

Regulacija brzine crpke kiselgur filtra u filtraciji piva na Braumat sustavu

Mačešić, Mirko

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:045662>

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

*Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-19***

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science
and Information Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Sveučilišni studij

**REGULACIJA BRZINE CRPKE KISELGUR FILTRA U
FILTRACIJI PIVA NA BRAUMAT SUSTAVU**

Diplomski rad

Mirko Mačešić

Osijek, 2023.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit****Osijek, 20.09.2023.****Odboru za završne i diplomske ispite****Imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit**

Ime i prezime Pristupnika:	Mirko Mačešić
Studij, smjer:	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
Mat. br. Pristupnika, godina upisa:	D-1412, 07.10.2021.
OIB studenta:	46388824485
Mentor:	prof. dr. sc. Dražen Slišković
Sumentor:	,
Sumentor iz tvrtke:	Tomislav Vukovski
Predsjednik Povjerenstva:	izv. prof. dr. sc. Ratko Grbić
Član Povjerenstva 1:	prof. dr. sc. Dražen Slišković
Član Povjerenstva 2:	prof. dr. sc. Robert Cupec
Naslov diplomskog rada:	Regulacija brzine crpke kiselgur filtra u filtraciji piva na Braumat sustavu
Znanstvena grana diplomskog rada:	Automatika (zn. polje temeljne tehničke znanosti)
Zadatak diplomskog rada:	Tema je rezervirana za: Mirko Mačešić Sumentor iz tvrtke: Tomislav Vukovski (Montelektro doo, Slatina) U radu je potrebno opisati tehnološki proces filtracije piva uz primjenu kiselgur filtra. S ciljem razvoja sustava upravljanja kiselgur filtrom provesti analizu pripadnog dijela procesa te izraditi simulacijski model. Na temelju razvijenog modela potrebno je projektirati regulator brzine crpke kiselgur filtra te realizirati programski kod za njegovu automatizaciju. Programski kod je potrebno implementirati u PLC S7-400 te testirati na već postojećem postrojenju.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
Datum prijedloga ocjene od strane mentora:	20.09.2023.

Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:

Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.

Datum:



FERIT

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 09.10.2023.

Ime i prezime studenta:	Mirko Mačešić
Studij:	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D-1412, 07.10.2021.
Turnitin podudaranje [%]:	5

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Regulacija brzine crpke kiselgur filtra u filtraciji piva na Braumat sustavu**

izrađen pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Dražen Slišković

i sumentora ,

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

Sadržaj

1. UVOD	3
1.1. Zadatak diplomskog rada.....	4
2. PROIZVODNJA PIVA	5
2.1. Glavni sastojci piva	5
2.2. Dodatci za pivo	8
2.3. Proizvodni proces piva	9
2.4. Filtriranje piva	16
3. MODEL REGULACIJSKE STAZE I SINTEZA REGULATORA	20
3.1. Struktura regulacijskog kruga.....	20
3.2. Darcijev zakon	22
3.3. Matematički model regulacijske staze.....	24
3.4. PI regulator	28
3.5. Sinteza PI regulatora po Ziegler – Nichols metodi	29
3.6. Sinteza PI regulatora po Cohen-Coon metodi	31
4. MATLAB I BRAUMAT SIMULACIJE	34
4.1. Matlab simulacija i rezultati	34
4.2. Braumat simulacija Kiselgur filtra	48
5. ZAKLJUČAK	65
LITERATURA	66
SAŽETAK	67
ABSTRACT.....	68
ŽIVOTOPIS	69
PRILOG 1.	70
PRILOG 2.	78
PRILOG 3.	79

1. UVOD

Motivacija za izradu diplomskoga rada o pivovarama dolazi od nastavka prakse sa tvrtkom Montelektro. Montelektro je najveća automatizacijska tvrtka za pivovare u ovom dijelu Europe. Pivovare, kao pogoni za proizvodnju piva, nastale su tek kada su kršćanski samostani počeli proizvoditi pivo u svrhu prodaje. Najstarija pivovara, koja je još uvijek u funkcionalnom stanju, nalazi se u Bavarskoj te je svoju proizvodnju započela 1040. godine. Rane pivovare su uvijek bile građene na više katova radi korištenja gravitacije za prijenos proizvoda do iduće faze. Ovaj tip rasporeda je očuvan i u današnjim pivovarama, iako mehaničke pumpe omogućuju veću fleksibilnosti dizajna pivovare. Gotovo sva oprema u pivovarama danas je izrađena od nehrđajućega čelika, a sustavi su gotovo u potpunosti automatizirani. Automatizacija pivovare donosi uštede između 5 i 10% u proizvodnji piva jer kroz proces pivo koje je pomiješano sa vodom neće ići u odvod već će se recirkulirati u sustav. Najveći problemi u proizvodnji piva su osiguravanje kvalitetnih sastojaka za pivo te postizanje željene kakvkoće regulacije sustava automatizacije. Samo u Sjedinjenim Američkim državama u industrijama povezanim sa pivarstvom radi 2 milijuna ljudi a godišnji prihodi iznose 332 milijarde eura.

Rješavanje diplomskoga zadatka odvija se u obliku simulacije u Matlabu te u obliku izrade scade sustava za Kiselgur filter liniju pivovare. Osim scade, nužno je programirati sve korake u proizvodnji piva, kojih u ovom slučaju ima 122.

U drugom poglavlju ovoga rada opisuje se proces proizvodnje piva te su opisani glavni sastojci. Posebna je pažnja obraćena procesu filtracije piva te vrstama pivskih filtera. U trećem poglavlju izrađuje se matematički model regulacijske staze Kiselgur filtra te se opisuju dvije metode sinteze regulatora. U tvrtki Montelektro za regulaciju se koriste PI-regulatori jer daju zadovoljavajuću kakvkoću regulacije. Četvrto poglavlje se sastoji od dva dijela. Prvi dio je simulacija regulacijske staze izrađene u poglavlju 3, dok se u drugom dijelu rada izrađuje scada sustava u Braumatu te se svi koraci za proizvodnju piva programiraju u Symatic menageru. U petom poglavlju se nalazi zaključak te se daje osvrt na postignute rezultate u radu.

1.1. Zadatak diplomskog rada

U radu je potrebno opisati tehnološki proces filtracije piva uz primjenu kiselgur filtra. S ciljem razvoja sustava upravljanja kiselgur filtrom provesti analizu pripadnog dijela procesa te izraditi simulacijski model. Na temelju razvijenog modela potrebno je projektirati regulator brzine crpke kiselgur filtra te realizirati programski kod za njegovu automatizaciju. Programski kod je potrebno implementirati u PLC S7-400 te testirati na već postojećem postrojenju.

2. PROIZVODNJA PIVA

Pivo je najstarija i najčešće konzumirana vrsta alkoholnog pića na svijetu. Pivo se proizvodi kuhanjem i fermentacijom škroba, uglavnom dobivenog iz zrna žitarica. Najčešće korištena žitarica je ječam, iako se često koriste pšenica, kukuruz, riža te zob. Voda, ječam i hmelj su kroz povijest bili glavna tri sastojka za pivo. Uz glavne sastojke često su se dodavali ostali sastojci kao voće, začini i povrće. U 19. stoljeću znanstvenik Louis Pasteur otkrio je da kvasac uzrokuje fermentacije u alkoholnim pićima, te je nakon toga kvasac pronašao primjenu u pivovarama. Brewing je proces proizvodnje pića od slada. Pivo, lageri i ale najbitnija su pića koja se proizvode od slada. Tijekom kuhanja, fermentacijom šećera u sladovini dolazi do stvaranja etanola (alkohola) i ugljikovog dioksida u pivu. Većina modernog piva kuha se od hmelja, koji služi za dodavanje gorčine pivu te djeluje kao konzervans i stabilizator. U komercijalnom pivarstvu prirodni učinak karbonizacije se uklanja tijekom obrade te mijenja sa prisilnom karbonizacijom. Količina piva koju proizvode komercijalne pivovare se kreće od nekoliko hektolitara tjedno do nekoliko tisuća hektolitara tjedno [1].

2.1. Glavni sastojci piva

Oko 97% piva čina voda, samim time kvaliteta vode igra značajnu ulogu u konačnoj kvaliteti piva. Minerali u vodi su ključni za kemijske procese koji se pojavljuju tijekom brewing. Neke karakteristike povijenih pivskih marki razvijene su upravo zbog kvalitete lokalne vode. Prilikom proizvodnje svih piva tamnije nijanse korištena voda je bila barem blago tvrda. Plzenska voda koja nije imala gotovo nikakav mineralni sastav omogućavala je proizvođačima da koriste blago pečenu sladovinu i na taj način je stvoren Pilsner. Volumen korištene vode je otprilike šest puta veći od dobivene količine piva. Različiti tipovi vode se koriste u različitim fazama proizvodnje piva. Kako bi bila prikladna za brewing voda mora biti:

- Mikrobiološki čista,
- Bezbojna, bezokusna i bezmirisna,
- Njen pH mora biti neutralan ili blago kisel,

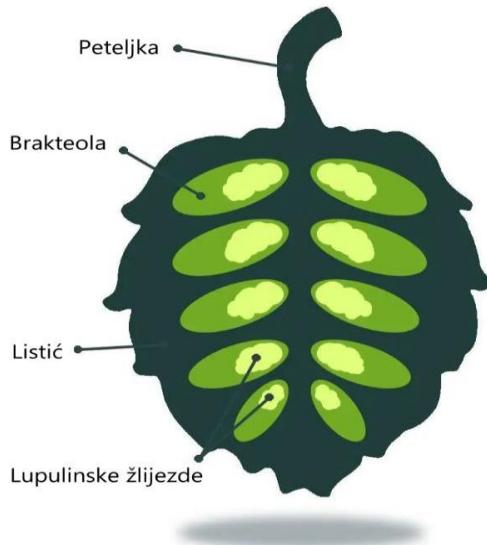
- Slobodan od teških metalnih iona.

Veliki broj substance se može pojaviti u vodi koja dolazi u pivovaru. Za različite substance u vodi potrebni su različiti tretmani kako bi ih otklonili. Proces pripreme može uključiti prozračivanje, sedimentaciju, filtraciju te sterilizaciju vode. Prozračivanje potlačenim zrakom se koristi za oksidaciju željeznih iona, nestabilnih organskih supstanci, vodikovog sulfida i ugljičnog dioksida iz vode. Voda u pivnicama može biti sterilizirana više puta tijekom procesa proizvodnje. Za sterilizaciju se koriste klor, klorov dioksid, ozon, srebro, toplina te ultraljubičasto zračenje. Ioni prisutni u vodi mogu imati širok raspon utjecaja na konačni proizvod. Kalcijevi ioni (Ca^{2+}) stabiliziraju enzime tijekom mljevenja slada te samim time spuštaju pH razinu slada. Bakreni ioni (Cu^{2+}) predstavljaju problem u brewingu u slučajevima kada su cijevi napravljene od bakra. Bakreni ioni su toksični i uzrokuju mutacije u kvazu. Otpadna voda u pivnicama je predominantno zagađena organskim tvarima te ju je stoga lako pročistiti [1].

Tablica 2.1. Veličine substanci te načini otklanjanja zagađenja [1].

Pwromjer (μm)	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1
Tipovi substanci	Soli	Šećeri	Virusi, Coliodi	Coliodi	Bakterije, kvazac
Tip tretmana	Osmoza	Nanofiltracija	Ultrafiltracija	Mikrofiltracija	Filtracija

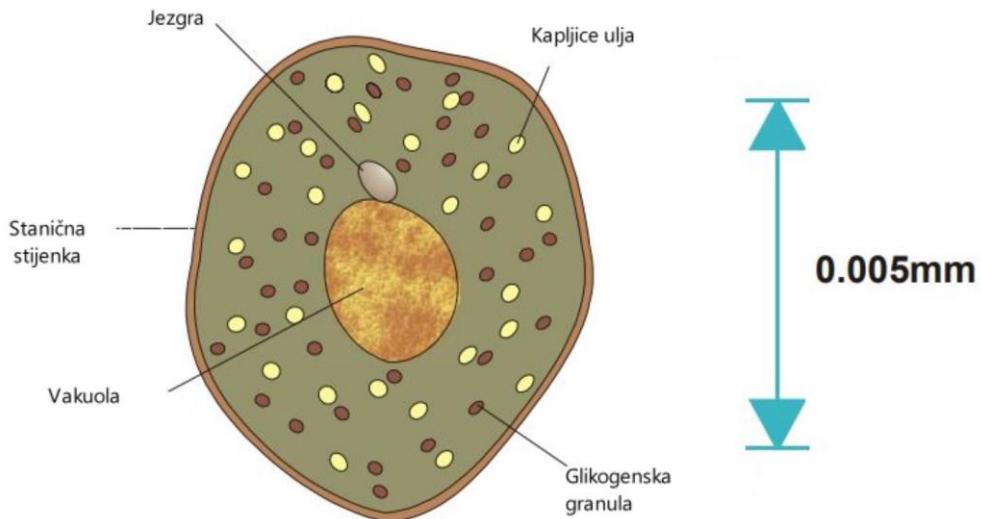
Hmelj je otkriven u srednjem vijeku kako bi se pokušao produžiti vijek trajanja ale-a. Iako su isprva korišteni kao konzervans, njihov dodatak stvorio je gorak okus u pivu. Najvažniji dio hmelja su alpha kiseline. U konvencionalnim pivovarama hmelj se kuha sa slatkom sladovinom oko sat i pol. Tijekom tog vremena α -kiseline krenu stvarati gorak okus. Preko 90% uzgojenoga hmelja se koristi u pivovarama. Hmelj je biljka penjačica, u jesen dio biljke koji je u zraku odumire dok korijen ostaje u zemlji. Rast hmelja ovisi o količine sunčeve svjetlosti. Biljci je potrebno minimalno 13 sati sunca dnevno kako bi se potakao rast ali ukoliko je dan preduž, može doći do zastoja u rastu. Umjetna svjetlost se često koristi za dostizanje potrebne količine svjetlosti i odgadanje prašenja. Hmelj je potrebno ubrati čim sazre jer ukoliko se ne ubere na vrijeme češeri hmelja se otvore te postanu krhki. Većina ubranog hmelja se suši na farmama dok ne postignu vlažnost od 10% ili manje. Za prezervaciju hmelja potrebna je temperature od 0.2 stupnja [1].



Slika 2.1. Plod hmelja [2].

Sladna zrna opskrbljuju šećer koji fermentira od strane kvasca i stvara alkohol i ugljični dioksid te uz to pružaju ključne nutrijente potrebne kvascu za razmnožavanje. Oni su također glavni izvor boje, okusa i arome piva. Malting je kontrolirani process u kojem se prvo čeka da žitarice prokliju te ih se zatim suši. Klijanje pokreće razgradnju škrobi unutar žitarice. Prilikom procesa maltanja dolazi do germinacije zrna kako bi se enzimi krenuli stvarati šećer. Enzimi moraju biti zaustavljeni prije nego što razgrade škrob jer će u suprotnom stvoriti previse šećera. Wort je tekućina koja fermentira prilikom dodavanja kvaska te kada nastane potrebno je zaustaviti rad enzima. Enzimi se zaustavljaju opreznim sušenjem zrna. Sladni ječam je daleko najraširenija žitarica u proizvodnji piva, ali nije jedina. Druge žitarice koje se koriste se pšenica, raž, zob i riža [3].

Kvasac je jednostanična gljivica koja može rasti u odsutnosti zraka. Latinski naziv pivskog kvasca je *Saccharomyces cerevisiae*; riječ *saccharomyces* bi se mogla prevesti kao slatka gljivica, jer dolazi od grčkih riječi *saccharo* (šećer) i *myco* (gljivice), dok se riječ *cerevisiae* mogla prevesti kao pivski. Kvasac metabolizira šećere iz žitarica te stvara alkohol i ugljikov dioksid. Prilikom fermentacije kvasac stvara i phenole te estere. Dodatak kvasca pridaje okusu i aromi piva. Dvije glavne vrste kvasca su lager i ale. Ale kvasac fermentira na temperaturama između 65 °C i 75 °C. Veće temperature prilikom fermentacije potiču generiranje veće količine estera i phenola što rezultira pivom čiji je okus više ovisan o kvascu. Lager kvasac fermentira na nižim temperaturama između 45 °C i 55 °C [3].



Slika 2.2. Stanica kvasca [3].

Kvasac se tipično razmnožava aseksualno. Nove stanice pupaju od "majčinske" stanice. Nakon odvajanja novih stanica kvasca na starim ostanu ožiljci. Veći broj ožiljaka označava stariju generaciju kvasca. Veličina kvasaca može uvelike varirati, jer njihova veličina ovisi o vrsti, no u prosječnim mjeranjima bili su veliki od 3 do 4 μm u promjeru, iako neki kvaci mogu doseći preko 40 μm . Kako bi se potakao razvoj kvasca potrebni su mu:

- Ugljikohidrati (šećeri),
- Dušik,
- Vitamini,
- Pojedini minerali od kojih je najvažniji cink [3].

2.2. Dodatci za pivo

Dodaci su materijali, osim slada, koji su izvori ekstrakta. Koriste se jer daju jeftiniji ekstrakt od slada i/ili daju poželjne karakteristike proizvodu. Na primjer, mogu razrijediti razine topljivog dušika u sladovini, što omogućuje upotrebu dušikom obogaćene (proteinski bogate) sladove te proizvodnju piva manje sklonom zamagljivanju. Neki dodaci pojačavaju formiranje i zadržavanje pjene. Što je veći udio dodataka korišten u kaši, to je teže postići dobar oporavak ekstrakta, a također se i viskoznost sladovine često povećava i sposobnost fermentacije smanjuje. Dodavanje topivih šećera ili sirupa sladovini povećava kapacitet pivovare i pruža jednostavni metodu za stvaranje sladovine visoke gustoće i podešavanje

fermentabilnosti sladovine. Čvrsti “*mash tun*” dodaci mogu se dodati u kašu, te će škrob koju oni sadrže biti hidrolizirana od strane enzima iz slada. Odabir dodataka zahtijeva brigu. Odabrani materijal mora biti redovito dostupan u odgovarajućim količinama i biti dobre kvalitete. Korištenje ovog materijala mora poboljšati, ili barem ne smanjiti, kvalitetu piva koje se proizvodi. Vrlo je teško zamijeniti korišteni dodatak drugim dodatkom. Osim rizika od promjene prirode piva, promjena dodataka može zahtijevati izmjene u opremi pivovare. Na primjer, postrojenje za rukovanje sirupima potpuno je drugačije od onog potrebnog za bilo koji dodatak u *mash tunu* te je i oprema potrebna za rukovanje brašnom i žitaricama različita. Vrlo je važno da voda koja se koristi za proizvodnju piva ima odgovarajuće količine minerala i soli u sebi. Neki od najvažnijih minerala su:

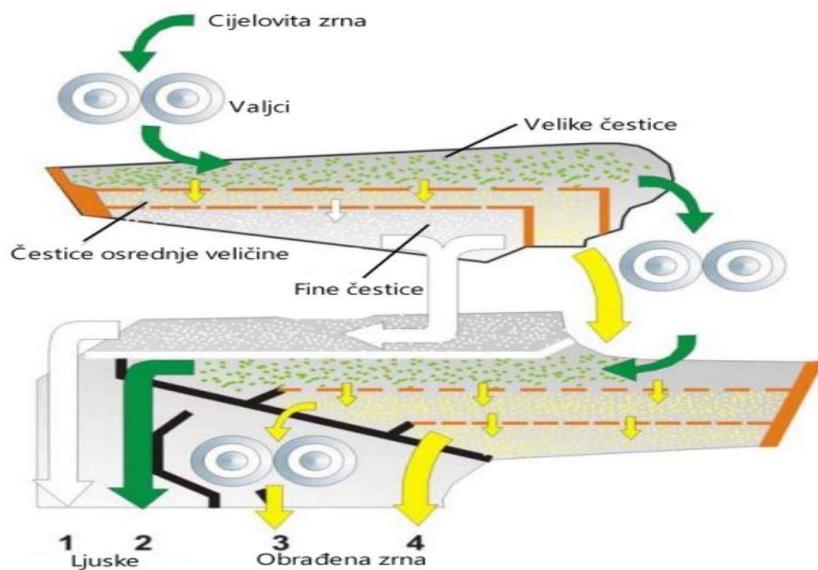
- Kalcij (Ca) – zaslužan je za snižavanje pH razina vode prilikom mashinga i prokuhavanja,
- Magnezij (Mg) – magnezij daju pivo blago gorak okus,
- Natrij (Na) – pri manjim koncentracijama daje pivu sladak okus, a pri većim slani okus,
- Željezo (Fe) – željezo mora biti odsutno u vodi. Željezo sprječava proces saharicifiranja te oslabljuje kvasac. Uz to ubrzava proces zamagljivanja pive te daje pivu metalan okus,
- Cink (Zn) – djeluje kao nutrijent kvascu te pridonosi stvaranju pjene [3].

2.3. Proizvodni proces piva

Slad koji dolazi u tvornicu još uvijek nije obradiv budući da enzimi, okusi i škrob još uvijek zarobljeni unutar sjemenke. Oslobađa ih se mljevenjem sjemenki. Ako se predugo sjeme melje rezultat će biti ljepljiva kaša, a ukoliko proces bude prekratak škrob se neće stići razložiti od strane enzima. Mlinovi mogu biti suhi i mokri. U posudi za gnječenje dodaje se topla voda kako bi se pokrenuo proces preobrazbe. Mokro mljevenje uključuje mljevenje slada i njegovo miješanje s toplom vodom tijekom procesa mljevenja. Gnječenje se događa u mlinu, a ne u posudi za kašu. Posuda za kašu se koristi ukoliko će se koristiti dodaci za smjesu. Zajednički objektivi mokrom i suhom mljevenju su:

- Izložavanje škroba,
- Osigurati ljske za filtraciju,

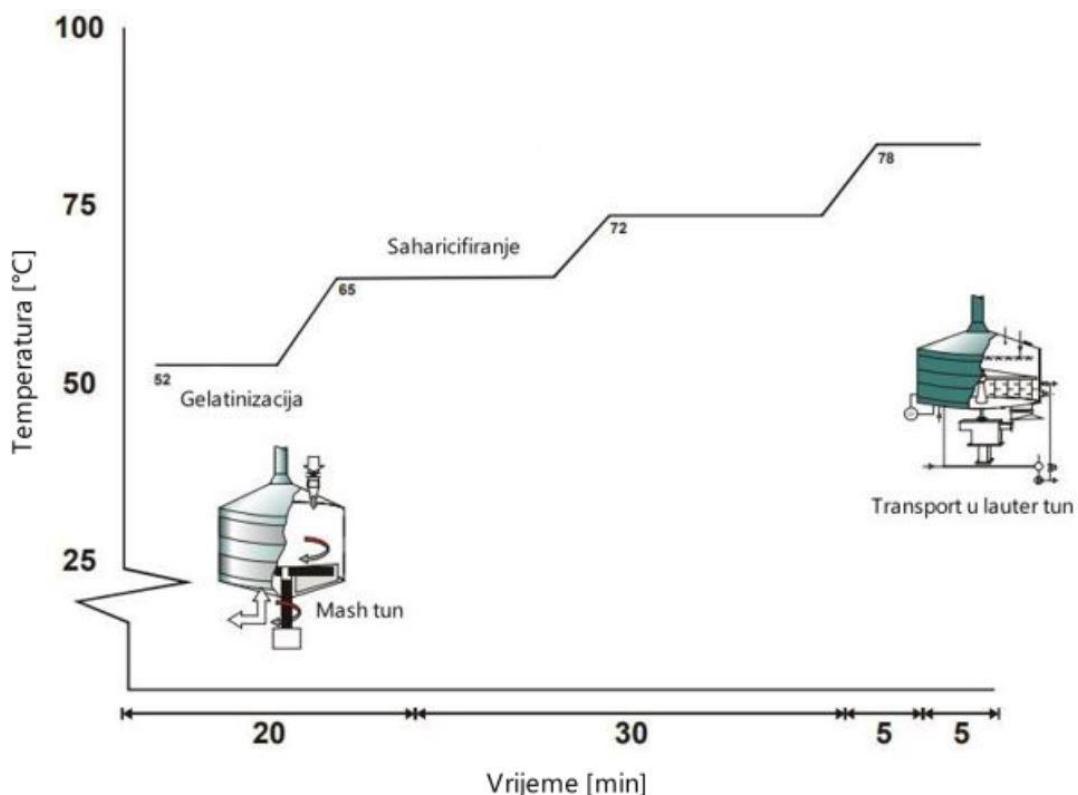
- Mljevenje škroba do željenje viskoznosti [1].



Slika 2.3. Mljevenje slada [3].

Nakon mljevenja počinje proces saharicifiranja. Saharicifiranje je proces koji opisuje djelovanje enzima na škrob, te se škrob zatim pretvara u šećer. Enzimi su proteini koju kataliziraju biokemijske reakcije. Najvažniji enzim u sladu je Amylase. Amylase razbija molekulu škroba te ju pretvara u šećer koji se otapa u sladovini. Šećeri koji nastaju tim procesom su: glukoza, maltoza, maltotriosa i dexteroza. Još jedan važan enzim je proteases. Proteases je zadužen za stvaranje razbijanje peptida kako bi stvorio amino kiseline koje su nužne za rast kvasca. Mash tun je dio proizvodnoga procesa u kojem kreće proces saharicifiranja. Suhu mljeveno žito se miješa s vodom na određenoj temperaturi u posudi za gnječenje. Ukoliko je smjesa bila mokro mljevena, kaši se ne dodaje voda. Posuda za kašu opremljena je miješalicom te grijačem. Smjesa se zagrijava na različitim temperaturama kroz različite vremenske periode. Čim počne proces saharicifiranja temperatura procesa se mijenja. Različite temperature se koriste za utjecanje na fermentacijske karakteristike piva. Na početku procesa slad se želatinira na nižoj temperaturi te miješa sa vodom. Zbog enzima smjesa postane meka i ljepljiva. Zatim se temperatura podiže postepeno kako bi počeo proces saharicifiranja. Na kraju procesa temperatura se poveća do te mjere da zaustavi aktivnost enzima nakon čega smjesa odlazi u lauter tun [1].

Lauter tun je posuda za odvajanje sladovine od krutine koma. Lauter tun radi slično kao veliko sito. Obično ima prorezano, perforirano dno, koje se također naziva lažno dno, koje drži istrošeno mljeveno zrno, dok dopušta sladovini da se filtrira kroz sloj zrna i skuplja se u prostoru ispod. Sladovina zatim teče u kotao za kuhanje. Kaša se obično dodaje s dna ili bočne strane posude kako bi se izbjeglo pretjerano prozračivanje kaše. Na početku otjecanja, sladovina se obično recirkulira kroz sloj žitarica kao filterska masa, sve dok se otjecanje ne pojavi čisto kroz kontrolno staklo u recirkulacijskom cjevovodu. Osim ako nisu dimenzionirane za pivnice ili vrlo male mikropivovare, većina posuda za pranje opremljena je motoriziranim grabljama koje režu sloj žitarica kako bi mu dale veću sposobnost filtriranja [4].



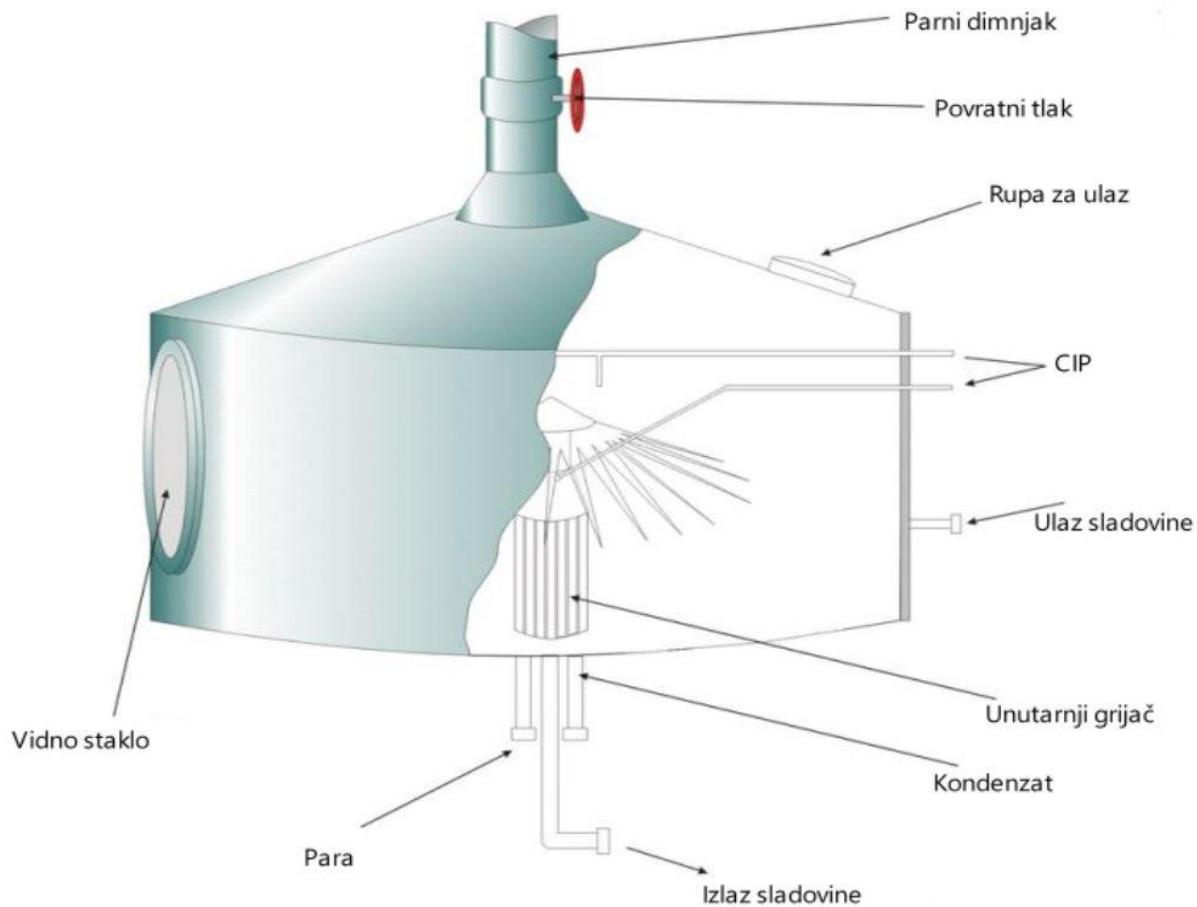
Slika 2.4. Temperurne promjene pri gnezđenju smjese [3].

Kuhanje sladovine jedan je od najvažnijih i najsloženijih aspekata procesa proizvodnje piva. U danima prije nego što su ljudi razvili sposobnost oblikovanja metalnih posuda, sladovina se često točila u drvene ili kamene posude i zagrijavala do točke vrenja dodavanjem užarenog kamenja. Danas postoji vrlo malo vrsta piva kod kojih se sladovina ne kuha. Među poznatijim vrstama je finsko tradicionalno pivo Sahti, za koje se sladovina samo

zagrijava. Iako nisu znali ništa o mikrobiima, stari su pivari ubrzo saznali da pivo od kuhanje sladovine traje dulje i da je zdravije za piće. Kuhanje sladovine ima različite funkcije:

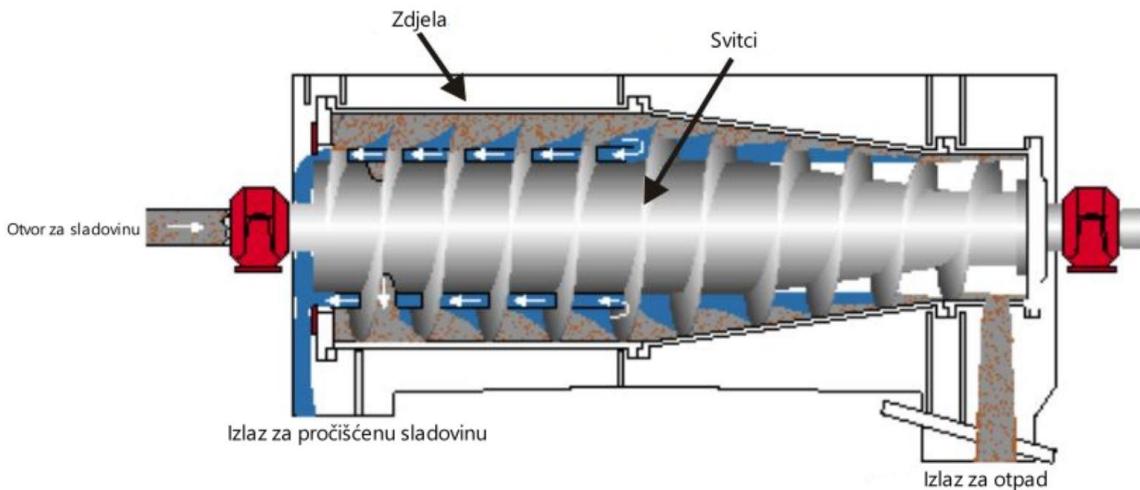
- inaktivacija rezidualnih enzima iz kaše,
- izomerizacija α -kiselina gorkog hmelja,
- sterilizacija sladovine,
- uklanjanje neželjenih hlapljivih tvari,
- taloženje neželjenih proteina kao “vruće pauze” (trub) [3].

Tijekom učinkovitog kuhanja, svi ovi ciljevi mogu se postići, obično za manje od 90 minuta. Ali postizanje učinkovitog vrenja nije tako jednostavno kao što zvuči. S iznimkom pretvorbe prekursora dimetil sulfida (DMS) (S-metil metionina) u slobodni DMS (spoj s često nepoželjnom aromom koja podsjeća na kuhan kukuruz. Voda se obično iskuhava brzinom od oko 4% na sat. Snažno miješanje je obavezno za učinkovitu koagulaciju proteina za formiranje jata, iako se sile smicanja moraju svesti na najmanju moguću mjeru ako se takva jata ne žele naknadno poremetiti, što otežava uklanjanje neželjenih proteina. Kuhanje se provodi u kotlićima, koji se ponekad nazivaju “bakrenici” zbog metala od kojeg su izvorno izrađeni. Danas se obično izrađuju od nehrđajućeg čelika, ali ponekad sadrže malo “žrtvenog bakra” za vezanje sumpornih spojeva poput sumporovodika. Ali moderni pivar mora biti oprezan; pregrijavanje će “pregorjeti” i karamelizirati šećere, te dovesti do stvaranja nepoželjnih “kuhanih” okusa, tamnjenja sladovine i moguće do karbonilnih tvari koje pridonose odležanom ili ustajalom pivu. U dinamičkim niskotlačnim sustavima vrenja koji omogućuju brzo isparavanje hlapljivih tvari uz smanjenje ukupnog isparavanja vode, tlak se podiže i spušta između tlakova od 1,0 bara i 1,2 bara (što odgovara temperaturama od 100°C–102°C i 104–105°C); ovo se događa šest puta na sat. Svaki stupanj otpuštanja tlaka dovodi do trenutnog vrenja sadržaja kotlića, uz popratno uklanjanje hlapljivih tvari [1].



Slika 2.5. Kotao za kuhanje piva [3].

Nakon kuhanja sladovine potrebno je pročistiti smjesu. Pročišćavanje se provodi radi uklanjanja ostataka hmelja koji se potrošio prilikom kuhanja te kolagenskih proteina koji moraju biti uklonjeni prije hlađenja. Ukoliko pročišćavanje nije dobro izvršeno, kvasac neće dobro reagirati prilikom fermentacije što može rezultirati infekcijom piva. Pročišćavanje u pivovarama se izvodi sedimentacijom ili filtracijom. U slučaju sedimentacije, krutine se uklanjaju prirodnom gravitacijom ili induciranoj gravitacijom (centrifugama). Centrifuge za pročišćavanje sladovine djeluju centrifugalnom silom na smjesu kako bi krutine otklonili. Centrifugalna sila je inercijska sila koja djeluje na tijelo u neinerciskome sustavu. Djeluje kada se tijela gibaju po zakriviljenoj putanji a smjer sile je radijalan, od središta putanje kojom se tijelo giba prema van. Određuje se kao vektorski umnožak polumjera zakriviljenosti r i kutne brzine w [3].



Slika 2.6. Centrifuga vruće sladovine [3].

Na slici 2.6. prikazana je centrifuga za uklanjanje krutina u sladovini. Sladovina ulazi u centrifugu kroz središnju cijev te dolazi do distributora koji se nalazi u svitcima. Zatim centrifuga blago akcelerira te izlazi kroz otvore na vrhu svitaka u zdjelu. Zamućena sladovina rotira u zdjeli konstantnom temperaturom te formira koncentrični sloj oko unutrašnjosti zdjele. Krutine koje se nalaze unutar sladovine prianjaju se uz zid zdjele pod djelovanjem centrifugalne sile. Svitci rotiraju različitom brzinom u usporedbi sa zdjelom. Usmjeravaju krutine prema kraju svitaka gdje se događa pražnjenje [1].

Nakon bistrenja vruća se sladovina mora ohladiti na temperaturu povoljnu za ubacivanje kvasca. Ta temperatura iznosi između 15 i 22 °C za pivo te 6 do 12 °C za lagere. Hlađenje treba biti rapidno kako bi se zaustavile kemijske reakcije te kako bi se zaustavio rast kontaminirajućih mikroba. Vertikalni hladnjaci se većinom koriste za hlađenje sladovine zbog svoje kompaktnosti, brzoga hlađenja te jednostavnoga čišćenja. Ploče vertikalnih hladnjaka su tako postavljene da omogućavaju jednostavno razdvajanje i zamjene. Hladnjake je potrebno često provjeravati radi potencijalnoga curenja i otklanjanja nasлага. U početnoj fazi fermentacije svježe nabacani kvasac treba biti u sladovini koja sadrži otopljeni kisik. Potrebna koncentracija kisika vrlo je bitna i ovisi o sladovini. U prošlosti se čini da zasićenje sladovine sa kisikom iz zraka (cca. 21% O₂) bilo dovoljno, ali sada je zasićenje čistim kisikom često potrebno. Iznenadujuće je teško brzo otopiti kisik u vodenim otopinama. Prilikom postizanja ravnoteže količina plina otopljenog na odabranoj temperaturi je proporcionalna parcijalnom tlaku plina iznad tekućine. Iako se topljivosti često navode na a standardni atmosferski tlak, (jednak onom na dnu živinog stupca 760 mm (29,92 in.)), smanjujući ili povećavajući ovaj tlak će proporcionalno promijeniti ravnotežnu koncentraciju

plina u otopini. Atmosferski tlak uvijek varira. Otapanje tvari (soli, šećera, itd.) u vodi smanjuje količinu plina koji može biti otopljen. Sladovina je jaka otopina smjese tvari i tako topljivost kisika u sladovini je manja nego u čistoj vodi. Sladovina se može ubrizgati sa zrakom ili kisikom na ulazu u hladnjak ili nakon završetka procesa hlađenja. Dodavanje plina u vruće ili tople sladovine omogućuje oksidaciju komponenti sladovine, uzrokujući promjene okusa i zatamnjenja, koja su obično nepoželjna. Nakon hlađenja sladovini se dodaje kvasac. Kvasac je zaslužan za fermentaciju piva. Za najbolje rezultate potrebno je temeljito promiješati kvasac sa sladovinom. Kako bi se postigla konstantna fermentacija potrebno je dodavati konstantnu količinu kvalitetnog kvasca. Bitne karakteristike kvasca su:

- Broj stanica kvasca po milimetru kvadratnom,
- Zdravlje stanica kvasca,
- Održivost – broj živih stanica kvasca [3].

Biokemijske reakcije koje se događaju tijekom fermentacije predstavljaju kumulativne učinke rasta kvasca na sladovini. Nestanak hranjivih tvari i stvaranje etanola, ugljičnog dioksida i drugih metabolita, koji zajedno doprinose pivu, su svi nusproizvodi rasta kvasca. Ovisno o dostupnosti kisika te koncentracijama i izvoru ugljikohidrata, kvasac može biti potpuno aeroban, oksidativan ili fermentivan. Dakle, pivski kvasac ima relativno raznovrstan metabolizam i sposoban je prilagoditi se raznim uvjetima. Osim etanola i ugljičnog dioksida, mnoštvo drugih manjih nusproizvoda kvasca nastaju tijekom fermentacije. Mnogi od njih doprinose okusu piva i aromi. Većina sojeva kvasca za proizvodnju piva imaju optimalnu temperaturu za rast koja iznosi između 30 i 34 °C, ali se fermentacija odvija na nižim temperaturama. Koncentracija kisika dobavljena sladovini na početku fermentacije, jedan je od primarnih regulatora rasta kvasca. Povišena koncentracija kisika rezultira povećanjem brzine fermentacije ali je potrebno paziti pri korištenju visokih koncentracija kisika za smanjenje vremena fermentacije. Iako visoka količina kisika proizvodi bržu primarnu reakciju fermentacije, to može biti štetno za prinos etanola. Glavni cilj je fermentirati sladovinu do željene mase, ovo se naziva potrebni stupanj prigušenja. Udio otopljenih čvrstih tvari u sladovini koji se mogu fermentirati nazivaju se postotak fermeabilnosti sladovine [1].

$$\text{Fermeabilnost (\%)} = \frac{\text{originalna masa} - \text{željena masa}}{\text{originalna masa}} \times 100 \quad (2-1)$$

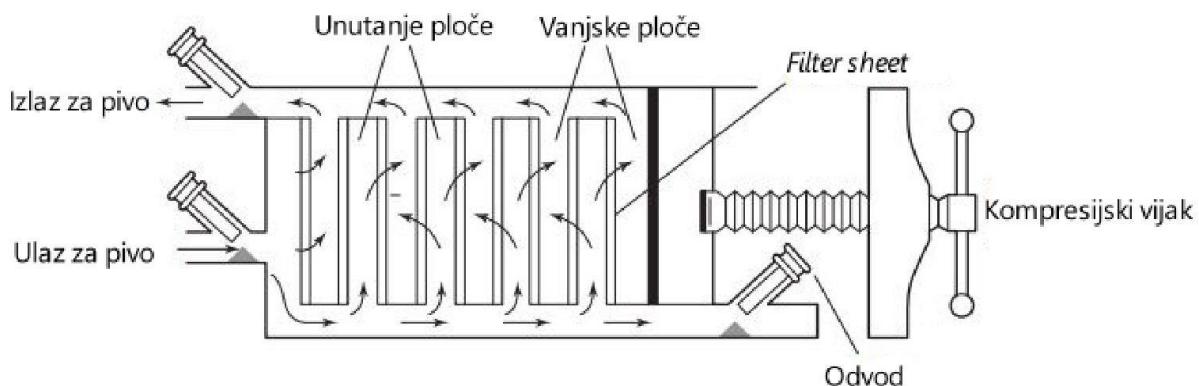
Prva faza prilikom dodavanja kvasca se naziva faza kašnjenja u procesu rasta. Razlog tomu je navikavanje kvasca na novo okruženje i početak apsorbacije nutrijenata. Nakon toga kreće faza rapidnoga rasta, koja kreće između 6 i 12 sati nakon dodavanja kvasca. Rasta je jedino ograničen fizičkim parametrima kao što su temperatura, dostupnost amino kiselina te prisutnost kisika. Nakon faze rasta, slijedi faza fermentacije. Fermentacija je ograničena količinom prisutnih šećera i dušika, te rezultira porastom udjela alkohola te blagim povećanjem temperature. Posljednja faza fermentacije je spora. Kvasac iskorištava posljednje nutrijente te u ovom dijelu procesa dolazi do uklanjanja diacetila. Diacetil je neugodan okus sličan alkoholnom sirupu koji nastaje tijekom glavne fermentacije. Za pivo se po završetku primarne fermentacije kaže da je "zeleno". Udio ugljičnog dioksida je nizak, pivo je zamagljeno te su mu okus i miris lošiji od piva koje je spremno za prodaju. Pivo stoga mora sazreti u zatvorenim spremnicima u pivovari [1].

Sazrijevanje obično podrazumijeva sekundarnu fermentaciju koja je uzrokovana malom količinom kvasca koje je preostala u pivu. Tijekom sazrijevanja, odvija se pročišćavanje piva. Pročišćavanje se odvija u obliku sedimentacije na niskim temperaturama. Nakon sedimentacije pivo se mora stabilizirati. Zamagljenost piva nastaje zbog kompleksa molekula proteina i polifenola. Ovaj kompleks nastaje tijekom hladnog skladištenja i uklanja se tijekom filtracije. Iako su količine proteina i polyphenola u pivo vrlo niske pri ovom koraku i dalje mogu polako stvarati zamagljenje te se stoga stabilizacijom žele te reakcije usporiti kako bi se pivu produljio vijek trajanja. Polyphenola se rješavamo koristeći spojeve koji ga apsorbiraju. Polyvinylpolypyrrrolidone (PVPP) je materijal pun sitnih rupa koji zadržava čestice te ih na taj način uklanja iz smjese [3].

2.4. Filtriranje piva

Posljednji proces koji treba uzeti u obzir u obradi piva, prije pakiranja, je filtracija. Ovo je bistrenje piva do standarda koji je prihvatljiv za prodaju. Proces uključuje uklanjanje svih preostalih stanica kvasca i uklanjanje istaloženog proteina. Pivo mora biti stabilno kako ne bi došlo do vidljivih promjena tijekom njegovog komercijalnog roka (roka trajanja), koji može biti do 52 tjedna. Da bi bilo uspješno, pivo koje dolazi na filter mora sadržavati $< 0,2$ milijuna stanica kvasca/ml piva. Pokretačka sila za filtraciju je razlika tlakova između ulaza filtera i izlaza. Tlak je uvijek veći na ulazu i razlika tlakova je pokazatelj koliko se filter opire

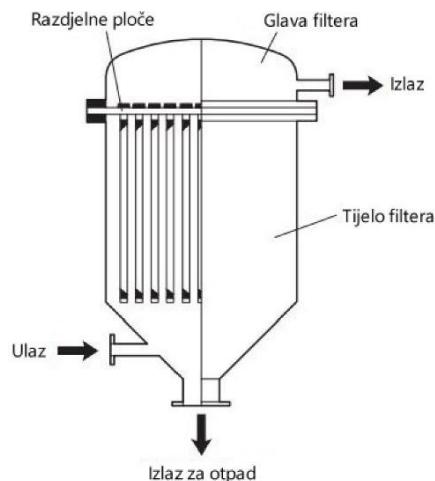
filtraciji. Povećanje ove razlike tlakova ukazuje približavanje kraju rada filtera. Vrlo važan čimbenik uspješne filtracije je hlađenje piva. Što je temperatura niža, više će nepoželjnih čestica biti otklonjeno. Pivo se nakon sazrijevanja stoga mora održavati na temperaturama od -2 do -1 °C. Dva najčešće korištena tipa filtracije su *sheet* filtracija i *powder* filtracija. Standardne filterske ploče u pivovarama su dimenzija 60x62 cm, a najveće obično 100x100 cm. Velika jednostrana filterska preša ima 240 filterskih ploča koje omogućuju filtraciju protoka od 120 hl/h. Ova niska propusnost ograničila je upotrebu *sheet* filtera kao sustava za primarnu filtraciju u velikim pivovarama. Cijena održavanja *sheet* filtera je visoka te filteri zauzimaju puno prostora. Također ih je znatno teže automatizirati nego *powder* filtere. *Sheet* filteri se sada obično koriste samo kao drugi filtri za poliranje nakon dubinske filtracije s prašcima [3].



Slika 2.7. Sheet filter [1].

Najuspješnije i isplativije bistrenje piva postiže se *powder* filtracijom. Mnoge pivovare koriste ovaj sustav kao glavni sustav za filtriranje te ovi filtri imaju sposobnost isporučivati pivo sa < 0,5 °EBC jedinica zamućenja. U *powder* filtrima prah se nanosi na nosač i pruža vijugav put kroz koje prolazi pivo, dajući mnoge mogućnosti za hvatanje i adsorpciju čestica. Obično se koriste dvije vrste praha: kieselguhr ili perlit. Kieselguhr je dijatomejska zemlja koja se vadi iz nasлага miocenskih perioda u Europi te Sjevernoj i Južnoj Americi. Sastoji se od kostura morskih algi koje sadrže silicijev dioksid. Kieselguhr prah za upotrebu u pivarstvu priprema se sušenjem i mljevenjem iskopane sirovine. Najučinkovitija filtracija postignuta je korištenje kalciniranog kieselgurha pripremljenog zagrijavanjem sirovine u rotirajućim bubenjevima na temperaturama od 600 do 800 °C. Međutim, ova tvar je klasificirana kao visoko opasna kada se udiše i može izazvati bolest silikoze. Nekalcinirani kieselguhr, pripremljen sušenjem na < 400 °C predstavlja samo umjereni rizik i sada se

obično preferira. Postoje brojne vrste kieselguhra od finih, umjerenih do grubih. Što je kieselguhr finiji bolje je bistrenje ali je manja brzina filtracije. Grublji prah daje veću brzinu protoka ali slabije bistrenje. Potrošnja Kieselguhra varira od 70 do 220 g/hl. Perlit je vulkanski materijal, uglavnom sastavljen od aluminijevog silikata, koji se može pronaći na Grčkim otocima. Sirovi perlit se zagrijava na oko 750°C , što uzrokuje pucanje čestica koje daju staklastu strukturu. One se samelju u prah koji slobodno teče te je 30% lakši po jedinici volumena od kieselguhra. Perlit predstavlja nizak rizik za zdravlje, ali se zbog male gustoće lako raspršuje u zraku i stvara neugodnu prašinu. Međutim, povećanjem zabrinutosti oko zdravstvenih rizika povezanih s upotrebom kieselguhra, ponovno se pojavio interes za njegovu upotrebu u filtrima za pivo u prahu [1].



Slika 2.8. Candle filter [1].

Na slici 2.8. prikazan je *Candle* filter koji koristi kieselgurh prah. *Candle* filter je cilindrična, okomita tlačna posuda koja sadrži mnogo filterskih elemenata. Svaki element se sastoji od šipke Y poprečnog presjeka oko kojih su naslagani prstenasti diskovi. Diskovi su napravljeni tako da tekućina može prodrijjeti između njih i zatim teći duž kanala između rupa u diskovima. Kieselguhr prah se nakuplja između susjednih filterskih diskova gdje se događa dubinska filtracija [3].

Najvažnija veličina koju je potrebno regulirati pri filtraciji piva je brzina crpke. U procesu filtracije izvršni član predstavlja crpku. Crpke koje se koriste u komercijalnoj filtraciji imaju snagu između 10 i 30 kW. Dva glavna tipa centrifugalnih crpki su NHK i SHK. NHK (tip koji se koristi u radu) je crpka sa spiralnim kućištem i otvorenim rotorom

(radi optimiziranoga doziranja medija osjetljivih na smicanje) koji se okreće na čvrstoj osovini. Modularni i kompaktni dizajn čini NHK crpke odličnim za rad u industrijskim hrane i pića. Pivo se mora držati na nižoj temperaturi kako bi se spriječilo daljnje razmnožavanje kvasca ali je stoga potrebno imati izmjenjivač topline [3].

U izmjenjivač topline se dodaje glikol koji je sredstvo protiv zamrzavanja. Dodavanje glikola unosi poremećaj u sustav jer glikol rashlađuje pivo ali povećava pritisak u liniji što utječe na protok. Nakon izmjenjivača topline slijedi Kieselgur filter.

Prilikom prolaska nefiltriranog piva kroz porozni mediji dolazi do otpora protoku što rezultira padom tlaka u sustavu te jest unošenjem poremećajne veličine. Mjerni član ima zadaću mjeriti reguliranu veličinu. Mjerenje je proces u kojem se nepoznata veličina uspoređuje sa poznatom veličinom. Mjerenje je nužno u regulaciji jer ako veličine nisu mjerljive, nije moguće regulirati sustav. Mjerni član u ovom sustavu je hidrostatski senzor tlaka. Hidrostatski senzori tlaka općenito mogu biti uronjeni u tekućinu ili montirani na vanjsku stranu cijevi. U pivarstvu su ti senzori uronjeni u pivo. Hidrostatski senzor sadrži tlačnu dijafragmu gdje se unutarnji dio dijagrame odzračuje na atmosferski tlak preko ventilacijske cijevi u kabelu dok je vanjska strana u kontaktu sa tekućinom i mjeri statički tlak tekućine iznad transmitera [5].

3. MODEL REGULACIJSKE STAZE I SINTEZA REGULATORA

Glavni zadatak sustava automatske regulacije je održavanje procesa u zadanoj radnoj točki. Specifikacije svojstava su većinom opisane kao ograničenje u odzivu sustava. Postoji nekoliko načina na koje se mogu dati specifikacije. U pogledu kakvoće regulacije odzivi sustava prikazuju se u vremenskom području te u frekvencijskom području. Specifikacije sustava dane su u vremenskom obliku te u frekvencijskom obliku, a uz to određuju 4 najvažnija svojstva sustava. Ta svojstva su brzina i prigušenost (dinamika), točnost (statičko vladanje), i robusnost regulacijskog kruga. Automatska regulacija je automatsko održavanje željene vrijednosti neke veličine (procesa) ili mijenjanje te veličine po definiranom zakonu neovisno o djelovanju poremećaja. To se postiže korištenjem povratne veze koja ima zadatak usporediti izmjerene veličine procesa s referentnim veličinama. Na temelju razlike između te dvije vrijednosti donosi se odluka o usmjeravanju procesa.

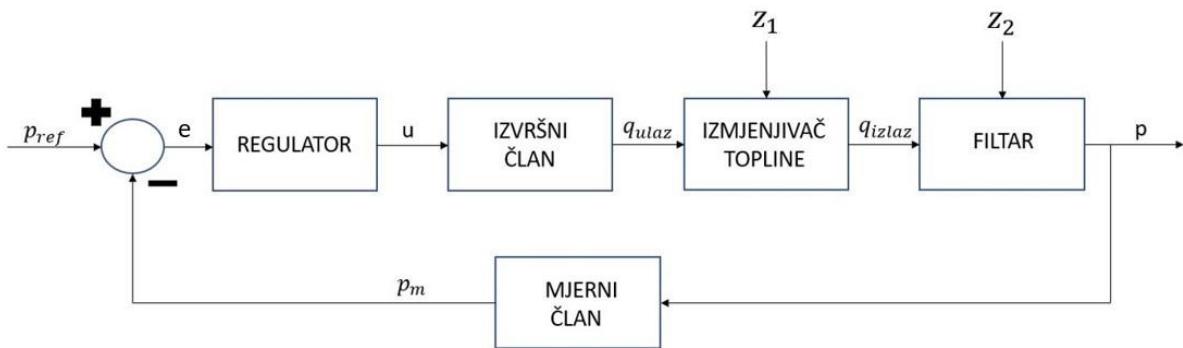
3.1. Struktura regulacijskog kruga

Prvi korak u matematičkoj analizi sustava je predstavljanje problema u obliku funkcionalnog blok dijagrama. Blok dijagram predstavlja povezivanje dijelova sustava na slikovit način te je njegova svrha prikazivanje funkcionalnih odnosa između elemenata (blokova) sustava. Ukoliko su prijenosne funkcije sustava predstavljene blokovima, te ukoliko se tok signala označava odgovarajućom varijablom rezultat je struktura regulacijskog kruga. Blok dijagrami imaju 4 glavna dijela:

- Krug – drugi naziv za krug je komparator te predstavlja mjesto zbrajanja ili oduzimanja,
- Čvorište – predstavlja mjesto granjanja signala (sve grane signala koje izlaze iz jedne točke imaju istu vrijednost),
- Blok – predstavlja odnos između varijable koja ulazi u blok (pobude) i izlazne varijable (odziva),
- Strjelica – prikazuje smjer signala koji se mijenja u vremenu [5].

Najvažnije veličine prikazane u blokovima automatske regulacije su:

- $p_{ref}(t)$ – kod čvrste regulacije referentna veličina se naziv još i nazivna veličina.
Referentna veličina predstavlja željeno ponašanje regulirane veličine,
- $p(t)$ – izlazna ili regulirana veličina,
- $e(t)$ – regulacijsko odstupanje je razlika između regulirane i referentne vrijednosti,
- $u(t)$ – upravljačka veličina. Utječe na iznos regulirane veličine,
- $Z(t)$ – poremećajna veličina predstavlja nepoželjan utjecaj na izlaznu veličinu,
Poremećajne veličine su svi utjecaji koji pomjeraju ravnotežnu točku sustava,
- $q_{ulaz}(t)$ – protok piva na ulazu u izmjenjivač topline,
- $q_{izlaz}(t)$ – protok piva na izlazu iz izmjenjivača topline,
- $p_m(t)$ – tlak koji mjerni član mjeri na izlazu sustava.



Slika 3.1. Blokovska shema sustava.

Regulator je uređaj koji služi za vremensko preoblikovanje signala regulacijskog odstupanja. Regulator tvori upravljačku veličinu, na temelju regulacijskog odstupanja i regulacijskog algoritma $G_R(s)$. Djelovanje regulatora projektira se u odnosu sa zahtjevima postavljenim na kakvkoću regulacije. Ako se PID regulatorom ne može postići željena kavkoća upravljanja procesa, potrebno je u sustav uvesti unutrašnje povratne veze struje i napona te brzine vrtnje motora. Izlazni signal koji se dobije iz regulatora (upravljačka veličina), ne može izravno djelovati na motor već postoji postavni član to jest pojačalo snage, koji pogoni motor na temelju upravljačkog signala iz regulatora.

Izvršni član opskrbljuje objekt regulacije potrebnom snagom ili sirovinom za vođenje procesa. Izvršni članovi se načelno sastoje od dva dijela. Prvi dio izvršnoga člana je postavni pogon što je najčešće motor te je drugi dio postavni član što je najčešće ventil. Postavni član često zna biti izведен kao dio regulacijskoga člana a ne izvršnoga. Izvršni član djeluje na proces, na osnovu upravljačkog signala [5].

U regulacijskom krugu koji se analizira u ovom radu dinamika kruga se sastoji od izvršnog člana (crpke), izmjenjivača topline, Kiselgur filtra te mjernog člana. Osim referentne veličine kao ulazne veličine u ovaj regulacijski krug, još su prisutne i poremećajne poremećajne veličine u izmjenjivaču topline i Kiselgur filtru. Poremećajna veličina u izmjenjivaču topline se modelira pomoću Bernouljevog zakona, a poremećajna veličina u filteru se modelira pomoću Darcijevog zakona.

3.2. Darcijev zakon

Darcijev zakon koristi se za modeliranje poremećajne veličine u filtru. Teorija laminarnog protoka kroz homogeni porozni medij se temelji na eksperimentu Darcya iz 1856. Na slici 3.2. prikazana je shema eksperimenta sa svim parametrima. Homogeni sloj filtera visine h je omeđen horizontalnim područjima jednake veličine A . Ta dva područja su podudarna te se stoga odgovarajuće točke mogu spojiti vertikalnim ravnim linijama. Filterski sloj je procijeđen nestlačivom tekućinom. Ako su otvorene cijevi manometra pričvršćene na gornjoj i donjoj granici sloja filtra, tekućina se diže do visine h_2 odnosno h_1 iznad proizvoljne referentne razine. Variranjem različitih količina uključenih u pokus moguće je zaključiti odnos u sustavu [8]:

$$Q = -K * A * (h_2 - h_1) / h, \quad (3-1)$$

gdje je Q ukupni volumen tekućine koja se filtrira u jedinici vremena, a K konstanta koja ovisi o svojstvima fluida i poroznog medija. Formula 3-1, je poznata kao Darcyjev zakon. Znak minus ispred K ukazuje da je funkcionalna veza suprotnog djelovanja te se povećanjem jedne veličine druga veličina smanjuje. Darcyjev zakon može se još izraziti u smislu tlaka p i gustoće tekućine ρ . Na gornjoj granici korita (iznad Z_2) tlak je jednak:

$$p_2 = \rho * q * (h_2 - Z_2). \quad (3-2)$$

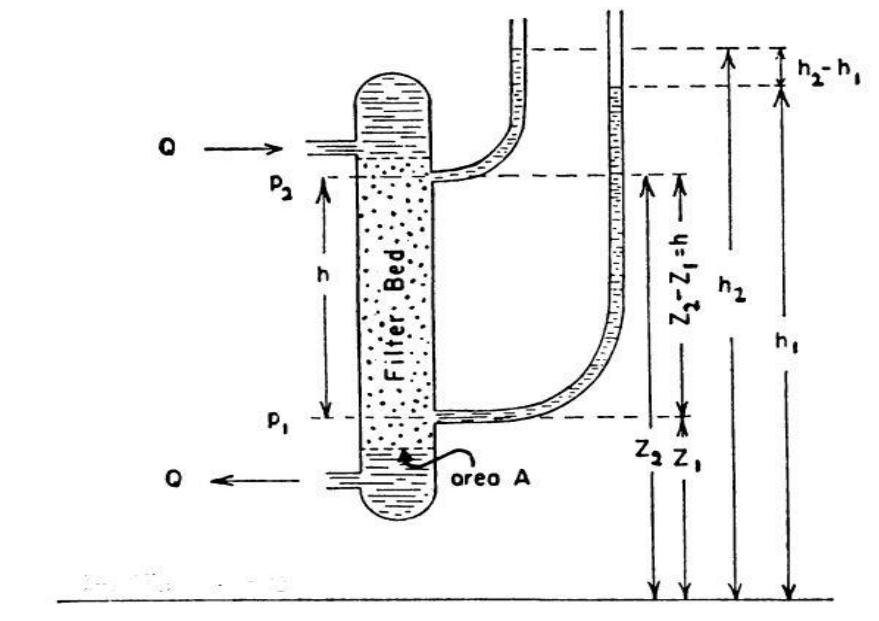
Na donjoj granici (iznad Z_1) tlak je jednak izrazu 3-3,

$$p_1 = \rho * q * (h_1 - Z_1). \quad (3-3)$$

Umetanjem izraza 3.1. i 3.2. u 3.3., uz prepostavku da su parametri ρ i g konstantni, slijedi:

$$Q = -K * A * (p_2 - p_1 + \rho * g * h) / h \quad (3-4)$$

Iraz 3-4, je ekvivalent Darcyevom zakon. Za tekućine koje putuje velikim brzinama te plinove vrlo niske ili vrlo visoke brzine Darcyev zakon ne vrijedi.



Slika 3.2. Darcyjev pokus [8].

Darcijev zakon, kada se u obzir uzmu konstante propusnosti i viskoznosti dobije oblik primjenjiv u filtraciji piva [8]:

$$Q = - (K * A * (p_2 - p_1)) / \mu * L, \quad (3-5)$$

gdje su :

μ – viskoznost [$\text{Pa}^* \text{s}$],

L – dubina sloja [m],

A – površina sloja filtra [m^2],

Δp – razlika tlaka na ulazu i izlazu iz filtra [bar],

K – specifična propusna konstanta sloja [m^2],

Q – protok tvari koja se filtrira [m^3/s] [5].

Dimenzija specifične propusnosti je kvadrat duljine [m^2] ali tu mjeru jedinicu samo primjenjuju fizičari te kemičari. U većini primjene koristi se mjerena jedinica Darcy:

$$1 \text{ darcy} = 9.87 * 10^{-9} \text{ cm}^2. \quad (3-6)$$

3.3. Matematički model regulacijske staze

Sustavi upravljanja mogu se predstaviti skupom matematičkih jednadžbi koje se nazivaju matematički model. Matematički model je matematički prikaz fizičkog ili informacijskog sustava koji daje uvid u njegovo trenutačno ponašanje te omogućava predviđanje ponašanja sustava u budućnosti. Matematički modeli se koriste za analizu i projektiranje sustava upravljanja. Kako bi se mogao projektirati regulator, potrebno je raspolagati matematičkim modelom regulacijske staze. Najčešće korišteni matematički modeli su:

- Model diferencijalnih jednadžbi,
- Model prijenosne funkcije,
- Model u prostoru stanja [6].

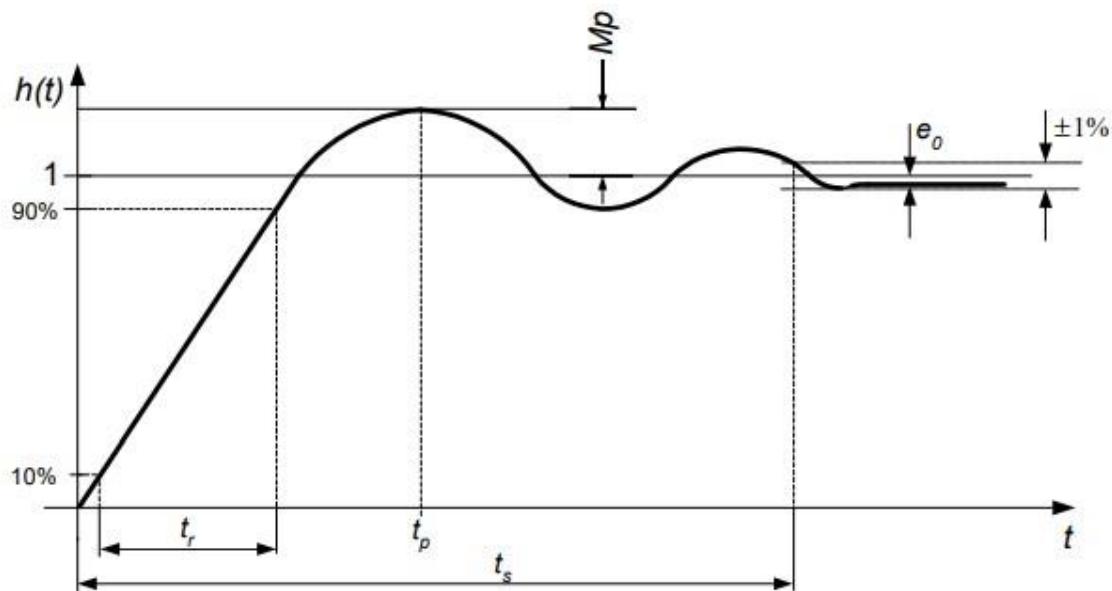
Matematički model sustava u pravilu uključuje samo neke pojedinosti sustava, stoga model nikada u potpunosti ne opisuje vladanje stvarnog sustava (stupanj pojednostavljenosti ovisi o namjeni modela). Kao primjer može poslužiti usporedba matematičkoga modela regulacije brzine vrtnje za vozilo koji je jednostavan te modela aktivnoga ovjesa u vozilu koji je znatno složeniji. Što je model složeniji to vjernije izražava promjene fizikalnih veličina u sustavu. Ovisno o parametrima sustava i okolnostima, jedan matematički model može biti prikladniji od drugih. Nakon izrade matematičkoga modela sustava, razni analitički i računalni alati se mogu koristiti za potrebe analize i sinteze. Za sustav vrijedi da je linearan ukoliko vrijedi princip superpozicije. Princip superpozicije kaže da odziv stvoren od strane dviju različitih funkcija istovremeno je jednak sumi individualnih odziva. Dakle, za linearne sustave vrijedi da se odziv nekoliko ulaza može izračunati tretiranjem odziva jednoga po jednoga te zbrajanjem rezultata. U stvarnom svijetu su svi modeli nelinearni te ih je prvo potrebno linearizirati. Prijenosna funkcija linearne, vremenski nepromjenjive, diferencijalne jednadžbe sustava je definirana kao omjer Laplacove transformacije izlaza na Laplacovu transformaciju ulaza, pod pretpostavkom da su svi početni uvjeti nula. Ako se razmotri linearni vremenski nepromjenjiv sustav definiran diferencijalnom jednadžbom:

$$a_0y + a_1y' + \dots + a_{n-1}y^{(n-1)} + a_ny = b_0x + b_1x' + \dots + b_{m-1}x^{(m-1)} + b_mx, \quad (n \geq m) \quad (3-7)$$

slijedi prijenosna funkcija:

$$G(s) = \frac{L[\text{izlaz}]}{L[\text{ulaz}]} = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_{m-1} s + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n}. \quad (3-8)$$

Korištenjem prijenosnih funkcija moguće je prikazati dinamiku sustava algebarskim jednadžbama u s području. Ako je najveća snaga s u nazivniku prijenosne funkcije jednaka n, sustav se tada naziva n-tog reda.



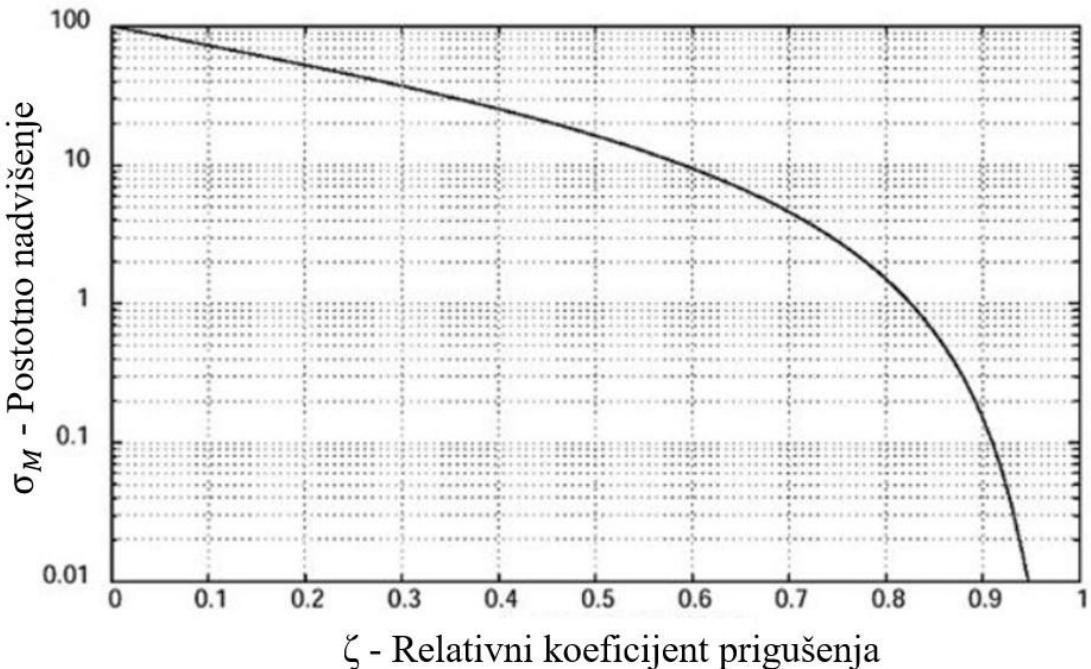
Slika 3.3. Odziv zatvorenog regulacijskog kruga za P_2 član [5].

Za uspješnu sintezu sustava automatskoga upravljanja vladanje zatvorenog regulacijskog kruga treba postići odgovarajuću kakvoću regulacije [7], parametri kakvoće regulacije opisani su u tablici 3.1. Za određivanje zahtijeva vremenskog odziva, koristi se odskočna funkcija kao pobuda sustava.

Tablica 3.1. Izravni pokazatelji kakvoće regulacije [5].

t_r – vrijeme porasta	Vremenska razlika između odziva sustava na 10% i 90% konačne vrijednosti.
t_s – vrijeme smirivanja	Duljina vremena nužna za smanjivanje prijelaznoga dijela odziva na gotovo ustaljenu vrijednost.
t_p – vrijeme maksimalnog prebačaja	Vremenski trenutak u kojem dolazi do maksimalnog prebačaja.
M_p – maksimalni prebačaj	Prebačaj odziva izražen u postotcima.
e_o - trajno regulacijsko odstupanje	Regulacijska pogreška sustava u stacionarnom stanju.

Vrijeme porasta, vrijeme smirivanja, vrijeme maksimalnog prebačaja te maksimalni prebačaj su dinamički pokazatelji kakvoće regulacije dok je trajno regulacijsko odstupanje statički pokazatelj kakvoće regulacije.



Slika 3.4. Veza između relativnog koeficijenta prigušenja sustava i postotnog nadvišenja [5]

Relativni koeficijent prigušenja je veličina između 0 i 1 kojom se definira stupanj prigušenja odziva regulacijskog kruga. Ukoliko je jednak 0, polovi prijenosne funkcije leže na imaginarnoj osi i oscilacije su neprigušene, a ukoliko je jednak 1 polovi leže na realnoj osi i odziv je granično prigušeni pa nema oscilacija.

Prijenosne funkcije svih dijelova regulacijske staze dobiveni su od strane firme koja projektira sustav upravljanja pivovare. Jedino je potrebno odrediti iznose poremećaja sustava. Poremećaji se pojavljuju u Kiselgur filtru te se računaju uz pomoć Darcijevog zakona. Poremećaji se još pojavljuju u izmjenjivaču topline i računaju se uz pomoć promjene tlaka unutar cijevi te grafa ovinosti protoka o tlaku koji se nalazi na slici 13. Darcijev zakon za pivo dan je u izrazu 3-5. Površina Candle filtra se računa preko:

$$A = r^2 * \pi * 100. \quad (3-9)$$

Candle filter sa sastoje od 100 svijeća koje se nalaze unutar filtra te površina svih njih zajedno jednaka je ukupnoj površini filtracije. Polumjer svakog filtra iznosi 2 centimetra što znači da je ukupna površina filtra (A) $0.1256 m^2$. Visina filtera (L) iznosi 4 metra, viskoznost

piva (μ) iznosi $18.26 * 10^{-6}$ Pa*s a permeabilnost piva $3.09 * 10^{-8}$ [m²] [9]. Stoga je promjena tlaka u filtru pri protoku od 30 hl/h jednaka:

$$\Delta p = 30 * 10^2 * 0.00005296385 = 0.15889 \text{ [bar].} \quad (3-10)$$

Što se tiče izmjenjivača topline, promjenu protoka moguće je izračunati Bernouljevom jednadžbom. Bernouljeva jednadžba je temeljna jednadžba u mehanici koja opisuje očuvanje energije pri strujanju fluida:

$$P + \frac{1}{2} * \rho * v^2 + \rho * g * h = \text{Konst.} \quad (3-11.)$$

Pri protoku piva na ulazu i izlazu izmjenjivača topline nema razlike visine, $\rho * g * h$ je jednak nula:

$$P + \frac{1}{2} * \rho * v^2 = \text{Konst.}, \quad (3-12)$$

gdje su:

P – tlak u cijevi [Pa],

ρ – specifična gustoća tekućine [Kg / m³],

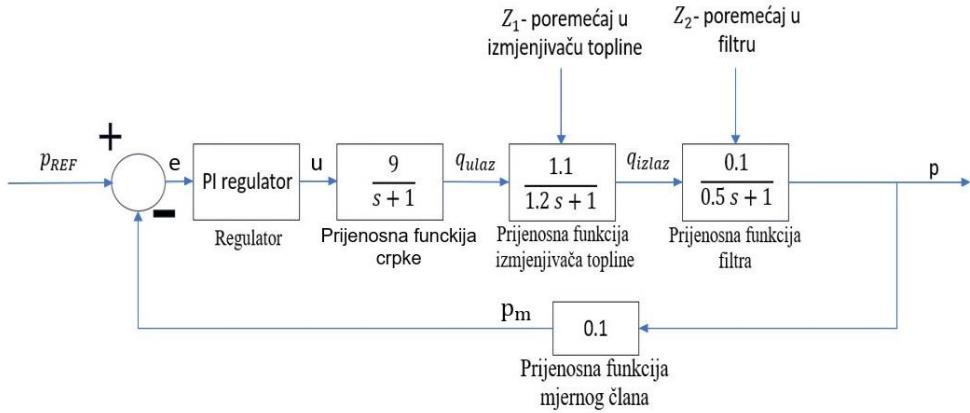
v – brzina protoka tekućine [m³ / s] [10].

Pošto je riječ o sustavu u pogonu, poznati su iznosi željenih veličina. Tlak na ulazu u izmjenjivač topline je jednak 3.4 bar-a a na izlazu 3.1 bar-a, specifična gustoća piva iznosi 1030 Kg / m³ te je brzina na ulazu u izmjenjivač topline jednaka 30 hl/h.

$$P_1 + \frac{1}{2} * \rho * v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} * \rho * v_2^2 \quad (3-13)$$

$$v_2^2 = \frac{(P_1 + \frac{1}{2} * \rho * v_1^2) - P_2}{\frac{1}{2} * \rho} \quad (3-14)$$

Uvrštavanjem brojeva u izraz 3-14, dobije se protok od 30.097 hl/h (v_2), što znači da je poremećaj protoka uzrokovani korištenjem izmjenjivača topline jednak 0.097 hl/h. Poznavanjem prijenosnih funkcija te veličine poremećaja, moguće je napraviti matematički model regulacijske staze.



Slika 3.5. Struktura regulacijskog kruga uz naznačene prijenosne funkcije dijelova regulacijske staze.

3.4. PI regulator

U regulacijskoj tehnici PI regulator (proporcionalni–integralni regulator) je regulator koji upravlja postrojenjem na temelju zbroja pogrešaka (razlike između izlaza i zadane vrijednosti) te integrala te vrijednosti. To je poseban slučaj PID regulatora u kojem se derivacijski (D) dio vladanja ne koristi. Standardna ponašanja regulatora su:

- Proporcionalno (P)
- Integralno (I)
- Derivacijsko (D)
- Proporcionalno-integralno (PI)
- Proporcionalno-integralno-derivacijsko (PID)

PI-regulator s polom u ishodištu s-ravnine (integralno djelovanje) ima mogućnost poboljšanja statičkog vladanja regulacijskog kruga, a s nulom ima mogućnost povećanja stabilnosti i brzine regulacijskog kruga. Prijenosna funkcija PI-regulatora glasi [6]:

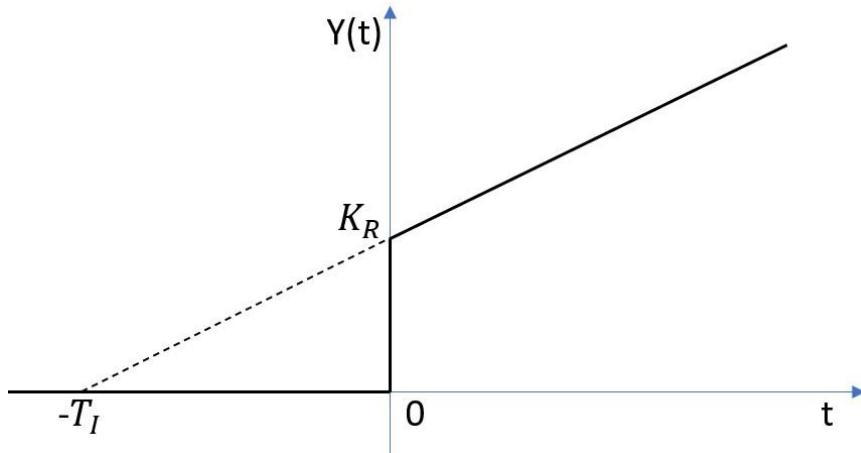
$$G_R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_R \left(1 + \frac{1}{T_I s}\right) = K_R \frac{1+T_I s}{T_I s} = K_R \left(1 + \frac{1}{j T_I \omega}\right) = K_R \frac{1+j T_I \omega}{j T_I \omega} . \quad (3-15)$$

gdje je:

K_R - koeficijent pojačanja,

T_I -integralna vremenska konstanta (s).

Integralni element dodan proporcionalnom regulatoru pretvara izvorni sustav u sustav višega reda. Iz toga razloga sustav upravljanja može postati nestabilan za velike iznose K_R , budući da korijen karakteristične jednadžbe može imati pozitivni realni dio. Proporcionalni dio teži stabilizaciji sustava, dok integralni dio nastoji smanjiti pogrešku. Povećanjem vrijednosti T_I prekoračenje ima tendenciju da bude manje te brzina odziva je sporija [6].



Slika 3.6. Prijelazna funkcija PI regulatora [7].

3.5. Sinteza PI regulatora po Ziegler – Nichols metodi

Jedno od najpoznatijih pravila u praksi za podešavanje parametara regulatora definirali su Ziegler i Nichols 1942. Pravila su izvedena empirijski na temelju podešavanja regulatora, pri čemu prijelazna funkcija zatvorenog regulacijskog sustava pokazuje smanjenje amplitude po periodi oscilacije za otprilike 25 %. Postoje dvije mogućnosti za podešavanje prema Ziegleru i Nicholsu, a to su metoda ruba stabilnosti i metoda prijelazne funkcije. Metoda ruba stabilnosti primjenjuje se u raznim vrstama simulacija regulacijskih sustava gdje nije štetno dovoditi regulacijske sustave do granice stabilnosti. Koraci za provedbu metode ruba stabilnosti [11]:

- 0) Proces se doveđe u radnu točku.
- 1) Standardnom regulatoru koji se nalazi u regulacijskom krugu odabere se samo P djelovanje a I i D se isključe.

- 2) Pojačanje regulatora K_R se povećava dok se u zatvorenom regulacijskom krugu ne pojave trajne oscilacije. Kada dođe do pojave trajnih oscilacija, to je znak da je trenutno pojačanje kritično K_{RKR} .
- 3) Mjeri se iznos kritične periode T_{KR} .
- 4) Uz pomoć K_{RKR} i T_{KR} određuju se parametri regulatora (K_R, T_I, T_D) pomoću tablice 3.2.

Tablica 3.2. Tablica za određivanje vrijednosti parametara prema metodu ruba stabilnosti.

	Tip regulatora	Vrijednost parametara regulatora		
		K_R	T_I	T_D
Metoda ruba stabilnosti	P	0.5 K_{RKR}	-	-
	PI	0.45 K_{RKR}	0.85 T_{KR}	-
	PID	0.6 K_{RKR}	0.5 T_{KR}	0.12 T_{KR}

U industriji gdje nije poželjno sustave dovoditi do ruba stabilnosti, više se koristi metoda prijelazne funkcije, to jest odziva procesa na skokovitu promjenu ulaza procesa. Prvi korak je snimanje prijelazne funkcije $y(t)$. Za primjenu metode prijelazne funkcije koristi se aproksimacija vladanja procesa PT_1T_t -vladanjem:

$$G_R(s) = \frac{K_P}{1 + T_1(s)} e^{-sT_t} . \quad (3-16)$$

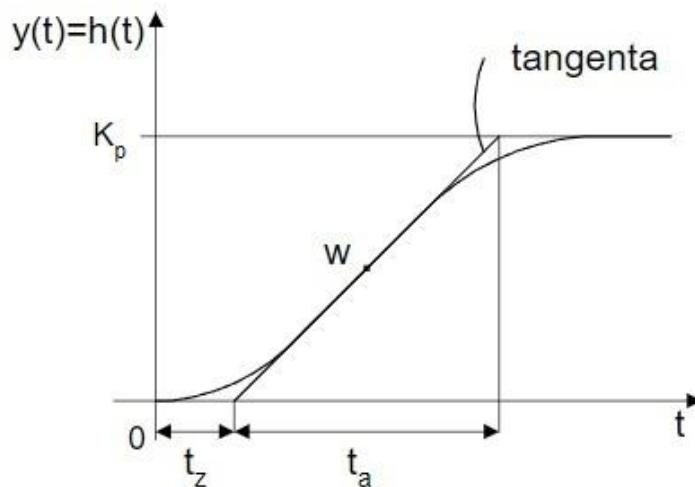
gdje su:

K_P – pojačanje,

T_1 – dominantna vremenska konstanta [s],

T_t – mrtvo vrijeme [s].

Prema Ziegler-Nichols metodi iz prijelazne funkcije se određuju tri karakteristične veličine. Veličine su određene vrijednošću izlazne veličine i tangente u točki infleksije. Pojačanje procesa K , određuje se iz stacionarne točke izlazne veličine. Vrijeme zadržavanja t_z se određuje presjekom tangente u točki infleksije s osi x (vremenskom osi). Vrijeme porasta (T_a) određuje se iz vremena od presjeka tangente u točki infleksije s t osi do presjeka tangente sa vrijednosti odziva u stacionarnom stanju. Na slici 3.7. znak w predstavlja točku infleksije funkcije.



Slika 3.7. Prijelazna funkcija $h(t)$ prigušenog sustava višeg reda [7].

Tablica 3.3. Tablica za određivanje vrijednosti parametara regulatora koristeći metodu prijelazne funkcije.

	Tip regulatora	Vrijednost parametara regulatora		
		K_R	T_I	T_D
Metoda prijelazne funkcije	P	$1/K_s * t_1/t_Z$	-	-
	PI	$0.9/K_s * t_1/t_Z$	$3.33 t_Z$	-
	PID	$1.2/K_s * t_1/t_Z$	$2 t_Z$	$0.5 t_Z$

Za primjenu Ziegler Nicholsove metode prijelazne funkcije odabire se T_t tako da je jednak vremenu zadržavanja t_Z a vremenska konstanta (T_1) takva da bude jednaka vremenu porasta t_a [6].

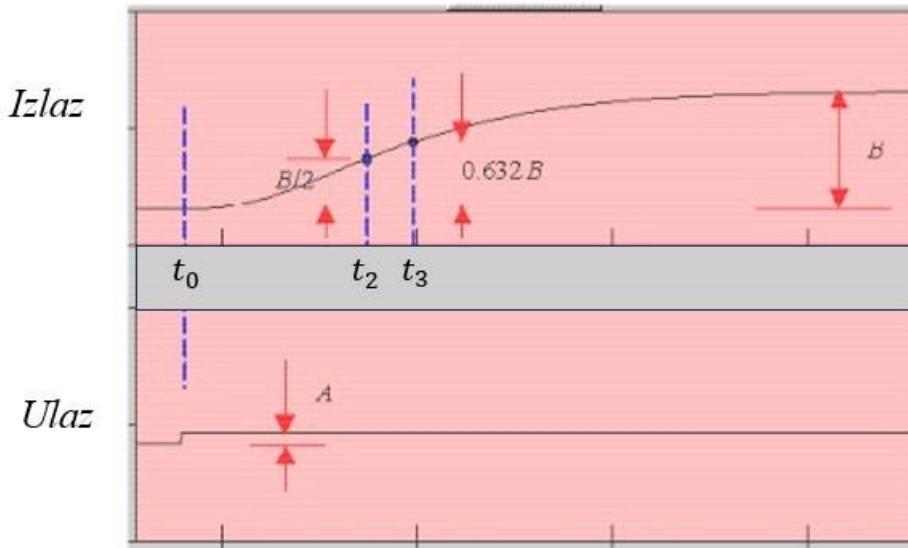
3.6. Sinteza PI regulatora po Cohen-Coon metodi

Osim ZN metode, postoji još nekoliko iskustvenih metoda za određivanje parametara PID regulatora. Jedna od tih metoda je Cohen-Coon metoda podešavanja. Odziv sustava modeliran je aproksimacijom vladanja procesa s PT_1T_t -vladanjem.

Koraci u provedbi eksperimenta prema Cohen-Coon metodi su sljedeći:

- 0) Čekanje da proces dosegne stabilno stanje,
- 1) Narine se pobuda (step),

- 2) Na izlaznoj karakteristici određuju se parametri t_0 , t_2 , t_3 , A i B. t_0 je vrijeme u kojemu step blok da impuls, t_2 je vrijeme pri kojemu amplituda izlazne karakteristike dosegne 50% maksimalne vrijednosti, t_3 je vrijeme pri kojemu amplituda izlazne karakteristike dosegne 63,2% maksimalne vrijednosti. A je iznos pobude dok je B maksimalna amplituda izlazne karakteristike,



Slika 3.8. Prijelazna funkcija $h(t)$ prigušenog sustava višeg reda (izlaz), te odziv step bloka (ulaz).

- 3) Koristeći parametre t_0 , t_2 , t_3 , A i B određuju se parametri procesa τ_m , τ_d i K. τ_m je efektivna vremenska konstanta odziva prvog reda, K je amplituda izlazne karakteristike podijeljena sa amplitudom pobude, a τ_d je mrtvo vrijeme [11]:

$$t_1 = \frac{t_2 - (\ln(2))t_3}{1 - \ln(2)}, \quad (3-17)$$

$$\tau_m = \frac{3}{2} * (t_2 - t_1), \quad (3-18)$$

$$\tau_d = t_2 - \tau_m, \quad (3-19)$$

$$K = \frac{B}{A}, \quad (3-20)$$

- 4) Uz pomoć tablice 3.4. određuju se parametri regulatora.

Tablica 3.4. Tablica za određivanje vrijednosti parametara regulatora koristeći Cohen Coon metodu.

Tip regulatora	K_R	T_I	T_D
P	$\frac{\tau_m}{K \tau_d} * (1 + \frac{\tau_d}{3 \tau_m})$	-	-
PI	$\frac{\tau_m}{K \tau_d} * (0.9 + \frac{\tau_d}{12 \tau_m})$	$\tau_d (\frac{30+3\tau_d/\tau_m}{9+20\tau_d/\tau_m})$	-
PD	$\frac{\tau_m}{K \tau_d} * (1.25 + \frac{\tau_d}{6 \tau_m})$	-	$\tau_d (\frac{6-2\tau_d/\tau_m}{22+3\tau_d/\tau_m})$
PID	$\frac{\tau_m}{K \tau_d} * (1 + \frac{\tau_d}{3 \tau_m})$	$\tau_d (\frac{32+6\tau_d/\tau_m}{13+8\tau_d/\tau_m})$	$\tau_d (\frac{4}{11+2\tau_d/\tau_m})$

Cohen-Coon metoda daje početne procjene, a daljnje fino podešavanje može biti potrebno za postizanje željene izvedbe regulacije. Vrijedno je napomenuti da je Cohen-Coonova metoda heuristička metoda i ne mora uvijek dati optimalne rezultate. Druge rigoroznije metode ugadanja, kao što je Ziegler-Nicholsova, mogu biti prikladnije za određene primjene [11].

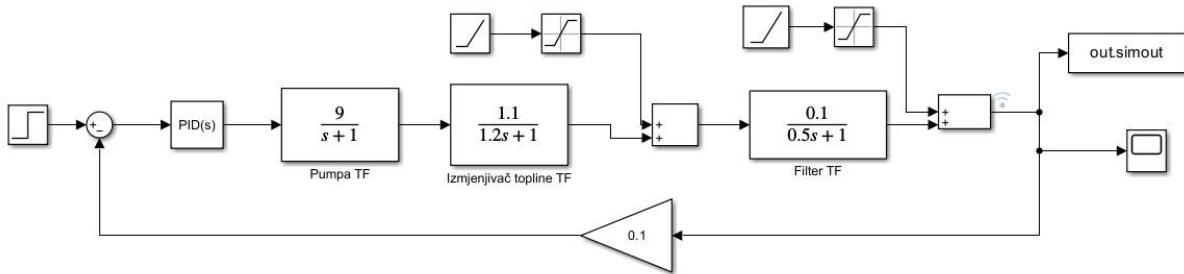
4. MATLAB I BRAUMAT SIMULACIJE

Simulacija vladanja sustava provodi se na računalu na temelju matematičkog modela sustava i narinute pobude. Simulacije se mogu koristiti za podešavanje performansi, optimiziranje procesa, poboljšanje sigurnosti, testiranje teorija i obuku osoblja. Sustavi znanstvenoga modeliranja omogućuju korisniku uvid u učinke različitih uvjeta i djelovanja. Simulacije se također mogu koristiti kada je stvarni sustav nedostupan ili preopasan za eksperimentiranje ili kada je sustav još u fazi projektiranja (teorije). Neke od prednosti simulacija su :

- 1) Manji finansijski rizik – simulacije su jeftinije od eksperimentiranja na stvarnom procesu. Potencijalni troškovi testiranja teorije u stvarnosti mogu uključivati prelazak na neprovjereni proces, zapošljavanje osoblja ili kupnju nove opreme. Simulacija omogućava testiranje teorija i izbjegavanje skupih pogrešaka,
- 2) Idenična ponovljena testiranja – simulacija omogućava da testiranje različitih teorija okolnostima. To znači da se teoriju mogu usporediti bez odstupanja,
- 3) Uvid u poboljšanje procesa – Moguće je napraviti simulaciju koja će omogućiti uvid u utjecaj vremena na proces.

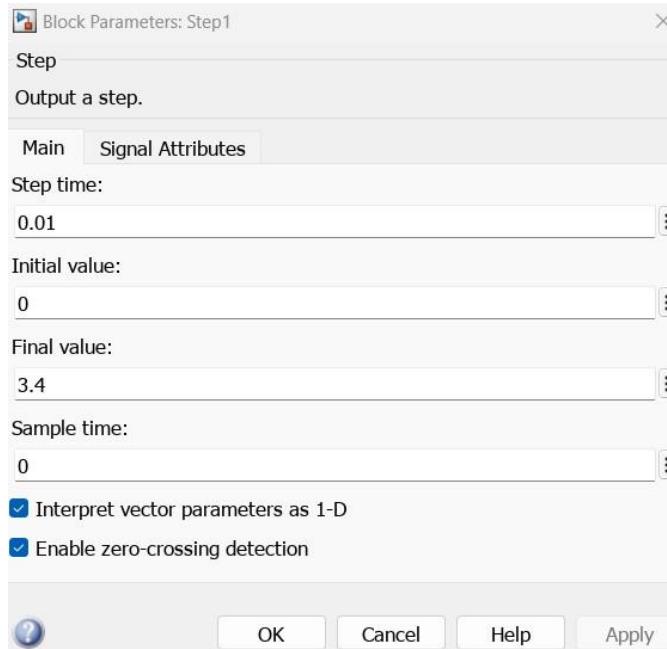
4.1. Matlab simulacija i rezultati

Matlab je programska platforma dizajnirana specifično za inžinjere i znanstvenike u svrhu analize i dizaja sustava. Matlab se koristi za analizu podataka, razvoj algoritama te stvaranje modela. Simulink je program za grafičko programiranje temeljeno na MATLAB-u za modeliranje, simulaciju i analizu dinamičkih sustava s više područja. Njegovo primarno sučelje je alat za grafičko blok dizajniranje. Nudi tjesnu integraciju s ostatkom MATLAB okruženja i može pokretati MATLAB ili biti skriptiran iz njega. Simulink se naširoko koristi u automatskom upravljanju i digitalnoj obradi signala.



Slika 4.1. Simulink model regulacijskog kruga Kisegur filtra.

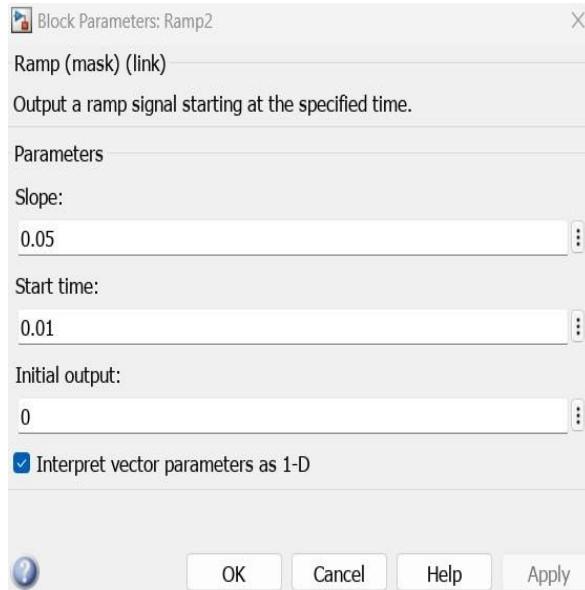
Na temelju matematičkoga modela regulacijske kruga razvijenog u prethodnom poglavlju, u Simulinku se pravi blok dijagram koji oponaša vladanje stvarnog sustava u stvarnim uvjetima. Na ulazu regulacijskog kruga se nalazi step blok s konačnom vrijednosti od 3.4, što predstavlja radnu točku ulazu regulacijskog kruga. Step blok predstavlja izvor signala sustava. U ovom regulacijskom krugu je važnija kakvoća potiskivanja utjecanja smetnji nego kakvoća prelaska na novu radnu točku.



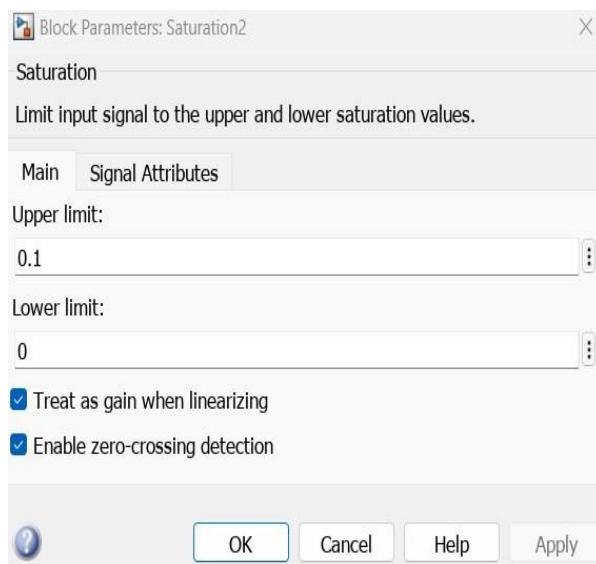
Slika 4.2. Parametri step bloka korištenog u Simulink simulacijskom modelu regulacijskog kruga.

Na slikama 4.3. i 4.4. nalaze se blokovi *ramp* i *saturation* koji se koriste za modeliranje poremećajne veličine u izmjenjivaču topline, a na slikama 4.5. i 4.6. nalaze se blokovi *ramp* i *saturation* koji se koriste za modeliranje poremećajne veličine u Kisegur

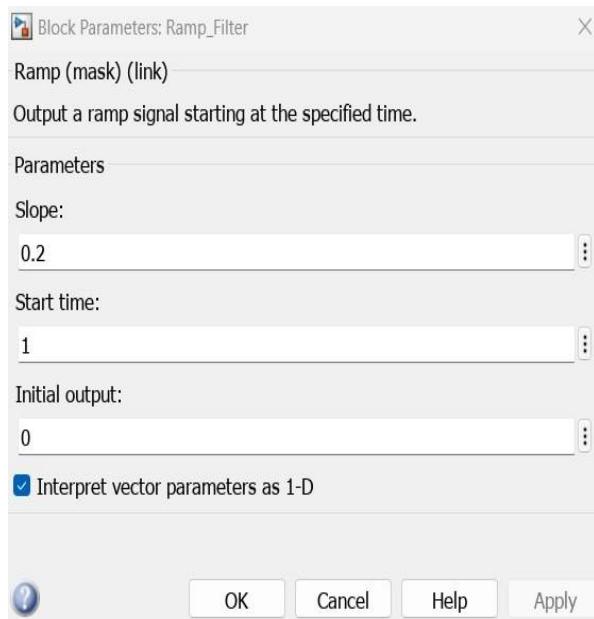
filtru. Parametri blokova za izmjenjivač topline određeni su u izrazu 3-14, a u filtru izrazom 3-10. Blok *Ramp* generira signal koji počinje u određenom trenutku te mijenja vrijednost određenom brzinom. Parametri nagiba bloka, vrijeme početka i početni izlaz određuju karakteristike izlaznog signala. Blok zasićenja proizvodi izlazni signal koji je vrijednost ulaznog signala ograničio na gornju i donju vrijednost zasićenja. Razlog korištenja *rampa* i *saturationa* umjesto step bloka za aproksimaciju poremećaja je u tome što poremećaj raste s vremenom te se na ovaj način aproksimiraju stvarni uvjeti u regulacijskom krugu Kiselgur filtra.



Slika 4.3. Parametri ramp bloka izmjenjivača topline.



Slika 4.4. Parametri saturation bloka izmjenjivača topline.



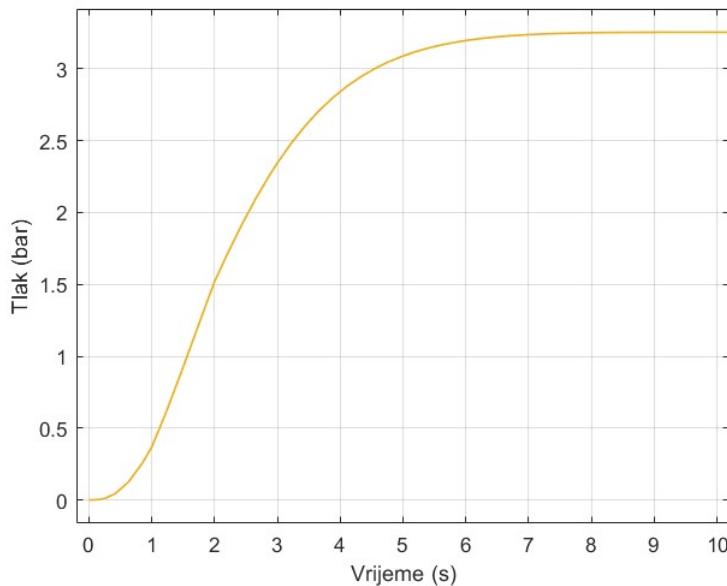
Slika 4.5. Parametri ramp bloka Kiselgur filtra.



Slika 4.6. Parametri saturation bloka Kiselgur filtra.

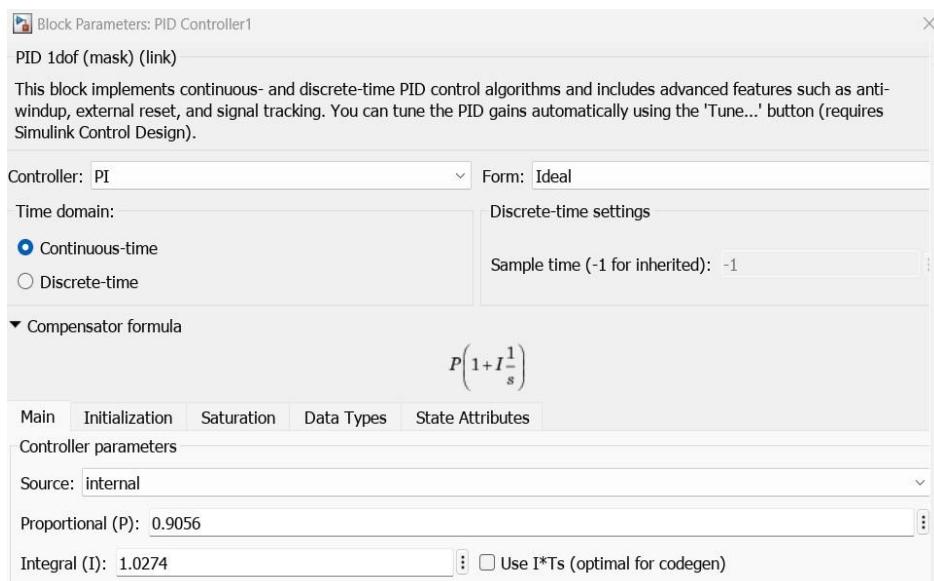
Pokretanjem simulacije dobiva se odziv zatvorenog regulacijskog kruga. Za dobivanje odziva zatvorenoga kruga koristi se P-regulator s pojačanjem 1. P djelovanje se dodaje radi poboljšanja brzine odziva sustava a I djelovanje se dodaje radi smanjivanja trajnog regulacijskog odstupanja. Poboljšanje jednog svojstva odziva može negativno utjecati na

druga svojstava te je često potrebno mnogo iteracija kako bi se došlo do preciznog podešenja regulatora.

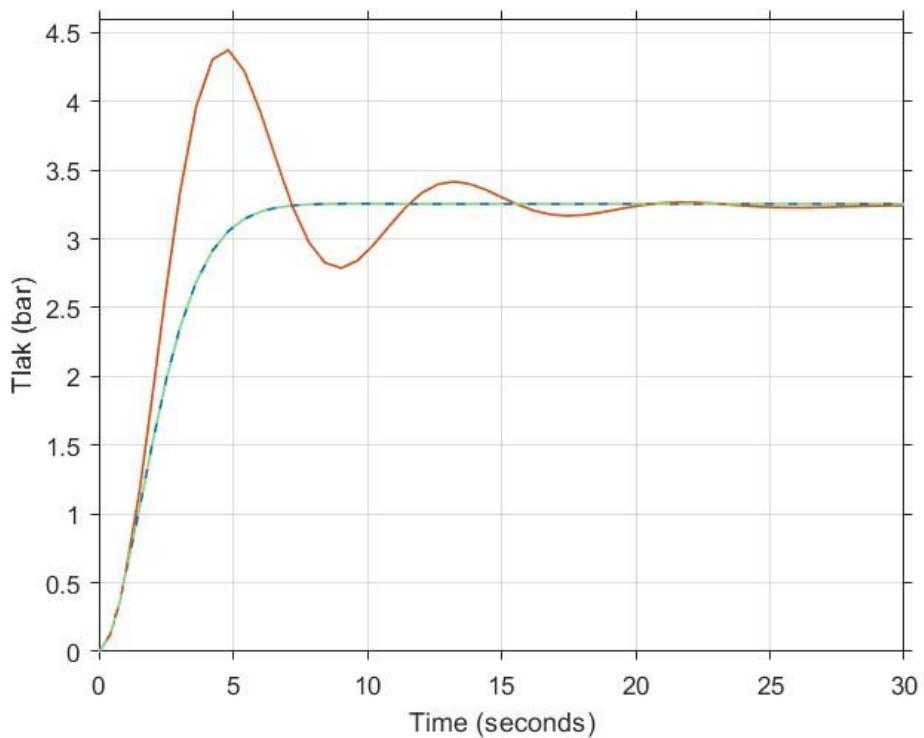


Slika 4.7. Prijelazna funkcija zatvorenoga kruga Kisegur filtra.

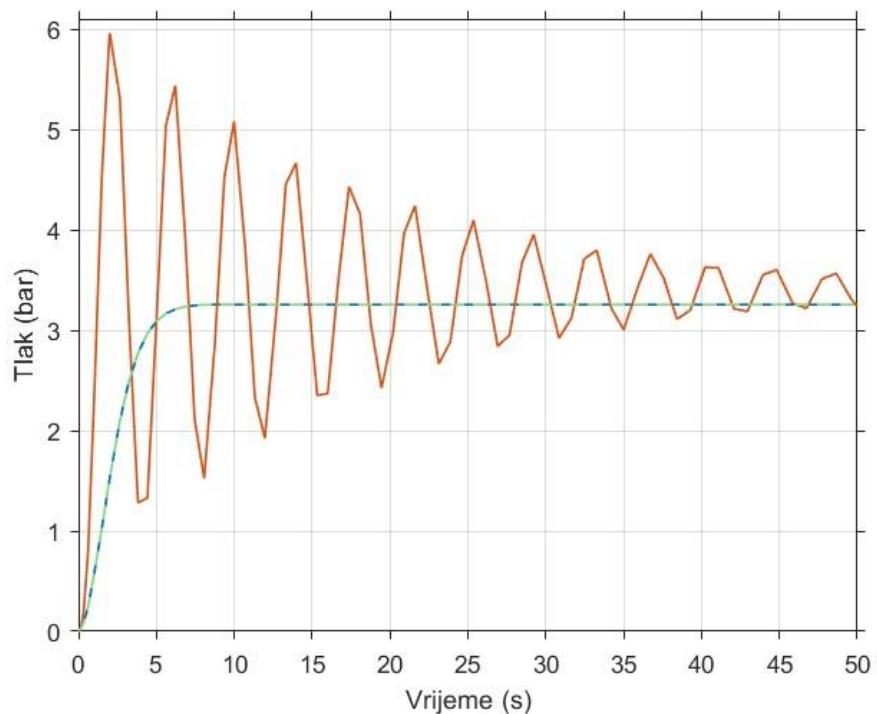
Parametri regulatora, određeni na jedan od načina opisan u prethodnom poglavlju, upisuju se unutar bloka regulator. U ovom slučaju korišten je blok model PID regulatora. Uzet je idealni oblik regulatora a ne realni, te je vremensko području kontinuirano.



Slika 4.8. Parametri regulatora dobiveni Cohen-Coon metodom uneseni u blok PID.



Slika 4.9. Odziv zatvorenoga kruga Kisegur filtra s regulatorom parametrisanim po Cohen-Coon metodi.



Slika 4.10. Odziv zatvorenoga kruga Kisegur filtra s regulatorom parametrisanim po Ziegler-Nichols metodi.

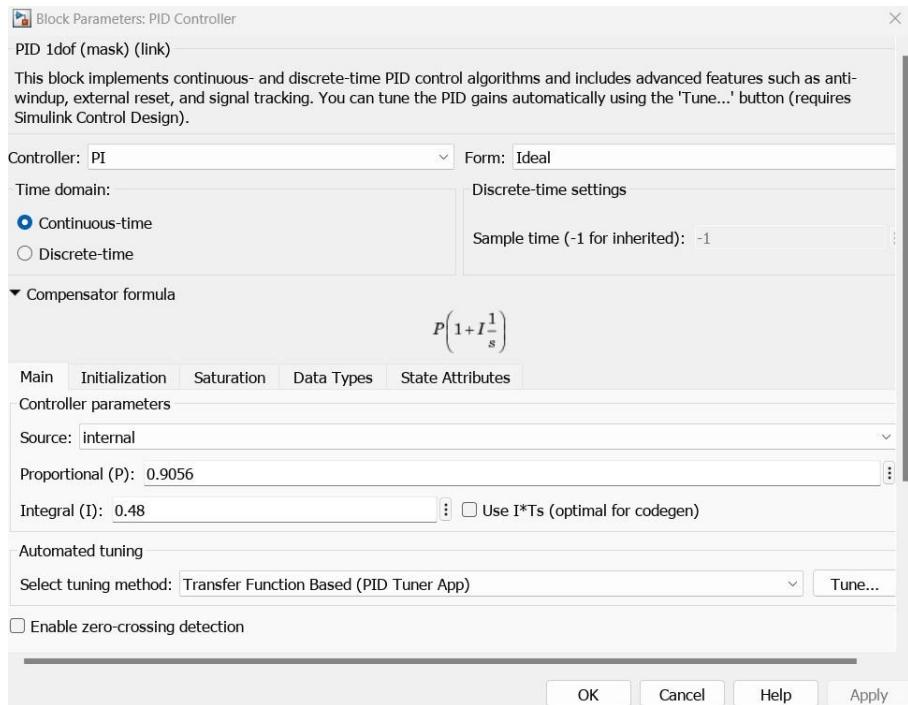
Na dijagramima 4.9. i 4.10. nalaze se dva odziva. Crvenom bojom označeni su odzivi zatvorenoga kruga kada je korišten regulator parametriran po jednoj od metoda, dok je zelenom bojom označena prijelazna funkcija zatvorenoga kruga Kiselgur filtra gdje PI-regulator ima pojačanje 1, a integralnu konstantnu 0.

Tablica 4.1. Tablica usporedbe pokazatelja kakvoće regulacije.

Pokazatelji kakvoće regulacije	Ziegler-Nichols – prijelazna funkcija	Cohen-Coon
t_r – vrijeme porasta	0,5s	3,85s
$t_{\epsilon=3\%}$ – vrijeme smirivanja	47s	20s
t_m – vrijeme maksimalnog prebačaja	1,9s	4,7s
σ_m – maksimalno nadvišenje	80,3%	32,88%
e_o – trajno regulacijsko odstupanje	10,91%	2,33%
t_o – period prigušenih oscilacija	4s	8,7s

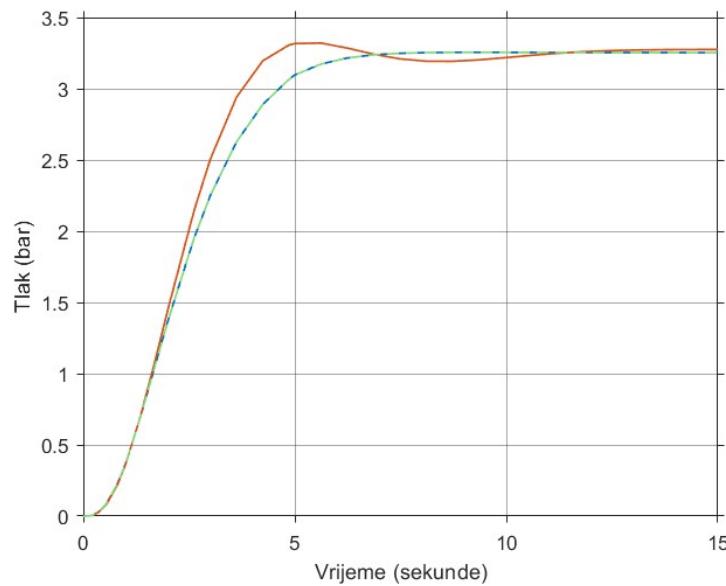
Relativni koeficijent prigušenja ζ određuje se prema slici 3.4. Za Cohen-Coon metodu relativni koeficijent prigušenja iznosi 0,36 a za Ziegler-Nichols metodu iznosi 0,04. Korijeni sustava su konjugirano-kompleksni parovi. Odziv je prigušeno oscilatorni. Vlastita frekvencija titranja ω_n sustava za Cohen-Coon metodu iznosi 1,43 rad, a za Ziegler-Nichols metodu 3,31 rad.

Na temelju pokazatelja bolja regulacija je dobivena korištenjem Cohen-Coon metode sinteze regulatora. Iako je vrijeme porasta znatno više, relativni koeficijent prigušenja, trajno regulacijsko odstupanje te maksimalno nadvišenje znatno su bolji nego u slučaju korištenja Ziegler-Nichols metode. Ziegler-Nichols i Cohen-Coon su iskustveni postupci, te je potrebno fino podešavanje parametara regulatora radi postizanje željene kakvoće regulacije od 0.7.



Slika 4.11. Podešeni parametri regulatora uneseni u blok PID.

Radi postizanja odgovarajuće kakvoće regulacije, I djelovanje se smanjuje za 0.5474 dok P djelovanje ostaje isto što rezultira smanjivanjem trajnog regulacijskog odstupanja.



Slika 4.12. Odziv zatvorenoga kruga Kisegur filtra s podešenim parametrima regulatora.

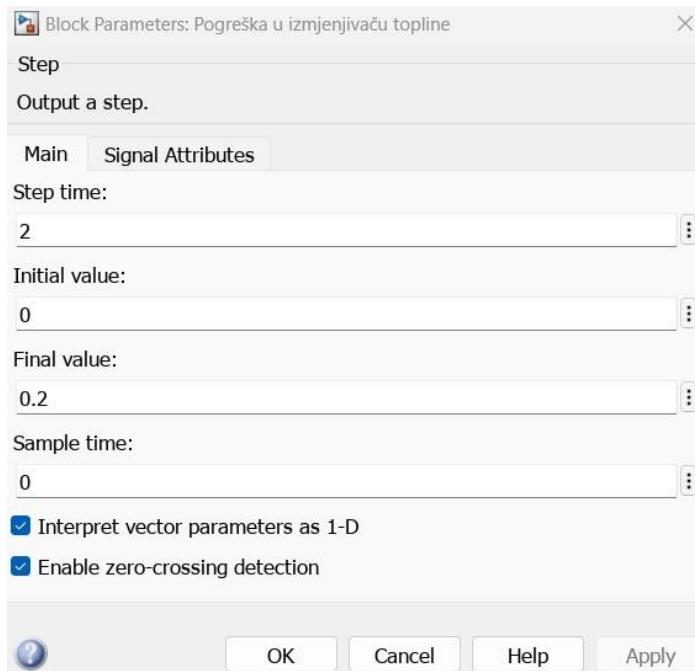
Na slici 4.12. nalaze se dva odziva. Crvenom bojom označen je odzivi zatvorenog kruga sa podešenim regulatorom, dok je zelenom bojom označena prijelazna funkcija zatvorenog kruga Kiselgur filtra gdje P-regulator ima pojačanje 1.

Tablica 4.2. Tablica pokazatelja kavoće regulacije.

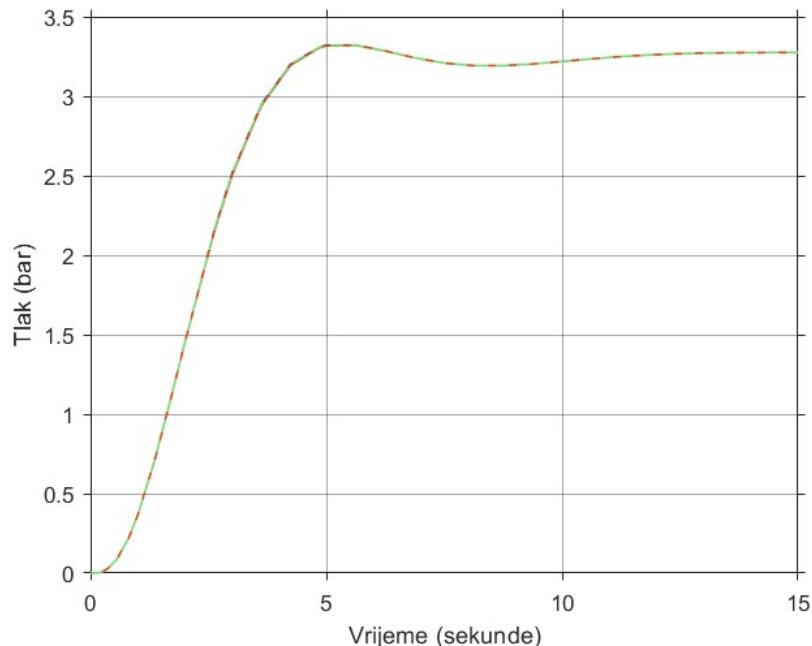
Pokazatelji kavkoće regulacije	Podešeni parametri
t_r – vrijeme porasta	4s
$t_{\varepsilon-3\%}$ – vrijeme smirivanja	12s
t_m – vrijeme maksimalnog prebačaja	4,96s
σ_m – maksimalno nadvišenje	3,03%
e_o - trajno regulacijsko odstupanje	1%
t_o – period prigušenih oscilacija	7s

Relativni koeficijent prigušenja ζ određuje se prema slici 3.4. Relativni koeficijent prigušenja iznosi 0,74 dok je željeni relativni koeficijent prigušenja 0,7. Maksimalno nadvišenje iznosi 3,4 bar-a dok je dopušteno nadvišenje 4,5 bar-a, vrijeme smirivanja mora biti manje od jedne minute te trajno regulacijsko odstupanje mora biti manje od 5%. Prema zahtjevima tehnologa proizvodnje performanse regulacijskog kruga su zadovoljavajuće.

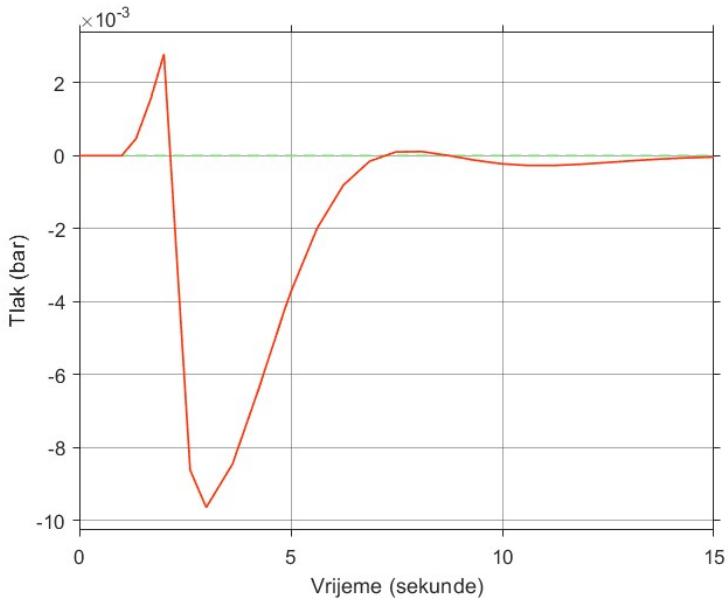
U sustavu postoje dva izvora poremećaja te je potrebno ispitati da li će performanse regulacijskog kruga biti zadovoljavajuće u slučaju njihovog naglog porasta. Za simulacije će se koristiti dvostruko veće amplitude poremećaja od onih što su dobivene računanjem u prethodnom poglavlju te će se umjesto kombinacije blokova *ramp* i *saturation* koristiti *step* blok. Dok kombinacija *ramp* i *saturation* blokova predstavlja porast poremećaja u stvarnim uvjetima, *step* blok se koristi za ispitivanje kakvoće regulacije u slučaju naglog skoka poremećajne veličine.



Slika 4.13. Parametri step bloka korištenog u Simulink simulacijskom modelu regulacijskog kruga u slučaju pogreške u izmjenjivaču topline.



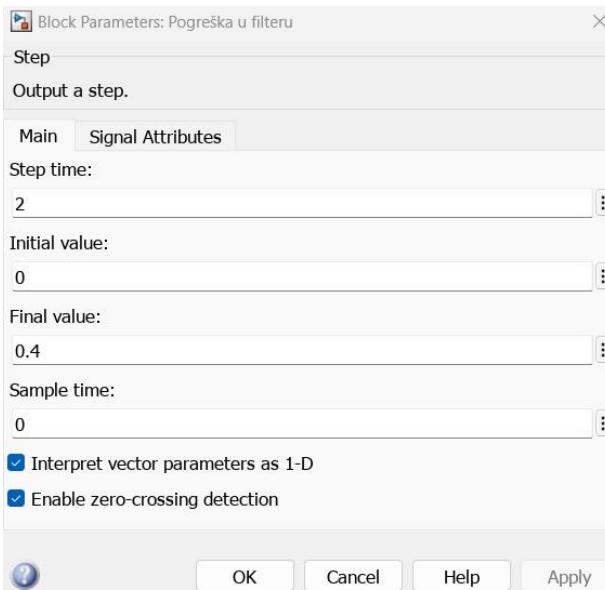
Slika 4.14. Odziv zatvorenoga kruga Kiselgur filtra s podešenim parametrima regulatora u usporedbi sa odzivom pri pogrešci u izmjenjivaču topline.



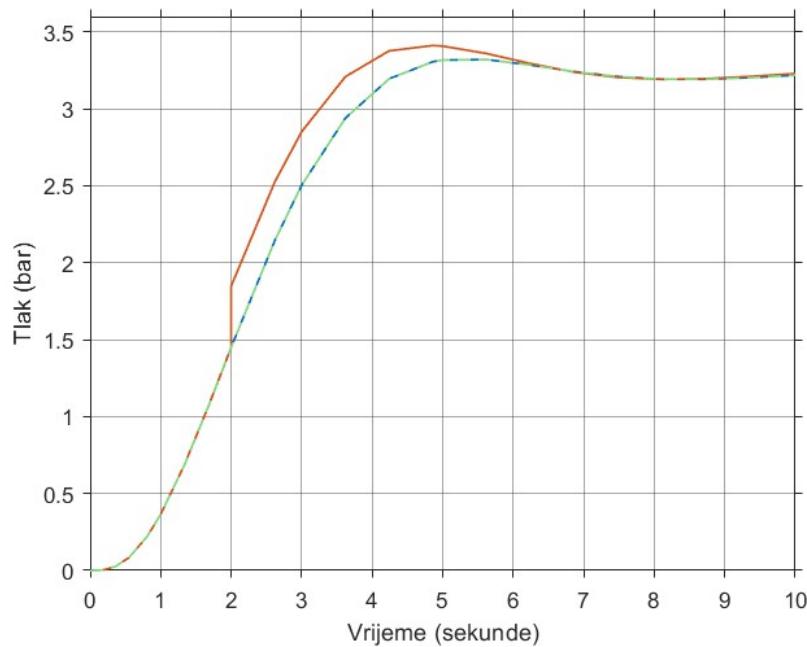
Slika 4.15. Razlika odziva zatvorenoga kruga Kisegur filtra u slučaju pogreške u izmjenjivaču topline.

Crvenom bojom na slici 4.14. prikazan je odziv zatvorenog kruga Kisegur filtra pri normalnom radu, a zelenom bojom označen je odziv u slučaju naglog porasta poremećajne veličine u izmjenjivaču topline. Na slici 4.15. prikazana je razlika tlakova kroz vrijeme između karakteristike odziva pri normalnom radu i u slučaju naglog porasta poremećajne veličine. Zbog malih razlika u iznosima tlakova na izlazu, slika 4.15. je korisna radi boljeg uvida u promjenu razlike tlakova kroz vrijeme. Pri porastu protoka za 2hl/h tlak na izlazu kruga će se najviše promijeniti za 0.01 bar. Relativni koeficijent prigušenja iznosi 0,74 dok je željeni relativni koeficijent prigušenja 0,7. U slučaju naglog porasta poremećajne veličine u izmjenjivaču topline regulator će reagirati na vrijeme te neće doći do znatnog narušavanja kakvoće regulacije.

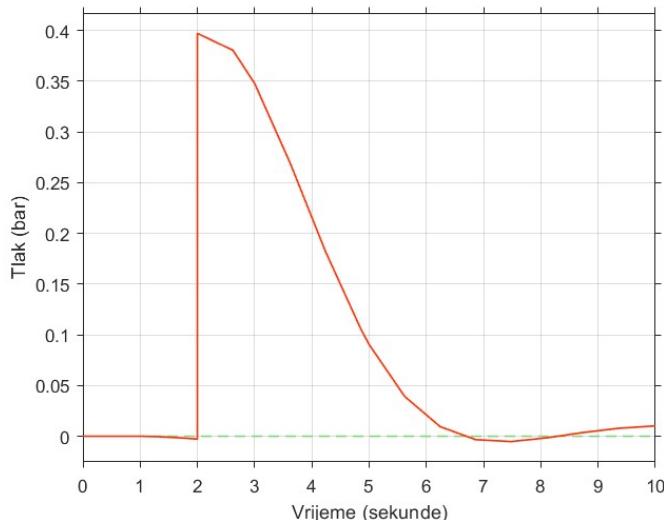
Osim poremećaja u izmjenjivaču topline, poremećajna veličina se pojavljuje i u Kisegur filtru. Za simulaciju naglog porasta poremećaja u filtru također je korišten *step* blok te amplituda poremećaja dvostruko veća od one dobivene računanjem u prethodnom poglavljju. Poremećaj se pojavljuje nakon dvije sekunde rada kruga te ima amplitudu od 0.4 bar-a.



Slika 4.16. Parametri step bloka korištenog u Simulink simulacijskom modelu regulacijskog kruga u slučaju pogreške u filtru.



Slika 4.17. Odziv zatvorenoga kruga Kiselgur filtra s podešenim parametrima regulatora u usporedbi sa odzivom pri pogrešci u filtru.



Slika 4.18. Razlika odziva zatvorenoga kruga Kisegur filtra u slučaju pogreške u filtru.

Crvenom bojom na slici 4.17. prikazan je odziv zatvorenog kruga Kisegur filtra pri normalnom radu, a zelenom bojom označen je odziv u slučaju naglog porasta poremećajne veličine u filtru. Na slici 4.18. prikazana je razlika tlakova kroz vrijeme između karakteristike odziva pri normalnom radu i u slučaju naglog porasta poremećajne veličine. Zbog malih razlika u iznosima tlakova na izlazu, slika 4.15. je korisna radi boljeg uvida u promjenu razlike tlakova kroz vrijeme. Pri porastu tlaka u filteru za 0.4 bar-a tlak na izlazu kruga će se najviše promijeniti za 0.4 bar.

Tablica 4.3. Tablica pokazatelja kakvoće regulacije u slučaju naglog porasta poremećajne veličine u filtru.

Pokazatelji kakvoće regulacije	Podešeni parametri
t_r – vrijeme porasta	4,2s
$t_{\varepsilon-3\%}$ – vrijeme smirivanja	12s
t_m – vrijeme maksimalnog prebačaja	4,96s
σ_m – maksimalno nadvišenje	4,55%
e_o - trajno regulacijsko odstupanje	1%
t_o – period prigušenih oscilacija	7s

Relativni koeficijent prigušenja iznosi 0,15 dok je željeni relativni koeficijent prigušenja 0,7. Maksimalno nadvišenje iznosi 3,45 bar-a dok je dopušteno nadvišenje 4,5 bar-a, vrijeme smirivanja mora biti manje od jedne minute te trajno regulacijsko odstupanje mora

biti manje od 5%. Prema zahtjevima tehnologa proizvodnje performanse regulacijskog kruga su i dalje zadovoljavajuće u slučaju naglog porasta poremećajne veličine u filtru. Nagli porast poremećajne veličine u filtru utječe znatno više na kakvoću regulacije nego poremećaj u izmjenjivaču topline. Razlog tomu je što se filter nalazi na kraju regulacijskoga kruga, te će poremećaji stvoreni na njemu izazvati veću promjenu na izlaznoj karakteristici zatvorenoga kruga.

4.2. Braumat simulacija Kiselgur filtra

Prvi dio praktičnoga dijela diplomskoga rada je popunjavanje excel tablica s odgovarajućim podatcima. U excel tablicama su se na odgovarajuće liste unosili elementi s P&ID sheme te se opis elemenata nalazio u PCB listama. U PCB listama se nalazi popis svih korištenih elemenata te njihovih adresa. Uz to su prikazane sheme instalacija pivovare. N.O. ventil je ventil koji je prije dolaska signala na njega otvoren te se dolaskom signala zatvara. Uobičajeni filteri rade na suprotan način. Prije dolaska signala na njih su zatvoreni te se tek nakon dolaska signala otvaraju. Svaki tip elemenata imao je svoju posebnu tablicu u excelu. Ventili su se nalazili u tablici ICM-2 dok su tipa u ICM-1 motori i crpke. Nakon unosa imena elementa u excel tablicu, potrebno je iz PCB listi zapisati opis toga elementa te u slučaju ventila njihov aktivacijski signal Q, feedback ON signal (za otvaranje ventila) te feedback OFF (za zatvaranje ventila). U listu DFM0 unose se brojači. Za liste DFM1-DFM4 se unose parametri sa int vrijednostima a za liste od DFM5-DFM8 se unose elementi s realnim vrijednostima. Najvažniji dijelovi excel lista su:

- 1) ICM-1 – crpke i motori,
- 2) ICM-2 – regulacijski ventili i n.o. ventili,
- 3) ICM-3 – double seat ventili,
- 4) ICM-4 – crpke i motori,
- 5) VLT – frekvencijski pretvarači,
- 6) AIN – mjerači tlaka, protoka, temperature, razine tekućine...,
- 7) TIMER – timeri i level switchevi,
- 8) DFM – brojači, parametri s int vrijednostima, parametri s realnim vrijednostima,
- 9) EPE-INI – lista u kojoj se navode koraci koji moraju biti zadovoljeni kako bi proces otišao u idući korak.

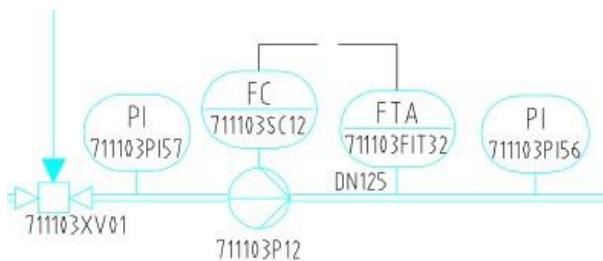
	AS	COMPONENT	ADDRESS					TYPICAL #	AS	COMPONENT	ADDRESS					TYPICAL #
			Main valve Q	valve energized I	valve deenergized I	Upper seat Q	Lower seat Q				Main valve Q	valve energized I	valve deenergized I	Upper seat Q	Lower seat Q	
		01A	71.11.01SV31	1120.2	1120.0			5		01B	71.14.01SV31	1120.3	1120.1			5
		02A	71.11.01XV05	1121.5	1121.4	1121.5		1		02B	71.14.01XV04	1137.5	1137.4	1137.5		1
		03A	71.11.01XV09	1121.1	1121.0	1121.1		1		03B	71.14.01XV05	1137.1	1137.0	1137.1		1
		04A	71.11.01XV14	1122.5	1122.4	1122.5		1		04B	71.14.01XV09	1138.5	1138.4	1138.5		1
		05A	71.11.01XV16	1122.1	1122.0	1122.1		1		05B	71.14.01XV10	1138.1	1138.0	1138.1		1
		06A	71.11.01XV28	1123.5	1123.4	1123.5		1		06B	71.14.01XV14	1139.5	1139.4	1139.5		1
		07A	71.11.01XV29	1123.1	1123.0	1123.1		1		07B	71.14.01XV16	1139.1	1139.0	1139.1		1

Slika 4.19. PCB dokumentacija pivovare.

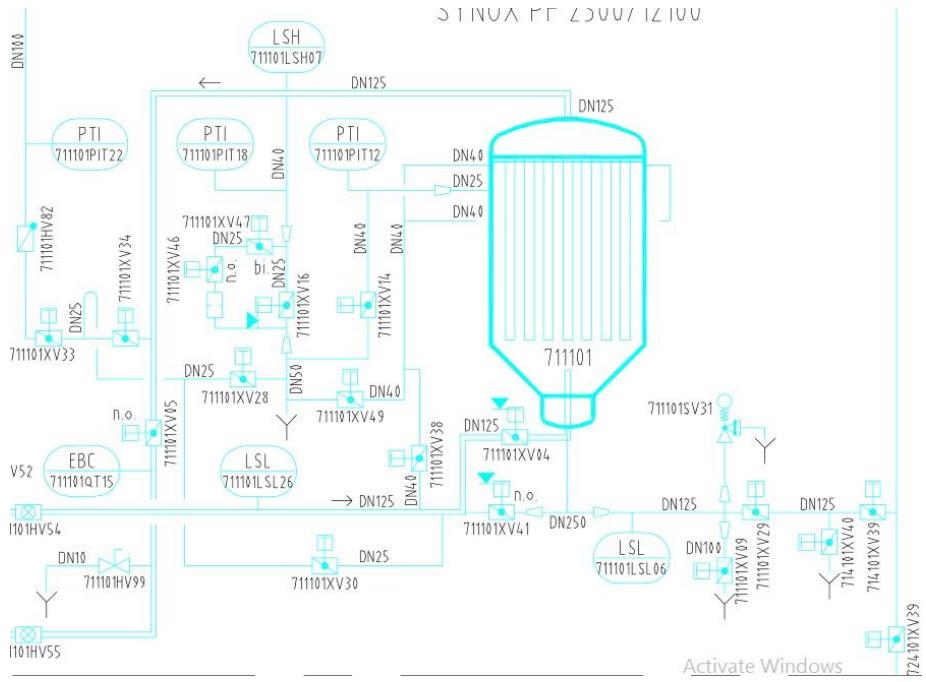
Def	No	NAME	Sequence	RefCrl	Image	Addr	Loc	Desc			
Total				f							
				Assigned plant section		Reference to control mode		Image where ICM displayed			
Filter	ICM-Nr	ICM-Name	Assigned section	Reference to control mode	Image where ICM displayed	Address	Location	Description	Activation	Feedback ON (open, running)	
E	1	71_11_03P12	3	#REF!	demo_bik	#REF!	KGF_1	KGL - Product pump	I20.2	I12.5	
E	2	71_11_02P12	4	M 10.0	demo_bik	Cmd=M128.1;lock= M256.1;Fbk1=I12.5; Fbk0=;Ctrl=;	KGOT_1	KGD - Agitator motor			
E	65	ICM1	65	0	M 10.0	Cmd=M136.0;lock= M264.0;Fbk1=; Fbk0=;Ctrl=;	Location ICM1 65	Description ICM1 65			
E	66	71_11_02M14	4	Q20.2	demo_bik	Cmd=M136.1;lock= M264.1;Fbk1=I21.0; Fbk0=;Ctrl=Q20.2	KGOT_1	KGD - Dosing pump	Q20.2	I21.0	
E	67	ICM1	67	0	M 10.0	Cmd=M136.2;lock= M264.2;Fbk1=; Fbk0=;Ctrl=;	Location ICM1 67	Description ICM1 67			

Slika 4.20. ICM-1 lista.

Cijelo postrojenje dano je u oblike P&ID sheme te se postrojenje rastavlja na više funkcionalnih dijelova. Unutar diplomskoga rada unose se elementi za 4. dio (kiselgur filter) i 5. dio (dosimat) postrojenja. Na P&ID shemi se prvo locira element, te se određuje u koji dio postrojenja ga je potrebno unijeti (4 ili 5 u ovom slučaju). Na slikama 4.21. i 4.22. prikazani su dijelovi postrojenja u P&ID shemi te se vide adrese pojedinih elemenata. Važno je unijeti ispravnu adresu radi komunikacije PLC-a sa odgovarajućim uređajem. Pumpa, cooler i kiselgur filter spadaju u 4. dio postrojenja dok je KG dosimat sam 5. dio postrojenja. Slike svih excel lista nalaze se u prilogu 1. Nakon popunjavanja lista, potrebno je otvoriti MACRO excel listu za prijenos podataka iz excela na IOS sustava te je idući korak izrada scada sustava u braumatu.



Slika 4.21. Crpka u P&ID shemi.



Slika 4.22. Kiselgur filter u P&ID shemi.

Braumat je softver razvijen od strane Siemensa za industriju pivarstva koji pruža mogućnosti kontrole procesa i automatizacije sustava. Kontroleri se u braumatu dodaju odlaskom na tools tab te sa padajućeg izbornika klikom na control. Zatim se u izborniku odabere kontroler. Potrebno je odabrati odgovarajući PCU gdje se element nalazi (za ovaj dio rada je to riječ PCU09 ili PCU10). Zatim sa pronađe adresa elementa te učita odgovarajući simbol. Za početak je potrebno pogledati P&ID shemu te utvrditi gdje će se koja komponenta nalaziti na Braumat shemi. Uz kiselgur filter na shemi su se nalazi securoks tank, hladnjak, dosimat tank...

Najbrojnije komponente su ventili te izrada sheme započinje sa njihovim dodavanjem. Ventili se dodaju klikom na variables te izborom control. Zatim se odabere mjesto na shemi gdje se ventil želi postaviti. Nakon toga otvori se novi izbornik gdje je potrebno odabrati valves/motors. Kada se otvori izbornik upisuje se ime željenog ventila i odabire odgovarajući simbol. Iako enzim dozing nije u okviru diplomskoga rada, njegovi se elementi postavljaju na braumat shemu. Razlog tomu je preglednost ostalih shema što isto uvijek treba imati na obziru. Nakon postavljanja svih elemenata na shemu ostalo je za kraj testirati ispravnost sheme. Testiranje se vrši radi provjere adresa pojedinih elemenata te radi provjere jesu li svi elementi na broju u konačnoj shemi. Ukoliko element ima krivu adresu dobiti će input signal

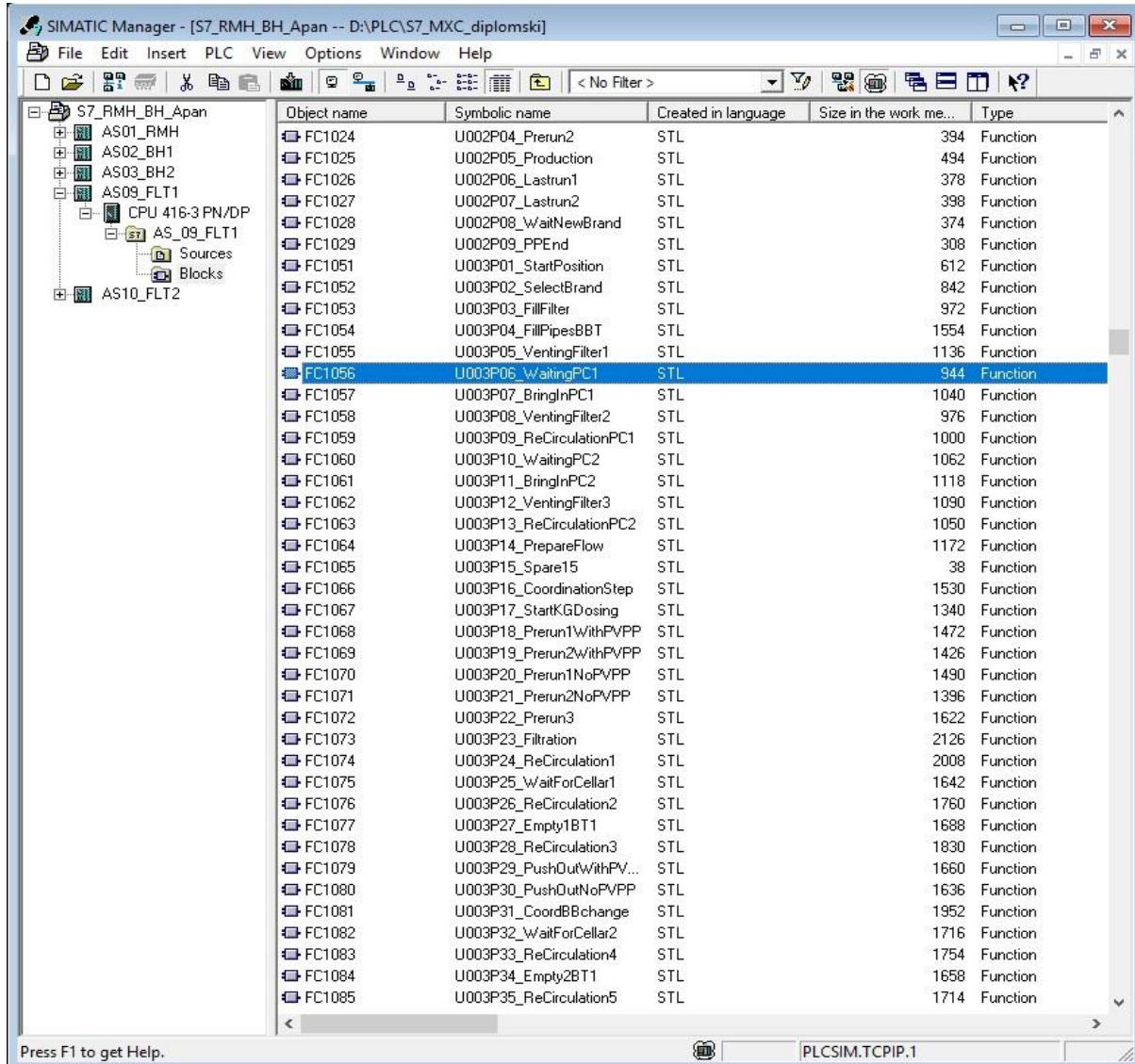
u krivom trenutku te je stoga potrebno izvršiti provjeru. Braumat shema sustava nalazi se u prilogu 2.

Tablica 4.4. Popis elemenata korištenih za izradu Braumat sustava.

Simboli elemenata u Braumat sustavu	Naziv i opis elementa
	Regulacijski ventil – ventil koji vodi ukoliko je na njega doveden impuls
	Normaly open regulacijski ventil – ventil koji je otvoren ukoliko na njemu nije doveden impuls
	Double seat ventil – ventil koji ima dva stanja ovisno o tome koji je impuls doveden na njega
	Crpka – unutar pivovara postoje pumpe za protok piva, vode, glikola...
	Level switch – sklopka koja reagira ovisno o razini tekućine u cijevima (pivo ili voda, ovisno o položaju)
	Mjerač protoka – uređaj koji mjeri protok piva u cijevi ali postoje i uređaji za mjerjenje protoka vode, zraka, glikola...
	Mjerač temperature – uređaj koji mjeri temperaturu u ključnim dijelovima postrojenja
	Mjerač tlaka – uređaj koji mjeri tlak u ključnim dijelovima postrojenja

Nakon izrade sheme sustava u Braumatu slijedi programiranje koraka u pivovari. Optimalna interakcija svih alata za programiranje i funkcija uključenih u projekt omogućuje visoku kvalitetu postrojenja i proizvodnje, kao i smanjenje troškova puštanja u rad i rada. Osnova je softver Symatic koji pruža podršku u svim fazama projekta. Objekti u Symatic manageru mogu biti funkcija (FC), funkcijski blok (FB) te organizacijski blok (OB). Funkcija (FC) i funkcijski blok (FB) koriste se za optimizaciju korisničkog programiranja. Glavna upotreba FC i FB je podjela i organiziranje korisničkog programa u manje dijelove koji se mogu lako razumjeti te pomaže u održavanju i rješavanju problema. Funkcija (FC) je logički blok bez memorije. Ovaj blok korisnik može kreirati i pozvati onoliko puta koliko je potrebno. Funkciji možemo dodijeliti različite parametre kao što su In, Out, In-Out, Temp. Privremene varijable definirane u FC-u pohranjuju se u lokalni skup podataka koji će se izgubiti nakon izvršenja FC-a. Funkcijski blok (FB) je logički blok s memorijom. Ovaj blok također može kreirati korisnik i pozivati onoliko puta koliko je potrebno. Razlika je u tome što kad god pozovemo funkcijski blok (FB), on stvara DB kao svoju memoriju. Ovaj DB se naziva blok podataka instance. Također možemo dodijeliti različite parametre u funkcijском bloku kao In, Out, In-Out, Temp i Stat, što je dodatni parametar u FB-u. Podaci spremljeni u

bloku podataka instance ne gube se nakon izvođenja FB-a. Međutim, privremeni podaci pohranjeni su u lokalnom skupu podataka koji se gubi nakon izvođenja FB-a. Organizacijski blokovi (OB) su sučelje između operativnog sustava i korisnika. Pozivaju se od strane operacijskog sustava te kontroliraju pokretanje, procesiranje i obradu pogrešaka. Svi organizacijski blokovi imaju prioritet koji je između 1 i 26. Organizacijski blokovi sa višim prioritetom mogu prekinuti rad onih sa nižim prioritetom.



Slika 4.23. SIMATIC Manager.

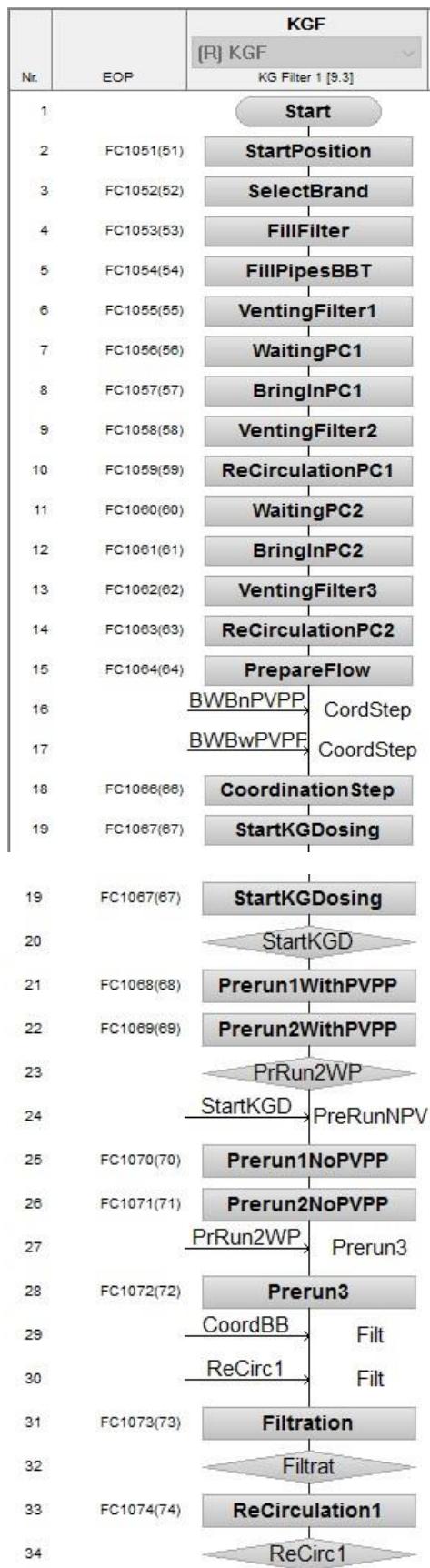
Kiselgur filter ima 122 koraka od početka proizvodnje do kraja. Od tih 122 isprogramirani su koraci od 1 (Start Position) do 33 (Recirculation 1). Za potrebe programiranja koristi se programski jezik SCL. SCL (Structured Control Language) je tekstualno programiranje visoke razine jezik koji se temelji na PASCAL-u. Uz elemente

programskoga jezika visoke razine, SCL također uključuje elemente jezika tipične za PLC-ove kao što su ulazi, izlazi, mjerači vremena, bitna memorija, blokovi pozive itd. Drugim riječima, SCL nadopunjuje i proširuje STEP 7 softver za programiranje. Na slici 30. prikazane su funkcije KG filtra koje kreću od funkcije 1051 pa do funkcije 1173. Svaka funkcija ima svoje vrijeme trajanja nakon koje prelazi u idući korak u slučaju da su svi uvjeti zadovoljeni. Ukoliko uvjeti nisu zadovoljeni, pale se alarmi te ukoliko se razlozi paljenja alarma ne uklone sustav odlazi u stanje zvano power failure. Nakon otklanjanja problema sustav se ponovno pokreće te ispočetka počinje korak u kojem je nastupio power failure.

Na slici 4.24. prikazani su neki od koraka pri filtraciji piva. Na slici je vidljivo vrijeme trajanja koraka koje znatno varira između koraka. Najdulji je korak odabir tipa piva pri pokretanju proizvodnje i traje 1000 sekundi. Uz vrijeme vidljivi su i setpointi pojedinog koraka. Svi setpointi trebaju biti zadovoljeni kako bi proces otišao u idući korak. Za korak fill filter nužno je da level switch koji je iznad kiselgur filtera ima impuls 7 sekundi, to jest da je cijev kroz koju prolazi pivo puna 7 sekundi. Uz taj setpoint još je potrebno da su pumpe od kiselgur filtra i dosimata u radu 50 sekundi.

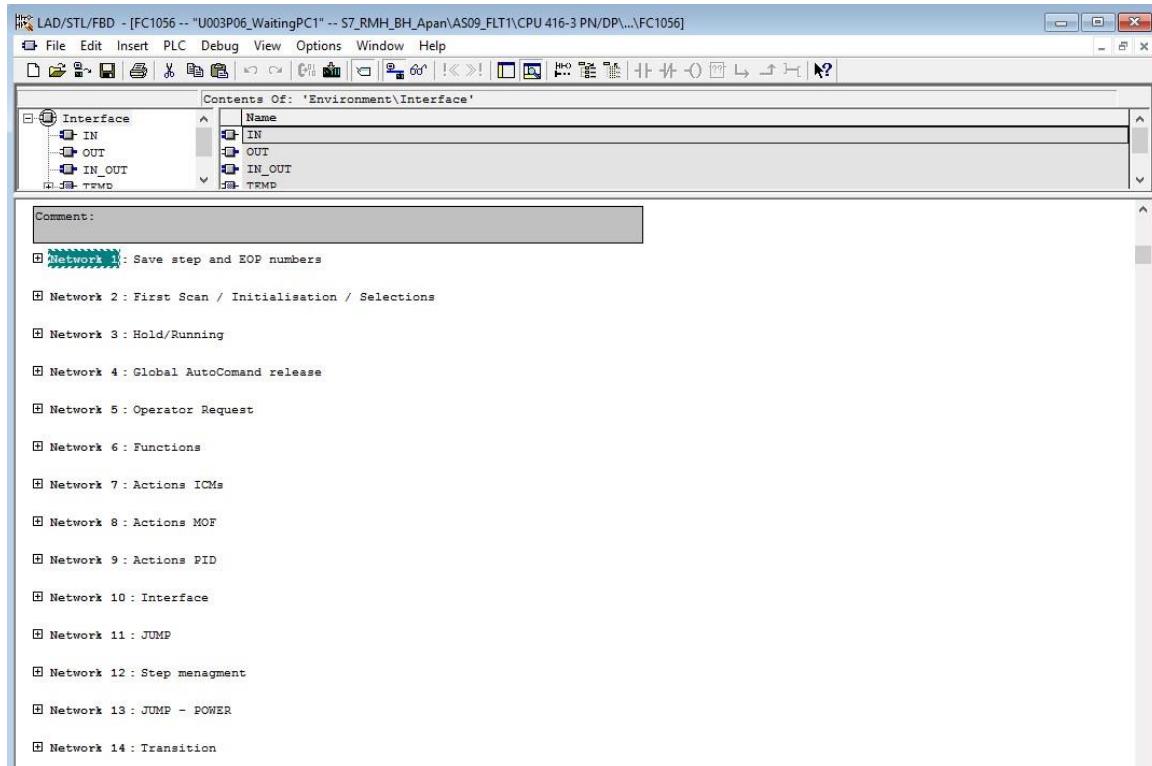
Step	EOP ID	Name/ROP ID	Time	Setpoint 1	Setpoint 2	Setpoint 3	Setpoint 4	Setpoint 5	
3	52	SelectBrand	Time	BitMaskU003 [-] 143 1000:00:00 BF(00000000)					
4	53	FillFilter	Time	BitMaskU003 [-] 196 00:06:00 BF(00000000)	TimeLSH [s] 7	PumpFSP_KGD [s] 50.0	PumpFSP_KGF [s] 50		
5	54	FillPipesBBT	Time	BitMaskU003 [-] 197 00:30:00 BF(00000000)	Volume [hl] 100.0	PumpFSP_KGF [s] 35	PumpFSP_ENZYM ... 50.0	PumpFSP_BT2 [s] 25.0	Pum
6	55	VentingFilter1	Time	BitMaskU003 [-] 198 00:10:00 BF(00000000)	StepTimeU003 [sec] 3	FlowSP_KGF [hl/h] 1300	Temp1SP_KGF [°C] 2.0	MOF1_10_96 [Num] 3	
7	56	WaitingPC1	Time	BitMaskU003 [-] 199 00:20:00 BF(00000000)	FlowSP_KGF [hl/h] 1300	Temp1SP_KGF [°C] 3.0			
8	57	BringInPC1	Time	BitMaskU003 [-] 200 00:15:00 BF(00000000)	FlowSP_KGF [hl/h] 1300	Temp1SP_KGF [°C] 3.0			
9	58	VentingFilter2	Time	BitMaskU003 [-] 201 00:00:10 BF(00000000)	StepTimeU003 [sec] 2	FlowSP_KGF [hl/h] 1300	Temp1SP_KGF [°C] 3.0		
10	59	ReCirculationPC1	Time	BitMaskU003 [-] 202 00:20:00 BF(00000000)	StepTimeU003 [sec] 720	Turb25_FLT [Min.] 0.0	FlowSP_KGF [hl/h] 1300	Temp1SP_KGF [°C] 3.0	
11	60	WaitingPC2	Time	BitMaskU003 [-] 203 00:07:00 BF(00000000)	FlowSP_KGF [hl/h] 1300	Temp1SP_KGF [°C] 3.0			
12	61	BringInPC2	Time	BitMaskU003 [-] 204 00:20:00 BF(00000000)	FlowSP_KGF [hl/h] #	Temp1SP_KGF [°C] #			
13	62	VentingFilter3	Time	BitMaskU003 [-] 205 00:00:10 BF(00000000)	StepTimeU003 [sec] 2	FlowSP_KGF [hl/h] #	Temp1SP_KGF [°C] #		
14	63	ReCirculationPC2	Time	BitMaskU003 [-] 206 00:25:00 BF(00000000)	StepTimeU003 [sec] 720	Turb25_FLT [Min.] 2.0	Turb90_FLT [Min.] 2.0	FlowSP_KGF [hl/h] #	
15	64	PrepareFlow	Time	BitMaskU003 [-] 207 00:10:00 BF(00000000)	StepTimeU003 [sec] 5	PressSP_KGF [Min.] 7.5	Temp1SP_KGF [°C] 3.0		

Slika 4.24. Vrijeme izvršavanja pojedinih koraka i njihovi setpointi.



Slika 4.25. Recept za filtraciju piva.

Na slici 4.26. nalazi se jedan od recepata za filtraciju piva. Ovisno o vrsti piva (Heiniken, Buddweiser, Corona...) potrebno je primijeniti drugi recept za proizvodnju. Razlike u receptima mogu biti vrijeme trajanja pojedinog koraka, različita struktura koraka (različit raspored koraka) te različiti uvijeti za završetak koraka.



Slika 4.26. Networci u koraku Waiting precoat 1.

Od 24 isprogramirana koraka u receptu za primjer je uzet korak Waiting precoat 1. Waiting precoat 1 je šesti korak po redu te unutar tog koraka se čeka dolazak kiselgur praha iz dosimata. Kiselgur prah koji dolazi iz dosiamata pri prolasku kroz svijeće u filteru zapinje u rupama koje vode iz filtera jer su komadi praha preveliki, te se na taj način stvara površina za filtriranje. Koraci imaju između 12 i 16 networka u filtraciji, što može biti različito za druge dijelove postrojenja. Svaka funkcija se obrađuje 0.1 sekundu te se networci obrađuju jedan po jedan. Svrha rastavljanja koda u više networka je radi lakšega snalaženja, što znatno pomaže pri otklanjanju pogrešaka. Neke od najvažnijih operacija su:

- 1) A – and, provjera jeli stanje adrese bita u “1” te kao izlaz daje RLO. Ukoliko ima više uvijeta, svi moraju biti zadovoljeni kako bi RLO bio 1.
- 2) AN – and not, provjerava jeli stanje adrese bita u “0” te kao izlaz daje RLO.
- 3) O – or, od više navedenih uvijeta, barem jedan mora biti zadovoljen kako bi rezultat bio “1”

RLO je rezultat logičke operacije, taj bit je zadužen za dodavanje logike svakom networku.

Prvi network u svim koracima je Save step and EOP numbers. Prvo je potrebno definirati privremene varijable iStep i iEOP. Znak T ispred #iStep i #iEOP znači da se radi transfer u te varijable. Te varijable su definirane u "Temp" varijablama kao što je prikazano na slici 4.28. TAK između varijabli iStep i iEOP je spremnik podataka u PLC-u. Na kraju networka 1 se nalazi dio u kojemu se resetiraju stanja svih bistabila kako bi bili u neutralnoj poziciji prilikom pokretanja idućega koraka. Radi preglednosti, neki od manje bitnih networka i uputa u FDS dokumentaciji nalaze se prilogu 3.

```

Network 1: Save step and EOP numbers

TAK      #iStep
TAK      #iEOP
AN      "EopStop"
=      "U003_Data".Prod.P06
L       6
T      "usrBM_DB.Utility".u[3].LastEOP
A      "EopStop"
JCN    jSTO
L      "SEQ".u.iStep
T      "usrBM_DB.Utility".u[3].PreviousProcEOPNum
jSTO: NOP 0
L       1
T      "U003_Data".StepManagement.MaxStepNumInGOP
//Bitmask
L      MD 688
CAD   T DB3003.DB3 48
// Reset bistabil valves aux bits
SET
AN      "EopStop"
R      "U003_Data".Data.BI_SpareV1
R      "U003_Data".Data.BI_71_10_01XV05
R      "U003_Data".Data.BI_71_10_01XV01
R      "U003_Data".Data.BI_71_11_03XV05
R      "U003_Data".Data.BI_71_11_01XV47
R      "U003_Data".Data.BI_SpareV6
R      "U003_Data".Data.BI_SpareV7
R      "U003_Data".Data.BI_SpareV8

```

Slika 4.27. Network 1 koraka Waiting precoat 1.

Contents Of: 'Environment\Interface\TEMP'				
	Name	Data Type	Address	Comment
Interface	iStep	Int	0.0	
Interface	iEOP	Int	2.0	

Slika 4.28. Temporary varijable iStep i iEOP.

Network 5 se naziva operator request. Svrha operator requesta je obavještavanje operatora na scadi sustava te je za daljnji rad potrebna potvrda operatora da je zaprimio poruku. Unutar operator requesta može se nalaziti i potreba za odlukom, tipa ukoliko je potrebno promijeniti temperaturu na hladnjaku.

Network 5: Operator Request			
A	"EopStart"	M102.2	-- EOP start command
AN	"EopStop"	M102.3	-- EOP stop command
A	"RLO0"	M97.0	-- Always FALSE
S	"OperatorRequest"	M101.6	-- Operator request

Slika 4.29. Network 5 koraka Waiting precoat 1.

U networku 7 nalaze se funkcije u koraku waiting precoat 1. Jedina funkcija pri ovom koraku je ona koja mjeri vrijeme pojedinog step-a (u ovom koraku postoje dva step-a).

Network 6: Functions			
AN	"EopStop"	M102.3	-- EOP stop command
A	"SEQU003_RUN_OK"	M1944.2	-- SEQU003_RUN_OK: KG Filter 1 - control bit sequence
=	"DFM-StepTimeU003-REL"	M2760.2	-- DFM1.003: Step time - release time

Slika 4.30. Network 6 koraka Waiting precoat 1.

Unutar networka 7 definirana su stanja ventila prilikom tog koraka. Na slikama 4.32. , 4.33. i 4.34. FDS dokumentacije nalaze se uvjeti pojedinog koraka. Slovom I označi se svi ventili koji trebaju biti uključeni. To se jedino ne odnosi na N.O. ventile (normally open) jer ukoliko nemaju slovo I znači da trebaju biti otvoreni, a ukoliko imaju impuls, trebaju se zatvoriti. RLO0 označava da N.O. ventil uvijek mora biti otvoren dok RLO1 označava da N.O. ventil mora uvijek biti zatvoren. Osim toga kod coolera postoje dva zahtjeva koja ne smiju biti ispunjena, ti zahtjevi se odnose na mjerače temperature prije ulaza u hladnjak te nakon izlaza iz hladnjaka. Ukoliko nema protoka kroz hladnjak, oni neće raditi te je potrebno zatvoriti ventile hladnjaka.

```

    ☐ Network 7: Actions ICMs

        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A(          M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        A "SEQU003_INIT_OK" M193.2      -- ICM 3.011_AC: PT1-Hauptleitung DAW Einlauf - auto activate
        O "71_10_01XV01_A_AC"
        )
        = "71_10_01XV01_A_AC" M193.2      -- ICM 3.011_AC: PT1-Hauptleitung DAW Einlauf - auto activate
        S "U003_Data".Data.BI_71_10_01XV01 DB3003.DBX74.2      -- bistabil Valve active in previous step

    //KGF
        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        A "RLO0" M97.0      -- Always FALSE
        = "71_11_03XV04_NO_AC" M162.1      -- ICM 2.018_AC: KGL_1 - KGF inlet - auto activate

        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        A "RLO1" M108.1      -- Always TRUE
        = "71_11_03XV05_NO_AC" M162.2      -- ICM 2.019_AC: KGL_1 - KGF to PVPP filter - auto activate
        S "U003_Data".Data.BI_71_11_03XV05 DB3003.DBX74.3      -- bistabil Valve active in previous step

        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        = "71_11_03P12_AC" M128.0      -- ICM 1.001_AC: KG line pump - auto activate

        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        = "71_11_03XV11_AC" M192.1      -- ICM 3.002_AC: KGL-kleiner Kreislauf - auto activate

    //Cooler 1
        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        AN "usrMOF".MOF11_26_64.LOCK_71_22_01XV04 DB3900.DBX10500.4
        AN "usrMOF".MOF11_26_64.LOCK_71_22_01XV05 DB3900.DBX10500.5
        = "71_22_01XV04_AC" M164.2      -- ICM 2.035_AC: KGF_1 - Cooler 1 inlet - auto activate
        = "71_22_01XV05_AC" M164.3      -- ICM 2.036_AC: KGF_1 - Cooler 1 outlet - auto activate

        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        A "RLO1" M108.1      -- Always TRUE
        AN "usrMOF".MOF11_26_64.AC_71_22_01XV10_NO DB3900.DBX10500.6
        = "71_22_01XV10_NO_AC" M164.4      -- ICM 2.037_AC: KGF_1 - Cooler 1 bypass - auto activate

    //KG Filter
        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        = "71_11_01XV04_AC" M160.1      -- ICM 2.002_AC: KGF_1 - KGF Inlet distributor - auto activate

        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        A "RLO0" M97.0      -- Always FALSE
        = "71_11_01XV41_NO_AC" M161.4      -- ICM 2.018_AC: KGF_1 - KGF bottom inlet - auto activate

        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        A "RLO0" M97.0      -- Always FALSE
        = "71_11_01XV05_NO_AC" M160.2      -- ICM 2.008_AC: KGF_1 - KGF Outlet filter - auto activate

        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        = "71_11_01XV28_AC" M160.6      -- ICM 2.007_AC: KGF_1 - KGF air supply leakage - auto activate

        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        A "RLO0" M97.0      -- Always FALSE
        = "71_11_01XV46_NO_AC" M161.5      -- ICM 2.014_AC: KGF_1 - KGF power failure (n.o.) - auto activate

    //Sludge
        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        = "71_41_01XV40_AC" M188.0      -- ICM 2.225_AC: KGF 1 to Sludge tanks drain - auto activate

    //Securox
        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        A "RLO1" M108.1      -- Always TRUE
        = "71_14_01XV10_NO_AC" M163.0      -- ICM 2.025_AC: KGF_1 - Securox bypass 1 (n.o.) - auto activate

        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        A "RLO1" M108.1      -- Always TRUE
        = "71_14_01XV23_NO_AC" M163.3      -- ICM 2.028_AC: KGF_1 - Securox bypass 1 (n.o.) - auto activate

    //BT2
        - - - - -
        AN "EopStop" M102.3      -- EOP stop command
        A "SEQU003_INIT_OK" M1928.2      -- SEQU003_INIT_OK: KG Filter 1 - initial position sequence
        A "RLO0" M97.0      -- Always FALSE
        = "71_10_03XV37_NO_AC" M171.3      -- ICM 2.092_AC: POSL_1 - BT 2 CO2 CIP bypass BT 2 L1 (n.o.) - auto activate

```

Slika 4.31. Network 7 koraka Waiting precoat 1.

FC	FC number	Bucher Unipektin AG Competence Center Filtration Moosmühlestr. 8 CH-9000 St. Gallen Switzerland	BUCHER unipektin
	SN	Step number	
6		Waiting step Precoat 1	- 71 1001XV05 BT 1 outlet 1 (bi) - 71 1001XV01 BT 1 DAW supply (bi) - 71 1103XV21 KGF big re-circulation - 71 1103XV59 KGF to BBT - 71 1103XV04 KGF inlet (n.o.) - 71 1103XV05 KGF to PVPP Filter (bi) - 71 1103XV11 KGF small re-circulation - 71 1103XV01 KGF cold water - 71 1103P12 KGF pump - 71 2201XV04 Cooler 1 inlet - 71 2201XV05 Cooler 1 outlet - 71 2201XV10 Cooler 1 bypass(n.o.) - 71 1102P12 KG dosing pump - 71 1102XV04 KGD to dosing pump - 71 1102XV05 KG PC inlet/bypass - 71 1102XV09 KGD drain - 71 1102XV29 KGD outlet - 71 1102XV30 KGD KG supply
7		Bring in Precoat 1	- 71 1101XV04 KGF Inlet distributor - 71 1101XV41 KGF bottom inlet (n.o.) - 71 1101XV05 KGF outlet filter (n.o.)

Slika 4.32. FDS lista – ventili 1.

FC	FC number	SN	Step number	Bucher Unipektin AG Competence Center Filtration Moosmühlestr. 8 CH-9000 St. Gallen Switzerland	BUCHER unipektin
6	Waiting step Precoat 1				
				71 1101XV33 KGF air supply 1	
				71 1101XV34 KGF airsupply 2	
			-	71 1101XV28 KGF air supply leackage	
				71 1101XV38 KGF spray bar	
				71 1101XV46 KGF power failure (n.o.)	
				71 1101XV47 KGF power failure (b)	
				71 1101XV49 KGF vent spray bar	
				71 1101XV81 KGF air supply bypass pressure	
			-	71 410XV40 KGF 1 to Sludge tanks drain	
			-	71 410XV39 KGF 1 to Sludge tanks	

Slika 4.33. FDS lista – ventili 2.

		Bucher Unipektin AG Competence Center Filtration Moosmühlestr. 8 CH-9000 St. Gallen Switzerland	BUCHER unipektin
FC number	Step number		
FC	SN		
6	Waiting step Precoat 1	71 1303XY/10 PV/P/P bypass(h.o.)	
		71 1003XY/04 BT 2 inlet	
		71 1003XY/09 BT 2 drain	
		71 1003XY/16 BT 2 vent	
		71 1003XY/17 BT 2 inlet CIP	
		71 1003XY/23 BT 2 CO2 Supply 1	
		71 1003XY/24 BT 2 CO2 inlet	
		71 1003PSV75BT 2 CO2 Pressure release	
		- 71 1003XY/37 BT 2 CO2 CIP bypass BT 2 L1 (h.o.)	
		- 71 1701P12 BT 2 pump	

Slika 4.34. FDS lista – ventili 3.

U networku 8 nalaze se MOF-ovi koraka to jest kontrolni dijelovi. U ovom networku nalaze se uvjeti za kontrolu protoka, agitatora, tlaka te u slučaju problema, mogućnost odlaska u power failure.

```
□ Network 8: Actions MOF
// ===== MOF =====
//KG Dosing
AN "EopStop" M102_3 -- EOP stop command
= "usrMOF".MOF1_11_80.REQ DB3900.DBX1060.0 -- MOF025:1-11.80 KG Dosimat Agitator control
//KGF
AN "EopStop" M102_3 -- EOP stop command
= "usrMOF".MOF1_12_10.REQ DB3900.DBX1260.0 -- MOF030:1-12.10 KGF Min. filtration flow
AN "EopStop" M102_3 -- EOP stop command
= "usrMOF".MOF1_12_11.REQ DB3900.DBX1300.0 -- MOF031:1-12.11 KGF Min. filter flow
//Cooler
AN "EopStop" M102_3 -- EOP stop command
= "usrMOF".MOF11_26_60.REQ DB3900.DBX4060.0 -- MOF100:11-26.60 Cooler 1 pressure controle
= "usrMOF".MOF11_26_64.REQ DB3900.DBX10500.0 -- MOF261: 11-26.64 Cooler 1 Max. differential pressure
//POWER
AN "EopStop" M102_3 -- EOP stop command
= "usrMOF".MOF1_99_35.REQ DB3900.DBX8820.0 -- MOF219:1-99.35 Power failure KG-Filter production
```

Slika 4.35. Network 8 koraka Waiting precoat 1.

U networku 9 nalaze se svi PID regulatori koji trebaju raditi u specifičnom koraku. Pri koraku waiting precoat 1 radi PID regulator zadužen za regulaciju protoka piva kroz cijevi te PID regulator zadužen za regulaciju temperature unutar hladnjaka.

```
□ Network 9: Actions PID
// ===== PID's =====
AN "EopStop" M102_3 -- EOP stop command
= "usrMOF".MOF1_12_52.REQ DB3900.DBX1420.0 -- MOF034:1-12.52 KGF Flow regulation (hl/h )
= "usrMOF".MOF11_26_73.REQ DB3900.DBX4100.0 -- MOF101:11-26.73 Cooler 1 temperature regulation
```

Slika 4.36. Network 9 koraka Waiting precoat 1.

U networku 10 nalaze se signali koji trebaju biti uključeni pri koraku waiting precoat 1. Za svaki signal je nužno da postrojenje nije zaustavljeno (AN “EopStop”) te ukoliko je postrojenje u pogonu aktivira se određeni zahtjev. Taj zahtjev može biti slanje glycola za potrebe hlađenja, zahtjev za enzimima, zahtjev za hmeljom itd. Ukoliko na slikama 4.38. i 4.39. pod određenim signalom stoji samo znak I, jedini je uvjet za izvršenje koraka da postrojenje nije u power failuru. Ukoliko je ispod signala znak BS potrebno je u slučaju pjene specificirati da će se koristiti pjena te tank u kojem se skladišti pjena te posljednji slučaj je kada ispod signala postoji znak B. U tom slučaju uz uvjet da postrojenje nije u zastoju važno je navesti da će se tipa koristiti pjena. Precoat tankovi dobiju request od PLC-a za početak doziranja kiselgura u ovom networku.

```

Network 10: Interface

// ===== Signal exchange =====
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
= "Coos_1-9944.01" M2329.0 -- FLT>DAW - Demand DAW for Filters
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
= "U003_Data".IF.DAW_REQ DB3003.DBX56.3
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
A "SEQU003_RUN_OK" M1944.2 -- SEQU003_RUN_OK: KG Filter 1 - control bit sequence
= "U003_Data".IF.DAW_ACT DB3003.DBX56.4

//BT1
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
= "Coos_1-1016.01" M2301.0 -- KGF>BT1 - Demand BT 1 for production

//Cooler 1
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
= "Coos_11-2689.01" M2322.0 -- COOL1>GLY - Glycol Start supply

//Precoat
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
= "ToPLC10".IF.toPC1.Coos_11_1014_01 DB4010.DBX22.0 -- From KGL1 - Demand PC1
= "ToPLC10".IF.toPC1.Coos_11_1014_02 DB4010.DBX22.1 -- From KGL1 - Demand PC1 transfer

//Enzyme
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
A "U003_Data".Data.useEnzyme DB3003.DBX76.2 -- Brand dependent
A "U003_Data".Data.Sel_EnzymeTank1 DB3003.DBX75.0
= "Coos_11-1039.01" M2311.0 -- KGF>ENZY1 - Demand Protease/Enzyme 1

AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
A "U003_Data".Data.useEnzyme DB3003.DBX76.2 -- Brand dependent
A "U003_Data".Data.Sel_EnzymeTank2 DB3003.DBX75.1
= "Coos_12-1039.01" M2312.0 -- KGF>ENZY2 - Demand Protease/Enzyme 2

//PVPP
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
A "U003_Data".Data.usePVPP DB3003.DBX76.1 -- Brand dependent
= "Coos_1-1030.01" M2308.0 -- KGF>PVPP - Start MP 02 PVPP Filter

//Hop
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
A "U003_Data".Data.useHOP DB3003.DBX76.4
= "Coos_13-1039.01" M2313.0 -- KGF>HOP - Demand Hop for dosing

//Blender
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
= "Coos_1-1037.01" M2310.0 -- KGF>BLEND - Demand Blending for production

//Foam dosing 1
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
A "U003_Data".Data.useFoam DB3003.DBX76.3 -- Brand dependent
A "U003_Data".Data.Sel_FoamTank1 DB3003.DBX75.3
= "Coos_14-1039.01" M2315.0 -- KGF>FOAM1 - Demand Foamstabiliser 1
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
A "U003_Data".Data.useFoam DB3003.DBX76.3 -- Brand dependent
A "U003_Data".Data.Sel_FoamTank2 DB3003.DBX75.4
= "Coos_15-1039.01" M2316.0 -- KGF>FOAM2 - Demand Foamstabiliser 2

//Carbonator
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
= "Coos_1-1027.01" M2307.0 -- KGF>CARB - Demand Carbonator for production

//PLT
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
= "Coos_1-1020.01" M2303.0 -- KGF>PLT - Demand PLT

//BBT
AN "EopStop" M102.3 -- EOP stop command
= "Coos_1-1021.01" M2304.0 -- KGF>BBT - Demand BBT for production

```

Slika 4.37. Network 10 koraka Waiting precoat 1.

FC	Fc number	Step name	Signal exchange
SN	Step number		
6	Waiting step Precoat 1	—	— 1- 9944.01 Demand DA/W for Filters
7	Bring in Precoat 1	—	— 1- 1016.01 Demand BT 1" for production
		—	— 1- 1016.03 BT 1 stand by
		—	— 1- 1016.04 BT 1 empty
		—	— 1- 1016.05 BT 1 brand change
		—	— 1- 1016.06 BT 1 test run
		—	— 1- 1016.07 BT 1 refilling
		—	— 11- 2699.01 Glycol start supply
		—	— 11- 2699.02 Glycol stop supply
		—	— 11- 1014.01 Demand PC 1 transfer
		—	— 11- 1014.02 Demand PC 2 transfer
		BS	12- 1014.01 Demand PC 3 & BF
		BS	12- 1014.02 Demand PC 4 transfer
		—	— 11- 1018.01 Demand Sludge tank 1 for filling
		—	— 12- 1018.01 Demand Sludge tank 2 for filling
		BS	11- 1039.01 Demand Protease/Enzyme 1
		BS	11- 1039.02 Protease/Enzyme 1 start dosing
		BS	11- 1039.03 Protease/Enzyme 1 dosing stand by
		BS	11- 1039.04 Protease/Enzyme 1 dosing end
		BS	12- 1039.01 Demand Protease/Enzyme 2
		BS	12- 1039.02 Protease/Enzyme 2 start dosing
		BS	12- 1039.03 Protease/Enzyme 2 dosing stand by
		BS	12- 1039.04 Protease/Enzyme 2 dosing end
		B	B 1- 1030.01 Start MP 02/PVPP Filter
		B	B 1- 1030.02 Start PVPP regulation
		B	B 1- 1030.03 Start big recirculation
		B	B 1- 1030.04 Start small recirculation with KGF

Slika 4.38. FDS Lista – signal exchange 1.

		Step name	BUCHER unipektin			
FC	Fn number	Step number				
			13-1039.01	Demand Hop for production		
			13-1039.02	Hop start dosing		
			13-1039.03	Hop doing stand by		
			13-1039.04	Hop dosing end		
			14-1037.01	Demand Blending for Production		
			14-1037.02	Blending start		
			14-1037.03	Blending stand by		
			14-1037.04	Blending finish		
6	SN	Waiting step Precoat 1	BS	BS	BS	BS
7		Bring in Precoat 1	BS	BS	BS	BS

Slika 4.39. FDS Lista – signal exchange 2.

U networku 12 nalaze se stepovi pri koraku waiting precoat 1. Stepovi su definirani radi raspodjele naredbi. Nakon što su sve naredbe iz step 1 izvršene, sustav odlazi u step 2.

```
Network 12: Step menagment
AN "EopStart" M102.2 -- EOP start command
A "SEQU003_RUN_OK" M1944.2 -- SEQU003_RUN_OK: KG Filter 1 - control bit sequence
A "U003_Data".StepNum.Step_1 DB3003.DBX46.0
A "RLOO" M97.0 -- Always FALSE
S "U003_Data".StepManagement.NextStep DB3003.DBX42.0

// step 2 end cond
AN "EopStart" M102.2 -- EOP start command
A "SEQU003_RUN_OK" M1944.2 -- SEQU003_RUN_OK: KG Filter 1 - control bit sequence
A "U003_Data".StepNum.Step_2 DB3003.DBX46.1
A "RLOO" M97.0 -- Always FALSE
S "U003_Data".StepManagement.NextStep DB3003.DBX42.0
```

Slika 4.40. Network 12 koraka Waiting precoat 1.

U networku 13 je opisan jump power failure. Ukoliko je alarm u sustavu aktiviran, sustav iz sigurnosnih razloga “skače” u power failure. Nakon što je uzrok aktivacije alarma otklonjen, sustav se vraća u korak gdje je alarm bio aktiviran.

```
Network 13: JUMP - POWER
// **** jump to (FC1114 - PowerFailure) ****

AN "EopStart" M102.2 -- EOP start command
A "usrMOF".MOF1_99_35.REQ DB3900.DBX8820.0 -- MOF219:1-99..35 Power failure KG-Filter production
A "usrMOF".MOF1_99_35.ALARM DB3900.DBX8820.1 -- MOF219:1-99..35 Power failure KG-Filter production
JCN JPF
L "usrBN_DB.Utility".KGFB_EOPNum_PowerFailure DB2999.DBW512 -- FC 1114 PowerFailure - ROP position in procedure
T "SEQ".u.iNewStep DB725.DBW114 -- Next step number
SET
BEU
JPPF: NOP 0
```

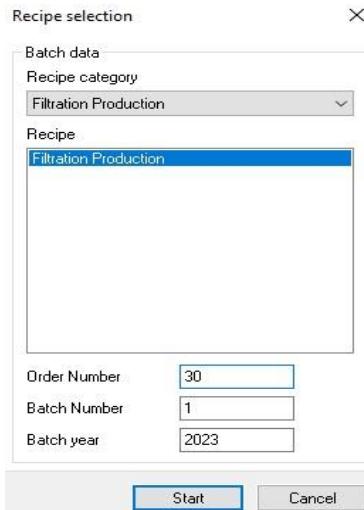
Slika 4.41 Network 13 koraka Waiting precoat 1.

Transition je posljednji network u svim koracima te su u njemu napisani uvjeti za prijelaz u idući korak recepta. U slučaju koraka Waiting precoat 1 ne smije biti aktiviran EopStart (pokretanje koraka), mora biti aktiviran SEQU003_RUN_OK što znači da je sustav trenutno u radu, te od PLC-a 10 je potrebno dobiti potvrdu da je kiselgur prah tražen, da je prah spreman za transport te da je prah u transportu.

```
Network 14: Transition
AN "EopStart"
A "SEQU003.RUN_OK"
A "ToPLC10".IF_toPC1.Coops_11_1014_02
A "FromPLC10".IF_toKGF1.PC1.Coops_11_1410_01
A "FromPLC10".IF_toKGF1.PC1.Coops_11_1410_02
M102.2
M1944.2
DB4010.DBX22.1
DB4060.DBX22.0
DB4060.DBX22.1
-- EOP start command
-- SEQU003_RUN_OK: KG Filter 1 - control bit sequence
-- From KGL1 - Demand PC1 transfer
-- To KGL1 - PC 1 ready for transfer
-- To KGL1 - PC 1 in transfer
```

Slika 4.42. Network 14 koraka Waiting precoat 1.

Po završetku programiranja odlaskom u Braumat moguće je pokrenuti jedan od recepata za proizvodnju piva. Za početak proizvodnje traži se broj narudžbe, serijski broj te godina proizvodnje.



Slika 4.43. Odabir recepta u braumatu.

Na slici 4.44. nalazi se tablica akcija u braumat sustavu. Ikona bijele ruke predstavlja pauziranje procesa proizvodnje dok crni kvadrat predstavlja potpuno gašenje. Ukoliko alarm bude upaljen, to će biti vidljivo na displayu te će ubrzo nakon toga status sustava prijeći iz running u paused. Klikom na ikonu play sustav se opet pokreće nakon pauze te nastavlja izvršavati sekvencu.

SID	Sequence	Status	Display	Step	ID	Name	Time	O-No	B-No	R-Type	Recipe
3	KG Filter 1	Running	A +	3	52	SelectBrand	00:00:25	30	1	Filtration Prod	Filtration Product
4	KG Dosimat Tank 1	Running	A +	2	164	EPE 51	00:00:55	30	1	Dosing Prod	Dosing Product

Slika 4.44. Tablica braumat akcija.

Nakon pokretanja sustav odlazi u korak dva koji je seleckija tipa piva. Izvršavanjem svih uvjeta koraka dva, proizvodnja odlazi u korak tri. Zadnji korak u proizvodnji je 122 te njegovim izvršenjem završava proces proizvodnje piva.

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog diplomskoga rada je bio objasniti način rada pivovare te usporediti metode za određivanje parametara PI regulatora. Iako su u pitanju pivovare, Ziegler-Nichols metoda i Cohen-Coon metoda primjenjive su u svim granama industrije gdje je potrebno parametrirati regulatore te je stoga rad koristan inžinjerima generalno. Praktičan dio rada u braumatu može se primijeniti u izradi budućih projekata te je podloga za daljnji nastavak rada u toj grani industrije, jer se u njemu nalaze interdisciplinarna znanja (elektronika, programiranje, kemija...). Najznačajniji dio rada je usporedba metoda parametriranja te na temelju odziva, određivanje koja je metoda prikladnija za ovo postrojenje. Na temelju rezultata, Cohen-Coon metoda daje bolje rezultate u ovom slučaju. Za postizanje željene kakvoće regulacije bilo je potrebno još ručno podesiti parametre kako bi se postigao relativni koeficijent prigušenosti od 0,7. Također je ispitvano vladanje zatvorenoga regulacijskoga kruga Kiselgur filtra u slučaju naglog porasta poremećajnih veličina. U slučaju naglog porasta regulator djeluje na vrijeme te kakvoća regulacije nije znatno promijenja. Poremećaj u filtru znatno više utječe na kakvoću regulacije nego poremećaj u izmjenjivaču topline. Razlog tomu je što se poremećajna veličina u filtru nalazi na samom kraju regulacijske staze. Daljnji nastavak rada na ovu temu može biti u obliku razvoja metode za automatsko podešavanje PI regulatora ili praktična izrada modela kiselgur filtra. Kroz ovaj rad studenti dobivaju uvid u korake nužne za implementiranje sustava regulacije u industriji.

LITERATURA

1. Dennis E. Briggs, Chris A. Boulton, Peter A. Brookes and Roger Stevens, Brewing Science and practice, 2004
2. <https://essentiallyhops.co.uk/hops/> , 5.8.2023.
3. T. Oggunmoroti, Brewing for begginers, Lagos, 2011.
4. <https://beerandbrewing.com/dictionary/b69DWCRC5H/> , 7.8.2023.
5. Joško Petrić, Automatska regulacija: uvod u analizu i sintezu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2012. Zagreb
6. Petar Crnošija, Toni Bjažić, Osnove automatike prvi dio : Analiza i sinteza kontinuiranih sustava – teorija i primjena, Zagreb, 2011.
7. Prof.dr.sc Nedjeljko Perić, Automatsko upravljanje, predavanja, Zagreb, 2005.
8. Adrian E. Scheidegger, The psysics of flowrought porous media, Toronto, 1974.
9. A. Vagová* , L Chládek and P. Vaculík, The determination of impact of malt grist moisture on porosity and permeability using measurement of differential air pressure, Prag, 2019.
10. <https://openstax.org/books/university-physics-volume-1/pages/14-6-bernoullis-equation>, 12.8.2023.
11. F Isdaryani , F Feriyonika , R Ferdiansyah, Comparison of Ziegler-Nichols and Cohen Coon tuning method for magnetic levitation control system, Indonezija, 2020.

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu opisan je proces proizvodnje piva te je napravljena regulacijska staza za parametriranje regulatora kiselgur filtra. Parametri regulatori su projektirani Ziegler Nicholsovom metodom te Cohen Coon metodom. U programskom paketu matlab raspisani je kod oba sustava te su u simulinku blokovski dizajnirani sustavi. Dobiveni odzivi od oba tipa regulatora se uspoređuju te se odlučuje koji je povoljniji u ovom slučaju za regulaciju. Drugi dio praktičnoga dijela ja izrada braumat sustava kieselgur filtra za postojeće postrojenje u Meksiku te programiranje sustava.

Ključne riječi: PI regulator, matlab, braumat, pivarstvo, simulink, regulacijska staza

ABSTRACT

Pump regulation of a kiselgur filter in a beer filtration system made in Braumat software

In this thesis, the proces of beer brewing is described and the regulation path for the parametrization of the kiselgur filter regulator is made. The regulator parameters were designed using the Ziegler-Nichols methode and the Cohen Coon method. In the program package matlab the code of both the regulation paths is written and in simulink the systems are designed in a block scheme. The responses obtained from both types of regulators are compared and then comes the decision which regulator is more favorable in this case of regulation. The second part of the practical assignment is the creation of a braumat kiselguhr filter system for the an existing plant in Mexico and the programming of the system.

Key words: PI controller, matlab, braumat, brewing, simulink, control path

ŽIVOTOPIS

Mirko Mačešić rođen je 8. rujna 1999. godine u Vinkovcima. Osnovnu školu je pohađao u "Osnovna škola Stjepana Antolovića, Privlaka". Zbog ljubavi prema fizici i elektronici upisuje srednju školu "Tehnička škola Ruđera Boškovića, Vinkovci". Tijekom školovanja 3 puta je postigao drugo mjesto na županijskom natjecanju iz fizike, jednom drugo mjesto na županijskom natjecanju iz geografije te drugo mjesto na međuškolskom natjecanju u šahu. Nakon završene srednje škole upisuje prediplomski studij elektroenergetike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek koji završava 2021. godine.

PRILOG 1.

U prilogu 1. nalaze se sve excel tablice koje su popunjene pri izradi rada. Unutar excel tablica nalaze se svi elementi iz 4. (Kiselgur filter) i 5. (Dosimat) dijela postrojenja.

A	B	C	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	
1	PCU	9												
2	Class	ICM2		Import									0	
3	Amount	256					=A10							
4	Max	256		Export			f							
5	Export	E												
6			DB743											
7	Def	No	NAME	RefB0	RefB1	RefC0	Image	Addr	Loc	Desc				
8	Total						f							
	All													
	Clear													
	Filter													
	ICM&Nr		ICM-Name	Reference to Feedback 0	Reference to Feedback 1	Reference to control mode	Image where ICM displayed	Address	Location	Description	Activation	Feedback ON (open, running)	Feedback OFF (closed)	Auto activate
10	E	1	71_11_03XV04	I1133.1	I1133.0	Q1133.1	demo.bik	H=I160.0;lock=M288.0;Fbk1=I1133.0;Fbk0=I1133.1;Ctrl=Q11	KGF_1	KGL-Hauptleitung Einlauf	Q1133.1	I1133.0	I1133.1	M160.0
11	E	10	71_11_01XV79	I1150.5	I1150.4	Q1150.5	demo.bik	H=I161.1;lock=M289.2;Fbk1=I1150.4;Fbk0=I1150.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KKG-Transferleitung 3 Gully	Q1150.5	I1150.4	I1150.5	M161.1
12	E	11	71_11_02XV20	I1130.5	I1130.4	Q1130.5	demo.bik	H=I161.2;lock=M289.2;Fbk1=I1130.4;Fbk0=I1130.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KGD-OP Vorlauf Spritzkopf	Q1130.5	I1130.4	I1130.5	M161.2
13	E	12	71_11_02XV30	I1132.5	I1132.4	Q1132.5	demo.bik	H=I161.3;lock=M289.3;Fbk1=I1132.4;Fbk0=I1132.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KGD-Dosimat Einlauf	Q1132.5	I1132.4	I1132.5	M161.3
14	E	13	71_11_01XV41	I1219.1	I1219.0	Q1219.1	demo.bik	H=I161.4;lock=M289.4;Fbk1=I1219.0;Fbk0=I1219.1;Ctrl=Q12	KGF_1	KGF - Boiler inlet valve	Q1219.1	I1219.0	I1219.1	M161.4
15	E	14	71_11_02XV05	I1129.5	I1129.4	Q1129.5	demo.bik	H=I161.5;lock=M289.5;Fbk1=I1129.4;Fbk0=I1129.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KGD-Schmelzanschwenkung Auslauf	Q1129.5	I1129.4	I1129.5	M161.5
16	E	15	71_11_02XV09	I1229.1	I1229.0	Q1229.1	demo.bik	H=I161.6;lock=M289.6;Fbk1=I1129.0;Fbk0=I1129.1;Ctrl=Q11	KGF_1	KGD-Gully	Q1229.1	I1129.0	I1129.1	M161.6
17	E	16	71_11_02XV29	I1131.1	I1131.0	Q1131.1	demo.bik	H=I161.7;lock=M289.7;Fbk1=I1131.0;Fbk0=I1131.1;Ctrl=Q11	KGF_1	KGD-Dosimat Auslauf	Q1131.1	I1131.0	I1131.1	M161.7
18	E	17	71_11_02XV04	I1128.1	I1128.0	Q1128.1	demo.bik	H=I162.0;lock=M290.0;Fbk1=I1128.0;Fbk0=I1128.1;Ctrl=Q11	KGF_1	KGD-Dosierpumpe Einlauf	Q1128.1	I1128.0	I1128.1	M162.0
19	E	18	71_11_02XV27	I1131.5	I1131.4	Q1131.5	demo.bik	H=I162.1;lock=M290.1;Fbk1=I1131.4;Fbk0=I1131.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KGD-CO2 Lanze Reinigung	Q1131.5	I1131.4	I1131.5	M162.1
20	E	19	71_11_01XV33	I1124.0	I1124.0	Q1124.1	demo.bik	H=I162.2;lock=M290.2;Fbk1=I1124.0;Fbk0=I1124.0;Ctrl=Q11	KGF_1	KGF-Luft Eintritt	Q1124.1	I1124.0	I1124.0	M162.2
21	E	20	71_11_03XV05	I1134.5	I1134.4	Q1134.5	demo.bik	H=I160.1;lock=M288.1;Fbk1=I1134.4;Fbk0=I1134.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KGL-Hauptleitung Auslauf	Q1134.5	I1134.4	I1134.5	M160.1
22	E	20	71_11_01XV34	I1125.5	I1125.4	Q1125.5	demo.bik	H=I162.3;lock=M290.3;Fbk1=I1125.4;Fbk0=I1125.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KGF-Luft Anschluss	Q1125.5	I1125.4	I1125.5	M162.3
23	E	21	71_11_01XV05	I1121.5	I1121.4	Q1121.5	demo.bik	H=I162.4;lock=M290.4;Fbk1=I1121.4;Fbk0=I1121.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KGF - Main line outlet	Q1121.5	I1121.4	I1121.5	M162.4
24	E	22	71_11_01XV30	I1124.5	I1124.4	Q1124.5	demo.bik	H=I162.5;lock=M290.5;Fbk1=I1124.4;Fbk0=I1124.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KGF - Gargling enema	Q1124.5	I1124.4	I1124.5	M162.5
25	E	224	71_14_01XV35	I1140.1	I1140.0	Q1140.1	demo.bik	H=I167.7;lock=M315.7;Fbk1=I1140.0;Fbk0=I1140.1;Ctrl=Q11	KGF_1	TRAP - Backwash valve 1	Q1140.1	I1140.0	I1140.1	M167.7
26	E	225	71_14_01XV36	I1141.5	I1141.4	Q1141.5	demo.bik	H=I168.0;lock=M316.0;Fbk1=I1141.4;Fbk0=I1141.5;Ctrl=Q11	KGF_1	TRAP - Backwash valve 2	Q1141.5	I1141.4	I1141.5	M168.0
27	E	23	71_11_01XV28	I1123.5	I1123.4	Q1123.5	demo.bik	H=I162.6;lock=M290.6;Fbk1=I1123.4;Fbk0=I1123.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KGF - Air inlet leakage	Q1123.5	I1123.4	I1123.5	M162.6
28	E	24	71_11_03XV49	I1127.5	I1127.4	Q1127.5	demo.bik	H=I162.7;lock=M290.7;Fbk1=I1127.4;Fbk0=I1127.5;Ctrl=Q11	KGF_1	KGF - Spray pipe gully	Q1127.5	I1127.4	I1127.5	M162.7

Slika P1.1. – Excel tablica ICM-2 komponenata prvi dio.

Def	No	NAME	RefFk0	RefFk1	RefCrl	Image	Addr	Loc	Desc					
Total														
				All	Clear									
9		ICM-Nr	ICM-Name	Reference to Feedback 0	Reference to Feedback 1	Reference to control mode	Image where ICM displayed	Address	Description	Activation	Feedback ON (open, running)	Feedback OFF (closed)	Auto activate	
28	E	24	71_11_01XV49	I1127.5	I1127.4	Q1127.5	demo blk	=M162.7;lock=M290.7;Fbk1=I1127.4;Fbk0=I1127.5,Ctr=Q11	KGF_1	KGF - Spray pipe gully	Q1127.5	I1127.4	I1127.5	M162.5
29	E	246	71_14_01SV31	(NULL)	I1120.1	Q1120.3	demo blk	=md=M190.5;lock=M318.5;Fbk1=I1120.1;Fbk0=-;Ctr=Q1120	KGD_1	TRAP - Safety valve	Q1120.3	I1120.1	I1120.1	M190.5
30	E	25	71_11_01XV38	I1125.1	I1125.0	Q1125.1	demo blk	=M163.0;lock=M291.0;Fbk1=I1125.0;Fbk0=-;Ctr=Q111	KGF_1	KGF - Spray pipe inlet	Q1125.1	I1125.0	I1125.1	M163.0
31	E	26	71_11_01XV81	I1127.1	I1127.0	Q1127.1	demo blk	=M163.1;lock=M291.1;Fbk1=I1127.1;Fbk0=I1127.1,Ctr=Q111	KGF_1	KGF - Air inlet bypass	Q1127.1	I1127.0	I1127.1	M163.1
32	E	27	71_14_01XV14	I1139.5	I1139.4	Q1139.5	demo blk	=M163.2;lock=M291.2;Fbk1=I1139.4;Fbk0=I1139.5,Ctr=Q111	KGF_1	TRAP - Trubraum Ventilation	Q1139.5	I1139.4	I1139.5	M163.2
33	E	28	71_11_01XV14	I1122.5	I1122.4	Q1122.5	demo blk	=M163.3;lock=M291.3;Fbk1=I1122.4;Fbk0=I1122.5,Ctr=Q111	KGF_1	KGF-Trubraum Ventilation	Q1122.5	I1122.4	I1122.4	M163.3
34	E	29	71_11_01XV16	I1122.1	I1122.0	Q1122.1	demo blk	=M163.4;lock=M291.4;Fbk1=I1122.0;Fbk0=I1122.1,Ctr=Q111	KGF_1	KGF - Vent spout	Q1122.1	I1122.0	I1122.1	M163.4
35	E	3	71_22_01XV10	I1145.1	I1145.0	Q1145.1	demo blk	=M160.2;lock=M290.2;Fbk1=I1145.0;Fbk0=I1145.1,Ctr=Q111	KGF_1	BK-Bypass	Q1145.1	I1145.0	I1145.1	M160.2
36	E	30	71_11_01XV46	I1126.5	I1126.4	Q1126.5	demo blk	=M163.5;lock=M291.5;Fbk1=I1126.4;Fbk0=I1126.5,Ctr=Q111	KGF_1	KGF - Power failure valve KGF	Q1126.5	I1126.4	I1126.5	M163.5
37	E	31	71_11_01XV47_A	I1126.1	I1126.0	Q1146.4	demo blk	=M163.6;lock=M291.6;Fbk1=I1126.0;Fbk0=I1126.1,Ctr=Q111	KGF_1	KGF - Power failure valve PPV	Q1146.4	I1126.0	I1126.1	M163.6
38	E	32	71_11_01XV09	I1121.1	I1121.0	Q1121.1	demo blk	=M163.7;lock=M291.7;Fbk1=I1121.1;Fbk0=I1121.1,Ctr=Q111	KGF_1	KGF - Drain	Q1121.1	I1121.0	I1121.1	M163.7
39	E	33	71_11_01XV29	I1123.1	I1123.0	Q1123.1	demo blk	=M164.0;lock=M292.0;Fbk1=I1123.0;Fbk0=I1123.1,Ctr=Q111	KGF_1	KGF - Trap spout	Q1123.1	I1123.0	I1123.1	M164.0
40	E	34	71_41_01XV40	I1142.5	I1142.4	Q1142.5	demo blk	=M164.1;lock=M292.1;Fbk1=I1142.4;Fbk0=I1142.5,Ctr=Q111	KGF_1	TRUB - Transfer line Gully	Q1142.5	I1142.4	I1142.5	M164.1
41	E	35	71_41_01XV39	I1029.5	I1029.4	Q1029.5	demo blk	=M164.2;lock=M292.2;Fbk1=I1029.4;Fbk0=I1029.5,Ctr=Q101	KGF_1	TRUB - Transfer line Gully	Q1029.5	I1029.4	I1029.5	M164.2
42	E	36	71_11_01SV31	(NULL)	I1120.0	Q1120.2	demo blk	=md=M164.3;lock=M292.3;Fbk1=I1120.0;Fbk0=-;Ctr=Q1120	KGF_1	KGF - Safety valve	Q1120.2	I1120.0	I1120.0	M164.3
43	E	37	71_11_03XV59	I1166.1	I1166.0	Q1166.1	demo blk	=M164.4;lock=M292.4;Fbk1=I1166.0;Fbk0=I1166.1,Ctr=Q111	KGF_1	KGL - Large circuit barrier	Q1166.1	I1166.0	I1166.1	M164.4
44	E	38	71_14_01XV04	I1137.5	I1137.4	Q1137.5	demo blk	=M164.5;lock=M292.5;Fbk1=I1137.4;Fbk0=I1137.5,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Main line inlet	Q1137.5	I1137.4	I1137.5	M164.5
45	E	39	71_14_01XV10	I1138.1	I1138.0	Q1138.1	demo blk	=M164.6;lock=M292.6;Fbk1=I1138.0;Fbk0=I1138.1,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Bypass 1	Q1138.1	I1138.0	I1138.1	M164.6
46	E	4	71_22_01XV04	I1145.5	I1144.0	Q1144.5	demo blk	=M160.3;lock=M288.3;Fbk1=I1144.0;Fbk0=I1145.5,Ctr=Q111	KGF_1	BK-Hauptleitung Einfau	Q1144.1	I1144.0	I1145.5	M160.3
47	E	40	71_14_01XV09	I1138.5	I1138.4	Q1138.5	demo blk	=M164.7;lock=M292.7;Fbk1=I1138.4;Fbk0=I1138.5,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Drain	Q1138.5	I1138.4	I1138.5	M164.7
48	E	41	71_14_01XV66	I1141.1	I1141.0	Q1141.1	demo blk	=M165.0;lock=M293.0;Fbk1=I1141.0;Fbk0=I1141.1,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Bypass 3 leakage	Q1141.1	I1141.0	I1141.1	M165.0
49	E	42	71_14_01XV23	I1140.5	I1140.4	Q1140.5	demo blk	=M165.1;lock=M293.1;Fbk1=I1140.4;Fbk0=I1140.5,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Bypass 2	Q1140.5	I1140.4	I1140.5	M165.1
50	E	43	71_14_01XV05	I1137.0	I1137.1	Q1137.1	demo blk	=M165.2;lock=M293.2;Fbk1=I1137.0;Fbk0=I1137.1,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Main line outlet	Q1137.1	I1137.0	I1137.0	M165.2
51	E	44	71_14_01XV16	I1139.1	I1139.0	Q1139.1	demo blk	=M165.3;lock=M293.3;Fbk1=I1139.0;Fbk0=I1139.1,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Filtrate venting	Q1139.1	I1139.0	I1139.1	M165.3
52	E	5	71_18_09XV05	I1147.5	I1147.4	Q1147.5	demo blk	=M160.4;lock=M288.4;Fbk1=I1147.4;Fbk0=I1147.5,Ctr=Q111	KGF_1	KMA-Auslauf	Q1147.5	I1147.4	I1147.5	M160.4
53	E	6	71_18_10XV04	I1148.5	I1148.4	Q1148.5	demo blk	=M160.5;lock=M288.5;Fbk1=I1148.4;Fbk0=I1148.5,Ctr=Q111	KGF_1	KME-Einlauf	Q1148.5	I1148.4	I1148.5	M160.5
233	E	7	71_18_09XV10	I1147.1	I1147.0	Q1147.1	demo blk	=M160.6;lock=M288.6;Fbk1=I1147.0;Fbk0=I1147.1,Ctr=Q111	KGF_1	Kuhmittel Bypass	Q1147.1	I1147.0	I1147.1	M160.6
234	E	8	71_22_01XV05	I1145.5	I1145.4	Q1145.5	demo blk	=M160.7;lock=M288.7;Fbk1=I1145.4;Fbk0=I1145.5,Ctr=Q111	KGF_1	BK-Hauptleitung Auslauf	Q1145.5	I1145.4	I1145.5	M160.7
255	E	9	71_19_01XV38	I1149.1	I1149.0	Q1149.1	demo blk	=M161.0;lock=M289.0;Fbk1=I1149.0;Fbk0=I1149.1,Ctr=Q111	KGF_1	KGK-CIP Rücklauf 1	Q1149.1	I1149.0	I1149.1	M161.0
266														
267														

Slika P1.2. – Excel tablica ICM-2 komponenata drugi dio.

Def	No	NAME	RefFk0	RefFk1	RefCrl	Image	Addr	Loc	Desc					
Total				All	Clear									
9		ICM-Nr	ICM-Name	Reference to Feedback 0	Reference to Feedback 1	Reference to control mode	Image where ICM displayed	Address	Description	Activation	Feedback ON (open, running)	Feedback OFF (closed)	Auto activate	
40	E	34	71_41_01XV40	I1142.5	I1142.4	Q1142.5	demo blk	=M164.1;lock=M292.1;Fbk1=I1142.4;Fbk0=I1142.5,Ctr=Q111	KGF_1	TRUB - Transfer line Gully	Q1142.5	I1142.4	I1142.5	M164.1
41	E	35	71_41_01XV39	I1029.5	I1029.4	Q1029.5	demo blk	=M164.2;lock=M292.2;Fbk1=I1029.4;Fbk0=I1029.5,Ctr=Q101	KGF_1	TRUB - Transfer line Gully	Q1029.5	I1029.4	I1029.5	M164.2
42	E	36	71_11_01SV31	(NULL)	I1120.0	Q1120.2	demo blk	=md=M164.3;lock=M292.3;Fbk1=I1120.0;Fbk0=-;Ctr=Q1120	KGF_1	KGF - Safety valve	Q1120.2	I1120.0	I1120.0	M164.3
43	E	37	71_11_03XV59	I1166.1	I1166.0	Q1166.1	demo blk	=M164.4;lock=M292.4;Fbk1=I1166.0;Fbk0=I1166.1,Ctr=Q111	KGF_1	KGL - Large circuit barrier	Q1166.1	I1166.0	I1166.1	M164.4
44	E	38	71_14_01XV04	I1137.5	I1137.4	Q1137.5	demo blk	=M164.5;lock=M292.5;Fbk1=I1137.4;Fbk0=I1137.5,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Main line inlet	Q1137.5	I1137.4	I1137.5	M164.5
45	E	39	71_14_01XV10	I1138.1	I1138.0	Q1138.1	demo blk	=M164.6;lock=M292.6;Fbk1=I1138.0;Fbk0=I1138.1,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Bypass 1	Q1138.1	I1138.0	I1138.1	M164.6
46	E	4	71_22_01XV04	I1145.5	I1144.0	Q1144.5	demo blk	=M160.3;lock=M288.3;Fbk1=I1144.0;Fbk0=I1145.5,Ctr=Q111	KGF_1	BK-Hauptleitung Einfau	Q1144.1	I1144.0	I1145.5	M160.3
47	E	40	71_14_01XV09	I1138.5	I1138.4	Q1138.5	demo blk	=M164.7;lock=M292.7;Fbk1=I1138.4;Fbk0=I1138.5,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Drain	Q1138.5	I1138.4	I1138.5	M164.7
48	E	41	71_14_01XV66	I1141.1	I1141.0	Q1141.1	demo blk	=M165.0;lock=M293.0;Fbk1=I1141.0;Fbk0=I1141.1,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Bypass 3 leakage	Q1141.1	I1141.0	I1141.1	M165.0
49	E	42	71_14_01XV23	I1140.5	I1140.4	Q1140.5	demo blk	=M165.1;lock=M293.1;Fbk1=I1140.4;Fbk0=I1140.5,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Bypass 2	Q1140.5	I1140.4	I1140.5	M165.1
50	E	43	71_14_01XV05	I1137.0	I1137.1	Q1137.1	demo blk	=M165.2;lock=M293.2;Fbk1=I1137.0;Fbk0=I1137.1,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Main line outlet	Q1137.1	I1137.0	I1137.0	M165.2
51	E	44	71_14_01XV16	I1139.1	I1139.0	Q1139.1	demo blk	=M165.3;lock=M293.3;Fbk1=I1139.0;Fbk0=I1139.1,Ctr=Q111	KGD_1	TRAP - Filtrate venting	Q1139.1	I1139.0	I1139.1	M165.3
52	E	5	71_18_09XV05	I1147.5	I1147.4	Q1147.5	demo blk	=M160.4;lock=M288.4;Fbk1=I1147.4;Fbk0=I1147.5,Ctr=Q111	KGF_1	KMA-Auslauf	Q1147.5	I1147.4	I1147.5	M160.4
53	E	6	71_18_10XV04	I1148.5	I1148.4	Q1148.5	demo blk	=M160.5;lock=M288.5;Fbk1=I1148.4;Fbk0=I1148.5,Ctr=Q111	KGF_1	KME-Einlauf	Q1148.5	I1148.4	I1148.5	M160.5
233	E	7	71_18_09XV10	I1147.1	I1147.0	Q1147.1	demo blk	=M160.6;lock=M288.6;Fbk1=I1147.0;Fbk0=I1147.1,Ctr=Q111	KGF_1	Kuhmittel Bypass	Q1147.1	I1147.0	I1147.1	M160.6
234	E	8	71_22_01XV05	I1145.5	I1145.4	Q1145.5	demo blk	=M160.7;lock=M288.7;Fbk1=I1145.4;Fbk0=I1145.5,Ctr=Q111	KGF_1	BK-Hauptleitung Auslauf	Q1145.5	I1145.4	I1145.5	M160.7
255	E	9	71_19_01XV38	I1149.1	I1149.0	Q1149.1	demo blk	=M161.0;lock=M289.0;Fbk1=I1149.0;Fbk0=I1149.1,Ctr=Q111	KGF_1	KGK-CIP Rücklauf 1	Q1149.1	I1149.0	I1149.1	M161.0
266														
267														

Slika P1.3. – Excel tablica ICM-2 komponenata treći dio.

Slika P1.4. – Excel tablica VLT komponenata.

Def	No	NAME	Sequence	RefCtrl	Image	Addr	Loc	Desc	
Total									
		All							
		Clear							
Filter		ICM-Nr							
E	1	71_11_03P12	3	#REF!	demo.blk	#REF!	KGF_1	KGL - Product pump	I20.2
E	2	71_11_02P12	4	M 10.0	demo.blk	Cmd=M128.1.Iock= M256.1.Fbk1=I12.5. Fbk0=-.Ctrl=-	KGDT_1	KGD - Agitator motor	I12.5
E	65	ICM1_65	0	M 10.0	demo.blk	Cmd=M136.0.Iock= M264.0.Fbk1=-. Fbk0=-.Ctrl=-	Location. ICM1_65	Description. ICM1_65	
E	66	71_11_02M14	4	Q20.2	demo.blk	Cmd=M136.1.Iock= M264.1.Fbk1=I21.0. Fbk0=-.Ctrl=Q20.2	KGDT_1	KGD - Dosing pump	Q20.2
E	67	ICM1_67	0	M 10.0	demo.blk	Cmd=M136.2.Iock= M264.2.Fbk1=-. Fbk0=-.Ctrl=-	Location. ICM1_67	Description. ICM1_67	I21.0

Slika P1.5. – Excel tablica ICM-1 komponenata.

Def	No	NAME	Image	Addr	Loc	Desc	-	-	-	-
Total				f						
		All								
		Clear								
9		Filter	ICM-Nr	ICM-Name	Image where ICM displayed	Address	Location	Description	Activation	Feedback ON (open, running)
10	E	1	71_18_10LCV08_RV	demo.bik	md=M224.0 llock= M352.0 Fbk1=-, Fbk0=M4042.0 Ctrl=M4010	KGF_1	KGD - Dosing pump	M4010.0	M4042.0	M224.0 M352.0 -
11	E	102	71_19_02P12_PtC	demo.bik	Cmd=M236.5 llock= M364.5 Fbk1=-, Fbk0= Ctrl=Q10.1	KGF_1	KGD - Agitator motor	Q10.1	M4042.1	M224.1 M364.5 -
12	E	108	71_11_03P12_PtC	demo.bik	Cmd=M237.3 llock= M365.3 Fbk1=-, Fbk0= Ctrl=Q20.0	KGDT_1	KGL - Product pump	Q20.0	M4042.2	M224.2 M365.3 -
13		2	71_19_02PCV08_RV	demo.bik	md=M224_1 llock= M352_1 Fbk1=-, Fbk0=M4042_1 Ctrl=M4010	PVDT_1	PVDT_1 - Steam Regulation Valve	M4010.1	M4042.1	M224.1 M352.1 -
14		3	71_17_01LCV08_RV	demo.bik	md=M224_2 llock= M352_2 Fbk1=-, Fbk0=M4042_2 Ctrl=M4010	BLEND_1	BLEND_1 - DAW big regulation valve	M4010.2	M4042.2	M224_2 M352_2 -
15		4	71_17_01LCV18_RV	demo.bik	md=M224_3 llock= M352_3 Fbk1=-, Fbk0=M4042_3 Ctrl=M4010	BLEND_1	BLEND_1 - DAW small regulation valve	M4010.3	M4042.3	M224_3 M352_3 -
16		5	71_17_02LCV08_RV	demo.bik	md=M224_4 llock= M352_4 Fbk1=-, Fbk0=M4042_4 Ctrl=M4010	CARB_1	CARB_1 - Carbonator pressure regulation (n.o.)	M4010.4	M4042.4	M224_4 M352_4 -
17		6	71_17_02LCV18_RV	demo.bik	md=M224_5 llock= M352_5 Fbk1=-, Fbk0=M4042_5 Ctrl=M4010	CARB_1	CARB_1 - Carbonator CO2 regulation	M4010.5	M4042.5	M224_5 M352_5 -
18		7	71_18_22LCV08_RV	demo.bik	md=M224_6 llock= M352_6 Fbk1=-, Fbk0=M4042_6 Ctrl=M4010	POS1_1	POS1_1 - Cooling regulation valve	M4010.6	M4042.6	M224_6 M352_6 -
19		8	71_10_01LCV08_RV	demo.bik	md=M224_7 llock= M352_7 Fbk1=-, Fbk0=M4042_7 Ctrl=M4010	BT1_1	BT1_1 - BT 1 Control valve (n.o.)	M4010.7	M4042.7	M224_7 M352_7 -
20		9	71_15_01LCV08_RV	demo.bik	md=M225_0 llock= M353_0 Fbk1=-, Fbk0=M4043_0 Ctrl=M4011	PLT_1	PLT_1 - PLT dosing control valve	M4011.0	M4043.0	M225_0 M353.0 -
21		10	71_51_01PCV08_RV	demo.bik	md=M225_1 llock= M353_1 Fbk1=-, Fbk0=M4043_1 Ctrl=M4011	CIP1	CIP1 - CIP 1 Steam Big Regulation 1	M4011.1	M4043.1	M225_1 M353.1 -
22		11	71_51_01PCV18_RV	demo.bik	md=M225_2 llock= M353_2 Fbk1=-, Fbk0=M4043_2 Ctrl=M4011	CIP1	CIP1 - CIP 1 Steam Small Regulation 2	M4011.2	M4043.2	M225_2 M353.2 -
23		12	71_51_02PCV08_RV	demo.bik	md=M225_3 llock= M353_3 Fbk1=-, Fbk0=M4043_3 Ctrl=M4011	CIP2	CIP2 - CIP 2 Steam Big Regulation 1	M4011.3	M4043.3	M225_3 M353.3 -
24		13	71_51_02PCV18_RV	demo.bik	md=M225_4 llock= M353_4 Fbk1=-, Fbk0=M4043_4 Ctrl=M4011	CIP2	CIP2 - CIP 2 Steam Small Regulation 2	M4011.4	M4043.4	M225_4 M353.4 -
25		14	ICM4_14	demo.bik	md=M225_5 llock= M353_5 Fbk1=-, Fbk0=M4043_5 Ctrl=M4011	Location ICM4	Description ICM4_14	M4011.5	M4043.5	M225_5 M353.5 -
26		15	ICM4_15	demo.bik	md=M225_6 llock= M353_6 Fbk1=-, Fbk0=M4043_6 Ctrl=M4011	Location ICM4	Description ICM4_15	M4011.6	M4043.6	M225_6 M353.6 -
27		16	ICM4_16	demo.bik	md=M225_7 llock= M353_7 Fbk1=-, Fbk0=M4043_7 Ctrl=M4011	Location ICM4	Description ICM4_16	M4011.7	M4043.7	M225_7 M353.7 -
28		17	ICM4_17	demo.bik	md=M226_0 llock= M354_0 Fbk1=-, Fbk0=M4044_0 Ctrl=M4012	Location ICM4	Description ICM4_17	M4012.0	M4044.0	M226_0 M354.0 -

Slika P1.6. – Excel tablica ICM-4 komponenta.

4	Max	256	Export	Export&Download	52	Motor with fbk stopped	53	Motor with fbk run	54	f
5	Export	E								
6	DB748				128	locked				
7	Def	No	NAME	Sequence	ManualGroup	Type	NonTrigv	StartingAlar	DelayOnSv	DelayOffSv
8	Total									
		All								
		Clear								
9	Filter	ICM-Nr	ICM-Name	Assigned plant section	0 none, 1...64 manual group >64 Manual = 1	Type	Monitoring time [sec]	Starting alarm is active	Target value for delay	Target value for delay off
10	E	1	71_11_03XV21	3	0	51	10	0	0	0
11	E	2	71_11_03XV11	3	0	51	10	0	0	0
12	E	3	71_11_03XV01	3	0	51	10	0	0	0
13	E	4	71_11_02XV24	4	0	51	10	0	0	0
14		5	71_13_03XV04_A	5	0	51	10	0	0	0
15		6	71_13_03XV05	5	0	51	10	0	0	0
16		7	71_13_02XV24	6	0	51	10	0	0	0
17		8	71_17_01XV04	7	0	51	10	0	0	0
18		9	71_17_02XV04	8	0	51	10	0	0	0
19		10	71_10_03XV24	9	0	51	10	0	0	0
20		11	71_10_01XV01_A	11	0	51	10	0	0	0
21		12	71_10_01XV04	11	0	51	10	0	0	0
22		13	71_10_01XV05_A	11	0	51	10	0	0	0
23		14	71_10_01XV17	11	0	51	10	0	0	0
24		15	71_10_01XV24	11	0	51	10	0	0	0
25		16	71_10_01XV34	11	0	51	10	0	0	0
26		17	71_10_02XV17	11	0	51	10	0	0	0
27		18	71_15_01XV04	12	0	51	10	0	0	0
28		19	71_15_01XV24	12	0	51	10	0	0	0
29		20	71_15_02XV17	12	0	51	10	0	0	0
30		21	71_12_01XV17	21	0	51	10	0	0	0
31		22	71_12_01XV20	21	0	51	10	0	0	0

Slika P1.7. – Excel tablica ICM-3 komponenta.

Def	No	NAME	Sequence	DgVaRef	DgVaStart	DgVaEnd	ConvFunc	ProcVaStart	ProcVaEnd	Loc	Desc				-	-	-	-
Total																		
9	E	Filter	AIN-Nr	AIN-Name	Assigned unit	Reference to measured value	Digital start value	Digital end value	Conversion-FB (=raw value, 0=S7-)	Start value	End value	Location	Description	Marker Bottom Limit	Marker Top Limit	Decimal places	Eng. Units	
10	E	9	71_11_01QT15 %	0 (NULL)	0	2998	0	2	KGF_1	KGF - Turbidity meter	M 1145.0	M 1177.0						
11	E	15	71_11_02FT132	0 PID 3072 (DWORD)	0	27648	-1	0	1000	KGD1_1	KG - Dosing flow meter	M 1145.6	M 1177.6	kg/h	F			
12	E	16	71_11_03FT132	0 PID 3112 (DWORD)	0	27648	-1	0	1500	KGF_1	KGI - Beer flow meter main line	M 1146.7	M 1177.7	kg/h	F			
13	E	34	71_18_10FT132	0 PID 3637 (DWORD)	0	27648	-1	0	500	KGF_1	BK - Glycol flow meter	M 1148.1	M 1180.1	kg/h	F			
14	E	42	71_18_20FT132	100 PID 5224 (DWORD)	0	27648	-1	0	1000	SYS_P09	DAKO-Mengenmessung	M 1149.1	M 1181.1	kg/h	F			
15	E	43	71_18_21FT132	100 PID 5264 (DWORD)	0	27648	-1	0	500	SYS_P09	LUFT-Mengenmessung	M 1149.2	M 1181.2	kg/h	F			
16	E	51	71_11_02LT13	0 PID 4480 (DWORD)	0	27648	-1	0	100	KGD1_1	KGD - Level measure	M 1150.2	M 1182.2	%	F			
17	E	60	71_41_01TT03	41 PID 5184 (DWORD)	0	27648	-1	0	100	SLDGT1	TRUB-Temperatur Messung	M 1151.3	M 1183.3	°C	F			
18	E	61	71_41_02TT03	42 PID 5204 (DWORD)	0	27648	-1	0	100	SLDGT2	TRUB-Temperatur Messung	M 1151.4	M 1183.4	°C	F			
19	E	66	71_18_09TT02	0 PID 4520 (DWORD)	0	27648	-1	-10	10	KGF_1	KMA - Temperature transmitter	M 1152.1	M 1184.1	°C	F			
20	E	67	71_18_10TT03	0 PID 3657 (DWORD)	0	27648	-1	-10	10	KGF_1	KME - Temperature transmitter	M 1152.2	M 1184.2	°C	F			
21	E	68	71_22_01TT02	0 PID 4596 (DWORD)	0	27648	-1	-5	10	KGF_1	BK - Inlet temperature transmitter	M 1152.3	M 1184.3	°C	F			
22	E	69	71_22_01TT03	0 PID 4616 (DWORD)	0	27648	-1	-5	10	KGF_1	BK - Outlet temperature transmitter	M 1152.4	M 1184.4	°C	F			
23	E	76	71_18_09PT45	0 PID 4510 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	KMA - Pressure transmitter	M 1153.3	M 1185.3	bar	F			
24	E	77	71_18_10PT43	0 PID 4546 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	KME - Pressure transmitter	M 1153.4	M 1185.4	bar	F			
25	E	78	71_22_01PT43	0 PID 4576 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	BK - Outlet pressure transmitter	M 1153.5	M 1185.5	bar	F			
26	E	79	71_22_01PT45	0 PID 4586 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	BK - Outlet pressure transmitter	M 1153.6	M 1185.6	bar	F			
27	E	80	71_11_01PT12	0 PID 4450 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	KGF - Pressure transmitter unfiltered	M 1153.7	M 1185.7	bar	F			
28	E	81	71_11_01PT18	0 PID 4460 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	KGF - Pressure transmitter filtered	M 1154.0	M 1186.0	bar	F			
29	E	82	71_11_01PT22	0 PID 4470 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	KGF - Pressure transmitter buffer route	M 1154.1	M 1186.1	bar	F			
30	E	83	71_14_01PT12	0 PID 4490 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	TRAP - Inlet pressure transmitter	M 1154.2	M 1186.2	bar	F			
31	E	84	71_14_01PT18	0 PID 4500 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	TRAP - Outlet pressure transmitter	M 1154.3	M 1186.3	bar	F			
32	E	102	71_11_01QT18_24	0 (NULL)	0	2	2998	0	2	KGF_1	KGF - Turbidity meter	M 1155.5	M 1188.5					
33	E	103	AIN_103	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1156.6	M 1188.6					
34	E	104	AIN_104	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1156.7	M 1188.7					
35	E	105	AIN_105	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1157.0	M 1189.0					
36	E	106	AIN_106	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1157.1	M 1189.1					
37	E	111	AIN_111	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1157.6	M 1189.6					
38	E	112	AIN_112	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1157.7	M 1189.7					
39	E	113	AIN_113	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1158.0	M 1190.0					
40	E	114	AIN_114	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1158.1	M 1190.1					
41	1	71_18_01QT15	100 DB2991.DBD092 (DWORD)	0	200	2997	0	200	SYS_P09	DAW-02 Measurement KGF&PVPP	M 1144.0	M 1176.0	ppb					
42	2	71_18_05QT15	100 DB2991.DBD088 (DWORD)	0	200	2997	0	200	SYS_P09	DAW-02 Measurement Blender L1	M 1144.1	M 1176.1	ppb					

Slika P1.8. – Excel tablica AIN komponenata prvi dio.

Def	No	NAME	Sequence	DgVaRef	DgVaStart	DgVaEnd	ConvFunc	ProcVaStart	ProcVaEnd	Loc	Desc				-	-	-	-
Total																		
25	E	78	71_22_01PT43	0 PID 4576 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	BK - Outlet pressure transmitter	M 1153.5	M 1185.5	bar				
26	E	79	71_22_01PT45	0 PID 4586 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	BK - Outlet pressure transmitter	M 1153.6	M 1185.6	bar				
27	E	80	71_11_01PT12	0 PID 4450 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	KGF - Pressure transmitter unfiltered	M 1153.7	M 1185.7	bar				
28	E	81	71_11_01PT18	0 PID 4460 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	KGF - Pressure transmitter filtered	M 1154.0	M 1186.0	bar				
29	E	82	71_11_01PT22	0 PID 4470 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	KGF - Pressure transmitter buffer route	M 1154.1	M 1186.1	bar				
30	E	83	71_14_01PT12	0 PID 4490 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	TRAP - Inlet pressure transmitter	M 1154.2	M 1186.2	bar				
31	E	84	71_14_01PT18	0 PID 4500 (DWORD)	0	27648	-1	0	10	KGF_1	TRAP - Outlet pressure transmitter	M 1154.3	M 1186.3	bar				
32	E	102	71_11_01QT18_24	0 (NULL)	0	2	2998	0	2	KGF_1	KGF - Turbidity meter	M 1155.5	M 1188.5					
33	E	103	AIN_103	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1156.6	M 1188.6					
34	E	104	AIN_104	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1156.7	M 1188.7					
35	E	105	AIN_105	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1157.0	M 1189.0					
36	E	106	AIN_106	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1157.1	M 1189.1					
37	E	111	AIN_111	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1157.6	M 1189.6					
38	E	112	AIN_112	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1157.7	M 1189.7					
39	E	113	AIN_113	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1158.0	M 1190.0					
40	E	114	AIN_114	0 (NULL)	0	27648	0	0	100			M 1158.1	M 1190.1					
41	1	71_18_01QT15	100 DB2991.DBD092 (DWORD)	0	200	2997	0	200	SYS_P09	DAW-02 Measurement KGF&PVPP	M 1144.0	M 1176.0	ppb					
42	2	71_18_05QT15	100 DB2991.DBD088 (DWORD)	0	200	2997	0	200	SYS_P09	DAW-02 Measurement Blender L1	M 1144.1	M 1176.1	ppb					

Slika P1.9. – Excel tablica AIN komponenata drugi dio.

7	NAME	TimeValPos	TimeValNeg	TimeType	Sim	InvNegOut	InvPosOut	RefIn	RefOutPos	RefOutNeg	Addr	Image	Loc	Desc
8														
9														Description
18	71_11_02LSL06	4	5	5	0	0	0	I101.5 (NULL)	(NULL)	A=101.5 E= M1305.0 E=M1369.0 E=M2567.0 In=101	demo blk	KGD_1	KGD - level switch	
19	71_11_01LSL06	3	5	5	0	0	0	I101.2 (NULL)	(NULL)	A=101.2 E= M1305.1 E=M1369.1 E=M2567.1 In=101	demo blk	KGF_1	KGF - level switch	
20	71_11_01LSL26	3	5	5	0	0	0	I101.4 (NULL)	(NULL)	A=101.4 E= M1305.2 E=M1369.2 E=M2567.2 In=101	demo blk	KGF_1	KGF - level switch	
36	71_11_01LSH07	3	5	5	0	0	0	I101.3 (NULL)	(NULL)	A=101.3 E= M1307.2 E=M1371.2 E=M2569.2 In=101	demo blk	KGF_1	KGF - level switch	
53	71_11_02XS19	4	5	5	0	0	0	I101.6 (NULL)	(NULL)	A=101.6 E= M1309.3 E=M1373.3 E=M2571.3 In=101	demo blk	KGOT_1	KGD - tank lid monitoring	
54	71_11_02XS52	4	5	5	0	0	0	I101.8 (NULL)	(NULL)	A=101.8 E= M1309.4 E=M1374.4 E=M2574.4 In=101	demo blk	KGOT_1	KGD - ensuring start-up of dosing pump	
64	71_11_03FT32	3	5	5	0	0	0	I101.9 (NULL)	(NULL)	A=101.9 E= M1310.6 E=M1374.6 E=M2572.6 In=	demo blk	KOT_1	KGL - beer flow meter main line	
67	71_11_02P12 - SSW	4	5	0	0	0	0	I12.3 (NULL)	(NULL)	A=12.3 E= M1314.3 E=M1378.3 E=M2573.3 In=12.3	demo blk	KGF_1	KGL - product pump - service switch	
68	71_11_02P12 - THR	4	5	5	0	0	0	I12.4 (NULL)	(NULL)	A=12.4 E= M1314.4 E=M1378.4 E=M2574.4 In=12.4	demo blk	KGF_1	KGL - product pump - thermistor relay	
69	71_11_02P12 - RDY	4	5	5	0	0	0	I12.5 (NULL)	(NULL)	A=12.5 E= M1314.5 E=M1378.5 E=M2575.5 In=12.5	demo blk	KGF_1	KGL - product pump - ready switch	
70	71_11_03P12 - SSW	3	5	0	0	0	0	I20.0 (NULL)	(NULL)	A=20.0 E= M1319.6 E=M1383.6 E=M2581.6 In=20.0	demo blk	KGOT_1	KGL - product pump - service switch	
71	71_11_03P12 - THR	3	5	5	0	0	0	I20.1 (NULL)	(NULL)	A=20.1 E= M1319.7 E=M1383.7 E=M2581.7 In=20.1	demo blk	KGOT_1	KGL - product pump - thermistor relay	
72	71_11_03P12 - RDY	3	5	5	0	0	0	I20.2 (NULL)	(NULL)	A=20.2 E= M1320.0 E=M1384.0 E=M2582.0 In=20.2	demo blk	KGOT_1	KGL - product pump - ready switch	
73	71_11_02M14 - SSW	4	5	0	0	0	0	I20.6 (NULL)	(NULL)	A=20.6 E= M1320.4 E=M1384.4 E=M2582.4 In=20.6	demo blk	KOT_1	KGD - agitator motor - service switch	
74	71_11_02M14 - THR	4	5	5	0	0	0	I20.7 (NULL)	(NULL)	A=20.7 E= M1320.5 E=M1384.5 E=M2582.5 In=20.7	demo blk	KOT_1	KGD - agitator motor - thermistor relay	
75	71_11_02M14 - RDY	4	5	5	0	0	0	I21.1 (NULL)	(NULL)	A=21.1 E= M1320.6 E=M1384.6 E=M2582.6 In=21.1	demo blk	KOT_1	KGD - agitator motor - ready switch	
76	71_11_02LSL21	4	5	5	0	0	0	I106.1 (NULL)	(NULL)	A=106.1 E= M1334.0 E=M1398.0 E=M2596.0 In=	demo blk	KGF_1	KGD - dosing pump oil level switch	
81	TIMER_01_58	0	5	5	0	0	0	(NULL) (NULL)	(NULL)	A=1247.1 E= M1311.1 E=M1375.1 E=M2573.1 In=	demo blk	Location_TIMER01_58	Description_TIMER01_58	
82	TIMER_01_59	0	5	5	0	0	0	(NULL) (NULL)	(NULL)	A=1247.2 E= M1311.2 E=M1375.2 E=M2573.2 In=	demo blk	Location_TIMER01_59	Description_TIMER01_59	
83	TIMER_01_60	0	5	5	0	0	0	(NULL) (NULL)	(NULL)	A=1247.3 E= M1311.3 E=M1375.3 E=M2573.3 In=	demo blk	Location_TIMER01_60	Description_TIMER01_60	

Slika P1.10. – Excel tablica TIMER1 komponenata.

7	Def	No	Name	Function	SetPoint	ActualValueRef	IntActVal	Reduction	HysterAbove	HysterBelow	SubValue	Enable	UserSubValue	Addr	Image	Loc			
8	Total																		
9	All	Clear	DFM-Nr	DFM-Name	Assigned unit	Disabled	Remaining timer	Reactive timer	Reverse timer	Setpoint	Setpoint REAL	Reference to actual value	Initialize actual value	If setpoint=>	Reduction	(Function: 1,2,3)		Address	Image
10	E	1	PumpFSP_KGD	3	5	0.000	F0V.1 ANA	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1720.0	demo blk	Locator	
11	E	2	FlowSP_KGD	3	4	0.000	AIN.15.ProcValAct	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1720.1	demo blk	Locator	
12	E	3	RatioSP_KGD	3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1720.2	demo blk	Locator	
13	E	4	PumpSP_KGF	4	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1720.3	demo blk	Locator	
14	E	5	FlowSP_KGF	3	4	0.000	AIN.16.ProcValAct	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1720.4	demo blk	Locator	
15	E	6	PressSP_KGF	3	4	0.000	AIN.80.ProcValAct	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1720.5	demo blk	Locator	
16	E	7	PumpFSP_ENZYM	3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1720.6	demo blk	Locator	
17	E	8	FlowSP_ENZYM	3	4	0.000	AIN.18.ProcValAct	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1720.7	demo blk	Locator	
18	E	9	RatioSP_ENZYM	3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1721.0	demo blk	Locator	
19	E	10	PumpSP_BT2	3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1721.1	demo blk	Locator	
20	E	11	LevelSP_BT2	3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1721.2	demo blk	Locator	
21	E	12	PumpSP_FOAM	3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1721.3	demo blk	Locator	
22	E	13	FlowSP_FOAM	3	4	0.000	AIN.14.ProcValAct	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1721.4	demo blk	Locator	
23	E	14	RatioSP_FOAM	3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1721.5	demo blk	Locator	
24	E	15	CoolVVFSP_KGF	3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1721.6	demo blk	Locator	
25	E	16	TempSP_KGF	3	4	0.000	AIN.69.ProcValAct	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1721.7	demo blk	Locator	
26	E	17	CoolVVFSP_KGF	3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1722.0	demo blk	Locator	
27	E	18	Temp2SP_KGF	3	4	0.000	AIN.74.ProcValAct	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1722.1	demo blk	Windows	
28	E	19	BoostPumpFSP_KGF	3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	(NULL)	0	0	0	U M102.0 (NULL)	M1722.2	demo blk	Locator	

Slika P1.11. – Excel tablica DFM5 komponenata prvi dio.

Def	No	Name	Function	SetPoint	ActualValueRef	IntActVal	Reduction	HysterAbove	HysterBelow	SubstValue	Enable	UseSubstValue	Addr	Image	Loc
7	Total														
8	All														
9	Clear														
10	Filter	DFM-Nr	DFM-Name	Assigned unit	Disabled	1-Rising timer	2-Consecutive timer	3-Reversed timer	4-Limiter	Setpoint	Setpoint REAL	Reference to actual value	Initialize a actual value if response#	Reduction	Address
20	19	BoostPumpfSP_KGF		3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	0	0	M1722.0	demo_bik	Location
29	20	PressOutlet_KGF		3	4	0.000	AIN.92_ProcValAct	1	0	0	0	0	M1722.3	demo_bik	Location
30	21	TimeLSH		3	1	0.000	(NULL)	1	0	0	0	0	M1722.4	demo_bik	Location
31	22	TimeLSL		3	1	0.000	(NULL)	1	0	0	0	0	M1722.5	demo_bik	Location
32	23	TimeFlowStab		3	1	0.000	(NULL)	1	0	0	0	0	M1722.6	demo_bik	Location
33	24	Flow		3	4	0.000	AIN.16_ProcValAct	1	0	0	0	0	M1722.7	demo_bik	Location
34	25	LevelBT1		3	4	0.000	POLY.5_OutputVal	1	0	0	0	0	M1723.0	demo_bik	Location
35	26	LevelGDO		3	4	0.000	POLY.6_OutputVal	1	0	0	0	0	M1723.1	demo_bik	Location
36	27	Turb25_FLT		3	4	0.000	AIN.102_ProcValAct	1	0	0	0	0	M1723.2	demo_bik	Location
37	28	Turb90_FLT		3	4	0.000	AIN.9_ProcValAct	1	0	0	0	0	M1723.3	demo_bik	Location
38	29	Turb25_BT2		3	4	0.000	AIN.119_ProcValAct	1	0	0	0	0	M1723.4	demo_bik	Location
39	30	Turb90_BT2		3	4	0.000	AIN.11_ProcValAct	1	0	0	0	0	M1723.5	demo_bik	Location
40	31	SelfFoam		3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	0	0	M1723.6	demo_bik	Location
41	32	SeEnzym		3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	0	0	M1723.7	demo_bik	Location
42	33	Sludge		3	5	0.000	(NULL)	1	0	0	0	0	M1724.0	demo_bik	Location
43	34	Density		3	4	0.000	AIN.10_ProcValAct	1	0	0	0	0	M1724.1	demo_bik	Location
44	35	PressSP_BT2		3	4	0.000	AIN.87_ProcValAct	1	0	0	0	0	M1724.2	demo_bik	Location
45	36			0	0.000	(NULL)	1	0	0	0	0	0	M1724.3	demo_bik	Location
46	37			0	0.000	(NULL)	1	0	0	0	0	0	M1724.4	demo_bik	Location

Slika P1.12. – Excel tablica DFM5 komponenata drugi dio.

Def	No	NAME	Unit	DFM1	DFM2	DFM3	DFM4	DFM5	DFM6	DFM7	DFM8	DFM9	DFM10	DFM11	DFM12	DFM13	DFM14	DFM15	DFM16	DFM17	DFM18	DFM19	DFM20	DFM21	DFM22	DFM23	DFM24	exitStepCol	Alter	Labels	JumpIn		
7	Total																																
8	All																																
9	Clear																																
10	EPE-INI	Name	Kzuo	DFM-1	DFM-2	DFM-3	DFM-4	DFM-5	DFM-6	DFM-7	DFM-8	DFM-9	DFM-10	DFM-11	DFM-12	DFM-13	DFM-14	DFM-15	DFM-16	DFM-17	DFM-18	DFM-19	DFM-20	DFM-21	DFM-22	DFM-23	DFM-24	Next step condition	Alter	Label	Name of J		
60	e	51	Start-Position	3	1.131	1.3																											
61	e	52	Brandselction	3	1.131																												
62	e	53	Fillfilter	3	1.131	5.21																											
63	e	54	FilppestoBBT	3	1.131	0.1	5.4	5.7	5.10	5.12	5.16	5.19																					
64	e	55	Ventingfilter	3	1.131	1.3	5.5	5.16																									
65	e	56	WaitingPrecat1	3	1.131	5.5	5.16																										
66	e	57	BringinPrecat1	3	1.131	5.5	5.16																										
67	e	58	Ventingfilter	3	1.131	1.3	5.5	5.16																									
68	e	59	Re-circPCT1	3	1.131	1.3	5.27	5.5	5.16																								
69	e	60	WaitingPrecat2	3	1.131	5.5	5.16																										
70	e	61	BringinPrecat 2	3	1.131	5.5	5.16																										
71	e	62	Ventingfilter	3	1.131	1.3	5.5	5.16																									
72	e	63	Re-circPC2	3	1.131	1.3	5.27	5.28	5.5	5.16																							
73	e	64	Prepareflowreg	3	1.131	1.3	5.6	5.16																									
74	e	65	Span	3	1.131	0.1																											
75	e	66	Coordinationstep	3	1.131	5.26	5.27	5.28	5.6	5.16																							
76	e	67	StartKudos	3	1.131	0.3	5.3	5.6	5.11	5.16																							
77	e	68	PreunithwithPVPP	3	1.131	0.1	5.34	5.3	5.6	5.11	5.16	5.18	5.20																				
78	e	69	Preun2withPVPP	3	1.131	0.1	5.34	5.3	5.6	5.11	5.16	5.18	5.20																				
79	e	70	Pre withoutPVPP	3	1.131	0.1	5.34	5.3	5.6	5.11	5.16	5.18	5.20																				
80	e	71	Pre withoutPVPP	3	1.131	0.1	5.34	5.3	5.6	5.11	5.16	5.18	5.20																				
81	e	72	Preun3	3	1.131	0.1	5.34	5.3	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20																		
82	A	73	Guration	2	1.131	6.2	6.6	6.9	6.11	6.14	6.16	6.19	6.20	6.21	6.22	6.23	6.24	6.25	6.26	6.27	6.28	6.29	6.30	6.31	6.32	6.33	6.34	6.35	6.36	6.37	6.38	6.39	6.40

Slika P1.13. – Excel tablica EPE-INI komponenata prvi dio.

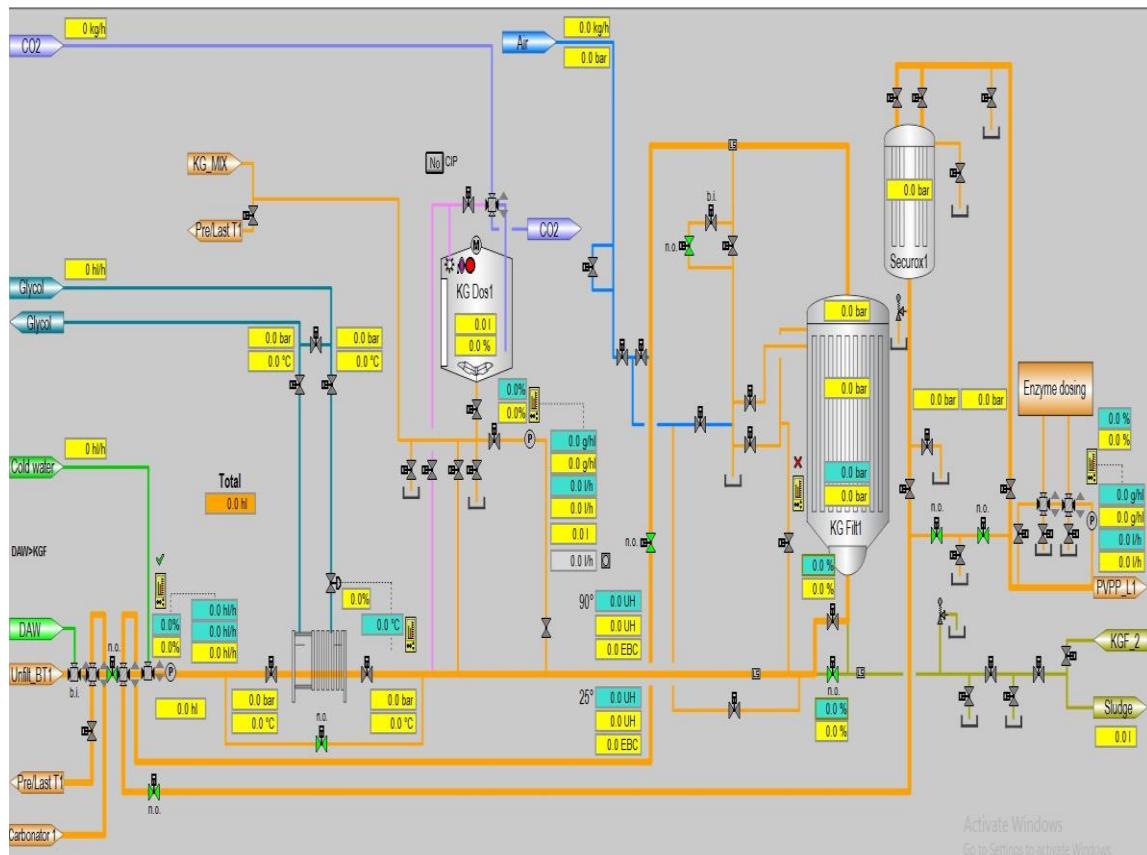
Def	No	NAME	Unit	DFM1	DFM2	DFM3	DFM4	DFM5	DFM6	DFM7	DFM8	DFM9	DFM10	DFM11	DFM12	DFM13	DFM14	DFM15	DFM16	DFM17	DFM18	DFM19	DFM20	DFM21	DFM22	DFM23	DFM24	extStepCo	Alter	Labels	JumpNa			
Total																																		
		All																																
		Clear																																
9		Filter	EPE-N	Name	Kzuo	DFM-1	DFM-2	DFM-3	DFM-4	DFM-5	DFM-6	DFM-7	DFM-8	DFM-9	DFM-10	DFM-11	DFM-12	DFM-13	DFM-14	DFM-15	DFM-16	DFM-17	DFM-18	DFM-19	DFM-20	DFM-21	DFM-22	DFM-23	DFM-24	extStepCo	Alter	Label	Name of J	
81	e	72	Prerun3	3	1.131	0.1	5.34	5.3	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20																			
82	e	73	Filtration	3	1.131	5.3	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20	0.41																				
83	e	74	Recirculation	3	1.131	5.1	5.6	5.7	5.11	5.12	5.16	5.18	5.20																					
84	e	75	StorageCellidy1	3	1.131	5.25	5.3	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20																				
85	e	76	Recirculation2	3	1.131	5.1	5.6	5.7	5.11	5.12	5.16	5.18	5.20																					
86	e	77	EmptyBT1	3	1.131	5.25	5.3	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20																				
87	e	78	Recirculation2	3	1.131	5.26	5.1	5.6	5.7	5.11	5.12	5.16	5.18	5.20																				
88	e	79	pushbeemewPPP	3	1.131	0.1	5.3	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20																				
89	e	80	pushbeemew	3	1.131	0.1	5.3	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20																				
90	e	81	Co-ord branch	3	1.131	5.1	5.6	5.7	5.11	5.12	5.16	5.18																						
91	e	82	Storage2rdy	3	1.131	5.25	5.3	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20																				
92	e	83	Recic4	3	1.131	5.1	5.6	5.7	5.11	5.12	5.16	5.18	5.20																					
93	e	84	EmptyBT1	3	1.131	5.25	5.3	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20																				
94	e	85	Recic5	3	1.131	5.1	5.6	5.7	5.11	5.12	5.16	5.18																						
95	e	86	Last1PPP	3	1.131	0.1	5.34	5.1	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20																			
96	e	87	Last2PPVPP	3	1.131	0.1	5.34	5.6	5.7	5.11	5.12	5.16	5.18	5.20																				
97	e	88	Last1nPVPVPP	3	1.131	0.1	5.34	5.1	5.6	5.9	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20																			
98	e	89	Last2nPVPVPP	3	1.131	0.1	5.34	5.6	5.7	5.11	5.12	5.16	5.18	5.20																				
99	e	90	PushBBTpipe	3	1.131	0.1	5.5	5.7	5.11	5.12	5.16	5.18	5.20																					
100	e	91	FlushBBTpipe	3	1.131	0.1	5.5	5.11	5.12	5.16	5.18	5.20																						
101	e	92	EPE 51	0																														
102	e	93	EPE 51	0																														
	err	94	IDE-E 1	n																														
					DFM2	DFM3	DFM4	DFM5	DFM6	DFM7	DFM8	EPARINI	EPINI	RFV	POLY	MULT	MVC	VMON	MOF	SpeValue	XC_JOB	+	-	↑	↓									

Slika P1.14. – Excel tablica EPE-INI komponenata prvi dio.

Slika P1.15. – Excel tablica Poly komponenata.

PRILOG 2.

U prilogu 2. nalazi se braumat shema Kiselgur filtra i Dosimata. Razlog stavljanja ovog dijela rada u prilog je bio preglednost slike.



Slika P2.1. Braumat sustav filtracije

PRILOG 3.

U prilogu 3. nalaze se neki od networka koraka Waiting precoat 1 te dokumentacija tih koraka.

```
□ Network 2: First Scan / Initialisation / Selections
    A      "EopStart"           M102.2          -- EOP start command
    JCN   nFS
    nFS: NOP  0
```

Slika P3.1. Network 2 koraka Waiting precoat 1.

```
□ Network 3: Hold/Running
// A      "WRN".WRN_101.REQUEST
// A      "WRN".WRN_101.ALARM
O      "SEQ".u.INTERN.boICMErr     DB725.DBX105.0  -- (Internal)
O      "MOFxxx-ALARM"            M15000.3
A      "RLOO"                   M97.0          -- Always FALSE
R      "SEQU_Release"           M102.0          -- Automatic step change
```

Slika P3.2. Network 3 koraka Waiting precoat 1

```
□ Network 4: Global AutoCommand release
AN    "EopStop"                M102.3          -- EOP stop command
A    "SEQU_Release"            M102.0          -- Automatic step change
=    "SEQU003_RUN_OK"          M1944.2         -- SEQU003_RUN_OK: KG Filter 1 - control bit sequence

AN    "EopStop"                M102.3          -- EOP stop command
A(
L    L#0
L    "SEQ".u.dwTmSPVal        DB725.DBD176  -- Step monitoring setpoint value
<>D
)
A    "SEQU003_RUN_OK"          M1944.2         -- SEQU003_RUN_OK: KG Filter 1 - control bit sequence
=    "SEQU003_RELT"            M1960.2         -- SEQU003_RELT: KG Filter 1- time release sequence

AN    "EopStop"                M102.3          -- EOP stop command
A(
L    L#0
L    "SEQ".u.dwTmSPVal        DB725.DBD176  -- Step monitoring setpoint value
<>D
)
=    "EnableMonTm"             M101.7          -- Enable monitoring time
```

Slika P3.3. Network 4 koraka Waiting precoat 1.

```

Network 11: JUMP

A "EopStart" M102..2 -- EOP start command
JCN WEIT
L O
T "SEQ".u.byAlterResult DB725..DBB193 -- Alternative object number

WEIT: NOP 0

// **** Jump to (FC10xx) ****

AN "EopStart" M102..2 -- EOP start command
// AN "OperatorRequest"
CLR
AN "JUMP_OS".boOS_Label[255] DB310..DBX31..6
A "RLOO" M97..0 -- Always FALSE
JCN JP01

L 255
T "SEQ".u.byAlterResult DB725..DBB193 -- Alternative object number
S "JUMP_OS".boOS_Label[255] DB310..DBX31..6
SET
BEU

// -----
JP01: NOP 0

```

Slika P3.4. Network 11 koraka Waiting precoat 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL
1			Step name	MOF																																		
1			Bucher Unipektin AG Competence Center Filtration Moosmühlestr. 8 CH-9000 St. Gallen Switzerland	BUCHER unipektin																																		
2			FC number																																			
3			Step number																																			
4			SN																																			
11			6	Waiting step Precoat 1																																		
12			7	Bring in Precoat 1																																		

Slika P3.5. Lista u kojoj je navedeno koji MOF-ovi trebaju biti uključeni u pojedinom koraku-1.

	A	B	C	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	
1			Step name																													
2			FC number																													
3			Step number																													
4			SN																													
11			6	Waiting step Precoat 1																												
12			7	Bring in Precoat 1																												

Slika P3.6. Lista u kojoj je navedeno koji MOF-ovi trebaju biti uključeni u pojedinom koraku-2.