNIČKA RJEŠENJA

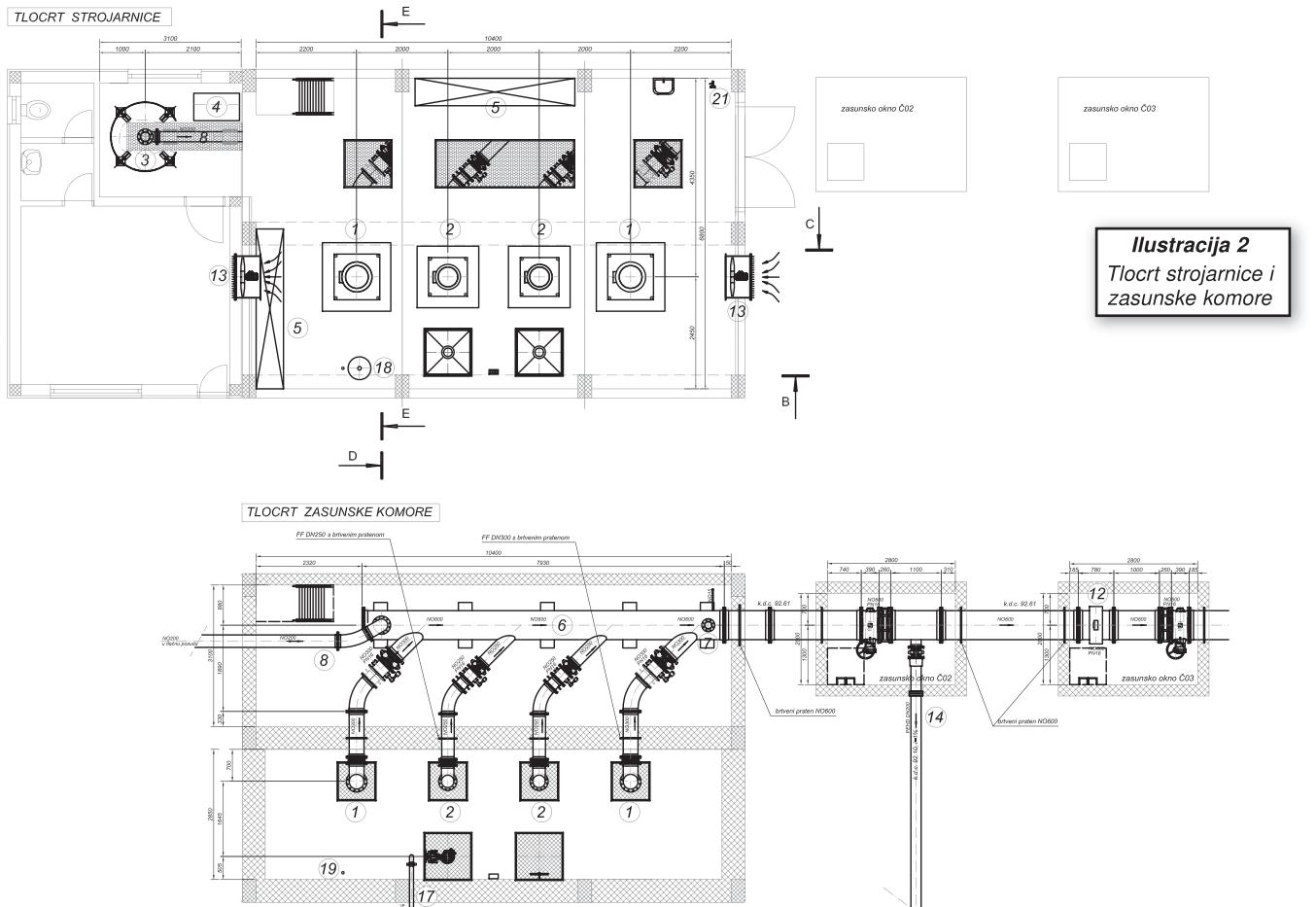
U nastavku slijede moguća tehnička rješenja različitih tipova crpki koje su pogodne za zadani namjenu.

#### **Varijanta 1 - klasične bunarske crpke s dugačkim vratilom i motorom u suhoj izvedbi**

Predviđena je ugradnja ukupno četiri crpke: po dvije karakteristika 100 l/s, 5,0 bar i po dvije karakteristika 200 l/s, 5,0 bar. Radni kapacitet dobave iznosi 480 l/s, dok ukupni instalirani kapacitet pri tome doseže 600 l/s zbog pričuve kapaciteta u slučaju kvara nekog od agregata. Pričuva u slučaju kvara iznosi 20%. Instalirana električna snaga iznosi oko 470 kW, ovisno o proizvođaču. Predviđena je ugradnja klasičnih bunarskih crpki s motorom u suhoj izvedbi. Crpke su izrađene od lijevanog željeza, sa standardnim stupnjem zaštite od eksplozije. Dopuštena temperatura crpljenog medija iznosi  $t < 40^{\circ}\text{C}$ . Automatika crpki obuhvaća sve potrebne suvremene uređaje za potpuno automatsko vođenje i kontrolu radnog procesa te osiguranje i zaštite kao što su elektro-razvodni ormari s opremom za potpuno automatski rad, procesor, RFI-filtar, brojač sati rada, sklopke za odabir režima rada, svjetlosna signalizacija, potrebne strujne i naponske zaštite, kabeli i ostala oprema. Predviđena je frekvencijska regulacija svih crpki kako bi se potrebnii kapaciteti dotoka što više prilagodili trenutnoj potrošnji. Automatika treba biti namještena tako da svaka 24 h druga crpka postaje vodeća. Time se osigurava jednakomjerno trošenje svih ugrađenih agregata.

Crpke moraju biti potpuno dinamički uravnotežene za minimum vibracija zbog dugačke cijevne kolone (oko 12 m) i hidrauličkog dijela crpke koji slobodno visi ovješen o armiranobetonsku ploču poda nadzemnog dijela crpne stanice. Hidraulički dio svake crpke s usisnom košarom se montira na zasebnu okomitu čeličnu tlačnu cijev (kilonu) nazivnog promjera DN 250 (crpke kapaciteta 100 l/s) i DN 300 (crpke kapaciteta 200 l/s).

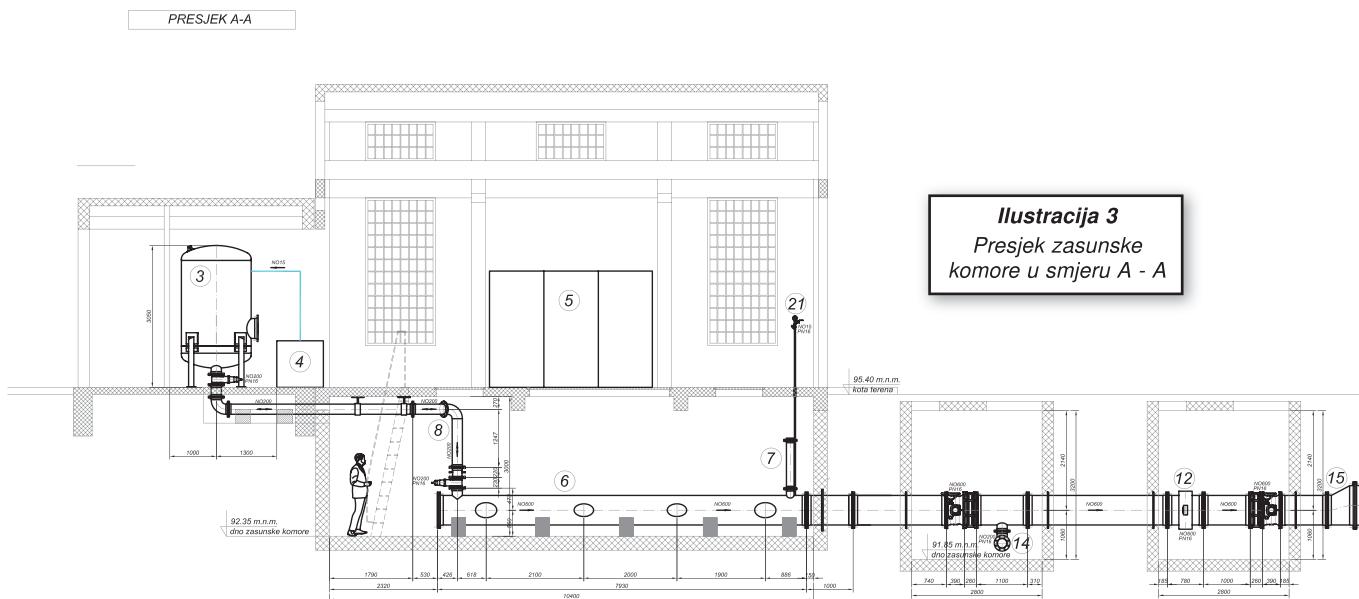
Nakon izlaska okomitih cjevovoda iz podzemnog dijela crpne stanice predviđa se ugradnja zaporne i protupo-vratne armature odgovarajućih dimenzija nakon čega se



tlačni cjevovodi spajaju na zajednički tlačni kolektor DN 600. Tlačni kolektor mora biti spojen na tlačni spremnik u kompletu s kompresorom koji po potrebi dopunjava zračni jastuk tlačne posude. Posuda mora imati minimalni kapacitet oko  $1,5 \text{ m}^3$  vode kako bi se spriječilo prečesto uključivanje vodeće crpke u rad pri maloj potrošnji ili zbog gubitaka vode uzrokovanih eventualnim napuknućima cjevovoda.

### Varijanta 2 - bunarske crpke s motorom u mokroj (potopljenoj) izvedbi

Predviđena je ugradnja ukupno četiri crpke kapaciteta po 150 l/s, 5,0 bar. Ukupni instalirani kapacitet pri tome doseže 600 l/s uz instaliranu električnu snagu oko 500 kW. Montiraju se potopljene okomite rotodinamičke crpke. Dubina montaže crpki iznosi oko 12 m ispod razine nadzemnog dijela crpne stanice. Zaštitno isključenje je izvede-



no preko nivo-sklopke u zdencu. Crpka je ovješena preko odgovarajućeg cijevnog elementa za centriranje na donji kraj okomitog cjevovoda (kolone) DN 250. Crpku je potrebno osigurati od eventualnog pada u bazen vezanjem pocičanom čeličnom sajlorom  $\phi 10$  mm za bunarsku glavu.

Predviđena je ugradnja bunarskih crpki s motorom za potopljenu izvedbu. Crpke su izrađene od nehrđajućeg čelika sa standardnim stupnjem zaštite od eksplozije. Dopuštena temperatura crpljenog medija iznosi  $t < 40^{\circ}\text{C}$ . Automatika crpki, tlačni kolektor, tlačna posuda i ostala oprema je ista kao u varijanti 1.

Crpke moraju biti potpuno dinamički uravnotežene za minimum vibracija zbog dugačke cijevne kolone s crpkom na kraju (ukupna duljina oko 12 m) koja slobodno visi ovješena o AB ploču poda nadzemnog dijela crpne stанице. Hidraulički dio svake crpke s usisnom košarom se montira na zasebnu okomitu čeličnu tlačnu cijev (kolonu) DN 250 (crpke kapaciteta 150 l/s).

### Varijanta 3 - potopljene kanalizacijske crpke

Predviđena je ugradnja ukupno četiri potopljene kanalizacijske visokotlačne crpke hidrauličkih karakteristika 150 l/s, 5,0 bar. Ukupni instalirani kapacitet pri tome doseže 600 l/s uz instaliranu električnu snagu 500 kW. Predviđena je ugradnja klasičnih visokotlačnih kanalizacijskih crpki koje su potpuno neosjetljive na eventualno zaostali pjesak i mulj iz Drave sa slobodnim prolazom kugle 88 mm. Crpke su izrađene od lijevanog željeza, sa standardnim stupnjem zaštite od eksplozije. Dopuštena temperatura crpljenog medija iznosi  $t < 40^{\circ}\text{C}$ . Tlačne cijevi crpki su dimenzija DN 250, PN 10.

**Tablica 1** Usporedna analiza predloženih varijanti

| redni broj | kriterij usporedbe                         | varijanta  |  |  |
|------------|--|--|--|--|
|            |  | 1.<br>bunarske crpke u suhoj izvedbi   | 2.<br>bunarske crpke u potopljenoj izvedbi   | 3.<br>potopljene kanalizacijske crpke  |
| 1.         | broj crpki $n$                             | 4  | 4  | 4  |
| 2.         | ukupna teoretska količina dobave $Q$ , l/s | 600  | 600  | 600  |
| 3.         | tlak dobave $p$ , bar                      | 5,0  | 5,0  | 4,7  |
| 4.         | stupanj djelovanja                         | 0,80   | 0,84   | 0,75   |
|            | ukupna instalirana snaga crpki $P$ , kW    | 480  | 460  | 500  |
| 5.         | pristupačnost za servis                    | UVJETNA (OVISNO O ZAHVATU): <ul style="list-style-type: none"> <li>• pristupačan je elektromotor, a za pristup hidrauličkom dijelu crpke potrebno je dizanje i demontaža cijele tlačne okomite kolone visine 11 m i vratila crpke</li> </ul>   | SLOŽENA: <ul style="list-style-type: none"> <li>• za pristup crpki potrebno je dizanje i demontaža cijele tlačne okomite kolone visine 11 m</li> </ul>   | JEDNOSTAVNA: <ul style="list-style-type: none"> <li>• crpka se izvlači iz bazena po vodilicama</li> </ul>  |
| 6.         | troškovi održavanja                        | NAJVIŠI: <ul style="list-style-type: none"> <li>• intenzivno trošenje gornjih i donjih kuglastih ležajeva, brtvi osovine itd.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• potrebno je podizanje cijele kolone svake 2 godine i zamjena spomenutog materijala</li> </ul> </li> </ul> | NAJNIŽI: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nije predviđeno periodičko dizanje crpki, već se stanje provjerava kontrolom potrošnje električne energije i visinom dobave crpke</li> </ul> | SREDNJI: <ul style="list-style-type: none"> <li>• dvostruka mehanička brtva osovine i ležajevi motora               <ul style="list-style-type: none"> <li>• predviđena je zamjena spomenutih dijelova svakih oko 30 000 h rada (svakih oko 5 godina)</li> </ul> </li> </ul> |
| 7.         | buka u prostoru strojarnice                | DA   | NE   | NE   |

Automatika crpki, tlačni kolektor, tlačna posuda i ostala oprema je ista kao u varijanti 1.

### USPOREDNA ANALIZA PREDLOŽENIH VARIJANTI

Usporedna analiza predloženih varijanti prikazana je u tablici 1.

Za potrebe analize prednosti i nedostataka pojedinih varijanti koriste se sljedeći bodovni pragovi:

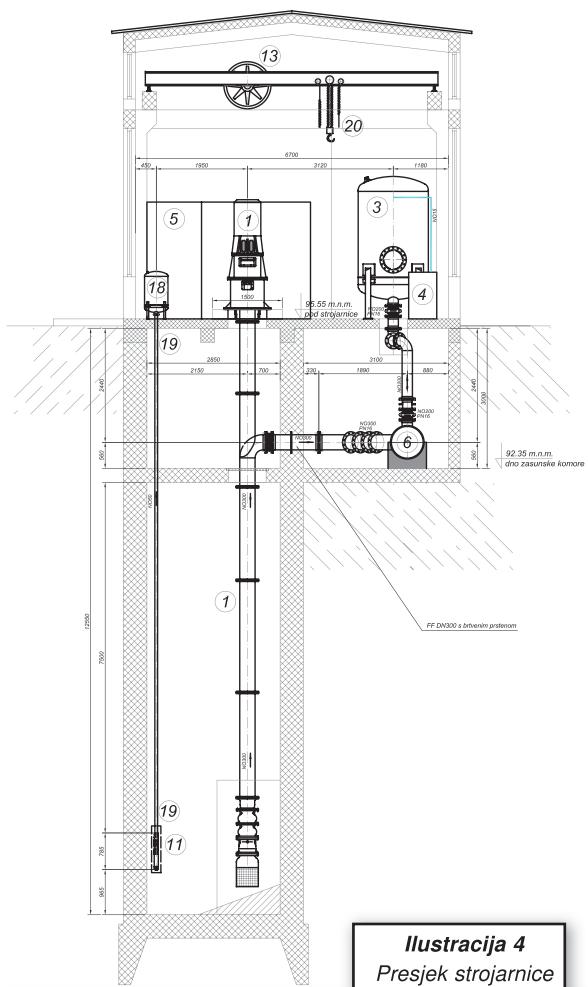
- 0 bodova: varijanta nema prednosti u odnosu na konkurenčne
- 1 bod: varijanta ima uvjetnu prednost (npr. crpka nije osjetljiva na zaostale čestice, uz uvjet da taložnica ispravno funkcioniра)
- 2 boda: varijanta ima bezuvjetnu prednost.

Vrednovanje pojedinih mogućih varijanti rješenja koje je dobiveno analizom prikazano je u tablici 2.

### ZAKLJUČAK

S obzirom na rezultate provedene analize, vidljivo je da su varijante 1 i 3 za tu koncepciju postrojenja tehničko-ekonomski povoljnije od varijante 2 (bunarska crpka s potopljenim motorom) pa se ona isključuje iz daljnog razmatranja.

Osnovne prednosti varijante s bunarskim crpkama s motorom u suhoj izvedbi su pristupačnost za servis motora (ali ne i dugačke cijevne usponske kolone s integriranim vratilom) i mogućnost stalne vizualne kontrole motora. Osnovni nedostaci su složena montaža, odnosno demontaža, visoka cijena crpnih agregata, buka i toplina u prostoru strojarnice te povećani troškovi održavanja i osjetljivost ležajeva vratila na eventualno zaostale čestice mulja i pjeska.



**Ilustracija 4**  
Presjek strojarnice  
u smjeru E - E

- 1 - crpka 200 l/s, 5,0 bar, 160 kW
- 2 - crpka 100 l/s, 5,0 bar, 75 kW
- 3 - tlačni spremnik vode (hidrofor) radnog volumena vode 1,5 m<sup>3</sup>
- 4 - kompresor za punjenje zračnog jastuka hidrofora, 135 l/min, 6 bar, 2 kW
- 5 - elektro-ormar
- 6 - cijevni tlačni kolektor  $\phi 609,6 \times 7,0$ , PN 16 s priključcima
- 7 - odzračno-dozračni kombinirani ventil DN 150
- 8 - čelični cjevovod DN 200 kao veza između tlačnog spremnika i tlačnog kolektora
- 9 - dovodni cjevovod od PE-HD-a DN 1362 (1200)
- 10 - potopljena muljna crpka 10 l/s, 1,4 bar, 4,4 kW
- 11 - okomita rotodinamička bunarska crpka 1 l/s, 2,0 bar za interni sustav tehnološke vode
- 12 - elektrmagnetski protokomjer DN 600, 1 - 600 l/s
- 13 - ventilator 6 m<sup>3</sup>/s, 300 Pa, 45,0 kW
- 14 - cjevovod DN 200 za ispuštanje vode iz tlačnog sustava
- 15 - ekscentrična redukcija DN 600 - DN 800
- 16 - ulazna zapornica DN 1200, PN 0,6
- 17 - tlačni cjevovod muljne crpke DN 80, PN 10
- 18 - tlačna (kompenzacijска) posuda sustava tehnološke vode  $V_r = 170$  l
- 19 - tlačni cjevovod crpke tehnološke vode DN 50, PN 10
- 20 - portalna (mosna) dizalica nosivosti 5 t
- 21 - manometar  $\phi 100$ , 0 - 10 bar, DN 15, PN 16
- 22 - tlačni cjevovod od PE-HD-a, DN 800, PN 10

Tablica 1 - nastavak

| redni broj | kriterij usporedbe  | varijanta  |   |  |
|------------|---|--|---|--|
|            |   | 1. bunarske crpke u suhoj izvedbi  | 2. bunarske crpke u potopljenoj izvedbi   | 3. potopljene kanalizacijske crpke   |
| 8.         | vibracije sustava i mogućnost oštećenja tlačnog cjevovoda   | <p>UVJETNO NE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrebno je fino centriranje mehaničkih dijelova i postolja crpke</li> <li>crpka radi s malim brojevima okretaja</li> </ul>  | <p>UVJETNO NE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>dugačka tlačna kolona je bez centralizera</li> <li>mali promjer hidrauličkih dijelova crpke, monoblok-izvedba s kratkim vratilom i velik broj okretaja doprinose ravnoteži sustava</li> </ul> | <p>NE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>cjevovod nije kruto vezan za crpku</li> </ul>  |
| 9.         | zagrijavanje nadzemnog dijela crpne stanice   | <p>DA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>potrebna je izrazita ventilacija prostora ljeti</li> </ul>   | NE  | NE   |
| 10.        | mogućnost stalne vizualne kontrole motora   | <p>DA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>zbog osjetljivosti ležajeva podmazivanje se mora stalno kontrolirati</li> </ul>  | <p>NE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>kontrola rada mjerenjem potrošnje električne energije i visine dobave</li> <li>nije predviđena periodična kontrola, već se crpka u slučaju redovnog servisa ili kvara vadi</li> </ul>                 | <p>NE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>kontrola rada senzorima prodora vode (kabeli, motor, uljna komora) i zagrijavanja (namoti motora, gornji i donji ležaj)</li> <li>predviđena je periodična kontrola svake 2 godine</li> </ul> |
| 11.        | osjetljivost na zaostale čestice pjeska i mulja   | <p>UVJETNO DA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>hidraulički stupnjevi crpke podnose krupnije čestice, ali problem najčešće nastaje njihovim sjedanjem u osovinske ležajeve</li> <li>potrebna je posebna antiabrazivna izvedba</li> </ul> | <p>UVJETNO DA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>posebna izvedba crpki s kliznim silicij-karbidnim ležajevima omogućuje crpljenje vode i iz rudničkih okana</li> </ul>   | <p>NE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>crpka je potpuno neosjetljiva na nečistoće u vodi</li> </ul>   |
| 12.        | potrebna dodatna crpka za pražnjenje zaostalog mulja iz bazena crpne stanice  | DA   | DA  | NE   |
| 13.        | povećana količina zaostalog mulja/pjeska u tlačnom cjevovodu  | NE   | NE  | DA   |
| 14.        | potrebna tlačna posuda radnog volumena oko $1,5 \text{ m}^3$ za kompenzaciju male potrošnje i/ili gubitaka uzrokovanih napuknućem cjevovoda | DA   | DA  | DA   |
| 15.        | širina pojasa frekvencijske regulacije, l/s   | <p>40 - 150:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>min. <math>1300 \text{ min}^{-1}</math> zbog podmazivanja ležajeva</li> </ul>  | <p>75 - 150:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>50% BEP zbog hlađenja motora</li> </ul>   | <p>40 - 150</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>min. 25% BEP zbog karakteristika hidraulike crpke</li> </ul>  |
| 16.        | cijena uređaja (4 crpke s pratećom opremom, bez tlačnog cjevovoda i automatike), EUR  | 180 000,00   | 160 000,00  | 130 000,00   |
| 17.        | tradicija konцепcije u sličnim objektima u Hrvatskoj  | DA   | NE  | NE   |
| 18.        | približni vijek trajanja crpnih agregata, godina  | 20   | 14  | 14   |

Osnovne prednosti potopljenih kanalizacijskih crpki su jednostavnost montaže i servisa (dizanje i spuštanje crpke na radno mjesto pomoću vodilica), potpuna neosjetljivost na zaostali mulj i pjesak te niska cijena crpnog aggregata. Kao osnovna njihova zamjerkva u zadanim slučaju je nedovoljna visina dizanja za potrebne količine dobave

(oko 4,7 bar kao rubna sposobnost dobave jednokanalnih impelera umjesto zahtijevanih 5,0 bar) te povećano usisavanje finog pjeska i mulja s dna crpnog bazena u dugački tlačni cjevovod sa značajno izlomljenom niveletom (uvjetovano konfiguracijom terena) što povlači povećane troškove njegovog održavanja. Stoga je za zadano postro-

**Tablica 2**

Vrednovanje pojedinih mogućih varijanti rješenja koje je dobiveno analizom

| redni broj kriterija | varijante                            |  |                                       |
|----------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|
|                      | 1.<br>bunarske crpke u suhoj izvedbi | 2.<br>bunarske crpke u potopljenoj izvedbi | 3.<br>potopljene kanalizacijske crpke |
| 1.                   | 0                                    | 0  | 0                                     |
| 2.                   | 0                                    | 0  | 0                                     |
| 3.                   | 2                                    | 2  | 0                                     |
| 4.                   | 1                                    | 2  | 0                                     |
| 5.                   | 1                                    | 0  | 2                                     |
| 6.                   | 0                                    | 2  | 1                                     |
| 7.                   | 0                                    | 2  | 2                                     |
| 8.                   | 1                                    | 1  | 2                                     |
| 9.                   | 0                                    | 2  | 2                                     |
| 10.                  | 2                                    | 0  | 0                                     |
| 11.                  | 1                                    | 1  | 2                                     |
| 12.                  | 0                                    | 0  | 2                                     |
| 13.                  | 2                                    | 2  | 0                                     |
| 14.                  | 0                                    | 0  | 0                                     |
| 15.                  | 2                                    | 0  | 2                                     |
| 16.                  | 1                                    | 0  | 2                                     |
| 17.                  | 2                                    | 0  | 0                                     |
| 18.                  | 2                                    | 0  | 0                                     |
| ukupno               | 17                                   | 14   | 17                                    |

jenje odabrana varijanta 1 (bunarske crpke s motorom u suhoj izvedbi) zbog neuobičajeno visokih zahtjeva za tlakom dobave crpki, duljine cijevne mreže te loše konfiguracije terena ispresijecanog mnogobrojnim kanalima jer daje nešto povoljnije ključne tehničke parametre sustava u zadanom slučaju.

Usporedna analiza varijanti, međutim, pokazuje razumnu prihvatljivost primjene tehnologije potopljenih kanalizacijskih crpki za natapanje koja je u mnogim slučajevima (manji potrebni tlakovi razvodne mreže te neosjetljivost tlačnih cjevovoda na skupljanje mulja) povoljnija od tradicionalne varijante.

