

Automatizacija procesa doziranja kvasca u pivarskoj industriji

Horvat, Andro

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:716418>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



Repository / Repozitorij:

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 83

**AUTOMATIZACIJA PROCESA DOZIRANJA KVASCA U
PIVARSKOJ INDUSTRIJI**

Andro Horvat

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 83

**AUTOMATIZACIJA PROCESA DOZIRANJA KVASCA U
PIVARSKOJ INDUSTRIJI**

Andro Horvat

Zagreb, lipanj 2024.

DIPLOMSKI ZADATAK br. 83

Pristupnik: **Andro Horvat (0036525411)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Profil: Elektrostrojarstvo i automatizacija
Mentor: prof. dr. sc. Igor Erceg

Zadatak: **Automatizacija procesa doziranja kvasca u pivarskoj industriji**

Opis zadatka:

U radu je potrebno analizirati tehnološki proces proizvodnje piva, s posebnim naglaskom na upravljanje doziranjem kvasca. Treba specificirati tehnički opis linije za doziranje kvasca. Nakon specificiranja tehničkog procesa potrebno je izraditi program upravljanja procesom korištenjem Brewmaxx sustava. Program upravljanja procesom uključuje konfiguraciju, vizualizaciju te programiranje programirljivog logičkog kontrolera serije S7-400. Algoritme upravljanja je potrebno validirati primjenom simulacijskog modela. Nadalje, u SQL bazi podataka potrebno je pohraniti procedure doziranja te strukturirati tablicu za dohvat podataka iz programirljivog logičkog kontrolera. Također, potrebno je izraditi skriptu u MS Excel-u za automatsku izradu izvještaja temeljenog na prikupljenim podacima iz baze podataka.

Rok za predaju rada: 28. lipnja 2024.

*Zahvaljujem se obitelji i prijateljima što su mi bili podrška tijekom cijelog studija.
Zahvaljujem se profesoru Igoru Ercegu na pomoći i suradnji tijekom diplomskog studija,
a posebno se zahvaljujem tvrtki Montelektro d.o.o na pomoći i vođenju prilikom izrade
diplomskog rada.*

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Pivo	2
2.1. Općenito o pivu	2
2.2. Sirovine za proizvodnju	3
2.2.1. Slad	3
2.2.2. Hmelj	3
2.2.3. Pivski kvasac	4
2.2.4. Voda	5
2.3. Proces proizvodnje	5
2.3.1. Proizvodnja slada	5
2.3.2. Varionica	6
2.3.3. Kuhanje sladovine	6
2.3.4. Bistrenje sladovine	7
2.3.5. Hlađenje, prozračivanje sladovine i doziranje kvasca	7
2.3.6. Fermentacija	7
2.3.7. Odležavanje	8
2.3.8. Filtriranje	8
2.3.9. Bistro pivo	8
3. Procesno upravljački sustav brewmaxx	9
3.1. Struktura programskog paketa	9
3.2. Standard ISA-88 za šaržne procese	10
3.2.1. Fizička razina	11
3.2.2. Proceduralna razina	13

4. Automatizacija procesa doziranja kvasca	17
4.1. Sekvenca	17
4.2. Upravljački moduli	24
4.2.1. Upravljanje upravljačkim modulima	25
4.3. Vizualizacijsko sučelje	27
4.4. Programski kod	30
4.4.1. Podatkovni blok linije za doziranje kvasca	30
4.4.2. Generalni funkcijski blok	31
4.4.3. Korak 1: <i>Initialising</i>	33
4.4.4. Korak 2: <i>Preflush</i>	36
4.4.5. Korak 3: <i>Prerun</i>	36
4.4.6. Korak 4: <i>Transfer</i>	37
4.4.7. Korak 5: <i>Postrun</i>	38
4.4.8. Korak 6: <i>Postflush</i>	38
4.4.9. Korak 7: <i>End</i>	38
5. Prikupljanje i obrada podataka	39
5.1. SQL baza podataka	39
5.2. Komunikacija PLC-a i baze podataka	41
5.3. Izrada izvještaja	44
6. Zaključak	46
Literatura	47
Sažetak	48
Abstract	49

1. Uvod

Pivo je jedno od najzastupljenijih alkoholnih pića današnjice. Porijeklo vuče tisućama godina unazad kada su stari Babilonci u svojim kućama proizvodili prve sorte piva. Postupak proizvodnje piva kroz povijest je sve više napredovao, a značajniji pomak u proizvodnji uslijedio je razvitkom industrije u 18. stoljeću. Razvitkom novih tehnologija i povećanjem potražnje za pivom, javila se potreba za suvremenijom, kvalitetnijom i isplativijom proizvodnjom.

Današnja proizvodnja i potražnja piva zahtjeva veću preciznost, kvalitetu te učinkovitost što dovodi do automatizacije proizvodnog procesa. Automatizacija i povećanje proizvodnje omogućuju bržu proizvodnju, manje gubitke materijala i energije, manja odstupanja među serijama što dovodi do povećanja konkurentnosti na tržištu. Takvim načinom proizvodnje smanjuje se potreba za sudjelovanjem čovjeka u proizvodnji što rezultira manjom mogućnošću ljudske pogreške kao i povećanom sigurnošću. Čovjekova uloga uglavnom postaje nadzor proizvodnog procesa i upravljanje cijelim sustavom prilikom proizvodnje.

U ovom radu opisan je automatizirani proces proizvodnje piva s posebnim naglaskom na doziranje kvasca, jednog od ključnih sastojaka u proizvodnji. Automatizacija navedenog dijela procesa provedena je korištenjem procesno upravljačkog sustava *brewmaxx*. Programski kod kojeg izvršava programirajući logički kontroler (engl. *Programmable logic controler - PLC*) napisan je u Siemensovom programu *Simatic STEP 7*. Rad PLC-a je simuliran softverskim PLC-om ABC X-CPU-4 w57, tvrtke ABC IT. Kako bi se osoblju u tvornici olakšao nadzor i upravljanje proizvodnim procesima, unutar SCADA (engl. *Supervisory Control And Data Aquisition*) sustava implementirano je vizualizacijsko sučelje i sustav za prikupljanje podataka. Podatci se strukturirano pohranjuju u bazu podataka za što je korišten *Microsoft SQL Server Management Studio*, odakle se mogu dohvatiti, obraditi i prikazati u obliku izvještaja koristeći alate poput *MS Excela*.

2. Pivo

2.1. Općenito o pivu

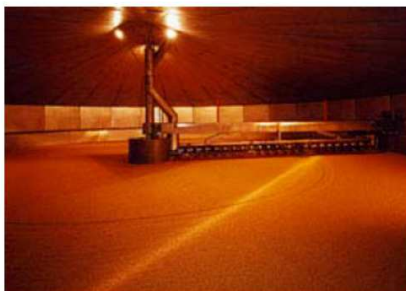
Pivo je proizvod dobiven alkoholnim vrenjem pивske sladovine upotrebom čistih kultura pivskih kvasaca *Saccharomyces cerevisiae*, a iznimno i spontanim vrenjem ili uporabom mješovitih kultura [1]. To je slabo alkoholno piće koje nastaje procesom alkoholnog vrenja slada, hmelja, pivskog kvasca i vode. Slad se dobiva od žitarica, najčešće ječma, pšenice i raži, hmelj konzervira pivo i daje mu gorak okus, a pivski kvasac uzrokuje alkoholno vrenje u kome nastaje alkohol i ugljični dioksid iz šećera. Također, bitna je i kvalitetna voda. Ponekad se dodaju posebni zaslađivači radi poboljšanja okusa i punoće. Prema boji, piva se dijele na svijetla, tamna, crvena i crna. Prema udjelu alkohola piva se dijele na bezalkoholna sa manje od 3% udjela alkohola, srednje jaka piva sa 4-6% alkohola i ječmena vina koja sadrže i više od 8% alkohola.

Međutim, postoje tri osnovne kategorije piva: lager, ale i kisela piva. Lager pivo potječe iz Njemačke i Češke te je relativno novo pivo, nastalo pred dvjestotinjak godina. Sam naziv ovog piva govori da je to odležano pivo (njem. *lagern*). Za proizvodnju ovog piva koriste se kvasci koji fermentiraju na nižim temperaturama (5-13°C) zbog čega se nazivaju pivima donjeg vrenja. Nakon fermentacije, kvasci se spuštaju na dno spremnika za fermentaciju. Lageri su najčešće svjetla piva i vrlo su pitki. Ale piva porijeklo vuku sa sjevera Europe, iz Belgije, Francuske i sa britanskog otočja. U proizvodnji ovog piva koriste se kvasci koji fermentiraju na višim temperaturama (15-25°C) zbog čega se nazivaju pivima gornjeg vrenja. Kako i sam naziv govori, kvasac se nakon fermentacije podiže na vrh spremnika za fermentaciju nakon čega se obire. Ale piva su gušća, slađa i puno kompleksnija od lager piva što je dobra podloga za eksperimentiranje i proizvodnju novih podvrsta - craft piva. Kisela piva karakterizira specifičan okus koji se postiže dodavanjem posebnih bakterija prilikom fermentacije.

2.2. Sirovine za proizvodnju

2.2.1. Slad

Slad nastaje iz žitarica, najčešće ječma zbog velike količine škroba. Često se dodaje i riža ili kukuruz radi niže cijene. Zrna ječma namaču se u vodi kako bi se potaknulo klijanje. Nakon određenog vremena, klijanje se zaustavlja sušenjem na visokim temperaturama (slika 2.1.) nakon čega zrna ječma sadržavaju posebne enzime koji pretvaraju škrob u šećere. Ta pretvorba odvija se u procesu ukomljavanja. Također, sušenjem na višim temperaturama zrno poprima tamniju boju i poseban okus te se smanjuje količina potrebnih enzima. Ovisno o temperaturi sušenja, razlikujemo više vrsta slada.



Slika 2.1. Pećnica za sušenje slada

2.2.2. Hmelj

Hmelj (slika 2.2.) čine ženski cvjetovi biljke *Humulus Lupulus* čiji izgled podsjeća na zelene češere. Dodaje se pivu prilikom kuhanja sladovine kako bi dao gorčinu, izbalansirao slatkoću slada i dao posebnu aromu. Također, hmelj pomaže pri očuvanju piva od razvoja štetnih bakterija. Različite sorte hmelja sadržavaju veće ili manje količine alfa kiselina koje su zaslužne za gorčinu u piću. Na početku kuhanja dodaju se vrste hmelja s većim količinama kiselina u manjim količinama dok se pri kraju kuhanja dodaju aromatične vrste hmelja sa manjim količinama alfa kiselina. Takve aromatične vrste nude lepezu okusa koji se mogu dodati pivu.

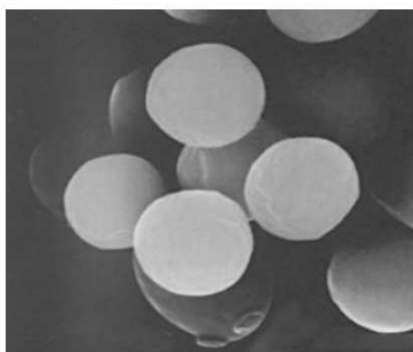


Slika 2.2. Hmelj

2.2.3. Pivski kvasac

Pivski kvasac u proizvodnji piva služi kao katalizator fermentacije. On pretvara šećere iz sladovine u alkohol i ugljični dioksid. Glavna podjela kvasca je na "ale" i "lager" kvasce. "Ale" kvasci ili *Saccharomyces cerevisiae* su kvasci gornjeg vrenja, a "lager" kvasci ili *Saccharomyces carlsbergensis* su kvasci donjeg vrenja.

Kvasac se razmnožava nespolno, pupanjem, stoga mora ispunjavati određene zahtjeve tijekom fermentacije. Bitan je faktor atenuacije i udio živih stanica (engl. *viability*). Atenuacija je razlika gustoće sladovine između početne i završne faze fermentacije, a udio živih stanica (slika 2.3.) određuje koliko je stanica kvasca sposobno za ponovni ciklus fermentacije. Za razmnožavanje kvasca potrebni su šećeri, dušik, vitamini i minerali od kojih posebno cink. Povećavanjem temperature vrenje se ubrzava dok se smanjenjem usporava. Na kraju procesa, kvasac se obire sa vrha ili dna spremnika i pohranjuje u spremnik za skladištenje do iduće fermentacije.



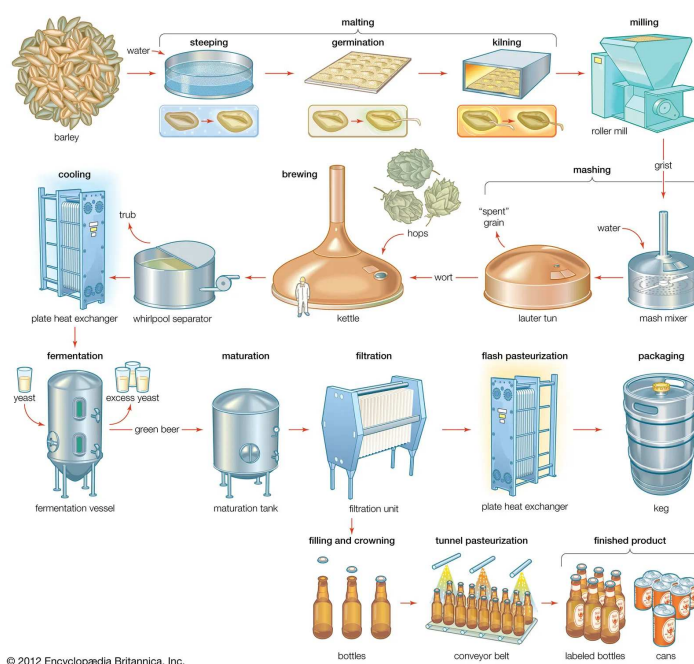
Slika 2.3. Stanice pivskog kvasca pod mikroskopom

2.2.4. Voda

Glavni sastojak svakog pića je voda. U vodi se prilikom proizvodnje slada namače ječam, u procesu ukomljavanja. Također, voda se koristi za proizvodnju pare, za čišćenje i prilikom pakiranja. Kvaliteta vode uvelike pridonosi okusu piva, a glavni faktori su pH faktor vode, tvrdoća vode i količina pojedinih iona. Voda mora biti besprijeckorno čista i mikrobiološki ispravna.

2.3. Proces proizvodnje

Proces proizvodnje piva (slika 2.4.) kroz godine je postao moderniji, efikasniji i kvalitetniji, no osnovni koraci uvijek su isti. U nastavku su opisani osnovni koraci u proizvodnji piva počevši od obrade žitarica pa do punjenja u određenu ambalažu.



Slika 2.4. Proces proizvodnje piva (Encyclopedia Britannica, Inc., 2021)

2.3.1. Proizvodnja slada

Slad je proklijali osušeni ječam, klijanje pokreće stvaranje enzima, a sušenje zaustavlja taj proces[2].

U prvoj fazi, u strmim spremnicima (engl. *steeps*), zrna ječma polijevaju se vodom što pokreće proces klijanja. Također, dodaje se komprimirani zrak kako bi se klijanje ubrzalo. Takav mokri ječam prebacuje se u posude za klijanje. Proces traje tri do pet dana

pri temperaturi od 15°C nakon čega nastaju prirodni enzimi. Klijanje se zaustavlja sušenjem u pećima prije nego enzimi krenu razgrađivati škrob. Temperatura sušenja određuje boju slada i količinu nastalih enzima. Što je temperatura viša slad poprima tamniju boju i ima manju količinu korisnih enzima. Sušenje u pećima obično traje između 24 i 36 sati, a količina vlage u sladu padne na 3-6%.

Postoji mnogo vrsta slada, ovisno o temperaturi sušenja, a najčešći su svijetli sladovi (engl. *pale lager malt*) koji sadržavaju najviše enzima za proces kuhanja piva.

2.3.2. Varionica

Varionica (engl. *brewhouse*) je mjesto gdje se slad pretvara u sladovinu koja se kasnije koristi u procesu fermentacije.

Prvi korak u proizvodnji sladovine je mljevenje slada. Taj dio procesa je bitan kako bi se enzimi i okusi oslobodili iz ljuske zrna. Suho mljevenje je proces u kojem se slad prvo samelje, a onda miješa s toplom vodom. Time se postiže bolja konzistencija. Mokro mljevenje je proces u kojem se zrna slada melju uz prisustvo vode. Pritom se ljuske odvajaju i kasnije koriste prilikom filtracije.

Tako obrađeni slad prebacuje se u kotlove komine u kojima uz prisustvo vode i pod određenom temperaturom počinje saharifikacija, tj. pretvorba škroba u šećer. Dobivena smjesa se cijedenjem čisti od ljuski i nepotrebnih tvari čime se dobiva sladovina (engl. *wort*). Na kraju procesa sladovina se filtrira pomoću filtera od perforiranih ploča obavijenih tkaninom i šupljim središtem te se prebacuje u kotlove u kojima se odvija proces vrenja.

2.3.3. Kuhanje sladovine

Prokuhavanjem sladovine zaustavlja se aktivnost enzima koji razgrađuju škrob. Također, time se postiže da se neželjeni proteini talože na dnu i tako odvajaju što pivu daje dulji rok trajanja. U ovom koraku dodaje se i hmelj iz kojega se kuhanjem oslobađaju gorki okus i aroma. Današnje pivovare uglavnom dodaju hmelj u prahu ili ekstrakt hmelja. Jednako je važno to što kuhanje sterilizira sladovinu, ubijaju se nepoželjne bakterije zbog kojih bi pivo moglo biti nepitko.

2.3.4. Bistrenje sladovine

Nakon prokuhavanja, sladovina je smjesa iz koje je prije hlađenja potrebno odvojiti iskorišteni hmelj i koagulirane proteine te otpadne tvari koji se nazivaju trop. To se postiže na nekoliko načina od kojih su najčešći prirodno slijeganje, odvajanje u vrtložnim kotlovima (engl. *whirpool*) ili centrifugiranje.

2.3.5. Hlađenje, prozračivanje sladovine i doziranje kvasca

Nakon kuhanja i bistrenja, sladovinu je potrebno ohladiti. U suprotnom, stanice kvasca prilikom fermentiranja ne bi mogle opstati. Sladovinu je potrebno ohladiti sa oko 95°C na 8-14°C za lager piva ili na 16-22°C za ale piva. To se postiže pločastim hladnjacima kojima je voda rashladni medij. U slučajevima kada voda nije dovoljno hladna, koristi se glikol.

U ovom stadiju sladovini nedostaju fosfolipidi potrebni za rast kvasca stoga je potrebno dodati kisik kako fermentacija ne bi bila slaba. Sladovina se stoga obogaćuje zrakom, a često i čistim kisikom kada je potrebna veća koncentracija istog.

Tako pripremljena smjesa spremna je za dodavanje kvasca što je i tema ovoga rada. Kvasac je glavni pokretač fermentacije stoga ga je bitno temeljito pomiješati sa sladovinom. Prilikom doziranja potrebno je održavati konstantan protok živih stanica kvasca odnosno broj živih stanica kvasca po mililitru. Tipičan broj živih stanica kvasca za piva sa 5% alkohola je kod lagera 15-20 milijuna stanica po mililitru, a kod ale piva 8-12 milijuna stanica po mililitru.

2.3.6. Fermentacija

U ovom koraku kvasac pretvara šećere u alkohol, ugljični dioksid i vodu. Također, kvasac se razmnožava i stvara nove čelije. Nastali ugljični dioksid dodaje se pivu kasnije u procesu.

Postoje dvije vrste spremnika za fermentaciju to jest fermentora, a to su pravokutni i stožasti. Pravokutni su bili više zastupljeni u prošlosti, a danas su zbog mnogih prednosti najčešće u upotrebi stožasti. Gornji dio takvih fermentora je cilindričnog oblika, a donji dio je obrnuti stožac. Prednosti takvih fermentora su ekonomičnost, lakša regulacija temperature sladovine, lakše se odvaja nastali ugljični dioksid, lakše se čiste i pogodni

su za odvajanje slegnutoga kvasca u slučaju kvasca donjeg vrenja.

Tijekom cijelog procesa potrebno je održavati određenu temperaturu jer povećavanje temperature uzrokuje brže razmnožavanje kvasca i bržu fermentaciju, a smanjivanje temperature usporava fermentaciju. Također na kraju fermentacije pivo treba duboko ohladiti na temperature 6-8°C.

Napredak fermentacije mjeri se saharometrom koji plutajući mjeri gustoću tekućine. Što više alkohola nastane, to saharometar propadne dublje u tekućinu.

Na kraju procesa, kvasac se obire sa vrha ili sa dna fermentora, ovisno radi li se o gornjem ili donjem vrenju. Nakon obiranja pohranjuje se u spremnike za kvasac nakon čega se može još nekoliko puta iskoristiti.

2.3.7. Odležavanje

Odležavanje ili sazrijevanje je tipično za lager piva što i sam naziv toga piva govori. Tradicionalna njemačka piva su odležavala do devet mjeseci što danas nije čest slučaj. Za većinu lager piva danas je to 1-4 tjedna, a ponekad i nekoliko dana.

Odležavanje počinje nakon prve fermentacije kada je pivo početno ohlađeno na temperaturu 6-8°C nakon čega se postepeno smanjuje na između -0.5° i 2°C. Proces odležavanja se radi zbog nastavka spore fermentacije tijekom koje se uklanjaju štetni plinovi i okusi, zbog zasićenja piva ugljičnim dioksidom te zbog pročišćavanja piva slijeganjem kvasca i nepotrebnih tvari. Slijeganjem se poboljšava efikasnost filtriranja koje slijedi.

2.3.8. Filtriranje

Zrelo, bistro pivo još uvijek sadrži nešto kvasca i ostatke izmaglice. Stoga je pivo potrebno dodatno pročistiti filtriranjem zbog očekivanja potrošača, ali i radi prevencije od razvoja bioloških promjena u pivu. Nakon filtriranja provjerava se razina ugljičnog dioksida u pivu i po potrebi se regulira.

2.3.9. Bistro pivo

Nakon filtriranja pivo se pohranjuje u spremnike gdje se čuva 1-3 dana na temperaturi 3°-5°C nakon čega se pakira u boce ili limenke ovisno o zahtjevima tržišta.

3. Procesno upravljački sustav brewmaxx

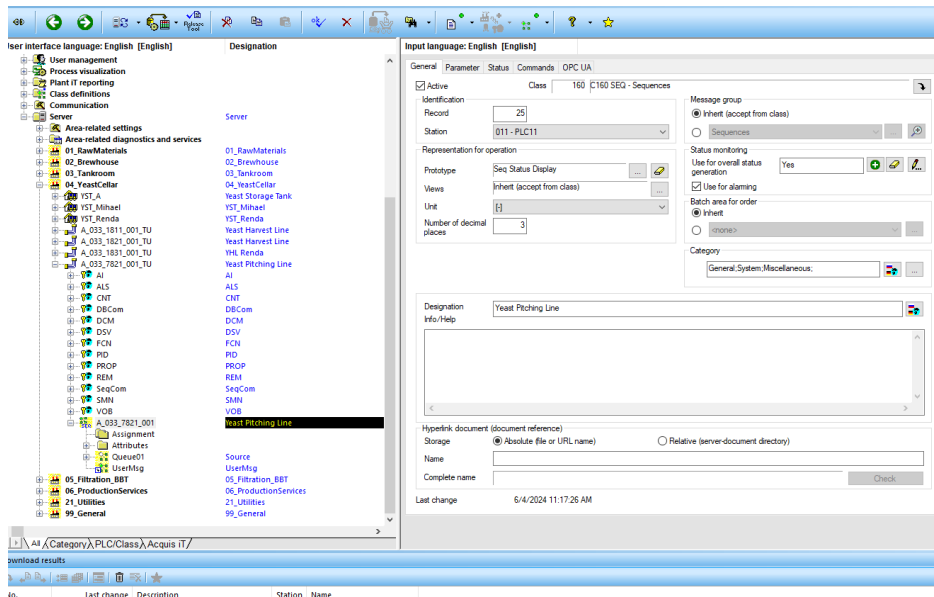
brewmaxx je objektno orijentirani upravljački sustav temeljen na PLC-u sa ugrađenom MES funkcionalnošću i integriranom kontrolom recepture za tekućine. Može se koristiti u kombinaciji s PLC-ima raznih proizvođača i dostupan je na pet jezika. Velika fleksibilnost je razlog zašto je brewmaxx danas korišten širom svijeta i pomoću njega se upravlja pivovarama koje godišnje proizvedu više od 250 milijuna hektolitara piva - petinu svjetske proizvodnje[3].

Za izradu ovog rada korištena je brewmaxx verzija 9.8. Također za realizaciju upravljačkoga koda PLC-a korišten je SIMATIC STEP 7, tvrtke Siemens.

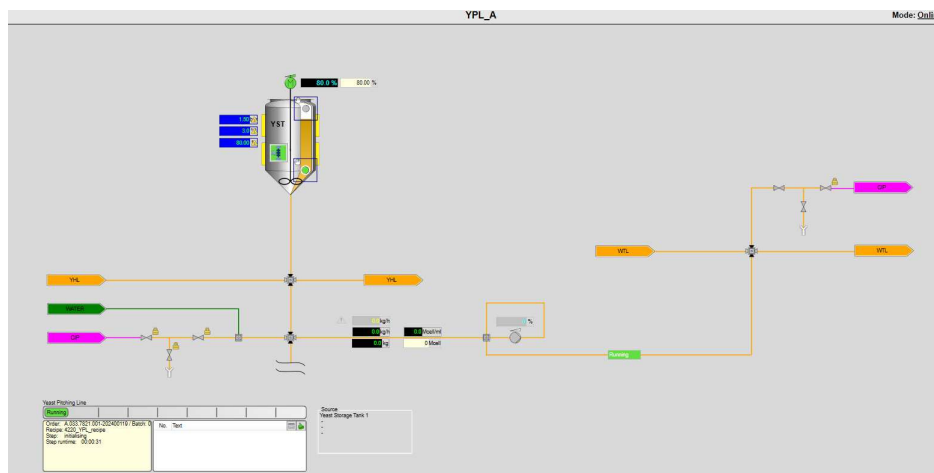
3.1. Struktura programskog paketa

brewmaxx programski paket sastoji se od dvije aplikacije: Configuration Managera i Operation Managera. Configuration Manager na slici 3.1. se koristi za konfiguriranje komponenata i parametara sustava te za dizajniranje SCADA (engl. *Supervisory Control and Data Acquisition*) sustava.

Operation Manager na slici 3.2. se koristi za nadzor i upravljanje procesa. U njemu se kreiraju procedure i recepti, generiraju izvještaji i pruža uvid u arhivu poruka i podataka prikupljenih u proizvodnji. Operateri u postrojenjima koriste isključivo Operation Manager prilikom upravljanja i nadzora procesa.



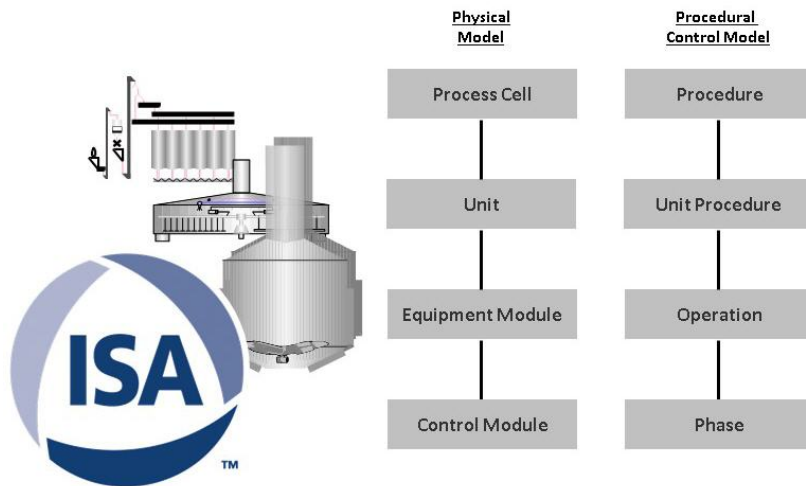
Slika 3.1. Configuration Manager



Slika 3.2. Operation Manager

3.2. Standard ISA-88 za šaržne procese

Šarža je ograničena količina robe i materijala proizvedena u jednoj proizvodnoj seriji. Šaržni proces je proizvodnja i obrada serije[4]. Zahtjevi za visokom kvalitetom i brzinom izrade programske podrške za upravljanje i nadzor industrijskih postrojenja doveli su do standardizacije tog procesa. Standard ISA-88 ili skraćeno S88, inženjerima automatizacije olakšava integraciju, komunikaciju i konfiguraciju šaržnih procesa. Također, definira hijerarhijsku strukturu šaržnih procesa prikazanu na slici 3.3. koja se sastoji od fizičke i proceduralne razine.



Slika 3.3. ISA-88 standard

3.2.1. Fizička razina

Ova razina odnosi se na fizičke, opipljive, elemente koji se koriste u industrijskom postrojenju kao što su aktuatori, senzori, ventili, brojači i razni mjerači. Dijelovi postrojenja su hijerarhijski podijeljeni počevši od procesne ćelije (engl. *Process cell*) kao najviše razine. Procesna ćelija sastoji se od više procesnih jedinica (engl. *Process unit*) koje mogu biti *Storage unit*, *Transfer unit* ili *Process Unit (Miscellaneous)*.

Storage unit je tip procesne jedinice za dijelove procesa koj služe za pohranu materijala. *Transfer unit* se koristi za prijenos materijala, a u slučaju da se dio procesa ne može svrstati ni u jedno, koristi se *Miscellaneous*. Unutar procesnih jedinica smješteni su upravljački moduli (engl. *Control module*) koji predstavljaju fizičke komponente, a mogu biti i matematičke i logičke funkcije.

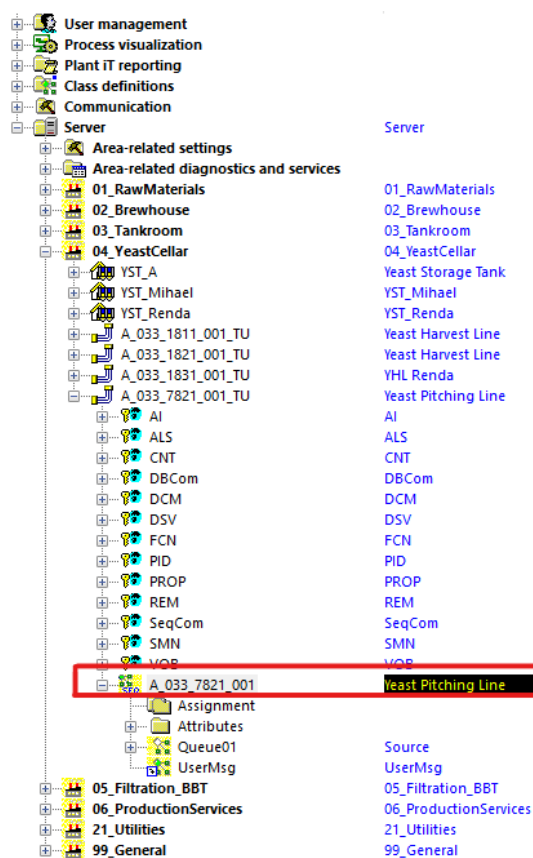
U sklopu ovoga rada bilo je potrebno izraditi dio procesa za doziranje kvasca čija je hijerarhija prikazana na slici 3.4. Procesna ćelija naziva *04_YeastCellar* sadržava nekoliko procesnih jedinica, a liniju doziranja kvasca (engl. *Yeast Pitching Line*) predstavlja procesna jedinica *A_033_7821_001_TU* koja je tipa *Transfer unit*. Upravljački moduli korišteni unutar nje pripadaju sljedećim klasama:

- C73 AI (*Analog input*) - pripadaju joj mjerni senzori (temperature, protoka, tlaka...) koji daju analogni signal u obliku struje ili napona. Unutar klasa, električna vrijednost se normalizira i prebacuje u numeričku.
- C93 ALS (*Analog switch*) - objekti ove klase imaju osam numeričkih ulaza i jedan numerički izlaz. Ovisno o stanju upravljačkog registra, vrijednost sa ulaza vidljiva je na

izlazu.

- C80 CNT (*Counter*) - ovoj klasi pripadaju brojači, a način brojanja postavlja se prilikom parametrizacije.
- C10 DBCom (*Database communication*) - ova klasa se koristi za izvršavanje upita prema bazi podataka te za slanje, odnosno dohvat podataka iz baze prema PLC-u i obrnuto.
- C25 DCM (*Digital control module*) - koristi se za ventile koji se upravljaju preko digitalnog izlaza, a ima i mogućnost primanja povratne informacije o stanju ventila.
- C26 DSV (*Double seat valve*) - koristi se za dvostrane ventile, ima mogućnost upravljanja i praćenja ventila sa tri funkcije (glavni dio, otvaranje gornjeg dijela i otvaranje donjeg dijela).
- C87 FCN (*Frequency converter*) - objekti ove klase koriste se za praćenje i upravljanje frekvencijskim pretvaračima koji upravljaju motorima. Klasa ima ugrađene podređene klase CMC i DCM.
- C97 CMC (*Extended drive control modules*) - klasa omogućava upravljanje i praćenje motora, motornih klizača i motora upravljanih preko frekvencijskih pretvarača.
- C91 PIDC (*PID controler*) - koristi se kod upravljanja u zatvorenoj petlji sa kontinuiranim ulaznim i izlaznim vrijednostima. Na osnovu zadanih parametara (P - proporcionalni, I - integralni, D - derivacijski) objekt klase što vjernije nastoji slijediti zadanu vrijednost.
- C1210 REM (*Route equipment module*) - ova klasa se koristi za aktiviranje, blokiranje i praćenje linija u proizvodnji, tj. dijelova procesa koji pripadaju transferu medija od izvora do odredišta.
- C169 SeqCom (*Sequence communication*) - koristi se za komunikaciju između dviju sekvenci na principu da je jedna aktivna, a druga pasivna strana.
- C82 SMN (*Signal monitoring*) - koristeći ovu klasu, moguće je odrediti granice koje trenutna vrijednost signala treba prijeći da bi se aktiviralo upozorenje ili alarm. Također moguće je odrediti vrijeme unutar kojega trenutna vrijednost signala mora dostići zadanu kako se ne bi aktiviralo upozorenje ili alarm.
- C12 VOB (*Visualization objects*) - objekti ove klase koriste se kako bi se podatci koji ne pripadaju nekoj od klasa mogli vizualno prikazati.
- C21 OCM (*Object Control Matrix*) - objekti ove klase su upravljačke matrice pomoću kojih se određuje koji senzori i aktuatori trebaju biti aktivirani za određenu aktivnost ili

nadzirani za određeno stanje.



Slika 3.4. Hijerarhijska podjela dijelova procesa za doziranje kvasca

3.2.2. Proceduralna razina

Standard S88 organizira šaržni proces pomoću okvira poznatog kao procesni model. Ovaj model razlaže šaržni proces na sve jednostavnije razine, pružajući jasan, standardiziran način obrade svakog aspekta procesa, počevši od šire slike pa prema sve jednostavnijim dijelovima[4].

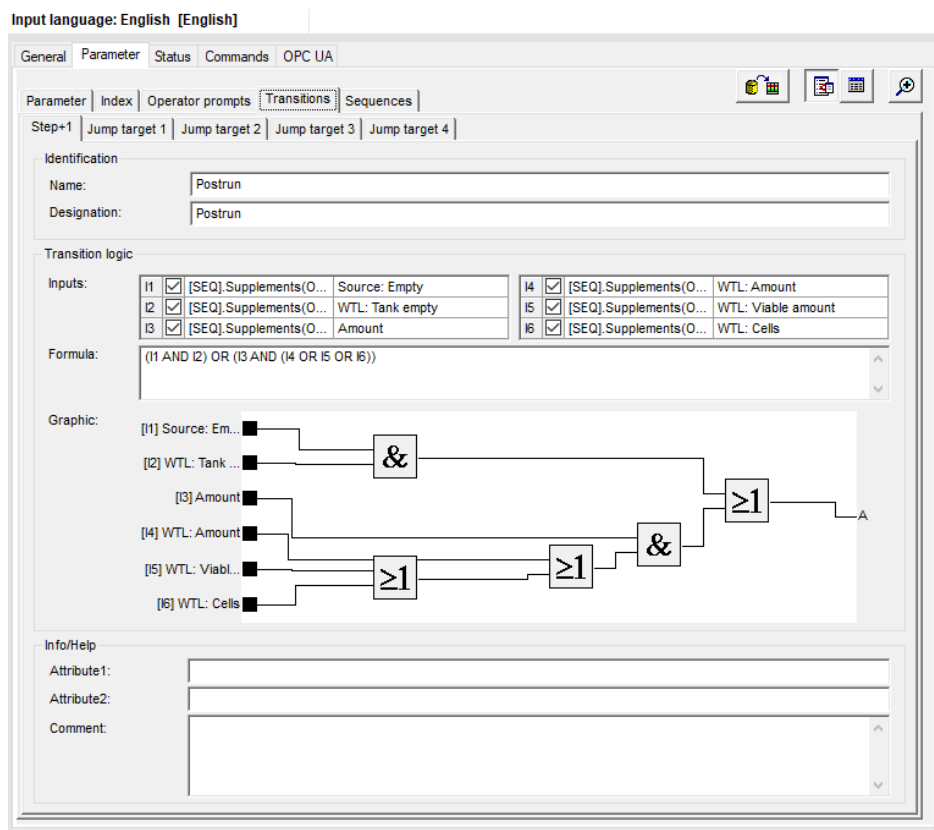
U brewmaxxu svaka procesna jedinica mora imati sekvencu koja upravlja komponentama i izvršava korake procesa. Sekvenca je objekt klase C160 koji omogućava izvršavanje industrijskog procesa slijedno po koracima. Na slici 3.4., unutar crvenoga okvira, prikazana je sekvenca doziranja kvasca (engl. *Yeast Pitching Line*).

Koraci procesa u brewmaxxu su definirani pomoću klase C161 PROP (*Process operation*). Za svaki korak potrebno je napisati kod u PLC-u u zasebnom funkcijskom bloku koji se definira prilikom konfiguracije (slika 3.5.). Također, potrebno je definirati i uvjete prela-

ska u idući korak (slika 3.6.) i pridružiti korak pripadajućoj sekvenci.



Slika 3.5. Povezivanje koraka i funkcijskog bloka



Slika 3.6. Logika prijelaza u novi korak

Redoslijed izvršavanja koraka definiran je u proceduri (slika 3.7.). Također, unutar procedure podešavaju se parametri koraka. U brewmaxx-u uz procedure postoje i recepti. Oni imaju istu strukturu kao i procedure, no unutar njih se mogu mijenjati određeni parametri za koje je to predviđeno u proceduri. Time se postiže da se više vrsta proizvoda (npr. piva, kvasca ili slada) može proizvesti prema istom receptu, no svaka vrsta može imati specifične parametre za taj proizvod.

4220_ Yeast pitching [Version: 1]

General Unit procedure parameters

Name	Replacement mode	Setpoint	Unit	Input mode	Report	Lower limit	Upper
Amount from source	Local	0	kg	Standard	No		
Amount to destination	Local	0	kg	Standard	No		
Cells from source	Local	0	Mcell	Standard	No		
Cells to destination	Local	0	Mcell	Standard	No		
Dosing selection	Local	3 - Yeast cells	[]	Standard	No		
Pump start speed	Local	30	%	Standard	No		
Variable amount from sour...	Local	0	kg	Standard	No		
Variable amount to destina...	Local	0	kg	Standard	No		

According to category / Alphabetically / According to structure /

Runtime / Function / Setpoints / Index / Jump targets / Flags

Operation no.	Operation	Step Name	Monitoring time	Runtime	Time [05 h:m:s]	Amount [kg]	Variable amount [kg]	Maximum flow for next step [l/h]	Cells [Mcell]	Correction amount [kg]	Pump	Pump speed [%]	Flow [l/h]	Pump bypass
1	231	inishing	01:00	00:00	00:00	0.0	0.0	0.0	0	0	off	0	0	Off
2	232	preflush	10:00	00:00	00:00	50.0	0.0	30	0	0	on	30	1200	On
3	233	granun	10:00	00:00	00:00	0.0	0.0	0.0	0	-5	control	30	2000	Off
4	234	transfer	10:00	00:00	00:00	0.0	0.0	0.0	0	0	control	30	2000	Off
5	235	postpun.	10:00	00:00	00:00	0.0	0.0	0.0	0	0	control	30	2000	On
6	236	postflush	10:00	00:00	00:00	5.0	0.0	0.0	0	0	on	30	1200	On
7	237	end	01:00	00:00	00:00	0.0	0.0	0.0	0	0	off	0	0	Off

Values / Flags

Name	Replacement mode	Setpoint	Unit	Input mode	Report	Lower limit	Upper limit	Default value	Setpoint raw format
Monitoring time	Local	01:00	sec	Standard	Yes			00:00	60
Runtime	Local	00:15	sec	Standard	Yes			00:00	15
Amount	Local	0.0	kg	Invisible	No			0.0	0.0
Cells	Local	0.00	Mcell	Invisible	No			0.00	0.00
Correction amount	Local	0	kg	Invisible	No			0	0
Flow	Local	0	l/h	Invisible	No			0	0
Maximum flow for next...	Local	0	l/h	Invisible	No			0	0
Pump	Local	0 - off	[]	Invisible	No			0 - off	0
Pump bypass	Local	0 - Off	[]	Invisible	No			0 - Off	0
Pump speed	Local	0	%	Invisible	No			0	0
Time	Local	00:00	[0] h:m:s	Invisible	No			00:00	0

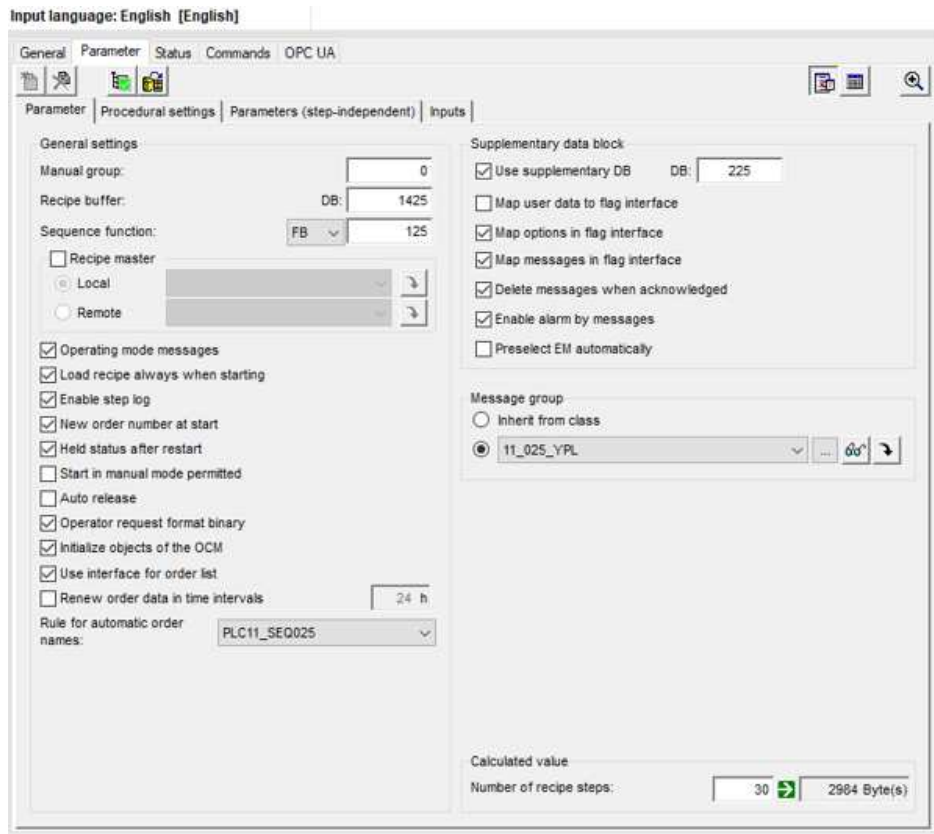
Slika 3.7. Procedura

4. Automatizacija procesa doziranja kvasca

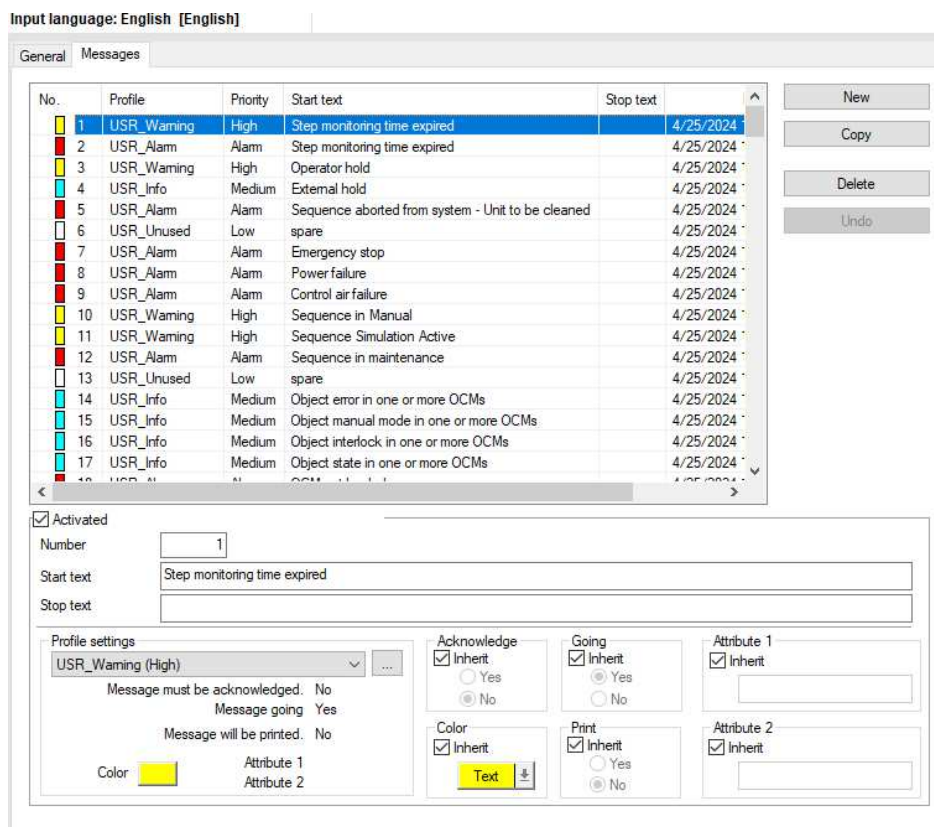
Automatizacija sustava podrazumijeva izradu programske podrške, odnosno upravljačkog programa te realizaciju vizualizacijskog sučelja procesa. Korisnički zahtjevi u procesnoj industriji definirani su dijagramima cjevovoda i instrumentacije (engl. *Piping and Instrumentation Diagram*, skraćeno P&ID) i funkcionalnim opisom rada postrojenja (engl. *Functional Design Specification*, skraćeno FDS). Prije početka samog programiranja sustava, najprije je potrebno konfigurirati programsku podršku [5]. Konfiguracija se odrađuje unutar Configuration Managera.

4.1. Sekvenca

Prvi korak pri stvaranju sekvence je odrediti jedinstveni broj sekvence (engl. *Record number*). Na istom PLC-u ne može biti više sekvenci s istim record numberom. Za sekvencu doziranja kvasca taj broj je 25, a ona se nalazi na PLC-u broj 11. Nakon toga definiraju se funkcijski i podatkovni blokovi (slika 4.1.) koje će koristiti sekvenca. Također, potrebno je definirati i pravilo prema kojem će se automatski stvarati brojevi serije u proizvodnji (engl. *Rule of automatic order names*) kao i grupu poruka (engl. *Message group*) koje će se prikazivati tijekom izvršavanja sekvence. Dio poruka je jednak za svaku sekvencu čime se postiže standardnost, a u grupu je moguće dodavati i poruke po želji koje se odnose na određeni proces. Profili poruka određeni su bojama ne bi li netko tko radi sa sustavom što brže mogao uočiti o čemu se radi i pravovremeno reagirati. Poruke označene crveno su alarmi, upozorenja su prikazana žutom bojom, informativne poruke su plave, a upute za operatere bijele (slika 4.2.).



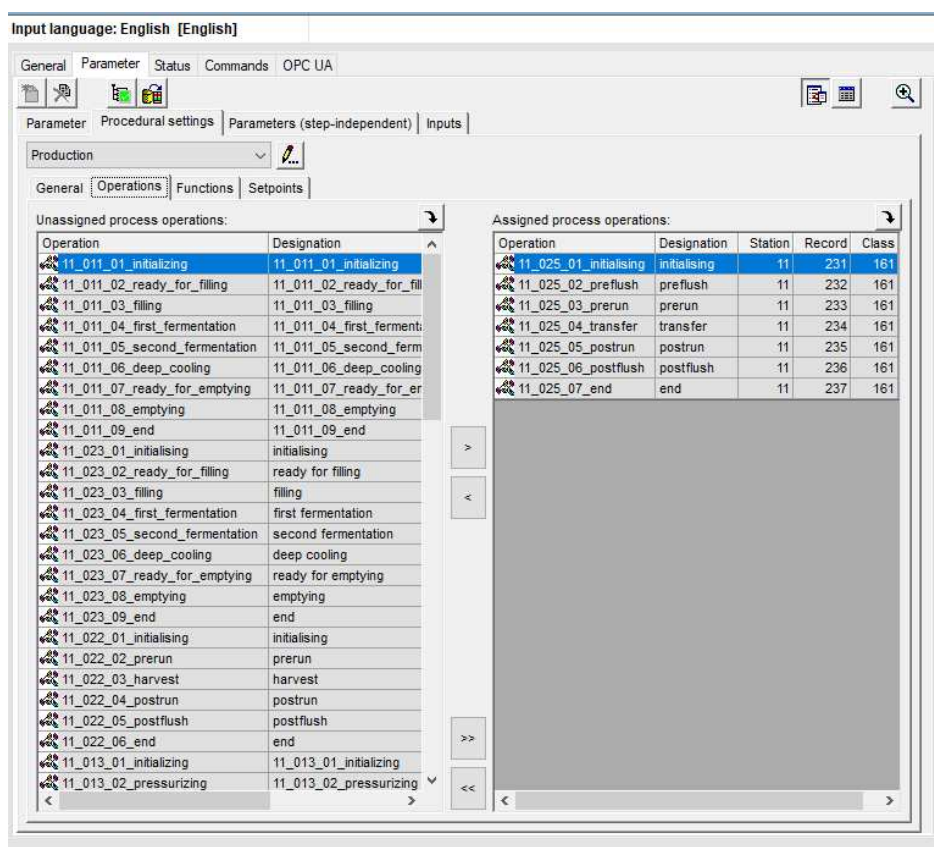
Slika 4.1. Konfiguriranje sekvence



Slika 4.2. Grupa poruka

Prilikom konfiguriranja sekvence definiraju se i parametri koji se koriste prilikom programiranja. Postoje dvije vrste parametara, a to su proceduralni parametri ili parametri ovisni o koraku (engl. *step parameters*) i parametri neovisni o koraku (engl. *step-independent parameters*). Step parametrima vrijednost se može postavljati u svakom koraku procesa, neovisno o vrijednostima u ostalim koracima, dok step independent parametri ostaju isti tijekom cijelog procesa.

U sklopu parametara ovisnih o koraku, sekvenci se pridružuju koraci koje ona treba izvršavati (slika 4.3.).



Slika 4.3. Koraci pridruženi sekvenci

Definirani su i funkcijski parametri (slika 4.4.) kao što su *Time*, *Amount*, *Viable amount*, *Maximum flow for next step* i *Cells*. Parametar *Time* služi za brojanje vremena dok ostali preko svojih ulaza služe za mjerenje protoka i brojanje određenih vrijednosti kvasca.

Input language: English [English]

General Parameter Status Commands OPC UA

Parameter Procedural settings Parameters (step-independent) Inputs

Production

General Operations Functions Setpoints

Count: 5

	Function 1	Function 2	Function 3	Function 4	Function 5
Name	Time	Amount	Viable amount	Maximum flow for next ...	
Designation	Time	Amount	Viable amount	Maximum flow for next ...	
Category	General	General	General	General	General
Data type	Time	Counters	Limit value	Limit value	Limit value
Default value	00:00	0.0	0.0	0	0
Lower limit	00:00	0.0	0.0	0	0
Upper limit	00:00	0.0	0.0	0	0
Unit	[d] h:m:s	kg	kg	kg/h	
Decimal places		1	1	0	
Input mode	Invisible	Invisible	Invisible	Invisible	Invisible
Report	No	No	No	No	No
Source		QT_033_7821_001.sAct...	[SEQ].CurrentStep(Func...	FT_033_7821_001.sAct...	[SEQ].CurrentStep(Func...
P1	Forward	Forward	Upper limit	Upper limit	Upper limit
Delay			0	0	
Summation	No	No			
Increment		0			
Hysteresis			0	0	
Counter type		Differential ++			

Slika 4.4. Parametri ovisni o koraku - (*Functions*)

Zadane vrijednosti (engl. *Setpoints*) predstavljaju fiksne vrijednosti koje se prema potrebi koriste u kodu (slika 4.5.).

Input language: English [English]

General Parameter Status Commands OPC UA

Parameter Procedural settings Parameters (step-independent) Inputs

Production

General Operations Functions Setpoints

Count: 5

	Setpoint 1	Setpoint 2	Setpoint 3	Setpoint 4	Setpoint 5
Name	Correction amount	Pump	Pump speed	Flow	Pump t
Designation	Correction amount	Pump	Pump speed	Flow	Pump t
Category	General	General	General	General	C
Data type	Float	Enumeration	Float	Float	Enum
Enumeration		YHL_1821_pump/cooling			
Default value	0	off	0	0	
Lower limit	0	0.000	0	0	
Upper limit	0	0.000	0	0	
Unit	kg	[-]	%	kg/h	
Decimal places	0		0	0	
Input mode	Standard	Invisible	Invisible	Invisible	Ir
Report	No	No	No	No	

Slika 4.5. Parametri ovisni o koraku - (*Setpoints*)

Parametri neovisni o koraku definiraju se kao parametri ovisni o opremi ili kao parametri ovisni o samoj proceduri. Podijeljeni su na opcije (engl. *options*), vrijednosti (engl. *values*) i funkcije (engl. *functions*).

Kao opcije (slika 4.6.) definirani su parametri za postavljanje uvjeta prijelaza između koraka i za pokretanje i ponovno postavljanje brojača.

Input language: English [English]

General Parameter Status Commands OPC UA

Parameter Procedural settings Parameters (step-independent) Inputs

Options Values Functions

Number in the PLC: 256

Category	No.	Name	Designation	Replacement mode	Data type	Option group	Setpoint	Input
General	1	Transition option 1	Transition option 1	Equipment parameters (only PLC)	Checkbox		<input type="checkbox"/>	Invisib
General	2	Transition option 2	Transition option 2	Equipment parameters (only PLC)	Checkbox		<input type="checkbox"/>	Invisib
General	3	Transition option 3	Transition option 3	Equipment parameters (only PLC)	Checkbox		<input type="checkbox"/>	Invisib
General	4	Transition option 4	Transition option 4	Equipment parameters (only PLC)	Checkbox		<input type="checkbox"/>	Invisib
General	5	Transition option 5	Transition option 5	Equipment parameters (only PLC)	Checkbox		<input type="checkbox"/>	Invisib
General	6	Transition option 6	Transition option 6	Equipment parameters (only PLC)	Checkbox		<input type="checkbox"/>	Invisib
General	7	Trigger counter	Trigger counter	Equipment parameters (only PLC)	Checkbox		<input type="checkbox"/>	Invisib
General	8	Release counter	Release counter	Equipment parameters (only PLC)	Checkbox		<input type="checkbox"/>	Invisib

Slika 4.6. Parametri neovisni o koraku - *Options*

Vrijednosti (slika 4.7.) su fiksne vrijednosti koje mogu biti podešene kao zadane vrijednosti (engl. *Setpoint*) ili kao stvarne vrijednosti (engl. *Actual value*).

Input language: English [English]

General Parameter Status Commands OPC UA

Parameter Procedural settings Parameters (step-independent) Inputs

Options Values Functions

Number in the PLC: 64

Category	No.	Name	Designation	Replacement mode	Parameter type	Data type	YPL
General	1	Dosing selection	Dosing selection	Unit procedure parameters	Setpoint	Enumeration	
General	2	Flow calculated	Flow calculated	Equipment parameters (only PLC)	Setpoint	Float	
General	3	Pump start speed	Pump start speed	Unit procedure parameters	Setpoint and actual value	Float	

Slika 4.7. Parametri neovisni o koraku - *Values*

Funkcije (slika 4.8.) mogu biti definirane kao vrijeme, brojač ili kao granična vrijednost. Preko izvora su povezane na analogni ulaz čiji signal uspoređuju sa zadanom vrijednošću.

Input language: English [English]

General Parameter Status Commands OPC UA

Parameter Procedural settings Parameters (step-independent) Inputs

Options Values Functions

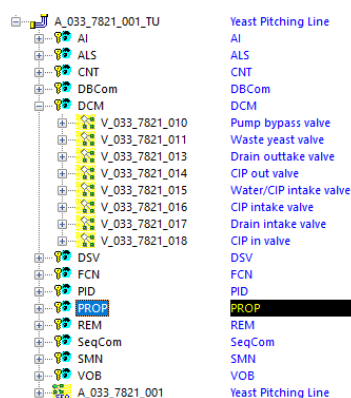
Number in the PLC: 64

Category	No.	Name	Designation	Replacement mode	Data type	Decimal pla
General	1	Amount from source	Amount from source	Unit procedure parameters	Counters	
General	2	Amount to destination	Amount to destination	Unit procedure parameters	Counters	
General	3	Viable amount from source	Viable amount from source	Unit procedure parameters	Limit value	
General	4	Viable amount to destination	Viable amount to destination	Unit procedure parameters	Limit value	
General	5	Cells from source	Cells from source	Unit procedure parameters	Limit value	
General	6	Cells to destination	Cells to destination	Unit procedure parameters	Limit value	
General	7	Pump PID	Pump PID	Equipment parameters (only PLC)	Limit value	

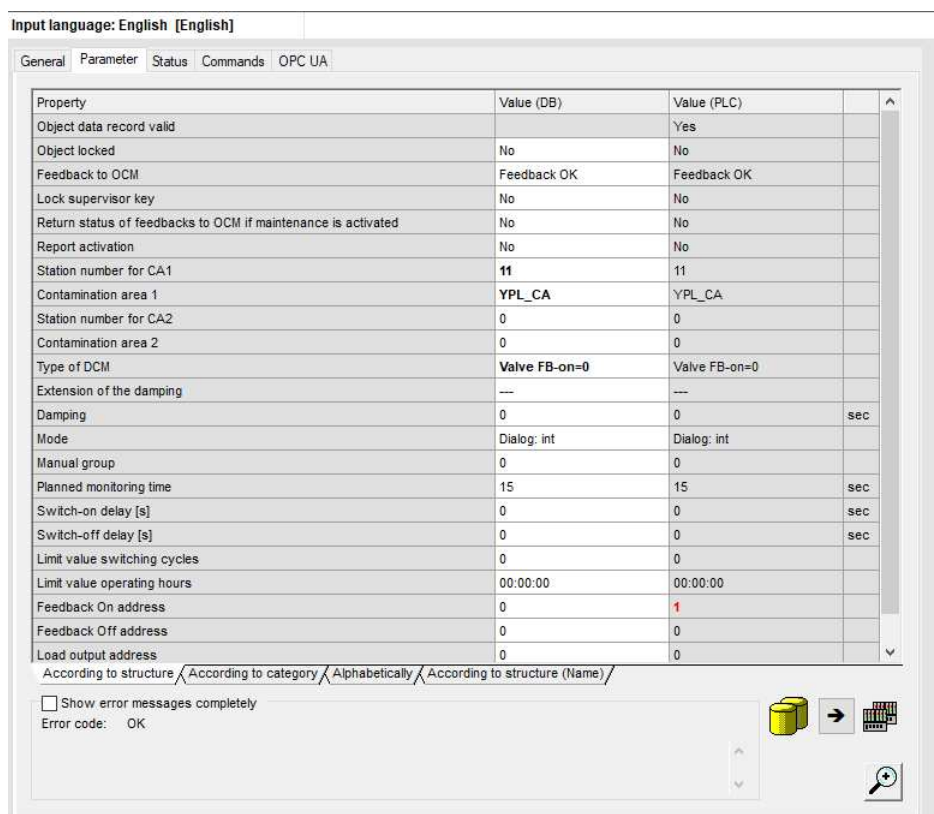
Slika 4.8. Parametri neovisni o koraku - *Functions*

4.2. Upravljački moduli

U hijerarhijsko stablo u Configuration Manageru, dodane su komponente koje se koriste u procesu doziranja kvasca. Komponente su raspoređene po klasama kojima pripadaju (slika 4.9.), a nakon dodavanja svake komponente podešeni su njihovi parametri (slika 4.10.).



Slika 4.9. Prikaz dodanih upravljačkih modula ventila



Slika 4.10. Podešavanje parametara ventila

4.2.1. Upravljanje upravljačkim modulima

Nakon povezivanja fizičkih komponenti sa upravljačkim modulima, potrebno ih je moći aktivirati i nadzirati. To se ne provodi direktno u kodu, već preko upravljačke matrice (engl. *OCM - Object Control Matrix*). Ovakav način upravljanja ima mnoge prednosti od kojih su neke lakše upravljanje kod složenih procesa i mogućnost upravljanja objektima iz različitih PLC-a.

Stupci matrice predstavljaju aktivnosti koje se mogu izvršavati. Njih je potrebno prethodno dodati u aktivacijsku listu (engl. *Activity list*) prikazanu na slici 4.11. Također, potrebno je označiti o kojoj se razini greške radi za pojedinu aktivnost. Postoje četiri razine greški, od kojih razina P1 označava poruke upozorenja, a razina P3 poruke alarma i zaustavljanje sekvence. Time je, umjesto programirati poruke za svaku aktivnost zasebno, moguće generirati odgovarajuću poruku po skupinama čime se uvelike ubrzava proces programiranja.

Input language: English [English]

General [Activities] Use

Status check during reservation

Bitmask must be set: [0x00000000] Bitmask must not be set: [0x00000000]

Error handling

Ignore bitmask (I): [0x00000000]

Bitmask severity level 1 (P1): [0x00000008] Bitmask severity level 2 (P2): [0x00000000]

Bitmask severity level 3 (P3): [0x01E07DF4] Bitmask severity level 4 (P4): [0x00000000]

No	Name	Designation	Tolerance	Error handling					Accept status		Info/Help for activity	nActListLink
				I	P1	P2	P3	P4	Set mask	Reset mask		
0	Idle	Idle	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
1	InherentlySafe	InherentlySafe	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
2	Monitoring alarm	Monitoring alarm	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
3	Monitoring warning	Monitoring warning	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
4	Monitoring drain	Monitoring drain	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
5	Monitoring water/CIP	Monitoring water/CIP	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
6	Monitoring YST output valve	Monitoring YST output valve	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
7	Monitoring dosing	Monitoring dosing	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
8	Monitoring bypass	Monitoring bypass	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
9				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
10	Water/CIP	Water/CIP	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
11	Yeast intake valve	Yeast intake valve	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
12	Yeast dosing valve	Yeast dosing valve	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
13	Route to drain out	Route to drain out	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
14	Transfer	Transfer	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
15				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
16				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
17				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
18				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
19				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
20				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
21	Pump bypass	Pump bypass	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
22	Pump fix speed	Pump fix speed	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
23	Pump flow control	Pump flow control	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
24	Pump off	Pump off	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x00000000	0x00000000		12
25				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
26				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
27				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
28				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
29				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
30				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
31				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Slika 4.11. Aktivacijska lista

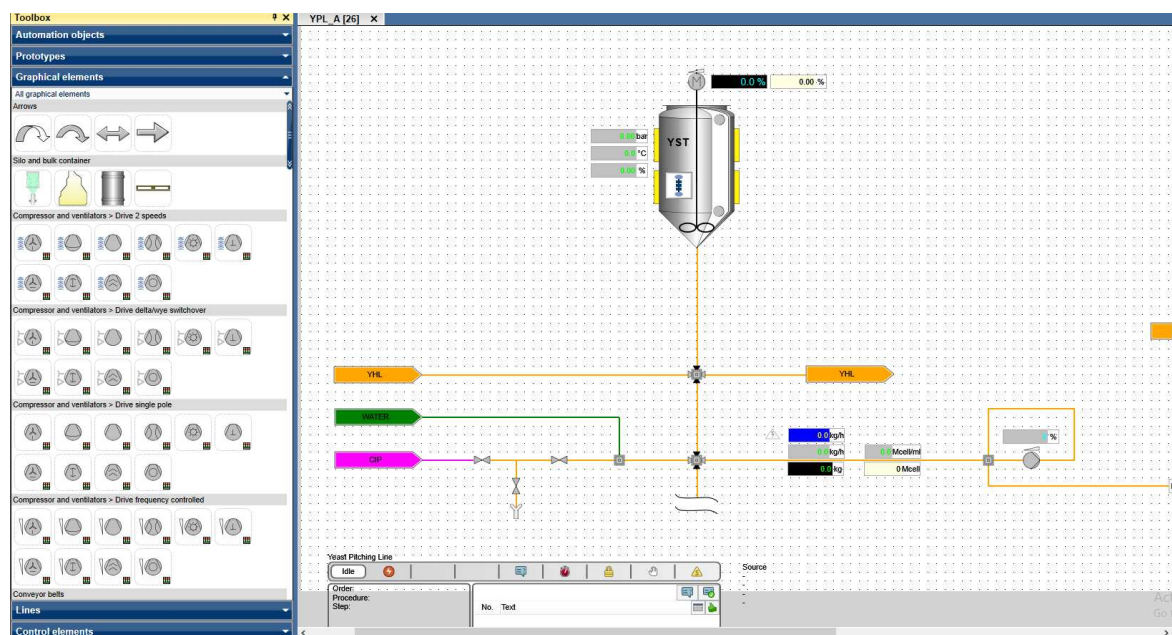
Redovi u upravljačkoj matrici predstavljaju upravljačke module. Potrebno ih je povezati s aktivacijama na odgovarajućim sjecištima u matrici (slika 4.12.). Na sjecište se upisuje naredba "C" ako se želi aktivirati ventil, naredba "N" ako se provjerava je li ventil otvoren, naredba "F" koja provjerava je li ventil zatvoren ili naredba "E" koja provjerava je li ventil u grešci. Motori se aktiviraju naredbom "CN" ako se želi vrtnja u smjeru kazaljke na satu ili spora vrtnja, a naredbom "CF" ako se želi vrtnja u smjeru suprotnom od kazaljke na satu ili brza vrtnja. Aktivacija se u PLC-u ostvaruje postavljanjem bita s rednim brojem aktivacije. Ako je aktivacija uspješno izvršena postavlja se nadzorni bit (engl. *OCM_Feedback*) koji se može koristiti dalje u kodu kao uvjet za neku drugu aktivaciju.

				al_04_025_YPL																							
Object name	Class	Station	Designation	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	21	22	23	24						
			Idle	Inherer	Monitor	Monitor	Monitor	Monitor	Monitor	Monitor	Monitor	Monitor	Water/h	Yeast i	Yeast c	Route t	Transf i	Pump b	Pump f	Pump f	Pump o						
			Tolerance:	0	0	5	5	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20						
			Set mask:	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000						
			Reset mask:	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000	0x0000						
Objects																											
AT_033_7821_001	73	11	Aber transmitter	E	E																						
FT_033_7821_001	73	11	Flow transmitter	E	E																						
QT_033_7821_001	80	11	Amount counter	E	E																						
V_033_7821_010	25	11	Pump bypass valve	FE	E							F						C									
V_033_7821_011	25	11	Waste yeast valve	FE	E													C									
V_033_7821_013	25	11	Drain outtake valve	FE	E		F											C									
V_033_7821_014	25	11	CIP out valve	FE	E																						
V_033_7821_015	25	11	Water/CIP intake valve	FE	E			F					C														
V_033_7821_016	25	11	CIP intake valve	FE	E																						
V_033_7821_017	25	11	Drain intake valve	FE	E		F																				
V_033_7821_018	25	11	CIP in valve	FE	E																						
V_033_7821_001	26	11	Dosing valve	FE	E						F			C													
P_033_7821_011	87	11	YPL pump	FE	E															CN	CN	F					
P_033_7821_011 Embedded-CMC	97	11	Embedded-CMC	FE	E																						
PD_033_7821_001	91	11	PD - flow	E	E															N	C						
YPL_CA	22	11	YPL_CA																								
V_033_0821_002	26	11	YST output valve							F																	

Slika 4.12. Upravljačka matrica (OCM)

4.3. Vizualizacijsko sučelje

Kako bi operateri u postrojenju i inženjeri mogli nadzirati i upravljati procesom, izrađuje se SCADA aplikacija. Za izradu se koristi Process Screen Designer (slika 4.13.) koji je dio Configurator Managera. Aplikacija se izrađuje tako da bude što sličnija P&ID dijagramu, ali i da prati fizički raspored komponenata u pivovari.



Slika 4.13. Process Screen Designer

Na slici 4.14. prikazano je gotovo vizualizacijsko sučelje (engl. *Human machine interface - HMI*). U donjem lijevom kutu nalazi se prikaz sekvence. Na njemu se može vidjeti ime sekvence, u kojem statusu rada je sekvenca, koji je trenutni broj serije proizvodnje, u kojem se koraku sekvenca trenutno nalazi i vrijeme provedeno u trenutnom koraku. Također, u ovom prozoru prikazuju se i poruke i upute za operatera, kao i upozorenja i alarmi koje on može potvrđivati.

Desno od prikaza sekvence nalazi se prikaz FIFO (First In, First Out) komunikacije. Prikazan je odabrani spremnik koji je izvor kvasca prilikom doziranja. FIFO komunikacija koristi se za komunikaciju između Transfer Unita (linija doziranja kvasca) i Storage Unita (spremnik kvasca).

U lijevom dijelu SCADA-e prikazan je spremnik kvasca. Pored spremnika su vidljivi ekrani koji prikazuju tlak i temperaturu unutar spremnika te postotak popunjenosti sprem-

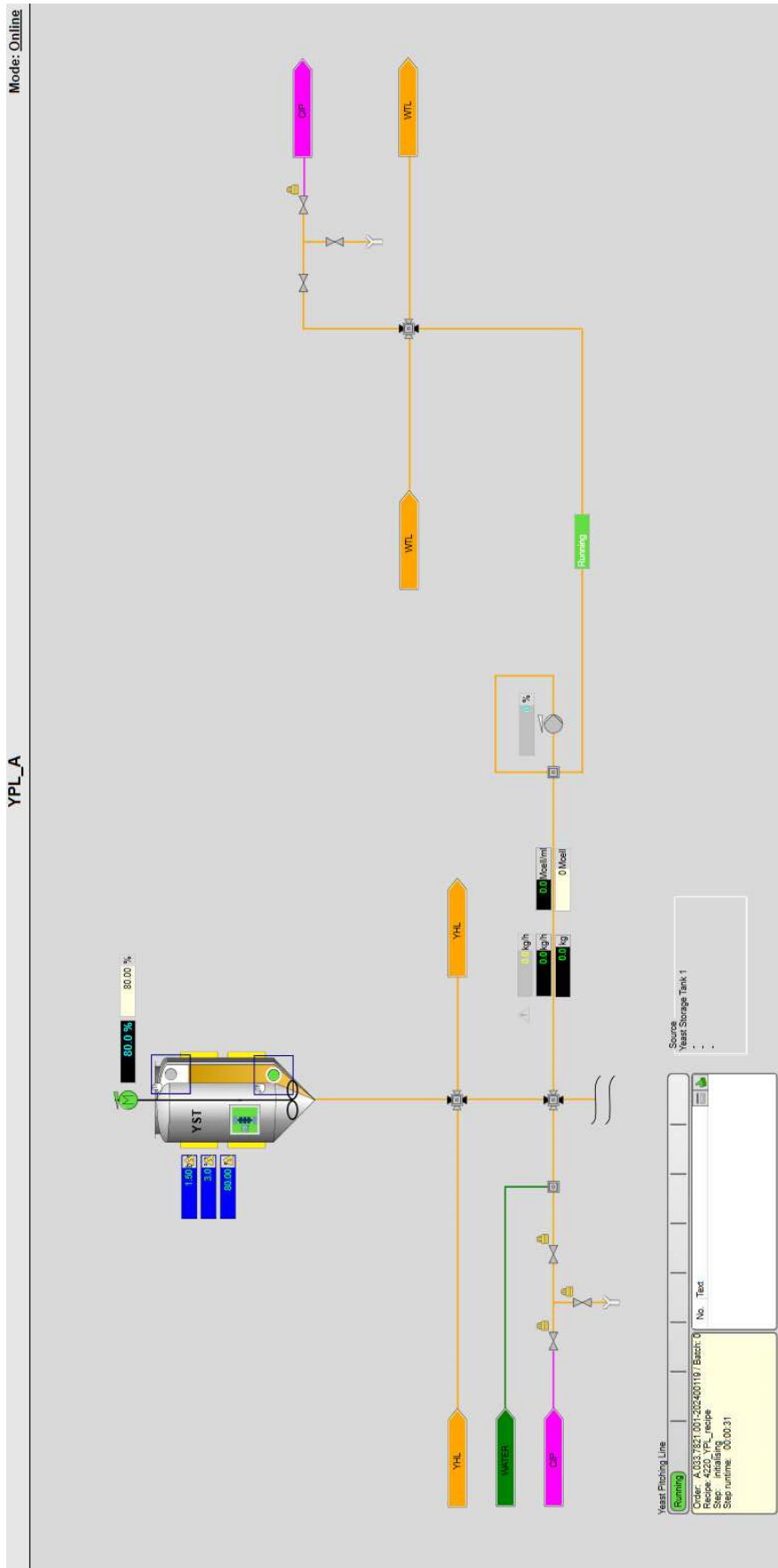
nika. Prikazan je i postotak brzine rada miješalice kvasca. Na spremniku se nalaze i dvije sklopke koje označavaju kada je spremnik prazan odnosno pun. Također, kvadratnim prozorom prikazan je sekvenca koja upravlja skladištenjem kvasca u spremniku.

Komponente na SCADA-i su povezane linijama u različitim bojama, ovisno o mediju kojeg provode. Tako su linije koje provode kvasac ili sladovinu narančaste boje, linije koje provode vodu su zelene, a linije namijenjene za ispiranje su roze.

Spremnik kvasca se puni preko linije za dovod kvasca (engl. *Yeast Harvest Line*) sa kojom je povezan dvostranim ventilom. Drugim dvostranim ventilom povezan je i sa dovodom vode, linijom za ispiranje (engl. *Cleaning in place - CIP*) i linijom za doziranje kvasca. Ventili na liniji za ispiranje su blokirani za vrijeme procesa proizvodnje. Linija za ispiranje u ovom radu nije obrađena.

Tijekom procesa doziranja, kvasac preko navedenoga dvostranog ventila, linijom za doziranje, dolazi do pumpe koja u liniji održava zadani protok. Ekran iznad pumpe prikazuje brzinu pumpe prikazanu u obliku postotka. Pumpu je moguće zanemariti aktiviranjem ventila koji premošćuje pumpu. Sa gornje i donje strane linije nalaze se ekrani koji prikazuju protok medija u liniji, PID regulator koji regulira protok, brojač koji prikazuje protekle kilograme medija, broj ćelija kvasca koje su protekle po mililitru medija i prikaz Aber brojača koji prikazuje broj proteklih ćelija kvasca.

Dalje na liniji nalazi se pravokutni prozor koji predstavlja REM i prikazuje njegovo trenutno stanje nakon čega linija dolazi do dvostranog ventila preko kojeg je povezana s linijom za prijenos sladovine (engl. *Wort Transfer Line*) i sa odvodnom granom. Tijekom procesa doziranja, kvasac se preko navedenog ventila dodaje sladovini u liniji za prijenos sladovine.



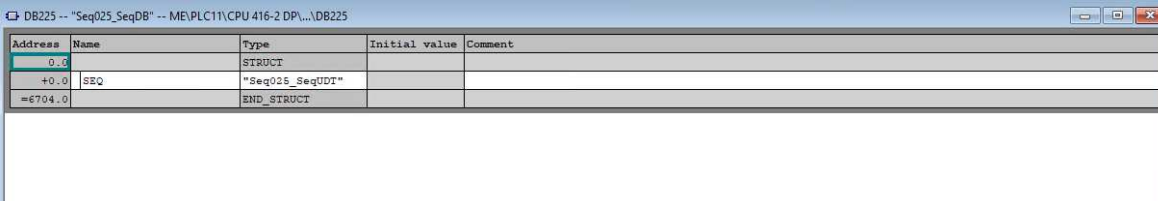
Slika 4.14. SCADA prikaz linije za doziranje kvasca

4.4. Programski kod

Programski kod pokreće se iz Operation Managera. Prvo se odabire željeni recept koji je povezan na određenu proceduru i pokreće se sekvenca. Ona prolazi kroz korake navedene u proceduri, a u sljedeći korak prelazi na osnovu definiranih uvjeta. Upravljački kod u PLC-u realiziran je u programskom okruženju SIMATIC Manager - STEP 7 (v5.7). Kod je podijeljen na više funkcijskih blokova koji se ciklički izvršavaju u PLC-u. Generalni funkcijski blok služi za izvršavanje koda koji se koristi tijekom cijelog procesa, dok je svakom koraku procesa pridružen poseban funkcijski blok s kodom specifičnim za taj korak.

4.4.1. Podatkovni blok linije za doziranje kvasca

Svakoј sekvenci u Configurator Manageru dodijeljen je podatkovni blok (engl. *Data Block - DB*) koji se koristi za pohranu i korištenje podataka nužnih prilikom izvršavanja sekvence. Broj podatkovnog bloka određuje se tako da se na broj sekvence doda broj 200. S obzirom da je broj sekvence za doziranje kvasca 25, pripadajući podatkovni blok se naziva DB225. U deklarativnom prikazu podatkovnog bloka vidljivo je da je u blok upisan podatak "Seq025_SeqUDT" (slika 4.15. Navedeni UDT (engl. *User Defined Datatype*) predstavlja korisnički definirani tip podataka koji u nazivu ima isti broj kao i podatkovni blok. To je predložak koji definira koji podatci će se nalaziti u podatkovnom bloku i u njega je moguće dodati željene podatke ovisno o potrebama sekvence. UDT koji se koristi za liniju doziranja kvasca vidljiv je na slici 4.16.



Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	Seq	"Seq025_SeqUDT"		
+6704.0		END_STRUCT		

Slika 4.15. Prikaz podatkovnog bloka DB225

Adresa	Ime	Tip	Initial value	Comment
+0.0		STRUCT		
+0.0	SeqLink	INT	0	SeqNo using this datablock
+2.0	Begin_UserData	INT	78	Byteoffset begin user data
+4.0	Begin_Option	INT	482	Byteoffset begin options
+6.0	Begin_Message	INT	516	Byteoffset begin messages
+8.0	Begin_Setpoint	INT	1388	Byteoffset begin setpoints
+10.0	Begin_FIFO	INT	3598	Byteoffset begin FIFO's
+12.0	Begin_StepDeco	INT	1158	Byteoffset begin step decoder
+14.0	Begin_RecipeDeco	INT	1192	Byteoffset begin recipe decoder
+16.0	Begin_SUIF	INT	0	Byteoffset begin SU-Interface
+18.0	Begin_TaskplannerRecv	INT	0	Byteoffset begin taskplanner recv interface
+20.0	Begin_TaskplannerIF	INT	0	Byteoffset begin taskplanner interface
+22.0	Begin_UserState	INT	60	Byteoffset begin UserStateFlags
+24.0	Begin_CmdIF	INT	6514	Byteoffset begin command interface
+26.0	Begin_Spare03	INT	0	Spare
+28.0	Begin_OcmIF	INT	1226	Byteoffset begin OCM-Interface
+30.0	Begin_FuIF	INT	0	Byteoffset begin FU-Interface
+32.0	Begin_EM	INT	5568	Byteoffset begin EM-Interface
+34.0	Begin_Function	INT	1902	Byteoffset begin global function
+36.0	Begin_SelectorIF	INT	3440	Byteoffset begin selector interface
+38.0	Begin_ReportData	INT	0	Byteoffset begin report data (user)
+40.0	Begin_UserStep	INT	472	Byteoffset begin Act-Step / last-Step (user)
+42.0	Begin_REMAux	INT	70	Byteoffset begin REM auxiliary bits in user state area (user)
+44.0	Begin_MsgDly	INT	646	Byteoffset begin Message delay times (user)
+46.0	Begin_User_04	INT	0	Byteoffset begin xxx (user)
+48.0	Begin_User_05	INT	0	Byteoffset begin xxx (user)
+50.0	Begin_User_06	INT	0	Byteoffset begin xxx (user)
+52.0	Begin_User_07	INT	0	Byteoffset begin xxx (user)
+54.0	Begin_User_08	INT	0	Byteoffset begin xxx (user)
+56.0	Begin_User_09	INT	0	Byteoffset begin xxx (user)
+58.0	Begin_User_10	INT	0	Byteoffset begin xxx (user)
+60.0	UserStateNo	INT	128	Number of flags
+62.0	UserState	STRUCT		User State Area
+0.0	P_Running	BOOL	FALSE	Sequence running in Production mode (W PROP)
+0.1	C_Running	BOOL	FALSE	Sequence running in CIP mode (W PROP)
+0.2	Bool003	BOOL	FALSE	
+0.3	Bool004	BOOL	FALSE	
+0.4	Bool005	BOOL	FALSE	
+0.5	Bool006	BOOL	FALSE	
+0.6	Bool007	BOOL	FALSE	
+0.7	Bool008	BOOL	FALSE	
+1.0	EmergencyOK	BOOL	FALSE	Sequence emergency state OK - 0 = Alarm (W SEQ)
+1.1	ReadyToStart	BOOL	FALSE	Sequence ready to start (W SEQ)
+1.2	Vessel_safety	BOOL	FALSE	Vessel safety request - 0 = safe mode (W SEQ)
+1.3	Door_safety	BOOL	FALSE	Door safety request - 0 = safe mode (W SEQ)
+1.4	Bool013	BOOL	FALSE	
+1.5	Bool014	BOOL	FALSE	
+1.6	Bool015	BOOL	FALSE	

Slika 4.16. Prikaz korištenog tipa podataka UDT225

4.4.2. Generalni funkcijski blok

Funkcionalnost svake sekvence se u PLC upravljačkom kodu ostvaruje korištenjem funkcijskih blokova u SIMATIC-u. Svaki korak ima zasebni funkcijski blok koji se ciklicki izvršava kada je taj korak aktivan. Za razliku od blokova koraka, funkcijski blok sekvence, tzv. generalni blok sekvence, izvodi se uvijek. Zato se generalni blok sekvence koristi za programiranje stavki koje su neovisne o koraku u kojem se sekvenca nalazi, primjerice dio koda koji prikazuje alarmne poruke stanja sekvence (vidljiv na slici 4.17.) ili dio koda koji zaustavlja rad koraka i sekvencu stavlja u stanje hold uslijed postojanja alarma (vidljiv na slici 4.18.) [6].

```

Network 6: (before ProcOp) Messages
-----
NOP 0
//-----
// General

//--- Msg001 - Step monitoring time expired (W)
A "SeqRun"
A "StepMonTime_Result"
AN "Index16"
= "Message001"

//--- Msg002 - Step monitoring time expired (A)
A "SeqRun"
A "StepMonTime_Result"
A "Index16"
S "Message002"

//--- Msg003 - Operator hold (W)
A "SeqRun"
A #SEQ.UserState.HoldReqOperator
= "Message003"

//--- Msg004 - External hold (I)
A "SeqRun"
A "DB_Li_T_Cl40_SEQ_IF".SEQ.ExtHold
= "Message004"

//--- Msg005 - Sequence aborted from system -Unit to be cleaned (A)
A #SEQ.UserState.AbortReqPROP
S "Message005"

//--- Msg007 - Emergency stop (A)
AN #SEQ.UserState.EmergencyOK
S "Message007"

//--- Msg008 - Power failure (A)
A "ToDo_0"
S "Message008"

//--- Msg009 - Control air failure (A)
A "ToDo_0"
S "Message009"

//-----
// OCM object status

//--- Msg014 - Route 1 REM OCM warning reason Object error (W)
A "SeqRun"
A #SEQ.UserState.REM01OK
A #SEQ.REM01.IF.EM_FaultResponsePriol
A #SEQ.REM01.IF.EM_FaultReasonError
= "Message014" // Object error in one or more OCMs (I)

```

Slika 4.17. Uvjeti dizanja alarmnih poruka u generalnom bloku[6]

```

0 "Message116" // IF08 communication error
0 "Message118" // IF08 not ready
0 "Message119" // IF08 not responding to commands
0 "Message121" // IF09 communication error
0 "Message123" // IF09 not ready
0 "Message124" // IF09 not responding to commands
0 "Message126" // IF10 communication error
0 "Message128" // IF10 not ready
0 "Message129" // IF10 not responding to commands
0 "Message133" // FIFO 1 selection 1 communication error
0 "Message135" // FIFO 1 selection 1 not ready
0 "Message136" // FIFO 1 selection 1 not responding to commands
0 "Message140" // FIFO 1 selection 2 communication error
0 "Message142" // FIFO 1 selection 2 not ready
0 "Message143" // FIFO 1 selection 2 not responding to commands
0 "Message147" // FIFO 2 selection 1 communication error
0 "Message149" // FIFO 2 selection 1 not ready
0 "Message150" // FIFO 2 selection 1 not responding to commands
0 "Message154" // FIFO 2 selection 2 communication error
0 "Message156" // FIFO 2 selection 2 not ready
0 "Message157" // FIFO 2 selection 2 not responding to commands
0 "Message160" // Utility 1 not ready
0 "Message162" // Utility 2 not ready
0 "Message164" // Utility 3 not ready
0 "Message166" // Utility 4 not ready
0 "Message168" // Utility 5 not ready
0 "Message170" // Utility 6 not ready
0 "Message171" // Minimum flow not reached
0 "Message172" // Step monitoring amount reached
0 "Message174" // Maximum pressure
0 "Message175" // Minimum pressure
0 "Message182" // SMN1 alarm limit
0 "Message184" // SMN2 alarm limit
0 "Message186" // SMN3 alarm limit
0 "Message188" // SMN4 alarm limit
0 "Message200" // SMN5 alarm limit
= #SEQ.UserState.HoldReqSEQ

```

Slika 4.18. Sekvenca odlazi u stanje *hold* ako je aktivna alarmna poruka[6]

4.4.3. Korak 1: *Initialising*

U koraku inicijalizacije potrebno je provjeriti ispravnost i spremnost svih komponenata. Svi ventili bi trebali biti zatvoreni, a pumpa ugašena. Ta provjera obavlja aktiviranjem nultog koraka u upravljačkoj matrici "OCM_Act00 - Idle" (slika 4.19.). Također, u ovom koraku resetiraju se svi brojači i vrijednosti parametara sekvence se postavljaju na vrijednost nula. Uspostavlja se i veza sa spremnikom kvasca i linijom za prijenos sladovine koji sudjeluju prilikom doziranja kvasca. Komunikacija sa linijom prijenosa sladovine ostvarana je putem objekta klase C169 SeqCom kojeg je potrebno stvoriti u Configurator Manageru. SeqCom objekti omogućavaju jednostavnu komunikaciju između više sekvenci preko servera, a moguća je i komunikacija sekvenci na različitim PLC-ima. Linija za doziranje kvasca, sa spremnikom kvasca komunicira putem ranije spomenute FIFO komunikacije.

```
Network 11 : Activations
Act 00 - Idle
Act 01 - InherentlySafe
Act 02 - OCM alarm
Act 03 - OCM warning
Act 04 - Monitoring drain
Act 05 - Monitoring water/CIP
Act 06 - Monitoring YST output valve
Act 07 - Monitoring dosing
Act 08 - Monitoring bypass
Act 09 -
Act 10 - Water/CIP
Act 11 - Yeast intake valve
Act 12 - Yeast dosing valve
Act 13 - Route to drain
Act 14 - Transfer
Act 15 -
Act 16 -
Act 17 -
Act 18 -
Act 19 -
Act 20 -
Act 21 - Pump bypass
Act 22 - Pump fix speed
Act 23 - Pump flow control
Act 24 - Pump off
Act 25 -
Act 26 -
Act 27 -
Act 28 -
Act 29 -
Act 30 -
Act 31 -

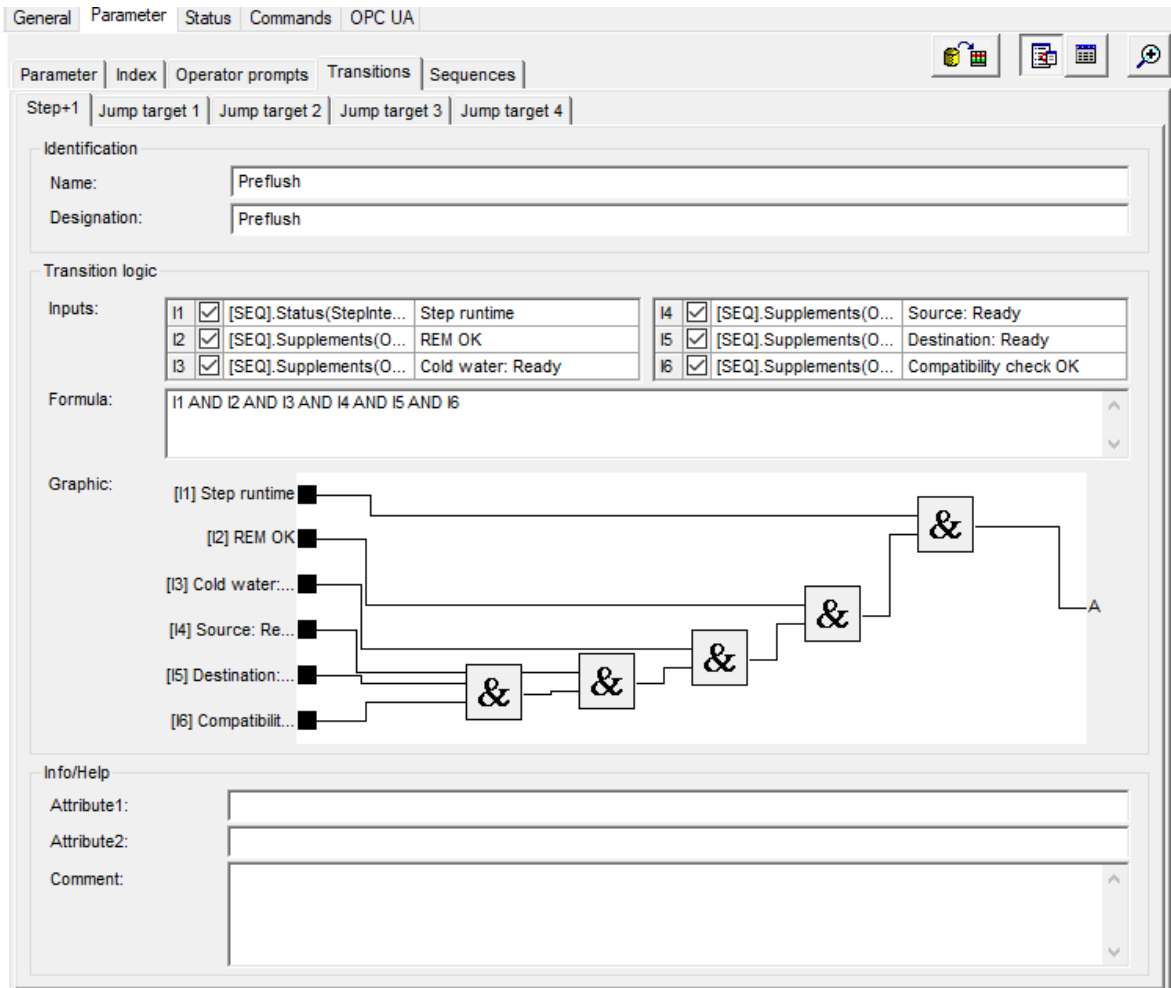
NOP 0

//--- Act 00 - Idle
AN "StepEnd" M935.3 -- (R) Step last cycle
= #SEQ.REM01.IF.OCM_Activity[0] #SEQ.REM01.IF.OCM_Activity[0]
```

Slika 4.19. Aktivacija koraka inicijalizacije

Prelazak u idući korak ostvaruje se ispunjavanjem određenih uvjeta. Potrebno je pričekati određeno vrijeme kako bi se izbjegla slučajna upozorenja i alarmi, REM mora dati povratnu informaciju da je u redu, komunikacija sa dovodom vode, spremnikom kvasca i linijom za prijenos sladovine mora poslati informaciju da su ti dijelovi spremni za rad. Također, potrebna je potvrda da je materijal koji će se koristiti u doziranju kvasca

ispravno odabran u Operator Manageru. Uvjete za prelazak u idući korak potrebno je navesti u Configurator Manageru (slika 4.20.). Vremenska odgoda prelaska u idući korak ostvaruje se pomoću sistemskog bita unutar Configurator Managera dok je ostale uvjete potrebno programirati unutar PLC-a (slika 4.21.) te ih povezati s parametrom sekvence "Transition Option".



Slika 4.20. Uvjeti prelaska u idući korak

□ Network 14 : Next step conditions

```
      NOP      0

//--- Step end condition 2 - REMs OK
AN   "StepEnd"
A    #T_InitDly
A    #SEQ.REM01.IF.OCM_Feedback[0]
AN   "Message022"
AN   "Message023"
=    "Option002"

//--- Step end condition 3 - Cold water: Ready
AN   "StepEnd"
A    #T_InitDly
A    #SEQ.UserData.udCW_Recv_RdyAct
AN   "Message159"
=    "Option003"

//--- Step end condition 4 - Source: Ready
AN   "StepEnd"
A    #T_InitDly
A    #T_InitDly_Src
A    #SEQ.FIFO01.Pos[1].Valid
A    #SEQ.FIFO01.Entry[1].EntryValid
A    #SEQ.FIFO01.Entry[1].SU.Selection_ok
A    #SEQ.FIFO01.Entry[1].SU.FBS05
A    #SEQ.FIFO01.Entry[1].SU.FBS06
A    #SEQ.FIFO01.Entry[1].SU.FBS31
AN   "Message132"
AN   "Message134"
AN   "Message183"
A    #T_AmountOK
AN   "Message182"
=    "Option004"

//--- Step end condition 5 - Destination ready
AN   "StepEnd"
A    #T_InitDly
A    #SEQ.WTL.SelectionOk
A    #SEQ.WTL.Cmd05
A    #SEQ.WTL.Cmd31
=    "Option005"

//--- Step end condition 6 - Compatibility check OK
A    #SEQ.UserState.MaterialOK
AN   "StepEnd"
A    #T_InitDly
A    #T_InitDly_Src
AN   "Message183"
AN   "Message184"
=    "Option006"
```

Slika 4.21. Kod za uvjete prelaska u idući korak

4.4.4. Korak 2: *Preflush*

U ovom koraku se linija za doziranje kvasca ispire vodom. Otvaranjem ulaznog dvostranog ventila, voda se pušta u liniju i preko izlaznog dvostranog ventila odlazi u odvod na kraju linije.

Za prelazak u idući korak potrebno je pomoću pumpe postići protok unutar cijevi koji je zadan u proceduri. Drugi uvjet je da kroz cijev proteče količina vode u kilogramima zadana u proceduri.

4.4.5. Korak 3: *Prerun*

U ovom koraku se kroz liniju za doziranje propušta određena količina kvasca prema liniji za prijenos sladovine. Taj postupak se odrađuje radi toga kako bi se odstranio kvasac niže kvalitete sa dna spremnika kvasca. Putem FIFO komunikacije, linija za doziranje kvasca provjerava je li spremnik kvasca spreman za prijenos kvasca (slika 4.23.). Kada je spremnik spreman, linija za doziranje otvara put kvascu od spremnika prema odvodu. Također, vrijednost količine protekloga kvasca šalje se spremniku. Za prelazak u idući korak potrebno je da specifična količina kvasca prođe kroz liniju. Ta količina određuje se prema fizičkoj zapremnini cijevi (engl. *Pushout amount*) umanjenoj za korekcijski faktor (engl. *Correction amount*) koji operateri zadaju u proceduri (slika 4.22.).

```
////////Setpoint VCM[2] - Amount
L      #SEQ.FIFO01.Entry[1].Parameter1
L      "DB_LiT_C160_SEQ_IF".extValue[1]
+R
T      "DB_LiT_C160_SEQ_IF".VCM[2].sSetpoint

G011: NOP  0
```

Slika 4.22. Određivanje količine kvasca u *Prerun-u*

```

// FIFO01 - Source - YPT
//=====

//--- Select
AN  "StepEnd"
A   #SEQ.FIFO01.Pos[1].Valid
A   #SEQ.FIFO01.Entry[1].EntryValid
=   #SEQ.FIFO01.Entry[1].TU.Select

//--- Request
A   #SEQ.FIFO01.Entry[1].TU.Select
A   #SEQ.FIFO01.Entry[1].SU.Selection_ok
=   #SEQ.FIFO01.Entry[1].TU.CMD05

//--- Active
A   #SEQ.FIFO01.Entry[1].TU.CMD05
AN  "HeldDelayed"
=   #SEQ.FIFO01.Entry[1].TU.CMD06

//--- Open route
A   #SEQ.FIFO01.Entry[1].TU.CMD05
AN  "StepPreEnd"
AN  "Held"
A   #SEQ.REM01.IF.OCM_Feedback[13]    // Route to drain
=   #SEQ.FIFO01.Entry[1].TU.CMD07

//--- sValue08 - Amount [kg] - CNT
L   #SEQ.Func[1].sActual              // Amount from source
T   #SEQ.FIFO01.Pos[1].ValueSend[8]

//--- Send values command
AN  "StepEnd"
A   #SEQ.FIFO01.Entry[1].SU.Selection_ok
=   #SEQ.FIFO01.Pos[1].SetValue[8]    // Amount [kg] - CNT

```

Slika 4.23. FIFO komunikacija spremnika kvasca i linije za doziranje kvasca

4.4.6. Korak 4: *Transfer*

U ovom koraku kvasac se prebacuje iz spremnika kvasca u liniju za prijenos sladovine preko koje odlazi do fermentacijskih tankova. Operater zadaje koliko kvasca želi dozirati u liniju za prijenos sladovine. Dostupna su četiri moguća tipa doziranja: prema masi protekloga kvasca, prema masi protekloga "živog" kvasca, prema broju proteklih ćelija kvasca ili dok spremnik kvasca nije prazan. Prema odabranom tipu doziranja, određuje se vrijednost koju je potrebno dozirati u ovom koraku (slika 4.24.).

Kako se manja količina kvasca dozira i u idućem koraku (*Postrun*), zadana količina doziranja umanjuje se za tu količinu. Nakon postizanja zadanog protoka, kvasac se dozira dok se ne isporuči potrebna količina nakon čega se prelazi u idući korak procedure.

```

///// Setpoint
L 0.000000e+000
A #SEQ.WTL.Cmd11
JCN NTY
L #SEQ.WTL.CmdReal01
NTY: A #SEQ.WTL.Cmd12
JCN NVY
L #SEQ.WTL.CmdReal02
L #T_ViableYeastfactor
/R
NVY: A #SEQ.WTL.Cmd13
JCN NCE
L #SEQ.WTL.CmdReal03
L 5.000000e+002 // Mcell/ml
/R
L 1.000000e-003 // ml to l
*R
L 1.250000e+000 // Average yeast densitiy [kg/l]
*R
NCE: A #SEQ.WTL.Cmd14
JCN NEM
L 0.000000e+000
T #SEQ.Func[2].sSetpoint
T "DB_LiT_C160_SEQ_IF".VCM[2].sSetpoint
T "DB_LiT_C160_SEQ_IF".VCM[3].sSetpoint
T "DB_LiT_C160_SEQ_IF".VCM[5].sSetpoint
NEM: T #SEQ.Func[2].sSetpoint

```

Slika 4.24. Određivanje količine koju treba dozirati s obzirom na tip doziranja

4.4.7. Korak 5: *Postrun*

Cijev između spremnika kvasca i linije za doziranje sladovine ostaje ispunjena kvascem nakon prethodnog koraka. U ovom koraku, otvaranjem ventila za dovod vode, u cijev se pušta voda koja izgurava preostali kvasac preko izlaznog dvostranog ventila u liniju za prijenos sladovine. Nakon što se prebaci zadana količina kvasca, sekvenca prelazi se u idući korak.

4.4.8. Korak 6: *Postflush*

U ovom koraku linija za doziranje kvasca ispire se vodom. Preko dovodnog ventila, voda ulazi u liniju za doziranje, ispire ju te preko dvostranog izlaznog ventila odlazi u odvod na kraju linije. Ispiranje traje dok kroz liniju ne proteče količina vode zadana u proceduri.

4.4.9. Korak 7: *End*

Na kraju cijelog procesa potrebno je pričekati određeno vrijeme radi provjere da neka od komponenti nije u stanju greške. Nakon protekloga vremena i potvrde linije za prijenos sladovine da je doziranje završeno, sekvenca prelazi iz stanja *Running* u stanje *Completed*.

5. Prikupljanje i obrada podataka

U pivarskoj industriji pohranjivanje podataka je od iznimne važnosti u praćenju proizvodnje jer je moguće analizirati proces proizvodnje i uvidjeti prostor za poboljšanje kvalitete proizvoda. Kako bi se podatci o proizvodnji mogli spremati u bazu podataka, prvo je potrebno napraviti tablicu u bazi u koju će se spremati željeni parametri, a nakon toga uspostaviti komunikaciju između baze i PLC-a.

5.1. SQL baza podataka

Za izradu tablice korišten je *Microsoft SQL Server Management Studio*. To je alat koji omogućava izradu upita, dizajn i upravljanje bazama podataka. Nakon povezivanja sa sekvencom, u njemu su napravljene tablica u koju se spremaju parametri i spremljena procedura (engl. *stored procedure*) koja definira koji će se parametri nalaziti u tablici (slika 5.1.). Pozivanjem spremljene procedure, moguće je višestruko puta upisivati podatke u tablicu, a promjenom unutar njene strukture lako je moguće promijeniti podatke koji će se upisivati u tablicu.

Napravljena je tablica *user_sp_dbcom_Yeast* (slika 5.2.) u koju se prilikom poziva spremaju: vrijeme servera, vrijeme PLC-a, broj serije, ime procesa, ime koraka, trajanje koraka, tip doziranja, količina kvasca, mjerna jedinica količine kvasca, količina živog kvasca, mjerna jedinica količine živog kvasca, broj ćelija kvasca i mjerna jedinica brojanja ćelija kvasca.

```

SQLQuery3.sql - ZG...ENG02\adm-pcs (90)
-- Find parameter unit of measurement in text form
SELECT @Param1_UoM = [szShortName] FROM [dbIdc].[dbo].[tblCPUnits] WHERE [nKey] = @Param1_UoM_Id;
SELECT @Param2_UoM = [szShortName] FROM [dbIdc].[dbo].[tblCPUnits] WHERE [nKey] = @Param2_UoM_Id;
SELECT @Param3_UoM = [szShortName] FROM [dbIdc].[dbo].[tblCPUnits] WHERE [nKey] = @Param3_UoM_Id;

INSERT INTO [dbIdc].[dbo].[user_tbl_Yeast]
(
    [Time_stamp_SERVER],
    [Time_stamp_PLC],
    [Job_Id],
    [Job_Name],
    [Step_Name],
    [Step_Duration],
    [Dosing_Type],
    [Yeast_Qty],
    [Yeast_UoM],
    [ViableYeast_Qty],
    [ViableYeast_UoM],
    [Cells_Qty],
    [Cells_UoM]
)
VALUES
(
    @Time_stamp_SERVER,
    @Time_stamp_PLC,
    @Job_Id,
    @Job_Name,
    @Step_Name,
    @Step_Duration,
    @Dosing_Type,
    @Param1_Qty,
    @Param1_UoM,
    @Param2_Qty,
    @Param2_UoM,
    @Param3_Qty,
    @Param3_UoM
);

IF @@ROWCOUNT <> 0 SELECT @RET_Code = MAX([UID]) FROM [dbIdc].[dbo].[user_tbl_Yeast];

IF @@ERROR <> 0 SET @RET_Code = -1;

SELECT @RET_Code AS [RetCode];
END;

```

Slika 5.1. Spremljena procedura

SQLQuery4.sql - ZG...ENG02\adm-pcs (86) | SQLQuery3.sql - ZG...ENG02\adm-pcs (90)

```

SELECT TOP (1000) [UID]
, [Time_stamp_SERVER]
, [Time_stamp_PLC]
, [Job_Id]
, [Job_Name]
, [Step_Name]
, [Step_Duration]
, [Dosing_Type]
, [Yeast_Qty]
, [Yeast_UoM]
, [ViableYeast_Qty]
, [ViableYeast_UoM]
, [Cells_Qty]
, [Cells_UoM]
FROM [dbIdc].[dbo].[user_tbl_Yeast]

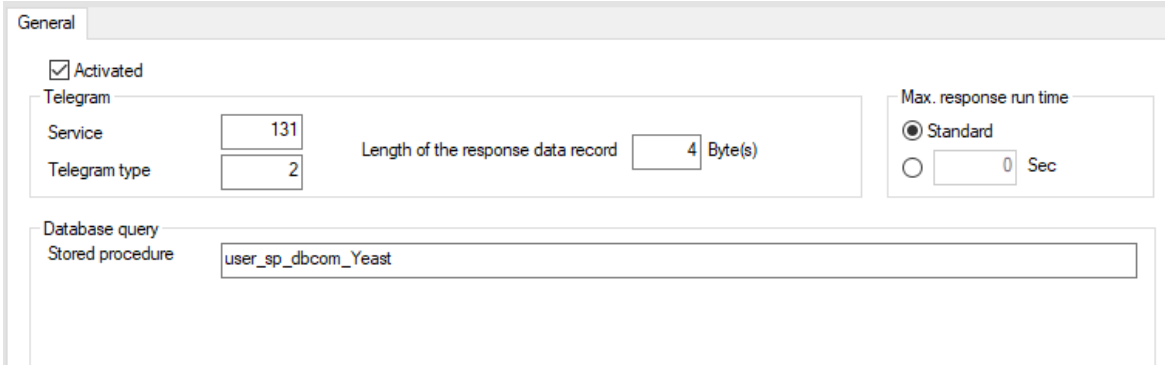
```

UID	Time_stamp_SERVER	Time_stamp_PLC	Job_Id	Job_Name	Step_Name	Step_Duration	Dosing_Type	Yeast_Qty	Yeast_UoM	ViableYeast_Qty	ViableYeast_UoM	Cells_Qty	Cells_UoM
106	2024-06-03 13:08:20.547	2024-06-03 13:08:06.000	-1845493143	A.033.7821.001-202400117	post-run	3213	Yeast cells	20.2714	kg	11.351984	kg	810856...	Mcell
107	2024-06-03 14:28:21.087	2024-06-03 14:28:07.000	-1845493143	A.033.7821.001-202400117	post-run	8014	Viable yeas...	20.2714	kg	11.351984	kg	810856...	Mcell
108	2024-06-03 14:32:58.870	2024-06-03 14:32:45.000	-1845493142	A.033.7821.001-202400118	pre-run	65	Viable yeas...	20.4557...	kg	11.455239	kg	8182314	Mcell
109	2024-06-03 14:34:30.963	2024-06-03 14:34:17.000	-1845493142	A.033.7821.001-202400118	transfer	92	Viable yeas...	41.8097...	kg	23.413454	kg	16723896	Mcell
110	2024-06-03 14:36:35.097	2024-06-03 14:36:21.000	-1845493142	A.033.7821.001-202400118	pre-run	124	Viable yeas...	30.8896...	kg	17.297646	kg	12355461	Mcell
111	2024-06-04 13:19:51.850	2024-06-04 13:19:38.000	-1845493140	A.033.7821.001-202400119	pre-run	65	Yeast amo...	20.4557...	kg	11.455216	kg	8182298	Mcell
112	2024-06-04 13:21:38.970	2024-06-04 13:21:25.000	-1845493140	A.033.7821.001-202400119	transfer	107	Yeast amo...	50.1444...	kg	26.080868	kg	20057762	Mcell
113	2024-06-04 13:24:02.120	2024-06-04 13:23:48.000	-1845493140	A.033.7821.001-202400119	pre-run	143	Yeast amo...	30.8880...	kg	17.297371	kg	12355221	Mcell
114	2024-06-04 13:31:05.060	2024-06-04 13:30:51.000	-1845493136	A.033.7821.001-202400120	pre-run	65	Viable yeas...	20.4570...	kg	11.455933	kg	8182809	Mcell
115	2024-06-04 13:32:21.140	2024-06-04 13:32:07.000	-1845493136	A.033.7821.001-202400120	transfer	76	Viable yeas...	32.9382...	kg	18.445406	kg	13175290	Mcell
116	2024-06-04 13:38:40.037	2024-06-04 13:38:26.000	-1845493136	A.033.7821.001-202400120	post-run	379	Viable yeas...	30.8936...	kg	17.300468	kg	12357478	Mcell
117	2024-06-04 13:48:33.163	2024-06-04 13:48:19.000	-1845493134	A.033.7821.001-202400121	pre-run	65	Yeast cells	20.4535...	kg	11.454004	kg	818143...	Mcell
118	2024-06-04 13:49:39.227	2024-06-04 13:49:25.000	-1845493134	A.033.7821.001-202400121	transfer	66	Yeast cells	27.5050...	kg	15.402853	kg	11002038	Mcell
119	2024-06-04 13:50:41.290	2024-06-04 13:50:27.000	-1845493134	A.033.7821.001-202400121	post-run	62	Yeast cells	30.8599...	kg	17.281563	kg	12343974	Mcell

Slika 5.2. SQL tablica

5.2. Komunikacija PLC-a i baze podataka

Komunikacija između PLC-a i baze podataka uspostavlja se unutar Configuration Managera preko objekta klase C10 DBCom (Database Communication). Kako bi se uspostavila komunikacija sa procedurom, potrebno je definirati broj telegrama i servisa koji se koristi u komunikaciji (slika 5.3.). Nakon toga kreira se objekt klase DBCom kojem je u parametrima potrebno navesti koji podatkovni blok koristi i broj komunikacijskog telegrama koji je ranije definiran (slika 5.4.).



The screenshot shows the 'General' configuration window for a DBCom object. It includes the following fields and settings:

- Activated
- Telegram**
 - Service: 131
 - Telegram type: 2
 - Length of the response data record: 4 Byte(s)
- Max. response run time**
 - Standard
 - 0 Sec
- Database query**
 - Stored procedure: user_sp_dbcom_Yeast

Slika 5.3. Postavljanje komunikacije s procedurom

Property	Value (DB)	Value (PLC)	
Object data record valid		Yes	
Object locked	No	No	
Allocation of the status	released	released	
Allocation of the error	released	released	
Mode	Response expected	Response expected	
Pointer to order trigger	DB4502.DBX0.0	DB4502.DBX0.0	
Pointer to status	DB4502.DBB1	DB4502.DBB1	
Pointer to error	DB4502.DBW2	DB4502.DBW2	
Server station number	101	101	
Service	131	131	
Telegram type	2	2	
Source: DB number	4502	4502	
Source: As of byte	4	4	
Source: Number of bytes	40	40	
Target: DB number	4502	4502	
Target: As of byte	44	44	
Target: Number of bytes	8	8	
Timeout	60	60	sec

According to structure / According to category / Alphabetically / According to structure (Name) /

Slika 5.4. Parametrizacija objekta *DBCom_Yeast*

Komunikacija s bazom podataka potrebna je u koracima procedure *Prerun*, *Transfer* i *Postrun* jer se tada spremaju podaci o doziranju kvasca. U tim koracima potrebno je u kodu PLC-a dohvatiti vrijednosti koje se žele promatrati (slika 5.5.). Navedene vrijednosti koriste se kao ulazi funkcije *User_TriggerDBCom_Yeast* koja se poziva unutar generalnog funkcijskog bloka (slika 5.6.). Funkcija uspostavlja DB komunikaciju, čita vrijednosti sa svojih ulaza i upisuje ih u podatkovni blok *DBCom*-a.

```

Network 15: Material management
NOP      0

A        "StepEnd"
JCN      mm
S        #SEQ.UserData.TriggerData
L        1
T        #SEQ.UserData.Step_Name
L        "DB_LiT_C160_SEQ_IF".SEQ.sActStepRunTime
T        #SEQ.UserData.Step_Duration
L        #SEQ.Value[1].Setpoint
T        #SEQ.UserData.Dosing_Name
L        "DB_LiT_C160_SEQ_IF".VCM[2].sActual
T        #SEQ.UserData.Amount1
L        "DB_LiT_C160_SEQ_IF".VCM[3].sActual
T        #SEQ.UserData.Amount2
L        "DB_LiT_C160_SEQ_IF".VCM[5].sActual
T        #SEQ.UserData.Amount3
mm:     NOP      0

```

Slika 5.5. Dohvat željenih vrijednosti unutar koraka *Prerun*

```

Network 15 : (after ProcOp) General
NOP      0

CALL     "User_TriggerDBCom_Yeast"
Job_Id   := "DB_LiT_C160_SEQ_IF".SEQ.sJobNo
Step_Name := #SEQ.UserData.Step_Name
Step_Duration := #SEQ.UserData.Step_Duration
Dosing_Name := #SEQ.UserData.Dosing_Name
Amount1   := #SEQ.UserData.Amount1
Amount2   := #SEQ.UserData.Amount2
Amount3   := #SEQ.UserData.Amount3
UoM1      := 1
UoM2      := 1
UoM3      := 1003
Trigger   := #SEQ.UserData.TriggerData

SET

R        #SEQ.UserData.TriggerData

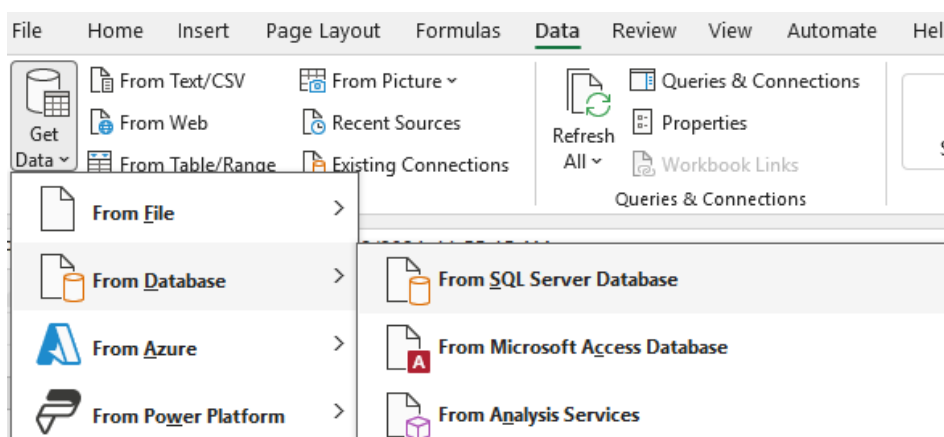
```

Slika 5.6. Poziv funkcije *User_TriggerDBCom_Yeast* u generalnom funkcijskom bloku

5.3. Izrada izvještaja

Prikupljene podatke potrebno je moći urediti, obraditi i analizirati što se radi u obliku izvještaja koji je u ovom radu napravljen u *MS Excelu* pomoću alata *Power Query (Get & Transform)*. Navedenim alatom moguće je dohvatiti vanjske podatke i onda ih uređivati, tj. uklanjati redove i stupce, mijenjati tipove podataka ili spajati više tablica.

Prvi korak pri izradi izvještaja je učitati podatke iz baze podataka, u ovom slučaju SQL tablice (slika 5.7.). Podatci su tada prikazani u tablici gdje se mogu uređivati, mijenjati i koristiti za daljnje analize (slika 5.8.).



Slika 5.7. Dohvat podataka iz SQL tablice

UID	Time_stamp	SERVER	Time_stamp PLC	Job Id	Job Name	Step Name	Step_Duration	Dosing_Type	Yeast_Qty	Yeast_UoM	ViableYeast_Qty	ViableYeast_UoM	Cells_Qty	Cells_UoM
1	5/28/2024 11:53		5/28/2024 11:53	-1845493183	A.033.7821.001-202400092	pre-run		31 Test	5408097	kg	3028534	kg		0 kg
2	5/28/2024 11:55		5/28/2024 11:55	-1845493183	A.033.7821.001-202400092	transfer		98 Test	45364887	kg	25404337	kg	18248320	kg
3	5/28/2024 11:56		5/28/2024 11:55	-1845493183	A.033.7821.001-202400092	post-run		57 Test	30212111	kg	16918781	kg	18248320	kg
4	5/28/2024 12:15		5/28/2024 12:15	-1845493182	A.033.7821.001-202400093	pre-run		31 Test	5408097	kg	3028534	kg		0 Mcell
5	5/28/2024 12:17		5/28/2024 12:16	-1845493182	A.033.7821.001-202400093	transfer		98 Test	45364887	kg	25404337	kg	18248320	Mcell
6	5/28/2024 12:18		5/28/2024 12:17	-1845493182	A.033.7821.001-202400093	post-run		57 Test	30212111	kg	16918781	kg	18248320	Mcell
7	5/28/2024 12:54		5/28/2024 12:54	-1845493179	A.033.7821.001-202400094	pre-run		31 Test	5408097	kg	3028534	kg		0 Mcell
8	5/28/2024 12:56		5/28/2024 12:56	-1845493179	A.033.7821.001-202400094	transfer		92 Test	41818935	kg	23418604	kg	16838320	Mcell
9	5/28/2024 12:57		5/28/2024 12:57	-1845493179	A.033.7821.001-202400094	post-run		57 Test	30212271	kg	16918871	kg	16838320	Mcell
10	5/28/2024 13:33		5/28/2024 13:33	-1845493178	A.033.7821.001-202400095	pre-run		41 Test	0	kg	0	kg		0 Mcell
11	5/28/2024 13:34		5/28/2024 13:34	-1845493178	A.033.7821.001-202400095	transfer		36 Test	11102339	kg	621731	kg	4644600	Mcell
12	5/28/2024 13:35		5/28/2024 13:34	-1845493178	A.033.7821.001-202400095	pre-run		34 Test	5509464	kg	30853	kg	4644600	Mcell
13	5/28/2024 13:36		5/28/2024 13:36	-1845493178	A.033.7821.001-202400095	transfer		71 Test	3036854	kg	17006613	kg	1689620	Mcell
14	5/28/2024 13:37		5/28/2024 13:37	-1845493178	A.033.7821.001-202400095	post-run		57 Test	3020303	kg	16913696	kg	1689620	Mcell
15	5/28/2024 13:59		5/28/2024 13:59	-1845493176	A.033.7821.001-202400096	pre-run		31 Test	5408097	kg	3028534	kg		0 Mcell
16	5/28/2024 13:59		5/28/2024 13:59	-1845493176	A.033.7821.001-202400096	transfer		8 Test	0.125719	kg	0.074002	kg	172990	Mcell
17	5/28/2024 14:03		5/28/2024 14:02	-1845493176	A.033.7821.001-202400096	post-run		197 Test	5658629	kg	3280632	kg	172990	Mcell
18	5/28/2024 14:07		5/28/2024 14:07	-1845493176	A.033.7821.001-202400096	pre-run		261 Test	3926786	kg	2199	kg	172990	Mcell
19	5/28/2024 14:08		5/28/2024 14:08	-1845493176	A.033.7821.001-202400096	pre-run		39 Test	3749728	kg	2099846	kg	172990	Mcell
20	5/28/2024 14:10		5/28/2024 14:09	-1845493176	A.033.7821.001-202400096	pre-run		50 Test	5408097	kg	3028534	kg	172990	Mcell
21	5/28/2024 14:11		5/28/2024 14:11	-1845493175	A.033.7821.001-202400097	pre-run		31 Test	5408097	kg	3028534	kg		0 Mcell
22	5/28/2024 14:12		5/28/2024 14:12	-1845493175	A.033.7821.001-202400097	transfer		47 Test	10065601	kg	5636737	kg	4301005	Mcell
23	5/28/2024 14:16		5/28/2024 14:15	-1845493173	A.033.7821.001-202400098	pre-run		31 Test	5408097	kg	3217818	kg		0 Mcell
24	5/28/2024 14:17		5/28/2024 14:17	-1845493173	A.033.7821.001-202400098	transfer		90 Test	37598576	kg	22371153	kg	15165175	Mcell
25	5/28/2024 14:17		5/28/2024 14:17	-1845493173	A.033.7821.001-202400098	post-run		15 Test	6875255	kg	4090777	kg	15165175	Mcell
26	5/28/2024 14:18		5/28/2024 14:18	-1845493173	A.033.7821.001-202400098	pre-run		26 Test	5896136	kg	3508201	kg	15165175	Mcell
27	5/28/2024 14:18		5/28/2024 14:18	-1845493173	A.033.7821.001-202400098	transfer		5 Test	0	kg	0	kg	15165175	Mcell

Slika 5.8. Excel tablica s podacima

Kako bi se moglo filtrirati i detaljnije promatrati željene parametre procesa, napravljena je tablica (slika 5.9.) u kojoj se pomoću padajućeg izbornika odabire broj serije (engl. *Job name*) na osnovu kojeg se u tablici prikazuju vremena početka i kraja traženog koraka, naziv koraka i količina protekloga kvasca u tom koraku.

Job name	Start time	End time	Step	Yeast quantity	UoM
A.033.7821.001-202400096	24-05-28 14:10:03	2024-05-28 14:10:03	pre-run	5408097	kg
A.033.7821.001-202400097	2024-05-28 14:12:42	2024-05-28 14:12:42	transfer	10065601	kg
A.033.7821.001-202400098	2024-05-28 14:17:49	2024-05-28 14:17:49	post-run	6875255	kg

Slika 5.9. Filtrirani podatci u tablici

6. Zaključak

Danas je pivo jedno od najzastupljenijih i najprodavanijih alkoholnih pića i pića općenito. Potražnja za pivom raste što proizvođače potiče da na tržište plasiraju nove vrste i usavršavaju postojeće. Kako bi proizvodnja mogla pratiti potražnju i zahtjeve kupaca, potrebno je usavršavati proces proizvodnje kao i kvalitetu samog proizvoda za što je nužna automatizacija proizvodnih pogona.

U ovom radu opisan je proces proizvodnje piva s naglaskom na doziranje kvasca, jednog od ključnih sastojaka u proizvodnji. Za automatizaciju navedenog procesa korišten je procesno upravljački sustav *brewmaxx* koji kao standardizirano rješenje olakšava i ubrzava izradu upravljačkog programa i vizualizacijskog sučelja. Programski kod kojeg izvršava PLC *Siemens S7-400*, napisan je u Siemensovom programu *Simatic STEP 7* i opisan po koracima proizvodnje. Unutar *brewmaxx* aplikacije *Configuration Manager*, konfigurirane su komponente i parametri sustava te je izrađeno vizualizacijsko sučelje. Aplikacija *Operation Manager* korištena je za upravljanje i nadzor simulacije čime je ispitana funkcionalnost sustava. Podatci prikupljeni tijekom simulacije spremljeni su u SQL bazu podataka nakon čega su pomoću *MS Excel-a* dohvaćeni, obrađeni i prezentirani u obliku izvještaja.

Literatura

- [1] r. i. r. r. Ministarstvo poljoprivrede, “Pravilnik o pivu”, *Narodne novine*, 2011.
- [2] http://www.academia.edu/7122879/Brewing_Book_for_beginners, [stranica posjećena, lipanj 2024.].
- [3] <https://www.proleit.com/brewmaxx-basic-systems/>, [stranica posjećena, lipanj 2024.].
- [4] https://www.plcacademy.com/isa-88-s88-batch-control-explained/?utm_content=cmp-true, [stranica posjećena, lipanj 2024.].
- [5] I. Sabolović, *Automatizacija procesa proizvodnje kvasca u pivarskoj industriji uz prikupljanje, obradu i analizu podataka*. Diplomski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu, 2023.
- [6] M. D. Vidović, *Automatizacija filtra komine u procesu proizvodnje piva upotrebom procesnog upravljačkog sustava Proleit brewmaxx*. Diplomski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu, 2022.

Sažetak

Automatizacija procesa doziranja kvasca u pivarskoj industriji

Andro Horvat

U radu je prezentirana kratka povijest i značenje piva kao pića te su navedene osnovne vrste i tipovi piva. Objasnjeno je koje se sve sirovine koriste za proizvodnju piva kao i proces proizvodnje po koracima s naglaskom na doziranje kvasca. Opisan je procesno upravljački sustav *brewmaxx* koji je korišten za automatizaciju procesa. Objasnjeno je što su šaržni procesi te kako automatizirati takve procese. Proces automatizacije linije za doziranje kvasca objašnjen je po koracima počevši od izrade sekvence, konfiguriranja upravljačkih modula do izrade vizualizacijskog sučelja. Upravljački kod koji izvršava PLC, napisan je u programu *Simatic STEP 7*. Provedena je simulacija automatiziranog procesa doziranja kvasca tijekom koje su prikupljeni podatci o proizvodnji. Navedeni podatci spremljeni su u SQL bazu podataka nakon čega su dohvaćeni i obrađeni u *MS Excelu*.

Ključne riječi: pivo, sirovine, kvasac, *brewmaxx*, automatizacija, šarža, PLC, SQL, MS Excel

Abstract

Uncomputable Computability

Andro Horvat

The paper presents a brief history and meaning of beer as a beverage, and describes the basic types of beer. It is explained which raw materials are used for the production of beer, as well as the production process by steps with an emphasis on the yeast pitching. The process control system *brewmaxx*, which was used for process automation, is described. It is explained what batch processes are and how to automate such processes. The process of automating the yeast pitching line is explained step by step, starting with creating the sequence, configuring the control modules, and ending with the creation of the visualization interface. The control code executed by the PLC is written in the *Simatic STEP 7* program. A simulation of the automated yeast pitching process was carried out, during which production data was collected. The mentioned data were saved in the SQL database after which they were retrieved and processed in *MS Excel*.

Keywords: beer, raw materials, yeast, brewmaxx, automation, batch, PLC, SQL, MS Excel