Projektiranje automatizirane crpne stanice

Vrpoljac, Petar

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:935971

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Petar Vrpoljac

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
dr. sc. Mihael Cipek

Student:
Petar Vrpoljac

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu. Zahvaljujem se svojoj obitelji koja mi je bila bezuvjetna potpora u svemu te Valentina i Elena da nema Vas motivacije za sve ovo bilo bi nemoguće pronaći. Mom mentoru moram reći da ima sve sposobnosti koje osoba može poželjeti od izuzetnog mentora, zauvijek ću pamtiti Vaše beskrajno strpljenje i izlaske u susret, molim Vas da nikada ne izgubite svoju velikodušnost, strpljivost i predanost.

Petar Vrpoljac

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: **602 - 04 / 23 - 6 / 1**	
Ur.broj: **15 - 23 -**	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Petar Vrpoljac** JMBAG: 0035201385

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projektiranje automatizirane crpne stanice**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of an automated pumping station**

Opis zadatka:

Crpna stanica je postrojenje za podizanje tekućine s niže razine na višu u vodoopskrbnom ili kanalizacijskom sustavu. Građevina u kojoj je smještena crpna stanica ima, ovisno o kapacitetu, prostore za smještaj strojeva (crpke, pogonski strojevi – elektromotori ili motori s unutrašnjim izgaranjem, dizelski agregati, kompresori, kranovi) te pomoćne prostore (radionice, kotlovnice, ventilacijske komore, prostori za transformatore, sanitarije, smještaj osoblja). Tijekom rada crpnu stanicu je potrebno adekvatno voditi kako bi proces bio efikasan i siguran. Cilj ovog rada je prijedlog projektnog rješenja jedne automatizirane crpne stanice za fekalne vode. Stoga je u radu potrebno:

- detaljno opisati postupak pumpanja fekalnih voda,
- proračunati opterećenja i definirati potrebne karakteristike crpki,
- odabrati odgovarajuće komponente dostupne na tržištu,
- predložiti koncept jedne crpne stanice i sustav njenog vođenja,
- izraditi adekvatnu dokumentaciju.

U radu je također potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:	Datum predaje rada:	Predviđeni datumi obrane:
2. ožujka 2023.	4. svibnja 2023.	8. – 12. svibnja 2023.
Zadatak zadao:		Predsjednik Povjerenstva:
Doc.dr.sc. Mihael Cipek		Prof. dr. sc. Ivica Garašić

SADRŽAJ

SADRŽAJ II
POPIS SLIKA III
POPIS TABLICA IV
SAŽETAK V
SUMMARY VI
1. UVOD 1
1.1. Podjela crpki 2
2. POSTUPAK PUMPANJA FEKALNIH VODA 4
2.1. Tipovi otpadnih voda 4
2.2. Elementi kanalizacijskog sustava 6
2.3. Crpne stanice 7
3. PRORAČUN OPTEREĆENJA I POTREBNE KARAKTERISTIKE PUMPE 8
3.1. Projektni zahtjev 8
3.2. Razrada zadatka 10
3.3. Hidraulični proračun 10
3.4. Izbor kabela 12
3.5. Proračun sustava zaštite baziranog na uzemljenju i diferencijalnoj sklopki 15
3.6. Oprema za upravljanje 16
3.7. Plan razvodnih ormara 18
4. PLAN GRADNJE 26
4.1. Crpna stanica 28
4.2. Ugradnja glavnih aktuatora 29
4.3. Građevine sanitarno-tehnološkoj kanalizacijskoj mreži 32
4.4. Nisko naponski (NN) energetski razvod i napajanje 33
4.5. Nisko naponski (NN) energetski razvod i napajanje 34
4.6. Opis nadzornog upravljačkog sustava 35
4.7. Zaštita kabela 36
4.8. Zaštita od neizravnog dodira 37
5. ZAKLJUČAK 38
LITERATURA 39
PRILOZI 40

POPIS SLIKA

Slika 1: Parna crpka Tomasa Sawery-a prema gravuri iz 1824. godine [2] 1
Slika 2: Podjela crpki po instalaciji [2] 3
Slika 3: Odabir crpke iz dijagram karakteristike [3] 12
Slika 4: Način rada nivosklopke [4] 16
Slika 5: Način rada hidrostatskog mjerača razine [4] 17
Slika 6: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 1 18
Slika 7: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 2 19
Slika 8: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 3 20
Slika 9: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 4 21
Slika 10: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 5 22
Slika 11: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 6 23
Slika 12: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 7 24
Slika 13: Situacija područja zahvata 27
Slika 14: Horizontalni presjek crpne stanice 30
Slika 15: Presjek 1-1 Crpne stanice 30
Slika 16: Revizijsko okno tlačnog cjevovoda 32

POPIS TABLICA

Tablica 1: Tipovi potrebnih kabela za napajanje crpki 13
Tablica 2: Izračun pada napona do crpki 14
Tablica 3: Potrebna količina materijala..... 31

SAŽETAK

Crpna stanica je postrojenje za podizanje tekućine s niže razine na višu u vodoopskrbnom ili kanalizacijskom sustavu. Građevina u kojoj je smještena crpna stanica ima, ovisno o kapacitetu, prostore za smještaj strojeva (crpke, pogonski strojevi – elektromotori ili motori s unutrašnjim izgaranjem, dizelski agregati, kompresori, kranovi) te pomoćne prostore (radionice, kotlovnice, ventilacijske komore, prostori za transformatore, sanitarije, smještaj osoblja). Tijekom rada crpnu stanicu je potrebno adekvatno voditi kako bi proces bio efikasan i siguran. U ovom radu je dan prijedlog proračuna i izgradnje jedne crpne stanice otpadnih voda za potrebe poduzetničke zone „Jug“ na području grada Novske. Također je u radu definiran sustav automatskog vođenja sustava crpne stanice.

Ključne riječi: crpna stanica, crpke, automatizirani pogon, vođenje procesa

SUMMARY

A pumping station is a facility for raising liquid from a lower level to a higher one in the water supply or sewage system. The building in which the pumping station is located has, depending on the capacity, spaces for the accommodation of machines (pumps, drive machines - electric motors or internal combustion engines, diesel aggregates, compressors, cranes) and auxiliary spaces (workshops, boiler rooms, ventilation chambers, spaces for transformers, sanitary facilities, staff accommodation). During operation, the pumping station must be adequately managed in order for the process to be efficient and safe. This paper gives an example of design and build model of wastewater pumping station for the needs of entrepreneurial area „Jug“ within the location of the city of Novska. The paper also defines the system of automatic control of the pumping station system.

Keywords: pumping station, pumps, automated drive, process management

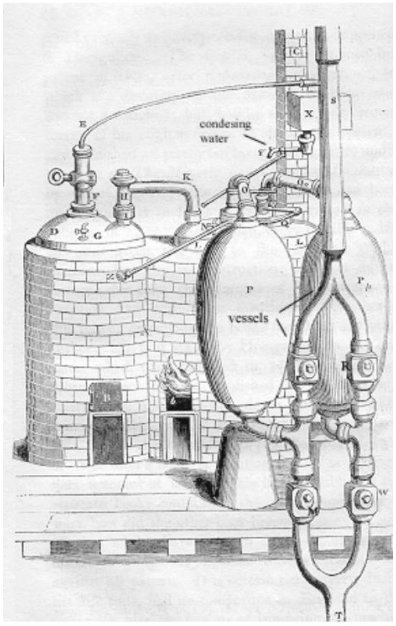
1. UVOD

Crpke su hidraulični strojevi kojima se fluid dobavlja na višu razinu ili područje višeg tlaka a to postižu prijenosom energije na tekućine, koristeći mehanički rad pogonskog stroja.

Prve crpke nastale su u Mezopotamiji i starom Egiptu za potrebe navodnjavanja. Kotači s vjedrima takozvani Norie bili su prvi oblici jednostavnih naprava za podizanje vode s niže na višu razinu. Pokretane su ljudskom, životinjskom ili snagom vodotoka. Kao najstarije rješenje crpke često se čuje naziv Arhimedov vijak iz III st.pr.Kr. osnovni element crpke primjenjuje se i danas u različitim konstrukcijama [1].

Prethodeća današnjim crpkama i prva uspješna na parni pogon je bila crpka Tomasa Savery-a (Slika 1)Iz 1798. godine koja je korištena za crpljenje vode iz rudarskih bušotina. Kako se vidi na slici uređaj je imao dva bojlera D i L povezana s cijevi E [2].

Izum parnog stroja kao prvog kontinuiranog pogona velike snage bio je početak modernog razvoja crpki, nakon toga uslijedio je izum električne energije i elektromotora čime su se dimenzije crpki bitno smanjile te se pojednostavio transport i dostupnost energije. Ključnim se može i smatrati i ovladavanje proizvodnjom potopljenih crpki, čime su crpne stanice kao građevine postale jednostavnije, manjih dimenzija s mogućnošću montažne izgradnje [2].



Slika 1: Parna crpka Tomasa Sawery-a prema gravuri iz 1824. godine [2]

1.1. Podjela crpki

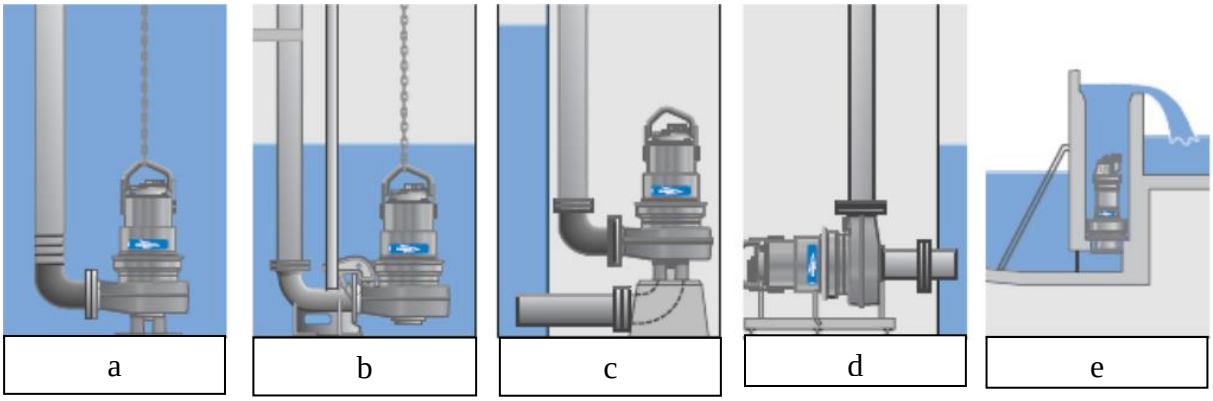
Crpke se mogu svrstati u grupe dinamičkih i volumenskih crpki, kod dinamičkih crpki se tekućine prenose djelovanjem sila koje na njih djeluju u prostoru što je neprekidno povezano s usisnim i tlačnim cjevovovdom crpke. U volumenskim se crpkama tekućine pronose pomoću periodičnih promjena volumena prostora što ga zauzima tekućina, a koji se povremeno i naizmjenično povezuje s usisnim i tlačnim cjevovodima crpke. Unutar navedene dvije grupe, postoje tipovi prema specifičnom načinu rada i mehaničkom ustroju. Najčešće korištene crpke u području odvodnje su centrifugalne koje spadaju u grupu dinamičkih crpki. Tri tipa centrifugalnih crpki su one s radijalnim, aksijalnim i dijagonalnim tokom. Općenito se može tvrditi da se centrifugalne crpke s radijalnim i dijagonalnim tokom najčešće koriste za crpljenje otpadne i oborinske vode. Crpke s aksijalnim tokom koriste se za crpljenje pročišćene otpadne vode ili čiste oborinske vode. Crpke s aksijalnim tokom mogu biti: vertikalne s fiksnim lopaticama, vertikalne s podesivim lopaticama i horizontalne s fiksnim lopaticama. Crpke s dijagonalnim tokom mogu biti: vertikalne s fiksnim lopaticama ili spiralnog tipa. Iz grupe volumenskih crpki najčešće se koriste u odvodnji pužne crpke. U odvodnji se u posebnim slučajevima koriste i drugi tipovi dinamičkih i volumenskih crpki [3].

Crpke se obično klasificiraju prema njihovoj specifičnoj brzini, a to su:

- Crpka s aksijalnim tokom vode
- Crpka s dijagonalnim tokom vode
- Radijalna centrifugalna crpka

Kako po današnjim standardima se postavljaju dvije crpke po crpnoj stanici tako se razvilo više tipova crpki za crpne stanice najčešća podjela crpki za crpne stanice su u suhoj ili mokroj izvedbi. Najbitnija podjela crpki je po načinu instalacije što znači da su sljedeće crpke najčešće izvedbe danas [2]:

- Samostojeća privremena instalacija prenosiva verzija sa spojem na krutu ili fleksibilnu cijev (slika 2a)
- Privremena mokra instalacija, crpka je instalirana s cijevima vodilicama na spoju tlačnog cjevovoda (slika 2b)
- Vertikalna suha instalacija s prirubničkim spojevima na usisnoj i tlačnoj strani (slika 2c)
- Horizontalna suha instalacija s prirubničkim spojevima na usisnoj i tlačnoj strani (slika 2d)
- Privremena instalacija crpke u vertikalnom čeličnom ili betonskom cilindru (slika 2e)



Slika 2: Podjela crpki po instalaciji [2]

2. POSTUPAK PUMPANJA FEKALNIH VODA

Suvremeno doba obilježeno je sve većom potrošnjom vode u industriji i urbanim sredinama. Upotrebljena voda opterećena otpadnim organskim i anorganskim tvarima, odnosno onečišćenjima, može stvoriti ekološki problem ako se ispušta u vodotoke, jezera ili mora. Onečišćenja ugrožavaju biološku ravnotežu vodnih ekosustava, a ovisno o količini i vrsti onečišćenja mogu dovesti u pitanje i njihov opstanak. Površinske vode napajaju podzemne vodonosne slojeve i tako obnavljaju zalihe podzemne vode koja je najvredniji izvor pitke vode za čovjeka. Narušena kakvoća površinske vode i sve veća potrošnja čiste podzemne vode ugrožavaju prirodne procese samopročićavanja, odnosno kakvoću i opstanak izvora pitke vode. Zato je pročišćavanje otpadne vode već desetljećima nužnost koja daje poticaj istraživanju i razvoju novih tehnologija obrade, kao što je i cjeloviti sustav upravljanja vodnim bogatstvom preduvjet njegovog održanja [4].

Sustav za odvod i obradu otpadnih voda mogu biti izvori za različite tipove onečišćenja okoliša npr.emisije kemikalije, čestice, aerosol, mikroorganizama, neugodnih mirisa pa čak i kao izvori buke te svaki od njih mora biti kontroliran i održavan unutar zakonski predviđenih granica [5].

2.1. Tipovi otpadnih voda

Otpadne vode su mješavine raznih tekućina kojima voda nosi većinski udio i one nose onečišćenja. To je voda koja je prošla ciklus upotrebljavanja iz naselja i industrije, točnije otpadne vode nazivamo vode koje su svoj početni sastav promjenile unošenjem štetnih tvari čija prisutnost uzrokuje promjenu fizičkih, kemijskih, bioloških ili bakterioloških karakteristika vode zbog čega se ne mogu koristiti u poljoprivredi niti u bilo koje druge svrhe. Otpadne vode određene su svojim fizičkim, kemijskim i biološkim svojstvima ali ta svojstva bitno ovise o samom porijeklu [6].

Otpadne vode razvrstavaju se u četiri osnovne grupe:

- Kućanske (sanitarne) otpadne vode – otpadne vode koje se upotrebljavaju u kućanstvu te javnim i uslužnim djelatnostima. Dijele se još na: fekalne i potrošne vode.
- Industrijske otpadne vode – otpadne vode nastale korištenjem voda u različitim tehnološkim procesima. Po svojstvima bitno se razlikuju od kućanskih otpadnih voda.
- Oborinske vode – mjerodavne količine oborinskih voda koje dolaze u sustav odvodnje hidrološki je problem koji se svodi na određivanje vršnog protoka i cjelokupnog hidrograma otjecanja.
- Tuđe vode – vode koje dolaze u sustav, a nisu ubrojene kod određivanja količina kućanskih i industrijskih otpadnih voda. U to spadaju: podzemne vode koje se procjeđuju u kanalsku mrežu, oborinske vode koje ulaze kroz poklopce revizijskih okna, ilegalni priključci kućanskih ili oborinskih voda.

Za odvod fekalnih voda potrebno je dimenzionirati crpnu stanicu hidraulički, statički te nakon toga izvesti potrebne proračune za elektromotore (crpke) kao što su padovi napona, struje kratkih spojeva i napraviti upravljanje za iste crpke.
Da bi se mogao projektirati sustav odvodnje potrebno je napraviti proračun analiza mjerodavnih količina otpadnih voda koje je potrebno prikupiti i odvesti sustavom odvodnje. U analizu se ulazi s podacima o potrošnji vode i oborinama.

2.2. Elementi kanalizacijskog sustava

Odvođenje fekalnih voda kanalizacijskim sustavom funkcionalno je povezano s vodoopskrbom, odnosno vodoopskrbnim sustavom [7].

Kanalizacijski sustav sačinjavaju sljedeći dijelovi:

- Kanalizacijska mreža
    - Primarna kanalizacijska mreža ili glavna kanalizacijska mreža
    - Sekundarna kanalizacijska mreža ili sporedna kanalizacijska mreža
- Objekti
    - Crpne stanice
    - Ulazna okna
    - Prekidna okna
    - Revizije
    - Preljevni dijelovi
- Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda
- Ispusti

2.3. Crpne stanice

Crpna stanica je spremnik opremljen sa crpkama, upravljačkim električnim ormarićem, senzorima razine ili nivo regulatorima, mogućim daljinskim nadzorom i cjevovodom. Otpadne vode nakon internog kućnog cjevovoda priključuju se na cjevovod javne kanalizacije i njime teku uz pomoć gravitacije. Crpna stanica se upotrebljava ondje gdje ne postoji mogućnost povezivanja gravitacijskim cjevovodom. Postoji više vrsti crpki za mokru i suhu izvedbu [7] . Crpna ili pumpna stanica, koriste se za podizanje otpadne vode sa niže na višu razinu, osobito kad visina ispusta ne zadovoljava mogućnost gravitacijskog toka ili kada bi izgradnja takvog sustava rezultirala pretjeranim iskopom i višim troškovima gradnje. Oprema i sustavi crpne stanice često se instaliraju u ograđene strukture. Nerijetko se koristi sustav crpne stanice s dvije crpke koji ima više prednosti i veću sigurnost u odnosu na sustav sa jednom crpkom zbog naizmjeničnog rada i pogona u nuždi. Osnovni elementi crpnih stanica za otpadne vode su okna, otpadne vode, kanalizacije i crpke. Sabirni spremnik obično je lociran u najnižem dijelu i služi za akumulaciju i podizanje vode na potrebni nivo. Crpka za otpadne vode konstruirana je za prijenos prethodno obrađene vode do sustava za njezin daljnji tretman [7].

3. PRORAČUN OPTEREĆENJA I POTREBNE KARAKTERISTIKE PUMPE

Obzirom na životne navike ljudi koje se s vremenom mijenjaju tako se i karakteristike sanitanih i oborinskih voda mijenjaju, što znači da se mijenjaju i uvjeti koje kanalizacijski sustav naselja mora zadovoljiti, novi zahtjevi su kao takvi protok i karakteristike sanitarnih i oborinskih tako općenito svih tehnoloških voda. Unutar kanalizacijskog sustava različitim procesima stvara se velika količina opasnih plinova i bioloških aktivnosti koje utječu na funkcioniranje kanalizacijskog sustava te sve ove navedene stvari je nemoguće predvidjeti proračunom , stoga projektiranje crpnih stanica nema samo osnovu u numeričkim rezultatima nego ima uporište u dugogodišnjem iskustvu i smjernicama [5].

3.1. Projektni zahtjev

Važećim Prostornim planom uređenja grada Novska predviđena je izgradnja Poslovne zone „Jug“ (dalje: Zona) na površini oko 85 ha, a koja je smještena između željezničke pruge M105 (Novska – Tovarnik), željezničke pruge M104 (Novska – Sisak – Zagreb), autoceste A3 (Bregana – Zagreb – Lipovac) i granice s k.o. Stari Grabovac. Zoni se prilazi ulicom Bogoslava Ljevačića, koja je priključena na Ulicu kralja Tomislava u Novskoj, a planira se izgradnja odvojka ceste kroz Zonu, u dužini oko 260 m, uz koju bi se obostrano gradili gospodarski sadržaji. Predmet ovog zadatka je je izgradnja sanitarno-tehnološke kanalizacijske mreže odvojka Poduzetničke zone "Jug" u Novskoj.

Predmetna građevina je infrastrukturne namjene vodno-gospodarskog sustava (cjevovod sanitarne odvodnje otpadnih voda) odvojka poduzetničke zone "Jug" u Novskoj.

Građevina se sastoji od izgradnje sanitarno-tehnološke kanalizacijse (tlačnog cjevovoda i pripadnih revizijskih okana te crpne stanice) ukupne duljine 346,04 m.

Lokacija građevine treba biti na trasi sanitarno-tehnološke kanalizacijske mreže koja se nalazi u katastarskoj općini Novska na katastarskim česticama 5557/3 , 4090/2, 4096/1. Stoga je za navedeno područje potreban cjevovod duljine 599 m od čega je 347 m postojeća kanalizacija u katastarskoj općini Novska, a ostatak je novoizgrađeni cjevovod.

Trase predmetnih sanitarno-tehnoloških kanalizacijskih cjevovoda (uključujući pripadna revizijska i zasunska okna te hidrante) položene su u zelenim površinama uz koridore postojeće i projektirane prometne površine. Za predmetne kanalizacijske cjevovode (uključujući pripadna revizijska i zasunska okna te hidrante) te crpnu stanicu ne predviđa se formiranje zasebne građevne čestice.

Predmetna građevina je komunalne infrastrukture i služi za prikupljanje i odvodnju otpadnih sanitarno-tehnoloških voda Odvojka poduzetničke zone „Jug“.

Predmetna građevina (sanitarno-tehnološka kanalizacijska mreža) sama za sebe predstavlja komunalnu infrastrukturu. Pristup predmetnoj građevini (trasi cjevovoda, revizijskim i zasunskim oknima i crpnoj stanici) omogućen je u cijelosti preko javnih prometnih površina. Za pogon crpne stanice predviđen je priključak na električnu energiju.

Prilikom izvođenja očekuju se zemljani, tesarski, betonski i armiranobetonski, zidarski, montažni, bravarski i ostali radovi sa svim potrebnim pomoćnim radovima. Sve navedeno su rutinski građevinski radovi te se ne očekuju poteškoće, osim u slučaju eventualnog iznalaženja i mimoilaženja postojećih instalacija (vodovod, EE, TK, i slično).

3.2. Razrada zadatka

Kao što je već spomenuto zadatak ovog rada je dati rješenje odvodnje sanitarno-tehnoloških otpadnih voda odvojka poduzetničke zone Novska „Jug“ osiguravajući pri tome efikasno, financijski povoljno i ekološki prihvatljivo prikupljanje otpadnih voda te njihov transport zatvorenim vodonepropusnim sustavima prema postojećoj kanalizacijskoj mreži grada Novske. Zadatak je također i izgradnja nove vodoopskrbne mreže (tj. širenje vodoopskrbne mreže) odvojka Zone za opskrbu pitkom vodom iz javnog vodovoda. Kanalizacijski sustav predviđen je kao razdjelni sustav odvodnje, na način da su razdvojeni sustavi prikupljanja i odvodnje sanitarno-tehnoloških otpadnih voda .

Sanitarno-tehnološkom kanalizacijskom mrežom predviđeno je prikupljanje sanitarnih i tehnoloških otpadnih voda odvojka Zone (čestica 5557/1 i 5557/5) u crpnoj stanici CP2 te odvodnja tlačnim cjevovodom i njegovo priključenje na postojeću kanalizaciju u ulici Bogoslava Ljevačića, kojom se dalje sanitarne i tehnološke otpadne vode odvode prema UPOV-u Novska.

3.3. Hidraulični proračun

U ovom poglavlju opisuje se pristup, daju se kriteriji i parametri bitni za određivanje količina za dimenzioniranje vodoopskrbe i sanitarno-tehnološke odvodnje odvojka poslovne zone „Jug“ u Novskoj. Proveden je hidraulički proračun i određene su dimenzije ili uvjeti tečenja pojedinih hidrotehničkih cjelina.

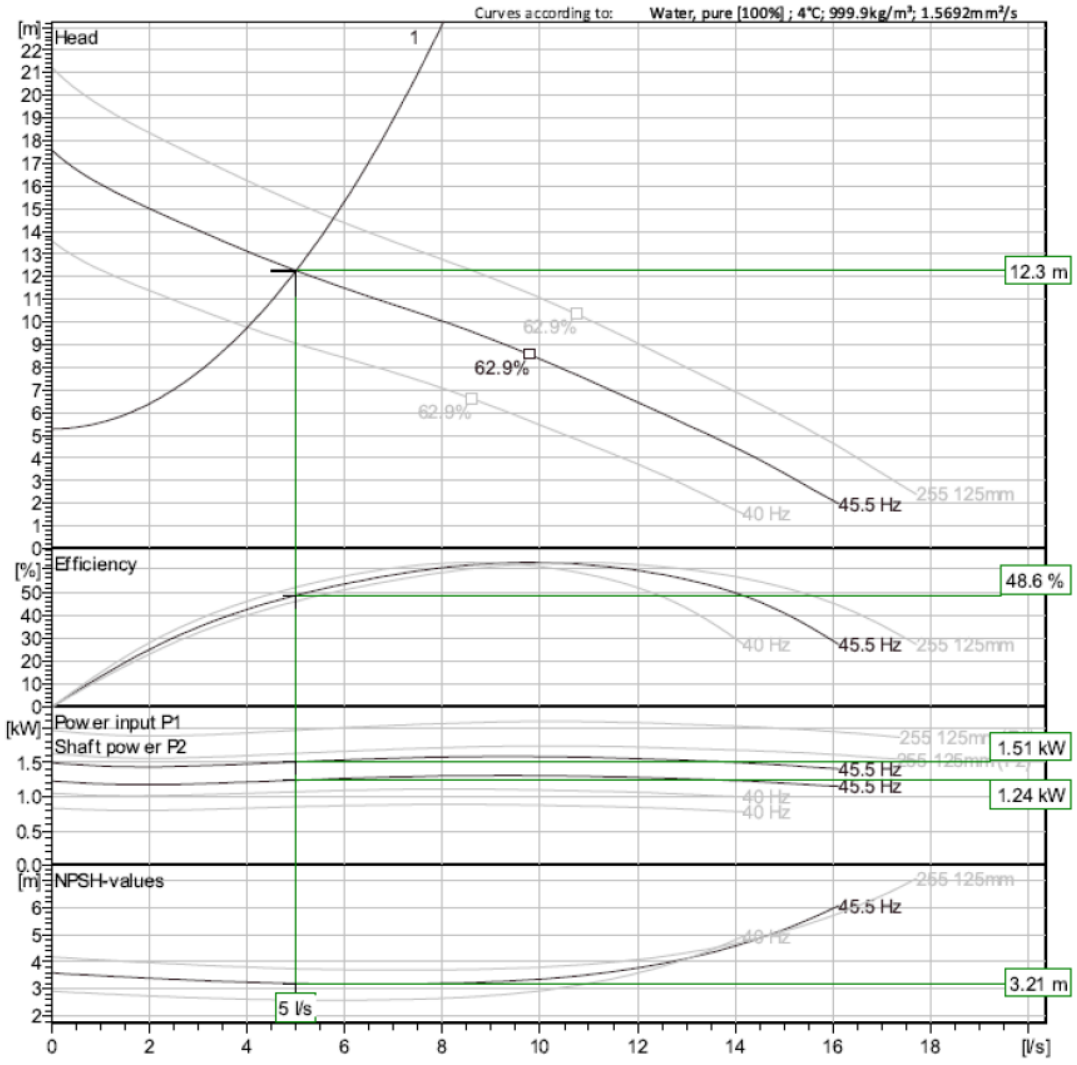
Trenutno je veći dio Poduzetničke zone „Jug” neizgrađen. Prostornim planom grada Novske predviđena je izgradnja sadržaja proizvodne i poslovne namjene, a Urbanističkim planom područje je označeno oznakom I2 – prostor predviđen za pretežito zanatsku namjenu. Ovim su hidrauličkim proračunom obuhvaćene otpadne vode generirane u odvojku poduzetničke zone.

Dogovorom se odlučuje za minimalnu specifičnu otpusnu normu od 0,2 l/s/ha, a koeficijenti neravnomjernosti uzeti su kao literaturne vrijednosti $K_{max,dan}$=1,50 i $K_{max,sat}$ =2,0 .

Iz toga slijedi:

- Srednja dnevna količina otpadne vode $\mathrm{Qsr,dn} = 3{,}24\ \mathrm{ha} \times \frac{0{,}2\frac{\mathrm{l}}{\mathrm{s}}}{\mathrm{ha}} = 0{,}65\,\frac{l}{s}$ (1)
- Maksimalna dnevna količina otmadne vode $Q_{max} = \mathrm{K_{max}}_{dan} \times Q_{sr,dan} = 0{,}975\,\frac{l}{s}$ (2)
- Maksimalna satna količina otpadne vode $q_{max} = \mathrm{K_{max}}_{dan} \times \mathrm{K_{max}}_{sat} \times Q_{sr,dan} = 1{,}95\,\frac{l}{s}$ (3)

Prema izračunatim vrijednostima i kataloškim podacima tvrtke Xylem [3] dobivenim podacima odlazimo u katalog tvrtke xylem i odabiremo crpku sljedećih karakteristika (slika 3).



Slika 3: Odabir crpke iz dijagram karakteristike [3]

Odabir crpke je iz proizvodnog programa tvrtke Flygt tip NP 3085 SH 3 Adaptive 255 Q=5 l/s, Hman=12,3 m , snage P=2,4 kW.

3.4. Izbor kabela

Kod izbora kabela vodilo se računa o dozvoljenoj struji opterećenja kabela, faktoru polaganja, o struji opterećenja el. potrošača, te o padu napona.

Struje opterećenja el. potrošača izračunate su prema izrazu:

Za struju opterećenja u 1f sustavu: $Io = \frac{Pv}{U}$ [A] (4)

Za struju opterećenja u 3f sustavu: $Io = \frac{Pv}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi}$ [A] (5)

Za dozvoljenu struju kabela : $I_{doz} = I_{kab} \times f_p$ [A] (6)

Tablica 1: Tipovi potrebnih kabela za napajanje crpki

R.Br.	KABEL OD-DO	Pv [kW]	Io [A]	KABEL [mm2]	Idoz [A]	Idoz-Io [A]
1.	SPMO – RO-CS (CS „NOVSKA“)	6	10.8	NYY 5x6	43	32.2
2.	RO-CS – CRPKA C1	2.4	4.3	SUBCAB S3x2.5+3x2.5/3 + S(4x0.5)	36	31.7
3.	RO-CS – CRPKA C2	2.4	4.3	SUBCAB S3x2.5+3x2.5/3 + S(4x0.5)	36	31.7

Pad napona u energetskim kabelima računa se prema izrazu:

Za pad napona (za Cu vodiče) u 1f sustavu : $u = 0{,}0741 \times \frac{Pv \times l}{A}$ [%] (7)

Za pad napona (za Cu vodiče) u 3f sustavu : $u = 0{,}0124 \times \frac{Pv \times l}{A}$ [%] (8)

Gdje je : Pv (kW) – vršna snaga

l (m) – dužina kabela

A (mm2) – presjek kabela

Očekivana vrijednost pada napona od transformatorske jedinice (TS) do priključka samostalnog priključnog mjernog ormariće (SKPMO-1) u samostalnom kompaktnom priključnom mjernom ormariću do obračunskog mjernog mjesta crpne stanice unutar samostalnog priključnog mjernog ormarića (SPMO). Ukupni očekivani pad napona na tome putu je 1,5%.

Dok vrijednost pada napona od obračunskog mjernog mjesta do razvodnog ormara crpne stanice (RO-CS) je izračunat i iznosi 0.2% . Do svake crpke iznos pada napona iznosi 0.12 % što znači pojedinačno do svake crpke je pad napona 1,92% te takav pad napona ne predstavlja problem za rad crpki.

Tablica 2: Izračun pada napona do crpki

R.Br.	KABEL OD-DO	Pv [kW]	KABEL [mm2]	L [m]	Δu [%]	Ukupno od TS Δu[%]
1.	SPMO– RO-CS (CS „NOVSKA“)	6	NYY 5x6	13	0.2	1,6+0.2=1.8
2.	RO-CS – CRPKA C1	2.4	SUBCAB S3x2.5+3x2.5/3 + S(4x0.5)	10	0.12	1.8+0.12=1.92
2.	RO-CS – CRPKA C2	2.4	SUBCAB S3x2.5+3x2.5/3 + S(4x0.5)	10	0.12	1.8+0.12=1.92

3.5. Proračun sustava zaštite baziranog na uzemljenju i diferencijalnoj sklopki

Na objektu je izveden temeljni uzemljivač čeličnom pocinčanom trakom 30 x 4 mm.

Otpor temeljnog uzemljivača iznosi:

$$Rt = 0{,}37 \times \rho / L \times \log (L^2/D \times H) \quad (9)$$

Gdje je ρ =150 Ω m specifični otpor betona i okolnog tla, L= 55 m ukupna duljina čelične pocinčane trake položene u betonski temelj oko objekta H = 1 m dubina polaganja uzemljivača i D = 11,2 x 10^{-3} m računski promjer uzemljivača. Očekivani otpor uzemljivača je 6,48 Ω. Imajte na umu da je nakon izved Nakon izvedbe uzemljivača potrebno je izvršiti mjerenje otpora uzemljivača.

Zaštitna strujna sklopka automatski isključuje strujni krug u slučaju da poteče struja greške veća od nazivne diferencijalne struje sklopke.

Svi uređaji štićeni strujnom zaštitnom sklopkom moraju biti spojeni na zaštitni vod (koji je uzemljen), tako da prilikom pojave struje greške uzemljivač ima dovoljno malen otpor, da se na štićenom uređaju ne pojavi previsoki napon dodira.

Kako bi sustav zaštite bio ispravan potrebno je zadovoljiti ovaj uvjet:

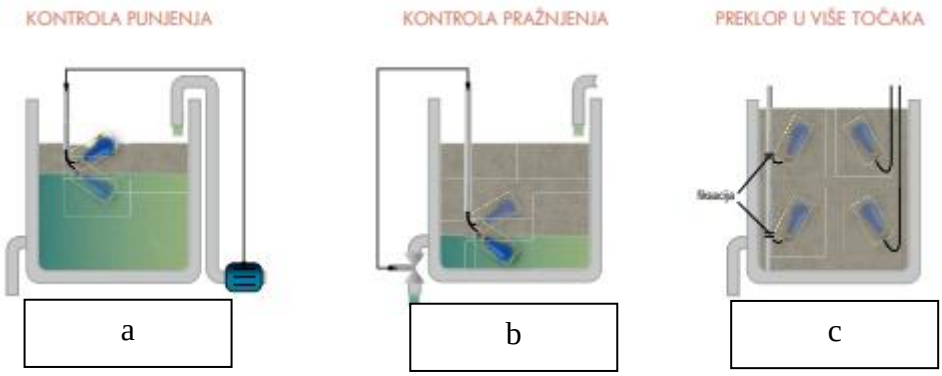
$$Rt \leq UL / Ig \ \Omega \quad (10)$$

Gdje je UL = 50 V dozvoljeni napon dodira, a Ig = 0,03 A odabrana diferencijalna struja sklopke (razlika ulazne i izlazne jakosti struje pri kojoj sklopka reagira). Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (10) dobije se UL/Ig=1666 Ω što je nekoliko reda veličine veće od vrijednosti otpora uzemljenja te je uvjet zadovoljeni zaštita je adekvatna.

Ovaj uvjet se mora provjeriti kako bi bilo zadovoljeno strujno djelilo ukoliko dođe do dodira s električnom energijom.

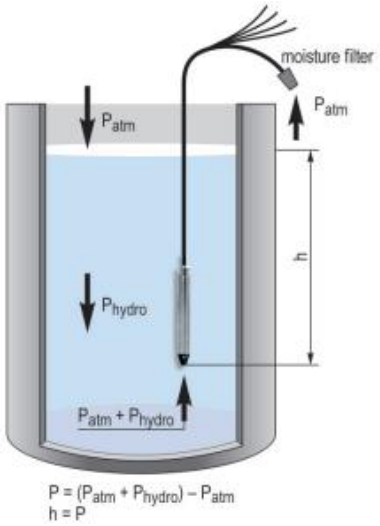
3.6. Oprema za upravljanje

Plovne sklopke s mikroprekidačem bez žive, pogodne su za mjerenje kanalizacijskih i zagađenih tekućina ili pitke vode. Dvokomorni plovak je vodootporan sa hermetički zabrtvljenim izlazom za kabel. Plovak se uranja na željenu razinu i fiksira prema potrebi. Na zadanoj razini, prekapčanje se dešava nagibanjem plovka zahvaljujući posebnom obliku, koji mu omogućava nagibanje bez utega [4].



Slika 4: Način rada nivosklopke [4]

Hidrostatski transmiteri dizanjirani su za mjerenje razine čistih i onečišćenih voda. Senzor tlaka na dnu sonde mjeri sumu hidrostatskog tlaka (Phydr) iznad sonde te atmosferskog tlaka (Patm). Atmosferski tlak vođen je do senzora kroz kapilaru koja je opremljena sa fi lterom vlage koji sprječava vlagu da dođe u doticaj s elektronikom te je oštеti. To omogućava da se atmosferski tlak može oduzeti od ukupnog izmjerenog tlaka da bi se dobio hidrostatski tlak koji je proporcionalan visi odnosno razini tekućine (h). Elektronika pretvara signal sa senzora u izlazni signal. Ako je uz razinu tekućine potrebno mjerenje njezine temperature potrebno je koristit kombinirani transmiter (razina + temperatura). Za pomoć pri instalaciji i ožičenju transmitera na raspolaganju nam je sirok raspon dodatne opreme. Adapter za otpadne vode koji radi na principu ronilačkog zvona može se postaviti kao zaštitna kapa da se izbjegne direktni kontakt između senzora i onečišćene tekućine koju mjerimo. Dodatna mehanička zaštita ugrađena je u NZ tip transmitera u obliku mehaničkog fi ltera. N-500 tip može se koristiti u opasnim okolinama, NZ zavrtni preporuča se za primjenu u slućajevima gdje postoji velika opasnost od poplave [4].



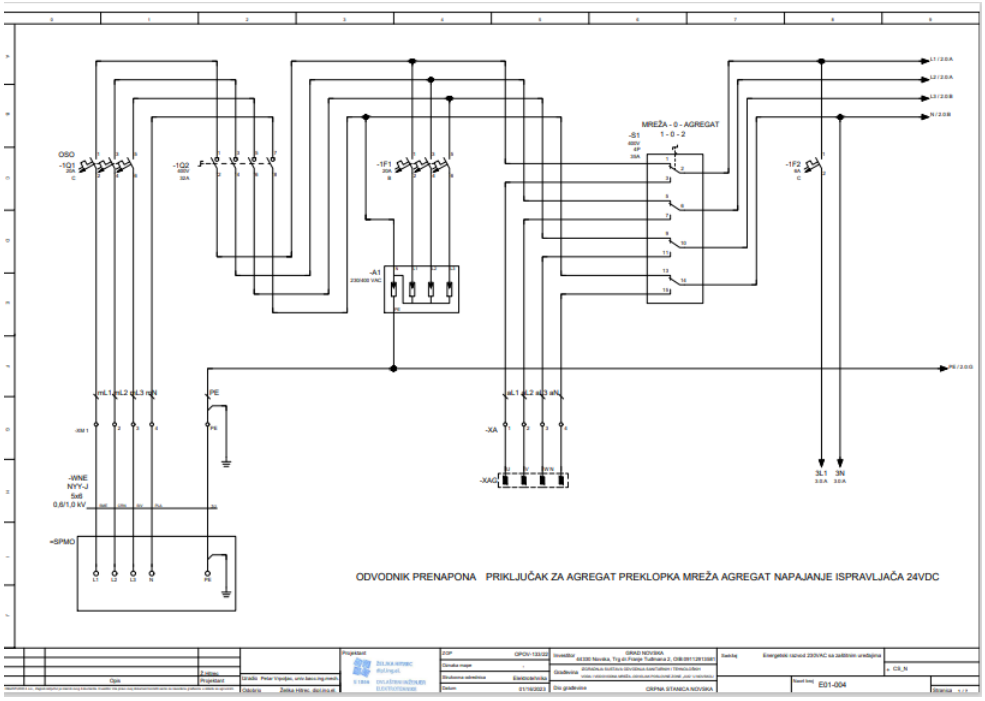
Slika 5: Način rada hidrostatskog mjerača razine [4]

3.7. Plan razvodnih ormara

Plan razvodnih ormara projektiran je pomoću softvera ePlan te su svi korišteni simboli po IEC-ovim standardima. Tropolne sheme se izrađuju nakon napravljenih električnih proračuna te se onda ide u iteracije ukoliko se vidi primjerice da je snaga po trofaznom sistemu raspoređena nesimetrično te se na taj način određuje kolika bi trebala biti jakost struje na glavnom prekidaču.

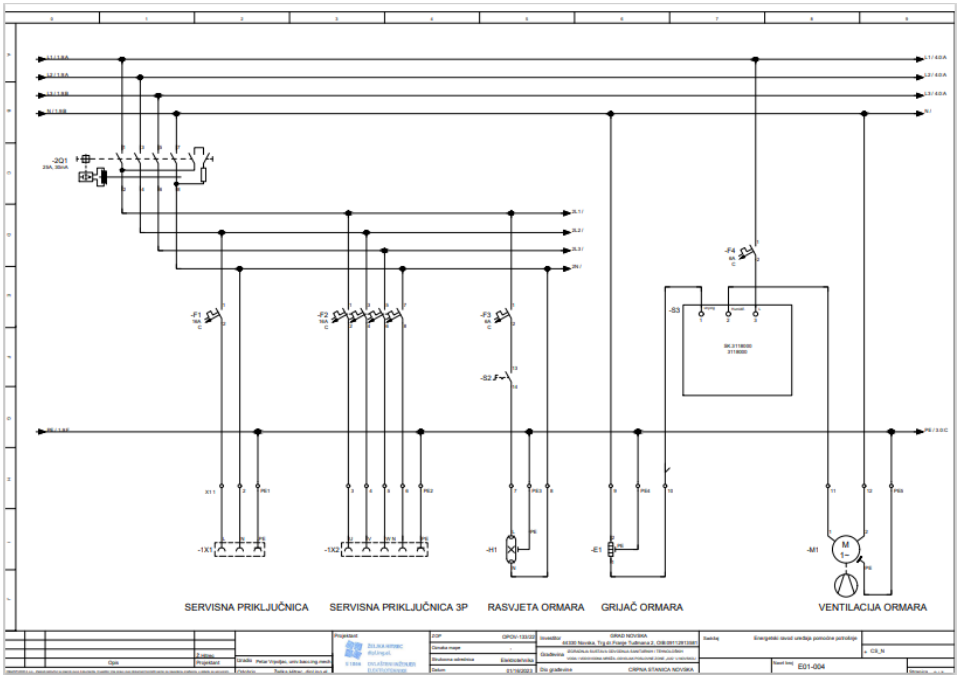
Svi tipovi kabela se određuju po proračunu te iste kablove treba ucrtati u tropolne sheme kako bi se znalo s čime se spaja oprema u polju. Svaki element u ovoj shemi ima svoj zadatak te ukoliko nije dimenzioniran i postavljen točan element potreban za ovakav tip projekta može doći do neželjenih posljedica primjerice pogrešno dimenzioniran automatski prekidač može biti razlog prekasne reakcije te požara unutar razvodnog ormara. Tako da je projektiranje automatike i napajanja dijelova crpne stanice najsloženiji dio ovoga projekta.

Shema upravljačkog ormarića dana je na sljedećim slikama i pomoću istih se izrađuje ormarić i upravljanje cijele crpne stanice.



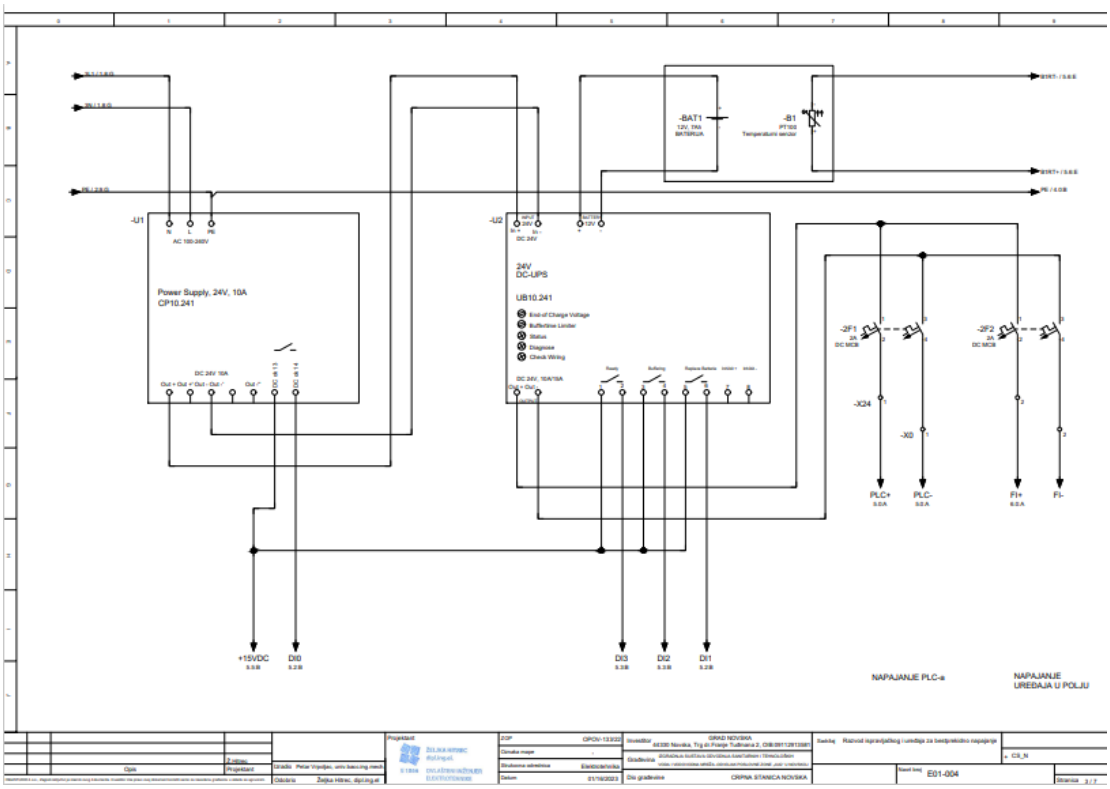
Slika 6: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 1

Na slici 12 možemo vidjeti glavno napajanje upravljačkog ormara, napajanje dolazi izvana sa kabelom NYY-J iz samostalnog priključnog mjernog ormara (na slici +SPMO) te ide na glavni prekidač upravljačkog ormara na shemi označen -1Q1 (Uobičajeno je imati rastavne prekidače kao glavne međutim na ormarima koji su izuzetno mali potrošači mogu se staviti i automatski prekidači) . Automatski prekidač -1Q1 je odabran na način da se odredila maksimalna struja koju mogu preuzimati iz mreže glavni aktuatori te se uzela prva sljedeća vrijednost, uz to ovaj automatski prekidač ima karakteristiku C što znači da je „trom“ zbog poteznih struja elektromotora (koje mogu biti i više desetaka puta veće od nazivne struje) , karakteristika C prekidača omogućuje da se potezne struje zanemare. Na prvoj stranici sheme može se vidjeti da imamo glavnu sklopku (-1Q2) koja u bilo kojem trenutku omogućuje gašenje sustava na glavni pogon (napajanje iz mreže). Sustav odvodnje tehnoloških voda je bitan te zbog toga se može vidjeti na ovoj stranici priključak za agregat koji proradi u slučaju nestanka struje, očigledno je da priključak za agregat treba biti spojen nakon glavne sklopke u protivnom isti nema utjecaj na upravljački ormar, na slici se može primjetiti i preklopka mreža-agregat (S1) koja proradi u slučaju nestanka struje te se prebaci iz jednog položaja u drugi te na taj način održi ispumpavanje tehnološke vode i period vremena dok je mreža isključena.



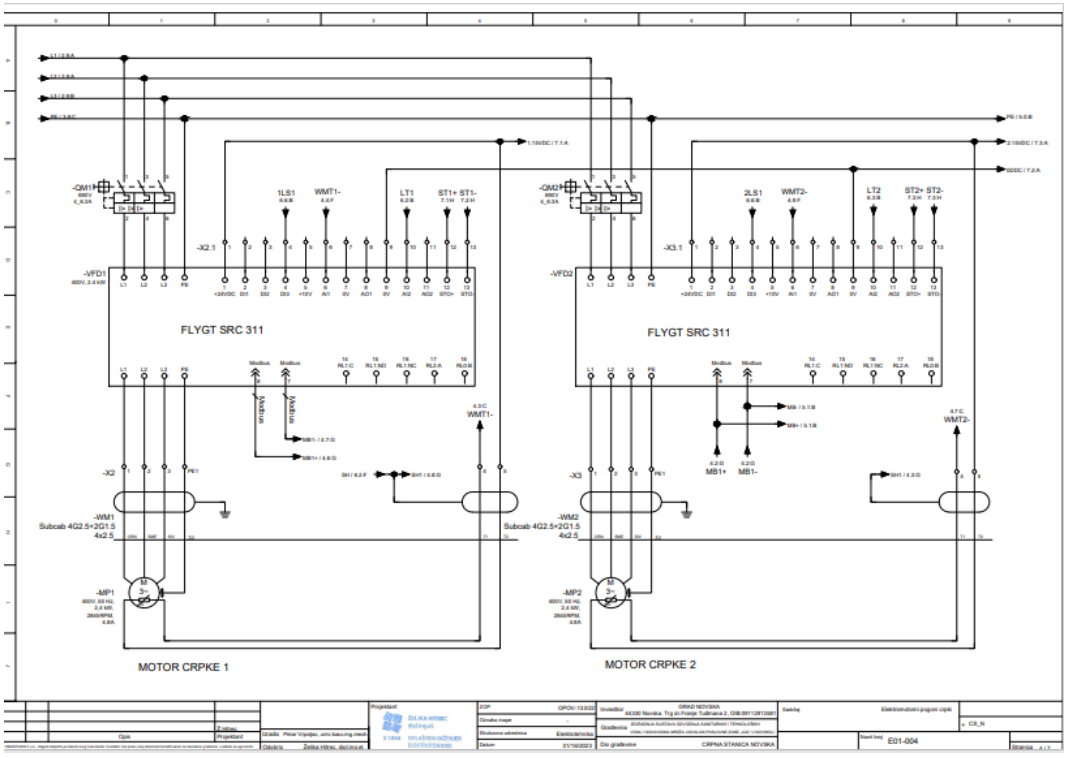
Slika 7: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 2

Na drugoj stranici sheme upravljačkog ormara spojeni su potrošači koji su bitni za održavanje i rad upravljačkog ormara, kako su elektromotori (crpke) spojene preko frekventnih regulatora koji se griju tokom rada potrebna je ventilacija ormara, ujedno ormar je smješten vani te zbog toga postoji mogućnost niskih temperatura što također za određene elemente upravljačkog ormara nije dobro te pomoću grijača i ventilatora ormara upravljamo sa uvjetima unutar istoga. Uz grijač i ventilator, imamo i monofaznu i trofaznu utičnicu u ormaru zbog mogućih servisa ukoliko zakaže automatika ili jedna od pumpi mora postojati mogućnost priključka u neposrednoj blizini crpne stanice kako bi crpna stanica mogla raditi i kako bi serviser mogao odrediti i ukloniti kvar. Rasvjeta ormara je spojena ovdje jer crpne stanice moraju raditi u svim uvjetima te isto tako serviseri moraju imati mogućnost korekcija kvarova u svim tim uvjetima. Termostat je uređaj koji upravlja sa ventilatorom i grijačem ormara, na način da dok god temperatura nije u željenom omjeru radni kontakti termostata su uklopljeni i u zimskom periodu vremena uklapljaju grijač, dok u ljetnom periodu uklapljaju ventilator.



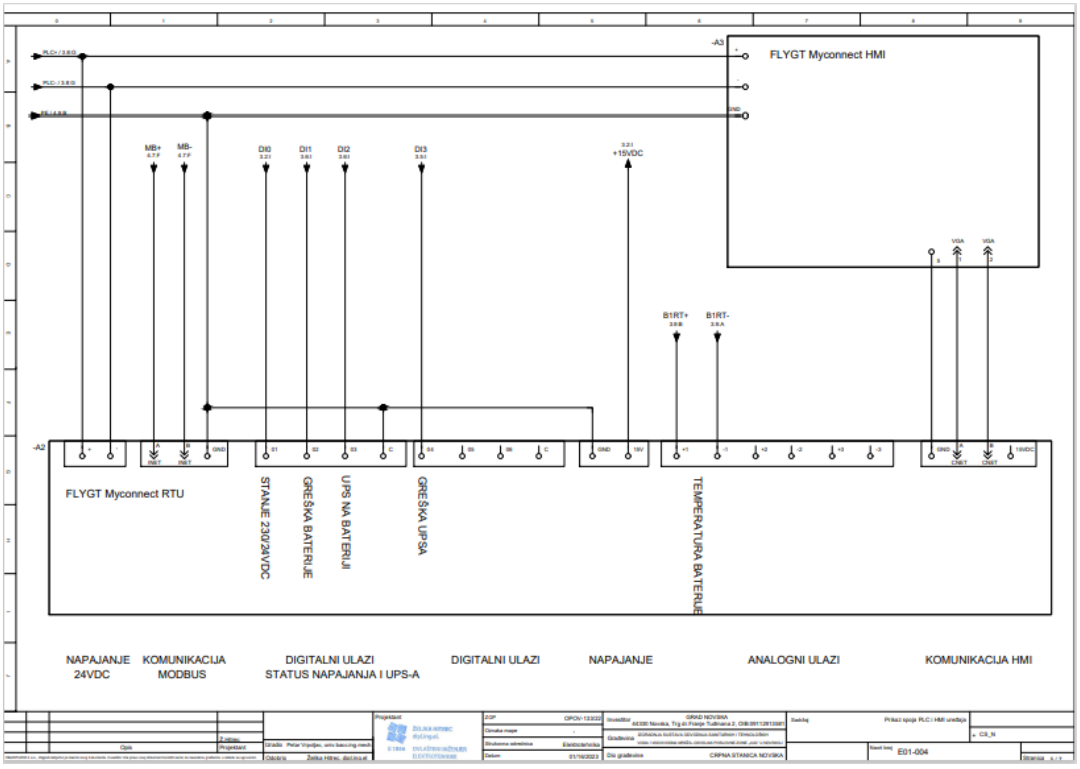
Slika 8: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 3

Stranica 3 pokazuje UPS napajanje sustava automatike i samo napajanje automatike crpne stanice, sva automatika crpne stanice zbog svoje osjetljivosti ne smije biti isključivana naglo te zbog toga u seriju sa napajanjem automatike se spaja UPS baterija koja ujedno uz svu to što služi kao besprekidno napajanje služi i za ispravljanje (filter) prije dolaska mreže na napajački modul automatike. Nakon napajačkog modula koji daje 24 V istosmjerne struje van sebe stavljaju se istosmjerni automatski prekidači koji su dvopolne izvedbe kako bi omogućili prekid plusa i minusa istosmjerne struje. Zasebno se odvojilo napajanje uređaja u polju i napajanje PLC-a iz razloga što uređaji u polju mogu biti servisirani ili pregledavani odvojeno od PLC modula te isto vrijedi i za PLC modul, onda je potrebno isklopiti napajanje na samo tom modulu nije potrebno isklopiti cijelu automatiku u potpunosti.



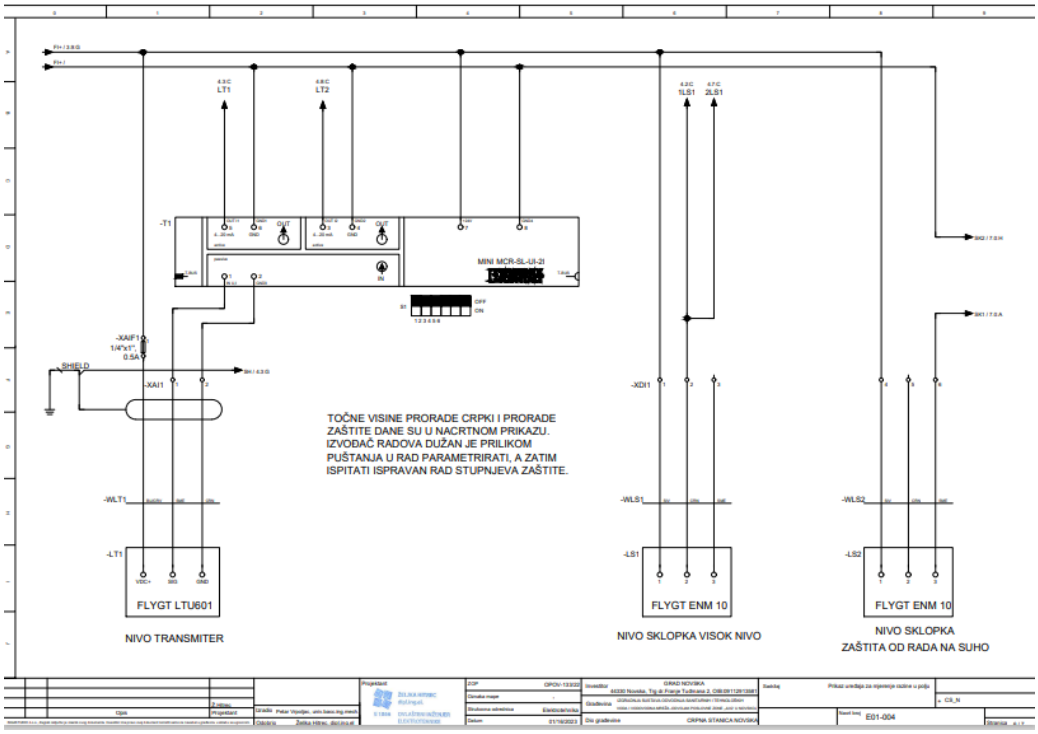
Slika 9: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 4

Stranica 4 sheme prikazuje napajanje crpki pomoću frekventnog regulatora te se ovdje može vidjeti kako frekventni regulator za razliku od direktnog načina upravljanja motora pomoću sklopnika nudi jednostavnije i automatiziranije rješenje na beznaponske stezaljke frekventnog regulatora spaja se radni kontakt upravljačkog digitalnog izlaza koji kada senzori (hidrostatska sonda ili nivosklopke) daju indikaciju na digitalni ili analogni ulaz PLC-a da je potrebno uključiti crpku pali frekventni regulator koji napaja i regulira motore crpki, ovdje se može još primjetiti kako postoje dvije crpke jedna za rad jedna rezervna, koje se moraju paliti naizmjenično kako nakon određenog vremena nebi zbog nepaljenja i nekorištenja rezervna pumpa bila u defektnom statusu.



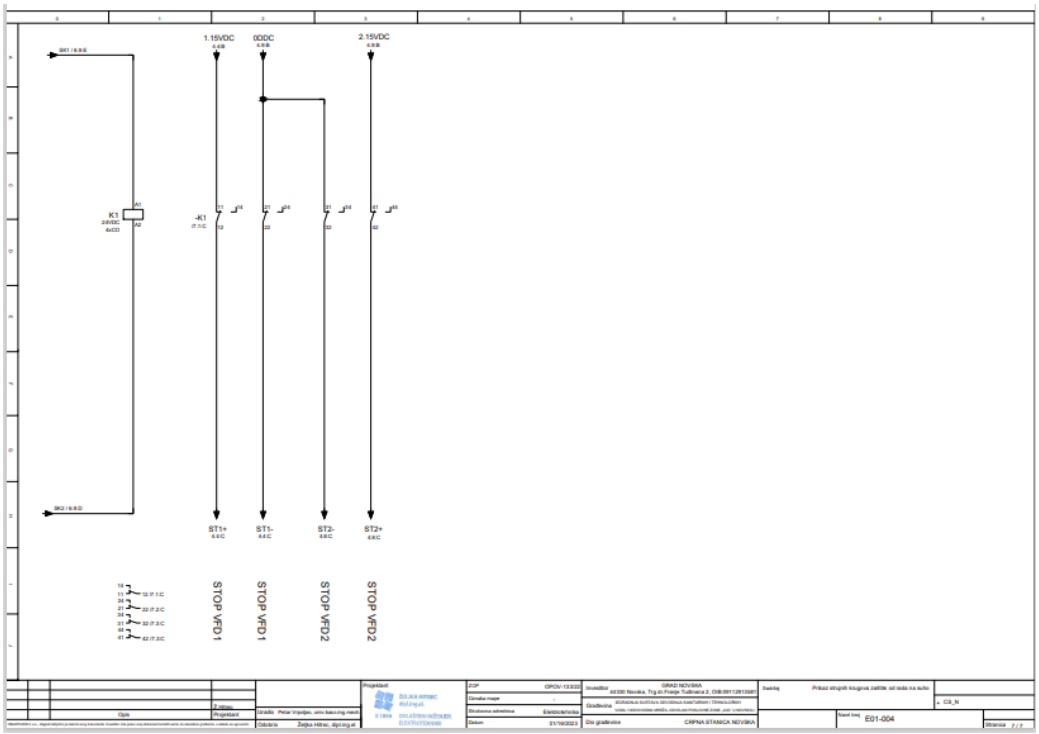
Slika 10: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 5

Stranica 5 sheme upravljačkog ormara prikazuje upravljački PLC modul pomoću kojega se upravlja rad crpnom stanicom, ovaj PLC dolazi sa određenim predefiniranim ulazima kao što su stanje napajanja, greške baterije UPS-a , greška baterije, temperatura baterije, za očitavanje rada crpne stanice koristi se touch panel koji je nacrtan na shemi i označen kao Myconnect HMI te se na njemu mogu u točnom vremenu očitati sve vrijednosti predefinirane ili naknadno dodane bitne za pravovremeni rad crpne stanice. Ti isti predefinirani ulazi su određeni kao digitalni ulazi što znači da PLC usvaja 0 ili 1 kao stanje, radi ili ne radi u slučaju da određeni dio ne radi ili je previsoka temperatura PLC sam pali određene ili gasi aktuatore sveo dok ne dođe do alarma kojeg prosljeđuje serviserima koji moraju doći fizički i pokrenuti sustav nakon servisa ručno.



Slika 11: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 6

Stranica 6 sheme upravljačkog ormarića prikazuje elemente u polju, točnije elemente koji nam daju signale kada i kako trebaju raditi crpke u crpnoj stanici. Nivo transimter daje analogni signal te konstantno mijenja svoje vrijednosti međutim u ovom posebnom slučaju postojao je problem što nivo transimter daje izlaz od 0-10 V, a PLC i frekventni regulator primaju samo ulaze od 4-20 mA te se zbog toga morao dodati adapter koji će pretvarati signal od 0-10 V u signal od 4-20 mA kako bi imalo smisla koristiti opremu u polju koja je bila odabrana. Kod nivosklopki takvih problema nema zbog toga što one imaju mehaničku sklopku unutar sebe koja se zatvara ovisno o svome položaju te tako provede kroz svoje kontakte struju koja se vraća pomoću kabela te uklapa rad frekventnih regulatora, kod ove crpne stanice kao i kod svake postoje minimalno dvije nivosklopke jedna je od zaštite od rada na suho, ta nivo sklopka služi da kada nije uklopljena isključi rad crpki jer potopne crpke kakve su u ovome projektu ne smiju doći u slučaj kako bi mogle raditi, a da nema tehnološke vode iznad njihova nivoa. Postoji još sklopka koja signalizira visok nivo vode kada se voda digne tog određenog nivoa voda sklopka se uklopi te obje i radna i rezervna crpka se pokreću te rade sa svojim maksimalnim kapacitetima kako nivo tehnološke vode nebi narastao nakon toga to je još jedna od pozitivnih strana načina za rad s radnom i rezervnom crpkom.

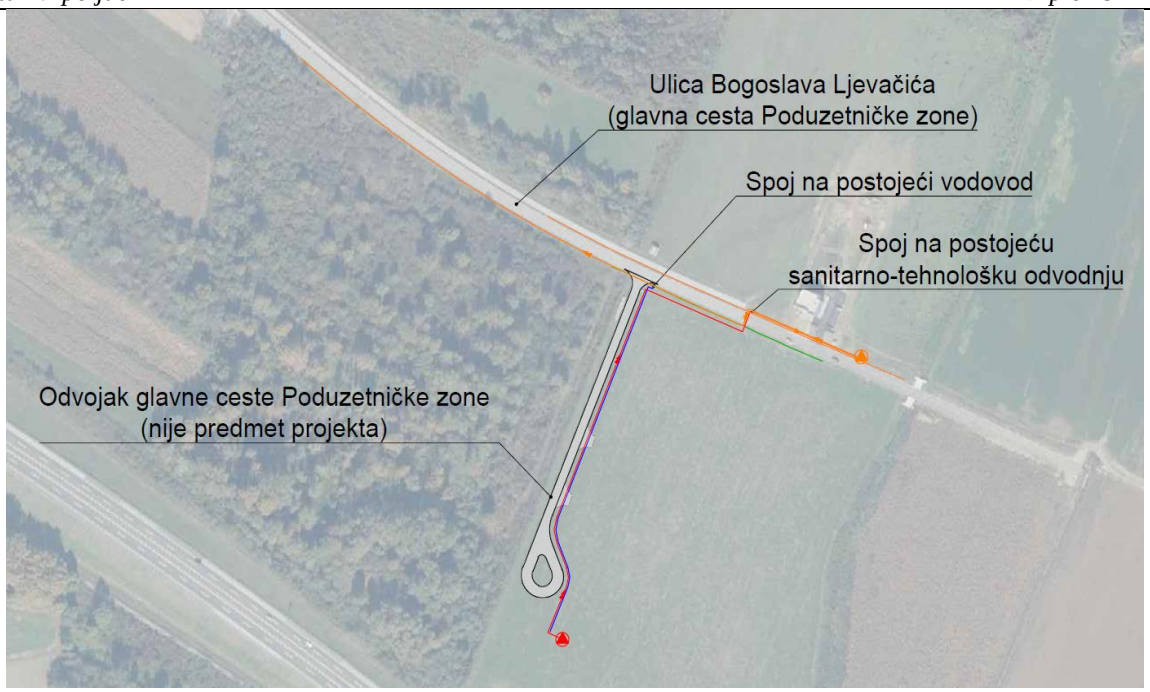


Slika 12: Shema upravljačkog ormarića – Stranica 7

Na posljednjoj strani shema upravljačkog ormarića može se vidjeti način na koji se osigurala mehanička zaštita rada crpki u crpnoj stanici. Ukoliko se aktivira način rada na suho putem change-over kontakata sklopnika se gase frekventni regulatori putem digitalnih signala na automatiku i putem signala direktno na beznaponske kontakte frekventnih regulatora.

4. PLAN GRADNJE

Crpna stanica (crpni bazen i zasunsko okno) je podzemna građevina koja je ukopana u postojeće tlo.Zaštita građevne jame crpne stanice predviđena je uključujući sve potrebne radove i opremu za evakuaciju površinske i podzemne vode iz građevne jame i osiguranje rada u "suhom" tijekom izvođenja radova (Napomena: radove je potrebno izvoditi u sušnom godišnjem periodu). Crpni bazen namijenjen je za prikupljanje efluenta i smještaj crpki, a predviđa se u monolitnoj izvedbi od vodonepropusnog armiranog betona razreda C30/37 u odgovarajućoj glatkoj oplati bez obrade žbukanjem. Unutarnje tlocrtne dimenzije su 160 x 150 cm. Debljina zidova i dna crpnog bazena je 25 cm, a pokrovne ploče 20 cm. Sve stijenke i donju ploču potrebno je armirati mrežnom armaturom i šipkama s unutarnje i vanjske strane presjeka (vidi statički proračun). Za pristup crpkama te ulazak u slučaju eventualne intervencije i same montaže u pokrovnoj ploči izvodi se poklopac od inoxa dimenzija 80x160 (2x80x80) cm nosivosti 250 kN (sukladno HRN EN 124). Za ulaz i izlaz iz okna predviđena je ugradnja ljestvi (širine 40 cm). Umjesto leđobrana predviđene su ljestve opremljene sa centralnom sigurnosnom vodilicom s klizačem i pojasom za vezanje osobe koja ulazi u crpnu stanicu zbog sprječavanja pada u dubinu. Dno se dodatno betonira u obliku lijevka - kinete, kako bi se osiguralo ispravno pritjecanje crpki. Radi jednostavnijeg i lakšeg pristupa zasunima i lijevano-željeznim fazonskim komadima, uz crpni bazen, predviđena je izvedba zasunskog okna. Zasunsko okno izvodi se od vodonepropusnog armiranog betona C30/37. Debljine stijenki su kao kod crpnog bazena, dok unutarnje tlocrtne dimenzije iznose 150 x 200 cm svijetle visine 180 cm. Crpni bazen i zasunsko okno se postavljaju na podložnu betonsku ploču C12/15 debljine 10 cm, koja se polaže na 20 cm podloge od šljunka, ispod koje se postavlja geotekstil.



Slika 13: Situacija područja zahvata

4.1. Crpna stanica

Zbog konfiguracije terena, odnosno pripadnog rješenja kanalizacijskog evakuacijskog sustava, crpna stanica predstavlja podzemnu građevine, koja sakupljeni efluent sa čestica 5557/1 i 5557/5 transportira (podižu) na kotu terena od koje je moguć daljnji transport u smjeru uređaja za pročišćavanje. Konfiguracija terena odvojka Poduzetničke zone je takva da uvjetuje interpolaciju jedne crpne stanice. Predviđeno je izvesti crpnu stanicu s potopnim crpnim agregatima. Planirana crpne stanica je podzemna građevina za koju se ne predviđa formiranje posebnih građevnih čestica.

Crpna stanica dio je odvodnog sustava koju u ovom slučaju karakterizira sljedeće:

- Objekt crpne stanice sastoji se od crpnog bazena i zasunskog okna
- Crpni bazen – izvodi se kao monolitno armirano betonsko okno u kojem su smješteni crpni agregati
- Zasunsko okno – izvodi se kao monolitno arimarno betonsko okno, u kojem su smješteni armaturni komadi (zasuni, protuprovalni ventili...)
- Crpni agregati su potpoljene izvedbe čime su zaštićeni od nailaska plivajućih predmeta
- Dovod pogonske električne energije biti će iz jednog smjera, u razvodnom ormaru postavlja se sklopka za prebacivanje na agregatni pogon (agregat je pričuvni izvor napajanja)
- Smještaj razvodnog ormara i automatike pogona crpne stanice smješten je u neposrednoj blizini crpne stanice
- Za slučaj potpunog nestanka električne energije mjera sigurnosti je retencijski volumen crpnog bazena i cjevovoda
- Crpna stanica biti će opremljena s jednim radnim i jednim pričuvnim crpnim agregatom

4.2. Ugradnja glavnih aktuatora

Predviđene su crpne stanice s dva potopljena crpna agregata u izmjeničnom radu (jedan radi, jedan je pričuva), pri čemu su samo razvodni ormari, brojila električne energije i automatike smješteni nadzemno u blizini crpne stanice.

U crpni bazen ugrađuju se:

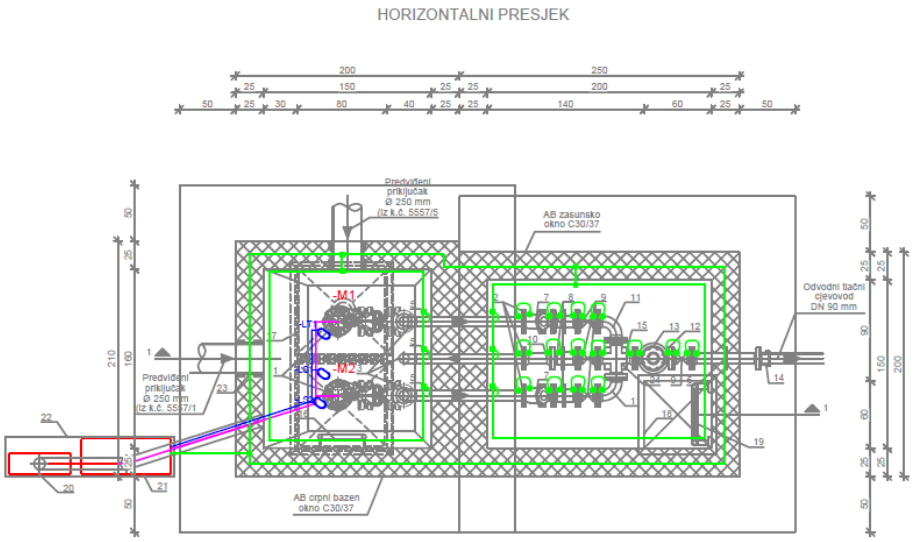
- Dvije jednake potopljene crpke za otpadne vode (jedna radna i jedna rezervna) pri čemu pričuva u slučaju kvara iznosi 100%
- Tlačni cjevovod iz nehrđajućeg čelika ASI304, DN 80 mm, PN 10 bara (za svaku crpku po jedan tlačni cjevovod do zasunskog okna te jedan zajednički ispusni cjevovod iz zasunskog okna)

U zasunskom oknu smještenom uz crpni bazen tlačni cjevovodi iz crpnog bazena spajaju se u jedan, unutar kojeg se ugrađuju fazonski komadi i armatura sve za otpadnu vodu od nodularnog lijeva GGG40, PN 10 bara.

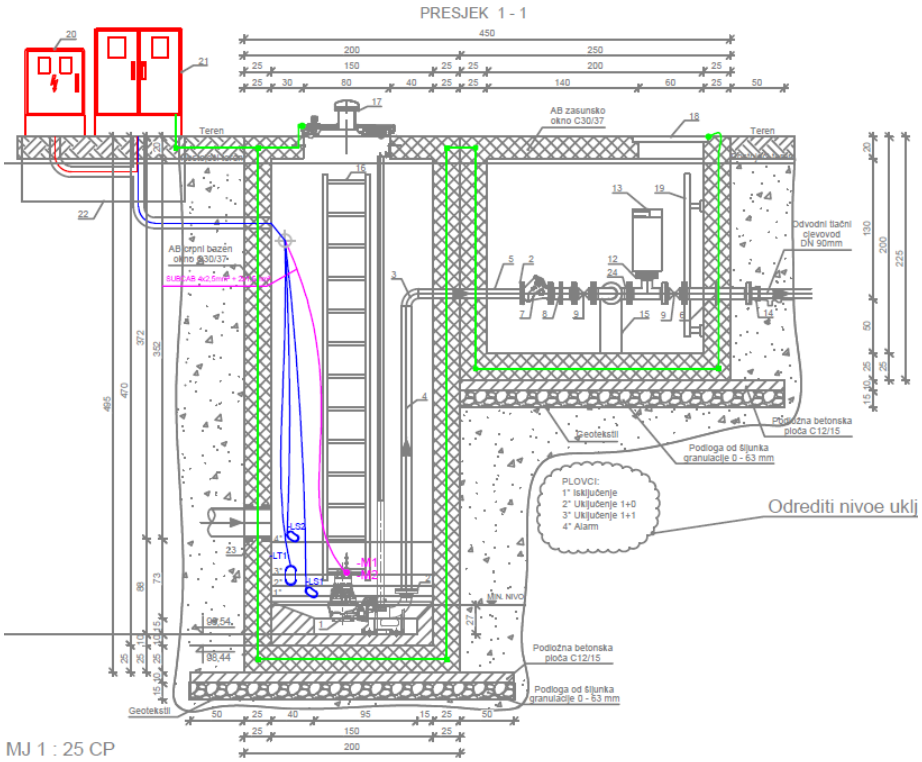
Nakon izlaska iz zasunskog okna spojnicama se vrši prespajanje tlačnog cjevovoda na PEHD cijevi za tlačnu kanalizaciju prema normama HRN EN 12201-1

Namjena crpnih stanica je podizanje tlaka u tlačnim cjevovodima i transport otpadne vode do izljevnog okna (okno gravitacijskog cjevovoda).

Spoj crpke s tlačnim cjevovodom mora biti izveden tako da se montaža i demontaža crpnog agregata može vršiti bez potrebe silaska čovjeka u crpni bazen. Zbog korozivnog medija vratilo i svi vijci , matice i podloške na crpki moraju biti od nehrđajućeg čelika.



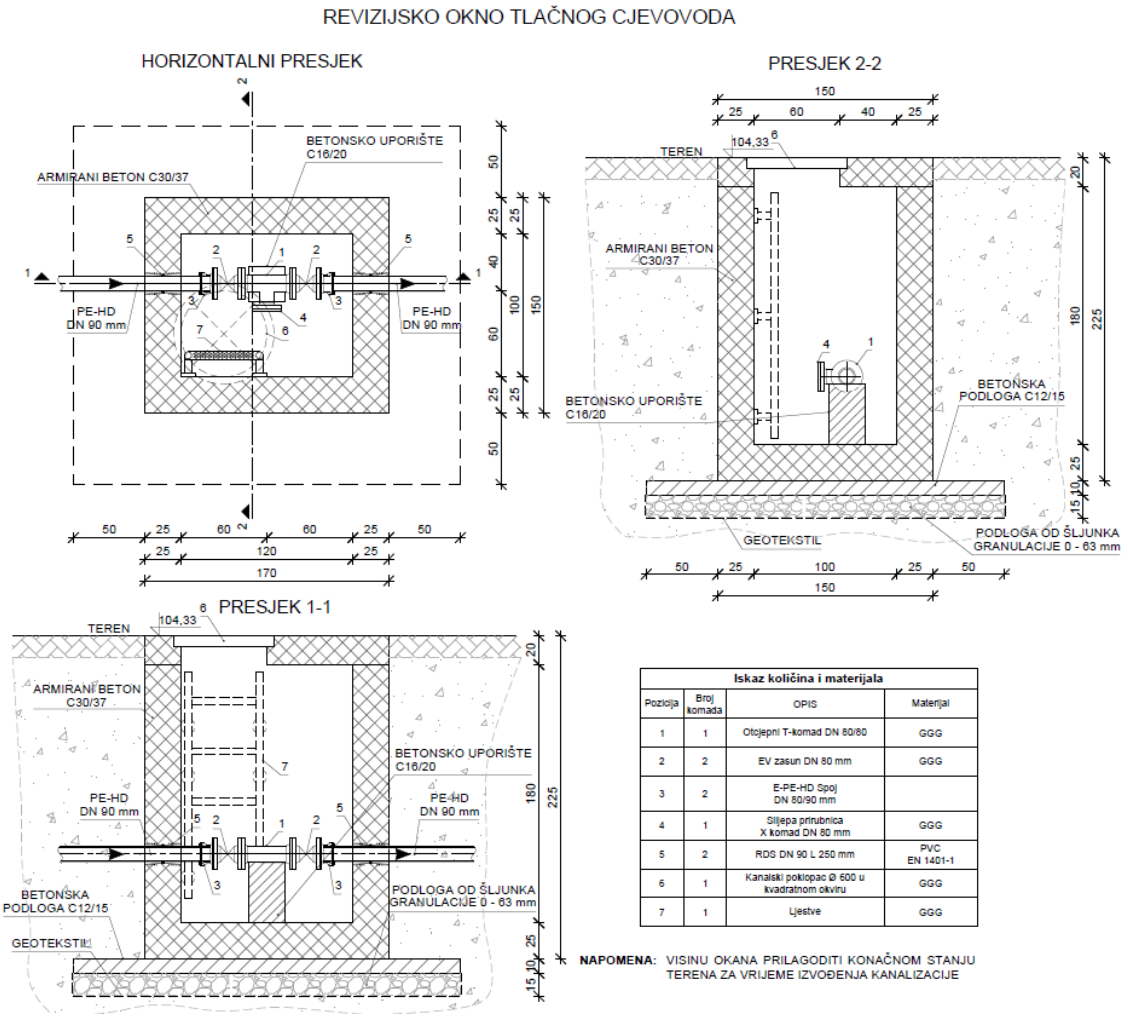
Slika 14: Horizontalni presjek crpne stanice



Slika 15: Presjek 1-1 Crpne stanice

Tablica 3: Potrebna količina materijala

Iskaz količina i materijala					
Pozicija	Broj komada	OPIS	Materijal	Dimenzija [mm]	Napomena
1	2	POTOPNA CRPKA kao Flygt NP3085.060SH-255, 2.4 kW, DN80	GGG 40	-	Uključujući svu potrebnu opremu za ugradnju (priključno koljeno DN 80 mm s montažnim setom, dvije inox vodilice za podizanje s gornjim držačem i montažnim setom, inox lanac i kabel)
2	5	Ravna prirubnica, DN 80 mm	Inox AISI 304	-	Zavariti na cijev
3	3	Koljeno 90°, DN 80 mm, s 2 mm	Inox AISI 304	-	Zavariti na cijev
4	2	Cijev DN 80 mm, s 2 mm, L 2620 mm	Inox AISI 304	-	
5	3	Cijev DN 80 mm, s 2 mm, L 940 mm	Inox AISI 304	-	
6	1	FFM DN 80 mm, L 600 mm	GGG	200 x 600	
7	2	Protupovratni ventil za otpadne vode, DN 80 mm, L 260 mm	GGG 40	245 x 260	
8	3	MDK DN 80 mm, L 185-245 mm	GGG 40	200 x 185-245	
9	4	Zasun za otpadne vode, DN 80 mm, L 180 mm	GGG 40	295 x 180	
10	1	FFG DN 80 mm, L 250 mm	GGG	200 x 250	
11	2	Lučni komad s prirubnicom Q 90°, DN 80 mm, L 165 mm	GGG	200 x 165	
12	1	T - komad DN 80/80 mm, L 330 mm	GGG	200 x 330	
13	1	Odzračno-dozračni ventil za otpadne vode DN 80 mm	GGG 40/PE	270 x 615	Čelik sa EWS zaštitom
14	1	E-PEHD Spoj DN 80/90, L 95 mm	GGG 40	220 x 95	
15	1	Betonska upora za tlačni cjevovod	C12/15	200 x 200 x 300	Zasunsko okno
16	1	Ljestve, širina 40 cm; L 375 cm	Inox	400 x 3750	Crpni bazen
17	1	Dvodijelni poklopac 800x1600 mm (800 x800 mm + 800x800 mm s odzračnom kapom), 250 kN	Inox	-	Crpni bazen
18	1	Kanalski poklopac, 600 x 600 mm, 250 kN	GGG	670 x 670	Zasunsko okno
19	1	Ljestve, širina 40 cm; L 150 cm	Inox	400 x 1500	Zasunsko okno
20	1	Kućni priključni mjerni ormar za vanjsku montažu (KPMO)	PVC	-	
21	1	Upravljački ormar za vanjsku montažu	PVC	-	
22	1	Betonski temelj za upravljački ormar	C16/20	-	
23	1	KGS-umetak, KGS300 mm	Poliuretan	-	Ugraditi u zid crpnog bazena
24	1	TT - komad DN 80/80 mm, L 330 mm	GGG	330 x 330	



Slika 16: Revizijsko okno tlačnog cjevovoda

4.3. Građevine sanitarno-tehnološkoj kanalizacijskoj mreži

Od građevina na tlačnom kanalizacijskom cjevovodu nalaziti će se revizijska okna tlačnog cjevovoda i crpna stanica.

Za potrebu kontrole i održavanja sanitarno-tehnološkog kanalizacijskog cjevovoda predviđena je izvedba revizijskog okna, na sljedećim pozicijama kanalskog sustava ravnim potezima u razmacima 150-200 m.

Predviđeno je revizijsko okno s izgradnjom na licu mjesta od vodonepropusnog armiranog betona razreda C30/37 u odgovarajućoj glatkoj oplati jer se ne predviđa obrada žbukanjem. Okna su unutarnjih tlocrtnih dimenzija 1,00 x 1,20 m te svijetle visine 1,80 m. Debljine dna i zidova iznosi 25 cm, a pokrovne ploče okna 20 cm. Sve stijene i ploče predviđeno je armirati mrežnom armaturom s unutarnje i vanjske strane presjeka. Na pokrovnoj ploči predviđen je otvor Ø 600 mm pokriven lijevano-željeznim poklopcem nosivosti 250 kN za okno izvan kolnika. Za ulaz i izlaz iz okna predviđena je ugradnja lijevano-željeznih penjalica na razmaku od 30 cm mjereno od kote terena. Ispod temeljne ploče je podloga od mršavog betona debljine 10 cm po cijeloj površini dna građevne jame. Okna se postavljaju na zbijenu posteljicu od šljunka/tucanika debljine 15 cm.

4.4. Nisko naponski (NN) energetski razvod i napajanje

Napajanje objekata crpnih stanica bit će izvedeno sukladno uvjetima iz elektroenergetskih suglasnosti danih u prilogu ovog projekta. SPMO je samostojeći ormar za vanjsku montažu izrađen od poliestra. U SPMO – u se smještaju glavni osigurači priključka i mjerna garnitura.

Uz crpnu stanicu se smješta upravljački ormar sa opremom za napajanje i upravljanje rada crpkama. Upravljači ormarić je tipski elektro ormar za vanjsku montažu izrađen od poliestra. Na ormaru je ugrađen displej za praćenje rada i podešavanje svih parametara crpne stanice.

Dimenzije ormarića: 1000mm x 1000mm x 320/420mm u zaštiti min. IP54.

Upravljački ormarić je predviđen za unutrašnju ugradnju te za dvije crpke s regulacijskom jedinicom i sljedećim mogućnostima:

- Zaštita motora (prekidači)
- 2x Frekvencijski pretvarač 2,4 kW
- HMI – Lokalno korisničko sučelje
- Programabilni logički kontroler sa SMS/GPRS
- Mogućnost priključivanja na SCADA preko ModBus TCP
- 1x Glavna preklopka (mreža - 0 - agregat)
- Brava s ključem
- Grijač s termostatom
- Ventilator
- 1x230V servisna utičnica + FID sklopka 30mA (norma 60364-41)

- 3x400V servisna utičnica + FID sklopka 30mA (norma 60364-41)
- Rasvjeta
- Baterijsko napajanje (UPS)

Elektro ormar ima ugrađen kontroler sa procesnim programom za upravljanje crpne stanice, time crpna stanica i kontroler čine usklađeno tehnološko rješenje. Elektro ormar treba odobrenje proizvođača modula crpne stanice.

4.5. Nisko naponski (NN) energetski razvod i napajanje

Nadzorni upravljački sustav izveden je uz pomoć upravljačkog ormara s pripadajućim osiguračima,

upravljačkim i zaštitnim elementima, te koji služi za ručni i automatski izmjenični rad dvije crpke i upuštanje

putem frekventnog regulatora.

Upravljanje radom crpki omogućeno je frekventnim upravljačkim modulom s funkcijama:

- soft start-stop pokretanje i zaustavljanje zbog smanjenja hidrauličkih udara
- nadzor termičke zaštite namotaja i prodora vode u crpku
- rad na optimalnoj frenkvenciji zbog uštede energije
- rad s maksimalnom frekvencijom crpke zbog ispiranja cjevovoda
- rad ispod nivoa zaustavljanja zbog smanjenja naslaga masnoća
- i taloga oko crpke
- praćenje momenta crpke s mogućnosti automatske promjene smjera
- vrtnje zbog prevencije začepljenja
- kontrola ispravnog smjera vrtnje
- nadzor procesa preko XPC modula putem Modbus veze
- alarmi crpke s prioritetom A ili B, I/O
- kontrolni alarmi crpke i motora, HMI ili Modbus

Crpka mora imati svoj vlastiti frekventni upravljački modul. Razine prorade pojedinih crpki dane su u grafičkim prilozima. Za upravljanje crpkama koristi se informacija o razini dobivena sa pretvornika razine -LT1 koji se montira u bazen crpne stanice prema uputama proizvođača. Zaštita od rada na suho, te zaštita u slučaju kvara pretvornika razine ostvarena je dodatnim plovcima -LS1 i -LS2. Pojedini frekventni upravljački moduli prate parametre temperature namotaja motora crpke, te osiguravaju zaštitu od pregrijavanja. PLC je programiran na taj način da svaki uklop izmjenjuju radn i rezervna crpku, na pripadajućem HMIu odnosno na upravljačkim sučeljima frekvencijskih upravljačkih modula moguće je odabrati automatski, odnosno ručni rad.

Crpne stanice potrebno je pripremiti za uključenje u budući nadzorno-upravljački sustav što će se postići ugradnjom PLC-a sa opcijom GSM/GPRS modema s antenom u razdjelnike crpnih stanica.

4.6. Opis nadzornog upravljačkog sustava

Nadzorni upravljački sustav izveden je uz pomoć upravljačkog ormara s pripadajućim osiguračima,

upravljačkim i zaštitnim elementima, te koji služi za ručni i automatski izmjenični rad dvije crpke i upuštanje

putem frekventnog regulatora.

Upravljanje radom crpki omogućeno je frekventnim upravljačkim modulom s funkcijama:

- soft start-stop pokretanje i zaustavljanje zbog smanjenja hidrauličkih udara
- nadzor termičke zaštite namotaja i prodora vode u crpku
- rad na optimalnoj frenkvenciji zbog uštede energije
- rad s maksimalnom frekvencijom crpke zbog ispiranja cjevovoda
- rad ispod nivoa zaustavljanja zbog smanjenja naslaga masnoća
- i taloga oko crpke
- praćenje momenta crpke s mogućnosti automatske promjene smjera
- vrtnje zbog prevencije začepljenja
- kontrola ispravnog smjera vrtnje
- nadzor procesa preko XPC modula putem Modbus veze

- alarmi crpke s prioritetom A ili B, I/O
- kontrolni alarmi crpke i motora, HMI ili Modbus

Crpka mora imati svoj vlastiti frekventni upravljački modul. Razine prorade pojedinih crpki dane su u grafičkim prilozima. Za upravljanje crpkama koristi se informacija o razini dobivena sa pretvornika razine -LT1 koji se montira u bazen crpne stanice prema uputama proizvođača. Zaštita od rada na suho, te zaštita u slučaju kvara pretvornika razine ostvarena je dodatnim plovcima -LS1 i -LS2. Pojedini frekventni upravljački moduli prate parametre temperature namotaja motora crpke, te osiguravaju zaštitu od pregrijavanja. PLC je programiran na taj način da svaki uklop izmjenjuju radn i rezervna crpku, na pripadajućem HMIu odnosno na upravljačkim sučeljima frekvencijskih upravljačkih modula moguće je odabrati automatski, odnosno ručni rad.

Crpne stanice potrebno je pripremiti za uključenje u budući nadzorno-upravljački sustav što će se postići ugradnjom PLC-a sa opcijom GSM/GPRS modema s antenom u razdjelnike crpnih stanica.

4.7. Zaštita kabela

U niskonaponskoj mreži treba izvesti zaštitu:

- od previsokog strujnog opterećenja

- od previsokog dodirnog napona

Zaštita od previsokog strujnog opterećenja uslijed trajne struje opterećenja i kratkotrajnog strujnog preopterećenja u slučaju kratkog spoja izvest će se niskonaponskim automatskim sklopkama odgovarajuće isklopne struje prema elektroenergetskoj suglasnosti.

Vrijednost nazivne struje osigurača određene su kontrolom trajne struje opterećenja i proračunom struje jednopolnog kratkog spoja. Kontrola mreže s obzirom na jednopolni kratki spoj pokazala je, da će projektirana zaštita biti efikasna. U svim strujnim krugovima struja greške - Ik - koja nastaje pri potpunom spoju faznog vodiča s neutralnim - nulvodičem ima dovoljno veliku vrijednost, koja će dovesti do isključenja pripadajućeg osigurača.

4.8. Zaštita od neizravnog dodira

Zaštita od neizravnog dodira predviđena je automatskim isključenjem napajanja u TN-C/S sustavu, osiguračima i zaštitnim uređajem diferencijalne struje (ZUDS) koji prilikom pojave previsokog dodirnog napona na metalnim dijelovima instalacijske opreme ili električnih uređaja isključe napajanje u propisanom vremenu.

5. ZAKLJUČAK

Razvojem naselja i povećanjem standarda stanovništva, potrošnja pitke vode postaje sve veća što uzrokuje i porast količina otpadnih voda. Pitke vode su sve više zagađene otpadnim vodama te se porastom zagađenja pitkih voda značajno ugrožava čovjekova životna sredina. Kako se povećava količina otpadnih tehnoloških voda raste potreba za sve većim brojem crpnih stanica.

U ovome radu je za područje gospodarske zone grada Novske opisano funkcionalno i tehničko rješenje kanalizacijskog sustava i crpne stanice. Navedeni su svi radovi koje je potrebno izvesti kako bi takav sustav funkcionirao. Sustav vođenja crpne stanice izveden je programskim logičkim upravljačima te ga je moguće dodatno unaprijediti tehnologijom internet stvari i upravljanja na daljinu, međutim dodatna poboljšanja u sustavu vođenja često zahtjevaju dodatne financijske izdatke te stoga često nisu predložena.

Vrlo je važno napomenuti da je automatizacija napredovala od 20. stoljeća i otkrića PLC-a, međutim zaštite pomoću relejne tehnologije još se uvijek koriste pošto unutar električnih sustava upravljanja postoje više razina zaštite, tako da ovome radu uz sva alarmna stanja koja PLC sam očitava i po potrebi prekida rad postoje i dodatni direktni logički uvjeti koji pomoću relejne tehnologije u slučaju nepoželjnih stanja i sami prekidaju rad.

Zaključno, s obzirom da su trenutni sustavi vođenja više nego zadovoljavajući za rad crpnih stanica, u narednom periodu se ne očekuje neki značajan razvoj u pogledu njihovih upravljačkih sustava.

LITERATURA

[1] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., (pristupljeno 02. 04. 2023.)

[2] http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/predavanja/CRPNE%20STANICE.pdf (pristupljeno 02. 04. 2023.)

[3] https://www.xylem.com/en-us/making-waves/?gclid=CjwKCAjwjMiiBhA4EiwAZe6jQzjx7K1ZScSfUPhFZoOQMIahv59AtThBhTTk5uwAA7T4I6h7QzNaMhoCVhMQAvD_BwE (pristupljeno 03. 04. 2023.)

[4] https://omiko.hr/ (pristupljeno 04. 04. 2023.)

[5] Horvat Danijel „*Idejno rješenje crpne stanice Rogočana*“, 2021.

[6] Lončarić Dinko „*Hidraulički proračun i projektiranje crpne stanice*“, 2022.

[7] Vukonić Darko „*Projekt centrifugalne pumpe*“

[8] Tomas Antonija „*Otpadne vode – karakteristika, zaštita, zakonska regulativa*“

[9] Jurac Zlatko „*Otpadne vode“*

[10] https://www.azuvoda.hr/category/crpna-stanica/

PRILOZI

I. CD-R disk