

## PRIMJENA PROCESNIH RAČUNALA U AUTOMATIZACIJI POSTROJENJA ZA FILTRIRANJE VODE

Dario Matika<sup>1</sup>, David Blažević<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MORH -Institut za istraživanje i razvoj obrambenih sustava

<sup>2</sup>Tehnički fakultet u Rijeci

### Sažetak

U članku je prikazan razvoj upravljačkog programa za automatizaciju postrojenja za filtraciju vode. Upravljački program mora osigurati izvođenje traženih algoritamskih sekvenci u ručnom i automatskom režimu rada, osigurati detekciju nedozvoljenih stanja i alarmiranje. Statuse, alarme i proizvodne podatke mora prenijeti nadređenom HMI sustavu (HMI - eng. Human Machine Interface - sučelje čovjek stroj). Vizualizacijski panel HMI sustava realiziran je prema pripadajućim zahtjevima za vizualizaciju procesa. Upravljački program realiziran je kao sastavni dio idejnog projekta pripreme vode za piće bunara „Campanož“ u Puli [1].

**Ključne riječi:** automatizacija postrojenja, upravljački program, programibilni logički kontroler, sučelje čovjek-stroj

### Abstract

In this paper a development of control program for automation system for water filtration is shown. The control program must provide the required performance of algorithmic sequences in manual and automatic mode, to ensure detection of unauthorized status and alarms. Status, alarms and production data must be transferred to the higher-level system HMI (Human Machine Interface). The visualization panel of HMI system is realized according to the corresponding requirements for process visualization. The control program is implemented as an integral part of the conceptual design of drinking water wells “Campanož” in Pula.

**Key words:** automation of plant, control programs, programmable logic controller, man-machine interface

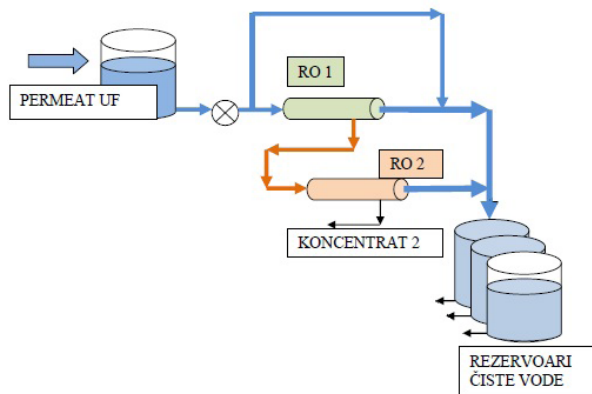
### 1. UVOD

Kako bi se voda iz bunara mogla tretirati određenim uređajima i sredstvima u svrhu njenog

filtriranja i čišćenja uslijed čega bi ona postala pogodna za piće i upotrebu u kućanstvima, neophodna je analiza vode. Analizu uzoraka vode provodi Hrvatski zavod za javno zdravstvo iz Zagreba. Rezultati analize vode bunara „Campanož“, iz kojeg bi se voda crpila i priređivala kao voda za piće, ukazuje na povremeno povišen sadržaj nitrata i neodgovarajuću mikrobiološku kakvoću bunara, te samim time voda iz takvog bunara ne zadovoljava uvjete za puštanje u vodoopskrbnu infrastrukturu, već je potrebna njena filtracija određenim filtrima i uređajima. Dakle, prema podacima iz analize vode glavni problem pri opskrbi vode za piće iz podzemnih bunara na lokaciji „Campanož“ je neodgovarajuća mikrobiološka kvaliteta sirove vode i povišen sadržaj nitrata. Za osiguranje izlazne kvalitete vode odnosno za uklanjanje povišene količine nitrata kao i mikrobiološkog onečišćenja iz vode u idejnom se projektu [1] predlaže obrada sirove vode bunara primjenom membranskog procesa ultrafiltracije [2], a nakon toga naknadna obrada tako ultrafiltrirane vode (UF)[3] procesom reverzne osmoze (RO) [4]. Prednost membranskih procesa nad ostalim procesima u tehnologiji pripreme vode za piće je u tome što se na malom prostoru mogu obraditi velike količine vode, dobivena voda je vrlo visoke kakvoće, bakteriološki ispravna, a ujedno proces troši male količine servisne vode. Kao najprikladniji sustav za uklanjanje nitrata predlažen je sustav reverzne osmoze s dvostrukim prolazom koncentrata [1]. U procesu reverzne osmoze ioni prisutni u vodi uklanjaju se potiskivanjem vode kroz polupropusnu reverznu osmotsku membranu pri čemu voda prolazi kroz membranu dajući permeat (filtrat), a ioni zaostaju koncentrirani na samoj membrani dajući koncentrat [4]. Uklanjanje nitrata postiže se izlaganjem vode u modulu za reverznu osmozu tlaku većem od osmotskog tlaka nitrata. Proces reverzne osmoze nije selektivan prema ionima prisutnim u vodi pa je rezultat procesa reverzne osmoze ukupno smanjenje mineralnog sastava vode, pa tako i prisutnih nitrata. Na slici 1.1 prikazan je prijedlog idejnog rješenja postrojenja za reverznu osmozu [1].

<sup>1</sup>Institut za istraživanje i razvoj obrambenih sustava, Zagreb

<sup>2</sup>Tehnički fakultet u Rijeci



Slika 1.1. Prijedlog idejnog rješenja

Reverzna osmoza uklanja i sve ostale zagadivače eventualno prisutne u vodi kao što su pesticidi, zatim organsku tvar kao prekursora (kemijskog reaktanta) stvaranja trihalometana, te viruse i mikroorganizme. Predloženo idejno rješenje sastoji se od tri stupnja filtracije, prvi stupanj filtracije je filtracija mikrofiltratom gdje se filtriraju čestice do reda veličine 200  $\mu\text{m}$ , drugi stupanj filtracije je ultrafiltracija koja se koristi za uklanjanje zamućenosti, neotopljenih tvari i mikrobiološkog onečišćenja., a treći stupanj filtracije izvodi se metodom reverzne osmoze i uklanja se iz vode 95-99% svih onečišćenja.

Projektne zadatke, a čiji se rezultati prezentiraju u ovom članku, bio je automatizirati proces filtracije vode opisan na slici 1.1, a to znači:

- odrediti sklopovsku i programsku podršku potrebnu za upravljanje, kontrolu i regulaciju sustava za filtraciju vode, koju čini programabilni logički kontroler tvrtke Siemens te pripadni panel osjetljiv na dodir,
- odrediti programsku podršku potrebnu za realizaciju programskog dijela odnosno izradu vizualizacije za prikaz na upravljačkom panelu.

Programsko rješenje mora omogućiti dva moda (načina) rada i to: automatski način rada i ručni (manualni) način rada. Osim toga, programsko rješenje mora omogućiti da alarmi i obavijesti daju uvid u rad sustava. Prilikom pojave alarma na jednoj od pumpi, sustav ne prestaje raditi, već obavještava korisnika o stanju u sustavu i elementu koji je ispao iz rada. U slučaju ispada, njegovu funkciju preuzima drugi element, njemu redundantan. Prilikom otklanjanja kvara potrebno je potvrditi alarm kako bi sustav nastavio s normalnim radom. Praćenje rada ostalih elemenata sustava signalizira se putem obavijesti i statusa, na način

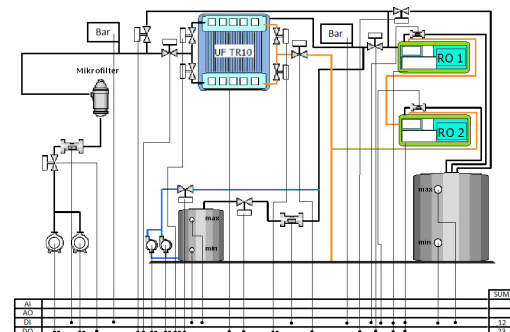
da se u svakom trenutku može točno odrediti u kojem se dijelu postrojenja provode aktivnosti, kao i u kojem se modu proces nalazi.

## 2. OPIS TEHNIČKOG RJEŠENJA

Priprema vode za piće koja se obavlja membranskim procesom ultrafiltracije i membranskim procesom reverzne osmoze nominalnog je kapaciteta 1.900 m<sup>3</sup>/dan, a obrađena voda se skuplja u rezervoaru obrađene vode. Otpadna voda nastala pri procesu kondicioniranja vode za piće procesom ultrafiltracije i procesom reverzne osmoze pušta se u sustav javne odvodnje. Postrojenje za filtriranje vode sastoji se od sljedećih elemenata:

- Samoperivi mikrofilter područja separacije 200  $\mu\text{m}$
- Membranske jedinice za ultrafiltraciju sirove bunarske vode
- Rezervoara permeata UF vode
- Membranske jedinice za reverznu osmozu
- Rezervoara vode za piće
- Elektro-ormara s PLC-om i HMI-om

Shema sustava filtracije vode prikazana je na slici 2.1.



Slika 2.1. Shema sustava filtracije vode

Sirova bunarska voda dovodi se do postrojenja za kondicioniranje sirove bunarske vode u svrhu uklanjanja nitrata, suspendiranih tvari i dobivanja bakteriološki ispravne vode za piće uz primjenu tlačnog membranskog procesa ultrafiltracije vode i procesa reverzne osmoze za uklanjanje nitrata. Proces reverzne osmoze predviđen je s dvostrukim prolazom koncentrata čime se povećava iskoristivost membranskog procesa.

### Automatski način rada (mod)

Prilikom aktiviranja automatskog načina rada korisnik ima na raspolaganju samo pokretanje i

zaustavljanje procesa. Kao što i samo ime kaže sustav se nalazi u automatskom načinu rada i korisniku je omogućeno samo nadgledanje sustava i njegovih karakterističnih vrijednosti koje utječu na rad samog procesa obrade i filtracije vode. Korisnik može pratiti stanja otvorenosti odnosno zatvorenosti pojedinog ventila, zatim stanja protoka koji utječu na rad pojedinih elemenata sustava, stanja tlakova koji direktno utječu na mod upravljanja sustavom te signaliziraju stanje zaprljanosti UF filtra. Nadalje korisnik može pratiti stanja uređaja za reverznu osmozu kao i vrijednosti vodljivosti pojedinog uređaja za RO. Sustav radi potpuno automatski te se informira o stanju procesa pomoću odgovarajućih senzora i varijabli stanja koje su korištene prilikom programiranja samog automatskog načina rada.

### Ručni (manualni) način rada (mod)

Prilikom aktiviranja ručnog (manualnog) načina rada korisnik nakon pokretanja sustava ima na raspolaganju četiri moda rada. Pokretanjem moda 1 korisnik aktivira mod za punjenje spremnika UF vode koja se naknadno koristi prilikom povratnog pranja UF filtera. Nakon što se spremnik UF vode napunio do maksimuma što nam je signalizirano lampicom sustav automatski prekida mod 1 da ne bi došlo do oštećenja sustava. U ovom trenutku korisnik ponovno može birati između ponuđenih modova za upravljanje. Ukoliko korisnik izabere pokrenuti mod 2 to znači da je izabrao mod u kojem se bunarska voda obrađuje mikrofiltriranjem, UF filtrom i na posljetku sa sustavom reverzne osmoze te tako obrađena sprema u spremnik pitke vode. Treći ponuđeni mod je mod čišćenja UF filtra. Aktivacijom ovog moda sustav pokreće proces pranja UF filtra. Aktivacijom zadnjeg, četvrtog moda sustav se postavlja u „Stand By“ način rada. Korištenjem ručnog upravljanja korisnik ima pregled nad svim stanjima ventila, tlakova i protoka kao i u automatskom načinu rada.

### 3. KONFIGURACIJA SKLOPOVLJA

Za automatizacija postrojenja za filtraciju vode koristio se PLC Siemens SIMATIC S7 CPU 314IFM, s jednim ulaznim modulom SM321 DI 16xDC24V i jednim izlaznim modulom SM322 DO 16xDC24V/0,5A. Sklopovlje se napaja napajanjem tipa Siemens PS 307 2A. [5] Programabilni logički kontroleri (PLC) koriste se

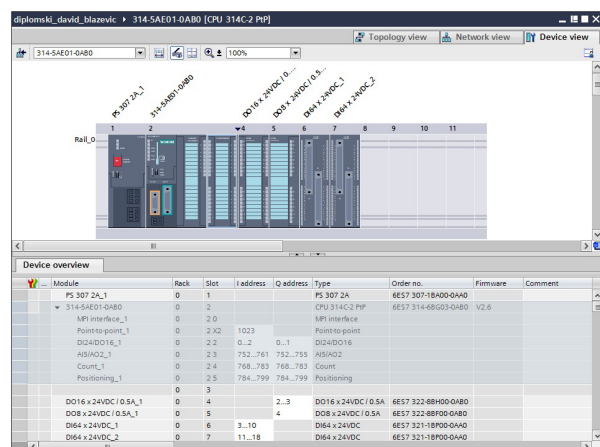
u sustavima gdje se zahtijeva manji broj kombinacija upravljačkog rješenja, te se primjenjuju na nižim razinama vođenja u tehničkim sustavima [6]. PLC sadrži razne module (ulazno-izlazne, komunikacijske, memorijske, itd...), čijim se povezivanjem omogućava izgradnja upravljačkog sustava željenih svojstava. Na slici 3.1 prikazan je ukupni upravljački sklop [7, 8].



Slika 3.1. PS 307 napajanje, PLC S7 CPU 314IFM s SM321 i SM322 modulima

Kako PLC omogućava modularnu konfiguraciju svakog kontrolera, on se povezuje prema namjeni. Modul izvora napajanja odabire se prema potrebnoj snazi za napajanje. Modul kontrolerske jedinice odabire se prema potrebnom vremenu uzorkovanja, te prema veličini memorije za spremanje varijabli, prema potrebnom broju, vrsti i namjeni ulaza/izlaza odabiru se ulazno-izlazni moduli.

Na slici 3.2 vidljiva je konfiguracija sklopovlja u HW Config alatu, kao i fizički izgled sklopovlja.



Slika 3.2. Konfiguracija hardvera PLC-a



PLC Siemens S7-300 koristi se za automatizaciju decentralnih procesa srednjeg stupnja složenosti [8].

Blokovi koji se koriste kod programiranja PLC-a 314 IFM su: podatkovni, organizacijski i funkcijski, te funkcije povezane s podatkovnim blokovima. Podatkovnih DB (Data Block) blokova ima ukupno 127, od kojih jedan može biti veličine do 8Kbyte-a. Organizacijski OB (Organization Block) blokovi su izvršne datoteke, ima ih max. 255. OB1 je obavezan blok, a ostali se pozivaju iz njega prema potrebi. FB (Function Block) služi za podfunkcije, a FC su funkcije vezane DB-ovima. Ulazi se označavaju velikim slovom I, a izlazi velikim slovom Q. Primjerice I124.4 jednoznačno označava da se radi o ulazu, potom slijedi redni broj bajta i bita međusobno odijeljenih točkom. Glavni program izvršava se sa ciklusom od 100ms s time da su kod procesora 314 IFM moguće korekcije od 770 - 1340ms. Obnavljanje stanja ulaza i izlaza iznosi približno 150 $\mu$ s. Svojstva procesora 314 IFM prikazana su u tablici 3.1 [9, 10, 11].

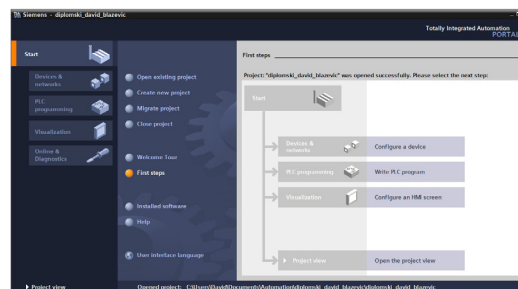
Tablica 3.1. Svojstva PLC-a Siemens SIMATIC S7 CPU 141FM

CPU 314 IFM	
Radna frekvencija mikroprocesora	16-20 MHz
Mjerači vremena	128
Brojači	64
Bit memorije	2 KByte
Memorija:	
- programska (proširivo do 4 MByte)	48 KByte
- interna (statička, radna)	32 KByte
- retentivna	144 byte
Vremena obrade:	
- bit operacije	300 ns
- operacije riječi	min. 1 $\mu$ s
- aritmetika nepomičnog zarez	min. 2 $\mu$ s
- aritmetika pomičnog zarez	min. 50 $\mu$ s
Integrirani ulazi i izlazi:	
- digitalni ulazi	20
- od toga specijalnih	4
- digitalni izlazi	16
- analogni ulazi	4
- analogni izlazi	1
Radni napon	24 VDC (20,4-28.8 VDC)
Potrošnja mikroprocesora	1A, 20W
Moguće proširenje	3 šine, 8 modula po šini
Dimenzije (mm)	40x125x130

#### 4. PROGRAMSKA PODRŠKA

Za programsku podršku korišten je programski paket SIEMENS Simatic TIA Portal V11 (Totally Integrated Automation). TIA Portal zasniva se na programskom paketu SIMATIC Manager STEP 7 i SIMATIC WinCC programskom paketu, koji su

integrirani u jedinstveni programski paket i čine jednu cjelinu. Početni prozor Siemens SIMATIC TIA Portal v.11 programskog paketa prikazan je na slici 4.1.

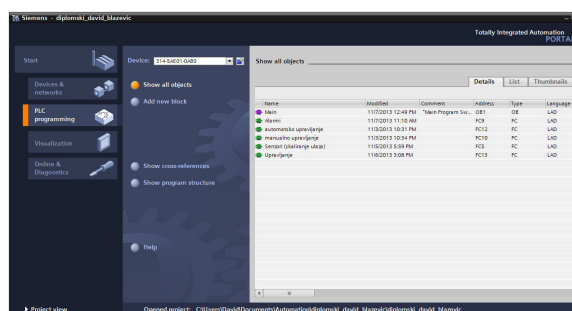


Slika 4.1. Početni ekran TIA Portal programskog paketa

SIMATIC Manager (kao dio programa pod TIA Portal programskim paketom) je standardni programski paket koji se koristi za konfiguraciju i programiranje SIMATIC PLC-a.

SIMATIC Manager je integrirani grafički alat za online i offline rad sa S7 objektima kao što su projekti, blokovi, alati, sklopovske stanice, datoteke s korisničkim programima. Ovaj alat omogućava izradu cjelovitog projekta automatizacije u svim fazama kao što su: rad s programima i bibliotekama, pokretanje STEP 7 alata, konfiguriranje i parametrizaciju uređaja, pristup PLC-u, testiranje sustava automatizacije, dijagnosticiranje i ispravljanje pogrešaka.

Na slici 4.2 prikazan je početni ekran SIMATIC Managera unutar TIA Portal programskog paketa [7].



Sl. 4.2 - Početni ekran SIMATIC Managera unutar TIA Portal programskog paketa

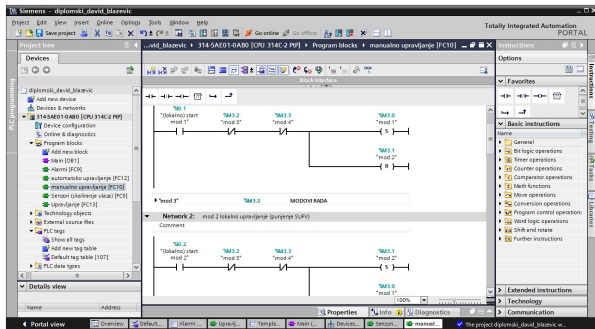
Često korišteni alati unutar SIMATIC Manager-a i njihove posebnosti su:

- Symbol editor - alat koji služi za upravljanje simbolima. Njime se postavljaju simbolička imena, komentari za varijable korištene u više blokova, te imena za same blokove
- Hardware configuration - koristi se za konfiguriranje sklopovlja i dodjeljivanje parametara sklopovlju projekta. Prilikom konfiguracije

najprije je potrebno izabrati uređaje (PLC) iz palete uređaja.

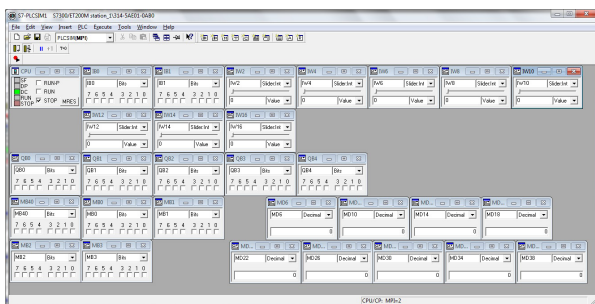
- LAD/STL/FBD Editor – moguće je pisanje programa u 3 različita programska jezika, a to su: ljestvičasti dijagram (LAD, Ladder Diagram), lista instrukcija (STL, Statement list), te funkcijski blokovski dijagram (FBD, Function Block Diagram).

Na slici 4.3 prikazan je ljestvičasti dijagram.



Slika 4.3. LAD/STL/FBD Editor - Prikaz ljestvičastog dijagrama

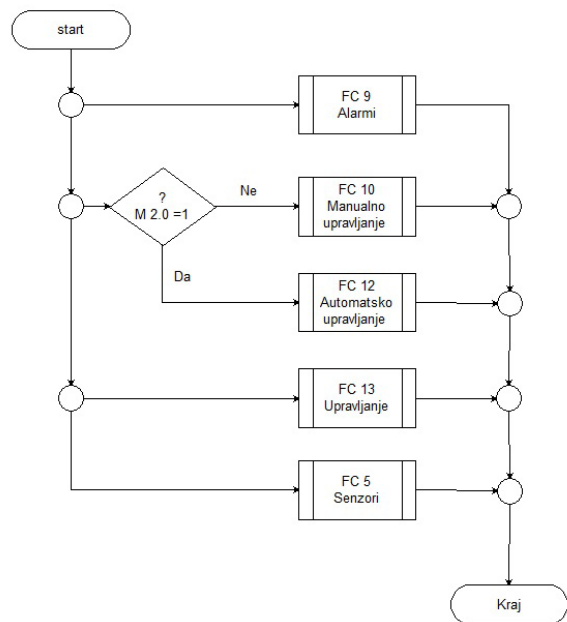
SIMATIC S7-PLCSIM - simulira fizički PLC uređaj za potrebe testiranja korisničkih blokova i programa PLC-a. Omogućuje ručno postavljanje svakog pojedinog digitalnog ulaza u PLC-u, te postavljanje svake memorijske lokacije na željenu vrijednost, te omogućava praćenje stanja digitalnih izlaza PLC-a. SIMATIC S7-PLCSIM prikazan je na slici 4.4.



Slika 4.4. SIMATIC S7-PLCSIM

## 5. UPRAVLJAČKI PROGRAM PLC-A ORGANIZACIJSKI BLOK OB\_1

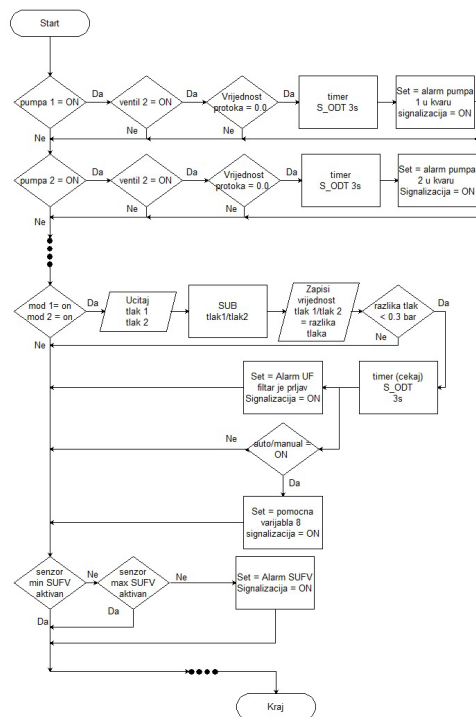
Cijela logika upravljačkog programa je smještena u Organizacijskom bloku OB\_1. To je ujedno i glavni blok cijelog upravljačkog programa iz razloga što se svi ostali programski blokovi upravo pozivaju iz bloka OB\_1. Na slici 5.1 je prikazan dijagram toka organizacijskog bloka OB\_1 iz koje se može zaključiti i sam princip rada programa.



Slika 5.1 Dijagram toka organizacijskog bloka OB1

### Programski blok FC\_9 (Alarmi)

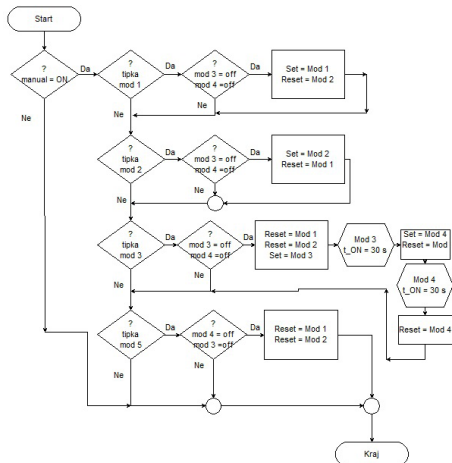
Programski blok funkcije FC\_9 u kojoj se provjeravaju alarmi i koji služi za prikazivanje istih na HMI aplikaciji, te također prikazivanje statusa na HMI aplikaciji. Dijagram toka programskog bloka FC\_9 (Alarmi) prikazan je na slici 5.2. slikom su prikazani samo karakteristični dijelovi programskog bloka, po jedan za svaki tip alarma ili obavijesti.



Slika 5.2 Dijagram toka programskog bloka FC\_9 Alarmi

### Programski blok FC\_10 (Manualno upravljanje)

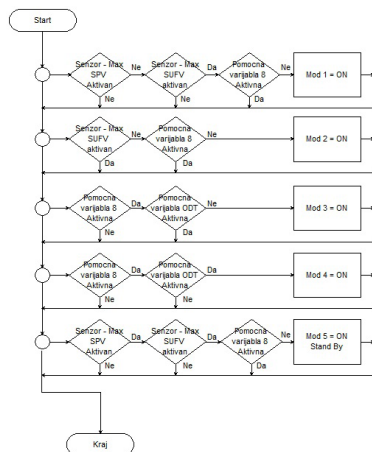
Programski blok FC\_10 služi za ručno upravljanje samim procesom. Na slici 5.3 je prikazan dijagram toka iz kojeg možemo vidjeti princip rad ručnog moda.



Slika 5.3 Dijagram toka programskog bloka FC\_10 manualno upravljanje

### Programski blok FC\_12 (Automatsko upravljanje)

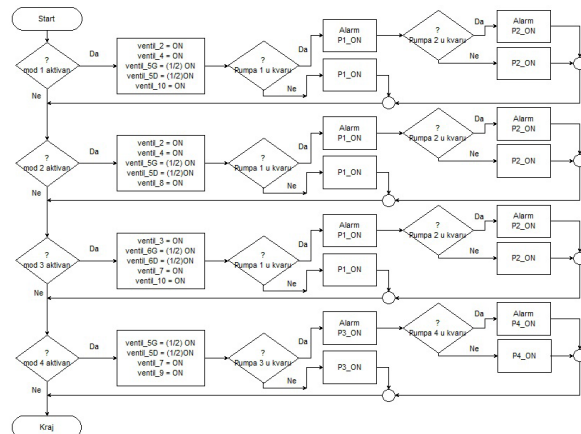
Programski blok FC\_12 je zaslužan za komunikaciju s PLC-om i organizacijskim blokom OB\_1 u vidu automatskog upravljanja procesom obrade i filtracije bunarske vode. Sam proces se zasniva na upravljanju pomoću raznih definiranih senzora, od senzora nivoa tekućina u spremniku do pomoćnih varijabli koje su definirane kao pomoćni uvjeti radi boljeg funkcioniranja samog procesa. Na slici 5.4 je prikazan dijagram toka programskog bloka FC\_12 iz kojeg se može jasno zaključiti sistem funkcioniranja automatskog upravljanja procesom.



Slika 5.4 Dijagram toka programskog bloka FC\_12 automatsko upravljanje

### Programski blok FC\_13 (Upravljanje)

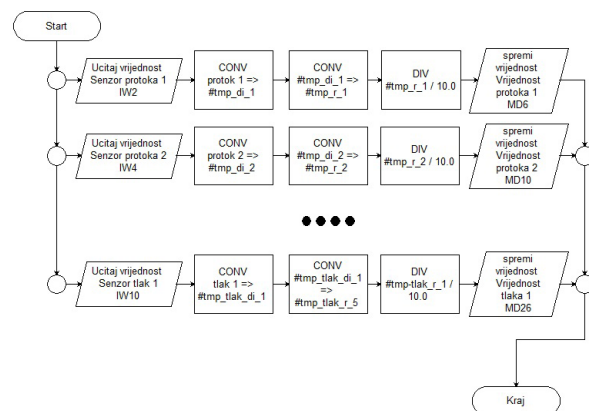
Programski blok funkcije FC\_13 (upravljanje), je programski blok u kojem je smještena cijela logika upravljanja procesom. Od upravljanja ventilima do upravljanja pumpama i alarmima. Dijagram toka za programski blok funkcije FC\_13 je prikazan na slici 5.5 iz koje je jasno vidljiva logika funkcioniranja samog programskog bloka.



Slika 5.5 Dijagram toka programskog bloka FC\_13 upravljanje

### Programski blok FC\_5 (Skaliranje ulaza)

Programski blok FC\_5 (skaliranje ulaza), služi za skaliranje ulaznih vrijednosti sa senzora. Iz slike 5.6 je vidljiva struktura programa koja je jasno čitljiva i iz koje se može jasno i jednostavno zaključiti princip skaliranja vrijednosti.

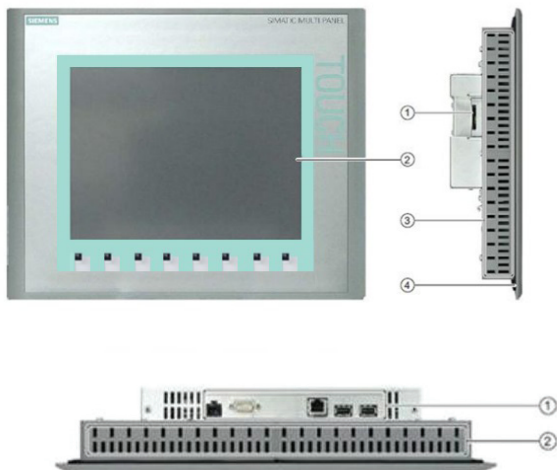


Slika 5.6 Dijagram toka programskog bloka FC\_5 skaliranje ulaza



## 6. VIZUALIZACIJA PROCESA AUTOMATSKOG FILTRIRANJA VODE

Vizualizacija procesa automatskog filtriranja vode izvedena je preko ekrana osjetljivog na dodir SIEMENS HMI KTP1000, 10" Touch, koji je prikazan na slici 5.1.



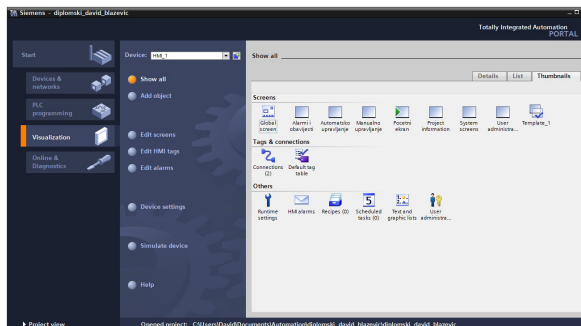
Slika 6.1 Prednja i bočna strana HMI panela KTP1000, 10", Gornja strana: 1-utor za memorijsku karticu, 2-ekran osjetljiv na dodir, 3-montažne rupe, 4-montažni okvir Donja strana: 1-sučelje, 2-montažne rupe

Preko ovog sučelja korisnik ima uvid u sustav i prima informacije o njemu, a moguće je i upravljanje sustavom. Sve se postavke sustava unose ručno, a prikazi na sučelju omogućavaju nadzor postrojenja uvidom u alarme i statuse određenih uređaja.

### WinCC programski blok

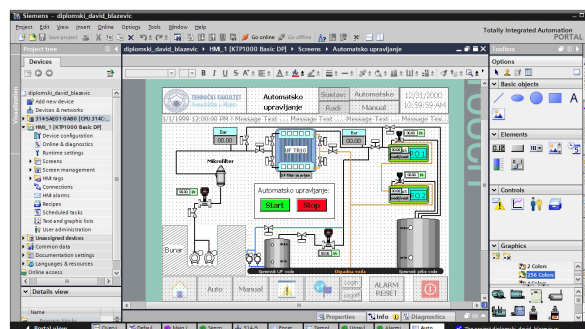
WinCC je industrijski i tehnološki neutralan sustav za rješavanje vizualnih i upravljačkih zadataka u proizvodnji i automatizaciji procesa. On omogućava operateru interaktivno grafičko praćenje procesa. Slika na ekranu obnavlja se svaki put kada se dogodi promjena u sustavu. WinCC dozvoljava operateru kontrolu nad procesom tako da se iz sučelja može direktno upravljati procesom. Nudi funkcijske module za prikaz grafike, osigurava poruke, spremanje podataka, kao i izvješća prikladna za primjenu u industriji. WinCC flexible (dalje WinCC) sastoji se od razvojne okoline (eng. WinCC flexible Engineering System) i od modula za rad u stvarnom vremenu (eng. WinCC flexible Runtime). Program slijedi podjelu projekta na objekte i podobjekte, slično kao i osnovni program SIMATIC Manager. WinCC može biti informacijski server za druga

računala kada radi u korisničko-poslužiteljskom (eng. multi-user) načinu rada. Jedno-korisnički (eng. single-user) način rada je uobičajen za manje projekte, kao u ovome slučaju [12]. Na slici 5.2 prikazan je početni ekran WinCC programskog bloka unutar TIA Portal programskog paketa.



Slika 6.2 Početni ekran WinCC programskog bloka unutar TIA Portal programskog paketa

Na slici 5.3 prikazan je razvojna okolina unutar Win CC programskog bloka unutar TIA Portal programskog paketa



Slika 6.3 Razvojna okolina unutar WinCC programskog bloka unutar TIA Portal programskog paketa

Prema tome, WinCC programski blok predstavlja sučelje između operatera i procesa, a njegovi su glavni zadaci: vizualizacija procesa, kontrola procesa, prikazivanje alarma i pohrana procesnih vrijednosti i alarma.

## 7. HMI KORISNIČKO SUČELJE










HMI aplikacija omogućava korisniku uvid u stanje procesa i informacija o procesu, te omogućava upravljanje procesom. Procesom se upravlja preko računala pokretanjem WinCC Runtime-a (ako je računalo spojeno s PLC-om u Online načinu rada) ili direktno preko HMI Touch Panela spojenog na PLC.

Na slici 7.1 prikazane su navigacijske tipke HMI aplikacije.



Slika 7.1 Navigacijske tipke HMI aplikacije

### Legenda:

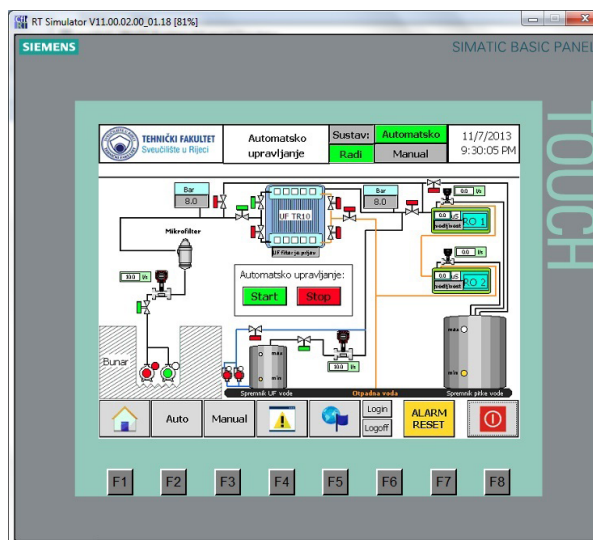
- |   |  |
|---|--|
|    | Početni ekran: Prikazuje početni ekran HMI aplikacije.   |
|    | Automatski mod: Prikazuje prozor automatskog moda HMI aplikacije.  |
|    | Ručni (manualni) mod: Prikazuje prozor ručnog (manualnog) moda HMI aplikacije.   |
|    | Alarmi i obavijesti: Prikazuje alarme i obavijesti sustava.  |
|  | Sistemska prozora: Prikazuje prozor iz kojeg je moguće doći do dva sistemskih prozora. Prvi je prozor Informacije o projektu a drugi Administracija korisnika. |
|  | Log In: Pritiskom na tipku Log In korisniku se prikazuje Log In prozor u koji se unosi korisničko ime i lozinka.   |
|  | Log Off: Pritiskom na tipku Log Off korisnik se automatski odjavljuje.   |
|  | Alarm Reset: Tipka Alarm Reset služi da bi se resetirali trenutni alarmi   |
|  | I/O tipka: Pritiskom I/O tipku gasi se HMI aplikacija.   |

Uključenjem HMI aplikacije pojavljuje se prozor "Početni ekran". On služi kako bi uveo korisnika u samu HMI aplikaciju, i samo je informativnog karaktera.

Kako je u uvodu naglašeno, programsko rješenje mora omogućiti dva moda (načina) rada i to: automatski način rada i ručni (manualni) način rada. Osim toga, programsko rješenje mora omogućiti da alarmi i obavijesti daju uvid u rad sustava. U nastavku će pozornost biti usmjerena na spomenuta pitanja.

### Automatsko upravljanje

Pritiskom na tipku „Auto“ aktivira se prozor automatskog upravljanja koji je vidljiv na slici 7.2.



Slika 7.2. Prozor Automatsko upravljanje HMI aplikacije

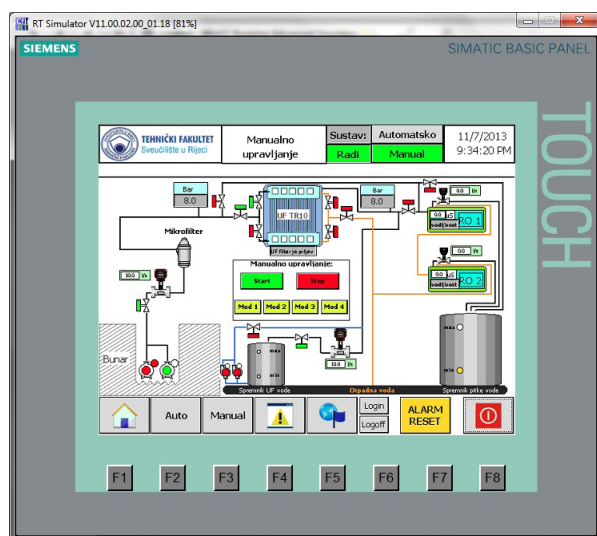
U prozoru automatskog upravljanja korisnik ne može upravljati pojedinim elementima sustava već samo može pokrenuti odnosno prekinuti sustav filtracije vode, i pratiti trenutne parametre koji utječu na rad cjelokupnog sustava. U ovom prozoru korisnik može pratiti stanja otvorenosti / zatvorenosti pojedinog ventila, stanja protoka, stanja minimuma i maksimuma pojedinog rezervoara, stanja vodljivosti pojedinog sustava reverzne osmoze, kao i stanja pumpe. Prema slici 7.2 vidljivo je da jedna pumpa u bunaru svijetli zelenom bojom, što govori da ta pumpa radi. Druga pumpa je u alarmu što pokazuje mali crveni kružić iznad pumpe, a tipka Alarm reset svijetli žutom bojom. Sustav se trenutno nalazi u modu u kojem se puni spremnik UF vode (ista se koristi kod ispiranja UF filtra). Indikacija otvorenosti pojedinog ventila očituje se time što je ventil obojen zelenom bojom, dok su preostali zatvoreni i označeni su crvenom bojom. Iz spomenute slike još se može zaključiti da se spremnici UF vode i pitke vode nalaze na razini minimum (označeno žutim lampicama na samim spremnicima). Senzori protoka pokazuju protok vode  $Q$  [l/s], dok tlakomjeri prikazuju tlak  $p$  [bar]. Sve navedene vrijednosti samo su informativnog karaktera, i ne predstavljaju stvarne i realne vrijednosti.



## Ručno upravljanje

Pritiskom na tipku „Manual“ aktivira se prozor HMI aplikacije ručno (manualno) upravljanje, koji je vidljiv na slici 7.3.

U ovom prozoru korisnik smije upravljati pokretanjem/zaustavljanjem procesa, te s četiri pod - moda upravljanja. Odabirom moda 1, koji je vidljiv na slici 7.3, sustav se postavlja tako da otvara ventile i pali pumpu kako bi napunio spremnik UF vode (istu će kasnije koristiti kod povratnog pranja UF filtra). Mod 2 služi kod normalnog rada sustava odnosno filtracije bunarske vode i spremanje obrađene vode u spremnik pitke vode. Mod 3 služi kod ispiranja i pranja UF filtra.



Slika. 7.3 - Prozor Ručno (manualno) upravljanje HMI aplikacije

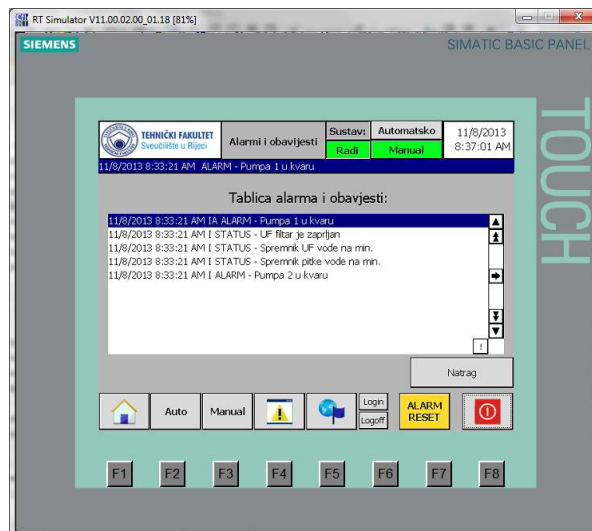
Kada se UF filter zaprlja aktivira se signalizacija koja signalizira da je filter zaprljan i tada je na korisniku zadaća da aktivira mod 3. Mod 4 služi kako bi korisnik stavio cijeli proces u „Stand By“ način rada odnosno kako bi sustav stavio u čekanje. U ovom režimu rada svi ventili su zatvoreni, a pumpe ugašene.

## Alarmi i obavijesti

Pritiskom na tipku „Alarmi i obavijesti“ aktivira se ekran u kojem se zapisuju alarmi i statusi prilikom izvođenja programa. Izgled ekrana HMI aplikacije Alarmi i obavijesti prikazan je na slici 7.4.

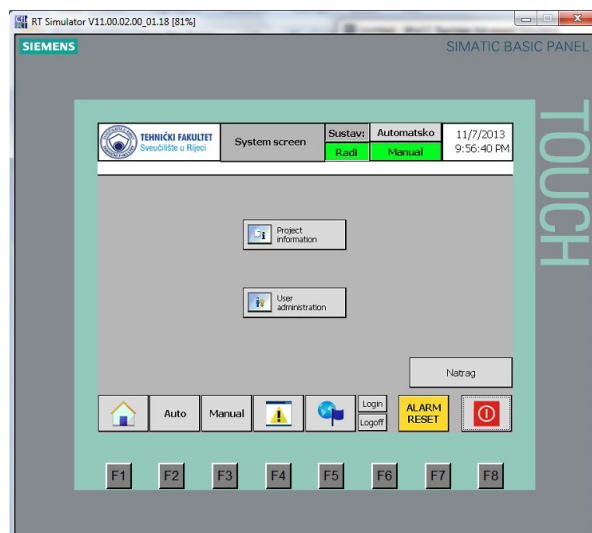
Alarmi su označeni crvenom bojom dok su statusi bijele boje. Na ekranu je vidljiv datum i vrijeme nastanka alarma ili statusa, status alarma i tekst u kojem piše o kakvom je alarmu ili statusu riječ.

Na ekranu se još nalazi tipka „Natrag“ koja vraća korisnika na početni ekran HMI aplikacije.



Slika 7.4. Ekran alarmi i obavijesti HMI aplikacije

Osim navedenih preglednika u HMI sučelju, razvijen je i „Sistemski prozor“ (System Screen) s dva pod prozora: „Informacije o projektu“ (Project Information) i „Administracija korisnika“ (User administration), kako je prikazano na slici 7.5.



Slika 7.5. Sistemska prozor HMI aplikacije

Sistemska prozor „Project information“, u koji korisnik može pristupiti iz prozora „system screen“, prikazuje osnovne informacije o projektu. Ova stranica sadrži ime projekta, zatim datum i vrijeme kada je projekt kreiran, autora projekta i kratki opis samog projekta.

Korisnik aktivacijom ekrana „Administracija korisnika“ ima uvid u tablicu prijavljenih korisnika iz koje je vidljivo tko od prijavljenih koris-

nika ima kakva prava prilikom korištenja same HMI aplikacije. Administrator ima dodatna prava dodavanja novih korisnika prilikom čega koristi mogućnost određenom korisniku odrediti grupu kojoj pripada iz čega proizlaze i prava prilikom korištenja same aplikacije. Isto tako administrator može postojećem korisniku promijeniti grupu kojoj pripada pa samim time i prava.

## 8. ZAKLJUČAK

Cilj ovog članka bio je praktično pokazati izradu upravljačkog programa za PLC i HMI aplikacije na primjeru automatizacije sustava za filtriranje vode. Nakon proučavanja procesa filtracije vode iz bunara, a u sklopu idejnog rješenja filtracije vode za piće iz bunara „Campanož“ u Puli, definirano je rješenje te je predložena upotreba membranskog procesa ultrafiltracije, a nakon toga naknadna obrada tako ultrafiltrirane vode procesom reverzne osmoze.

Predložen je i realiziran upravljački program PLC-a, te je realizirana HMI aplikacija za vizualizaciju i upravljanje procesom. Cjelokupni upravljački program višestruko je testiran uz pomoć S7-PLCSIM simulira i WinCC flexible Runtime-a.

Upravljački program osigurao je izvođenje traženih algoritamskih sekvenci u ručnom i automatskom režimu rada, generirao je i prikazao statuse, te je detektirao nedozvoljena stanja i prikazao ih u obliku alarma. Generirane varijable i statusi uspješno su preneseni u HMI aplikaciju gdje su i vizualizirane.

U izradi upravljačkog programa i vizualizacije primjenjena su suvremena znanja iz područja automatizacije procesa i postrojenja, te su ista primjenjena u rješavanju realnog problema iz automatizacije mehatroničkih sustava.

## 9. LITERATURA

- [1] Idejno tehnološko rješenje pripreme vode za piće bunara Campanož i Tivoli Pula, Sveučilište u Zagrebu, Prahrambeno - biotehnološki Fakultet, Laboratorij za tehnološke i otpadne vode, Zagreb, ožujak 2012.
- [2] Filtracija vode Hydrolux, dostupno na: <http://www.hydrolux.info/english/home.htm>, 15.02.2014

- [3] Membranska filtracija, dostupno na, <http://www.cwg.hr/membranska.asp>, 15.02.2014
- [4] Prof.dr.sc. Tratik Ljubica, Primjena tlačnih membranskih procesa, dostupno na: [www.pbf.unizg.hr/hr/content/.../N03\\_MEMBRANSKI\\_POSTUPCI.pdf](http://www.pbf.unizg.hr/hr/content/.../N03_MEMBRANSKI_POSTUPCI.pdf), 15.02.2014.
- [5] PLC S7-300, CPU Specifications CPU 312 IFM to CPU 318-2 DP, Reference manual
- [6] Power Plastics, dostupno na: <http://www.powerplastics.cz/membranski-sistemi-i-reverzne-osmoze/>, 15.02.2014
- [7] Siemens Industry Online Support, dostupno na: <http://support.automation.siemens.com/>, 15.02.2014
- [8] Srpak D., Opravdanost primjene PLC-a kod jednostavnih izvedbi upravljanja, Technical Gazette 15, 4(2008), 49-53
- [9] Procesna automatizacija, Fakultet elektrotehnike i računarstva, dostupno na : <http://www.fer.unizg.hr/predmet/proaut>, 15.02.2014.
- [10] Automatizacija postrojenja i procesa, Materijali s laboratorijskih vježbi, Tehnički fakultet Rijeka dostupno na : [http://www.riteh.uniri.hr/zav\\_katd\\_sluz/zae/app/materijali.php](http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zae/app/materijali.php), 15.02.2014.
- [11] Petrović I., Jurčević D., Automation of Sewage Pump station, Technical Journal 7, 1(2013), 8-12
- [12] Srpak J., Primjena vizualizacije procesa u dijagnostici kvarova, Tehnički glasnik 7, 4(2013), 359-362

## AUTORI



**Dario Matika**, Redovni profesor doktor čije je uže područje djelovanja automatizacija i robotika. Nastavnu djelatnost čine kolegiji iz automatizacije procesa i postrojenja, robotike i mehatronike, te sustava digitalnog upravljanja i regulacijske tehnika. Znanstvena istraživanja protežu se od istraživanja pouzdanosti kritične energetske infrastrukture do podvodnih autonomnih sustava i tehnologija za pretraživanje i mapiranje opasnih entiteta na morskom dnu. Objavio je više od 70 znanstvenih radova, vodio je znanstvene projekte i sudjelovao na pet međunarodnih znanstvenih

projekata financiranih od strane EU-a i NATO-a. Ravnatelj je Instituta za istraživanje i razvoj obrambenih sustava unutar Ministarstva obrane Republike Hrvatske. Osim znanstveno-nastavnog djelovanja u području tehničkih znanosti, izabran je u znanstveno zvanje znanstvenog savjetnika u znanstvenom polju sigurnosne i obrambene znanosti.



**David Blažević mag. ing. el.**, Studirao je na Tehničkom fakultetu u Rijeci, na preddiplomskom studiju elektrotehnike te se tu više zanima za smjer automatike, od 2007. do 2010. godine. Diplomski studij također nastavlja u Rijeci na istom fakultetu pod modulom Elektrotehnika / Automatika. U ljeto 2012. godine odlazi u SAD-e gdje usavršava engleski jezik u sklopu programa work and travel agencije za mobilnost CCUSA. Početkom 2013. godine odlazi u Slovačku u grad Žilina u sklopu program mobilnosti i razmijene studenata CEEPUS, gdje uz pomoć i stručno vodstvo profesora sa Strojnicka fakulta Žilinska univerzita v Žiline radi na svojem diplomskom radu. Povratkom u Hrvatsku završava diplomski rad te magistrira. Trenutno je zaposlen u Riječkoj firmi RITEH d.o.o. kao inženjer projektant