

Izvedba recepturnega vodenja kemijske tehnologije z orodjem Siemens PCS7 in Simatic Batch

Borut Fortuna¹, Giovanni Godena²
Liko Pris d.o.o., Verd 100A, 1360 Vrhnika¹
Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana²

borut.fortuna@likopris.si, giovanni.godena@ijs.si

Batch control system in chemical production designed with Simens PCS7 and Simatic Batch

Abstract: *In this paper an application of batch control system in chemical production is presented. Batch processes are most commonly found in Food&Beverage, Pharmaceutical and Chemical industry, where there are high requirements for flexible production. Because the complexity of batch processes is very high, a standard for modelling of batch processes was written in 1995 by the ISA organization in the form of S88.01 standard. As part of a research project we have utilized a batch control in chemical production. The main goal was to upgrade existing control technology concept, which was designed up to phase logic control, with recipe supported batch control system. To accomplish the defined goal, Siemens Simatic Batch system was used. Simatic Batch is conform to S88.01 standard and utilizes additional organizational and technical solutions for batch industries. Because the existing control system was already designed in accordance to S88.01, this system was ideal upgrade with no need to make changes on the existing system.*

1 Uvod

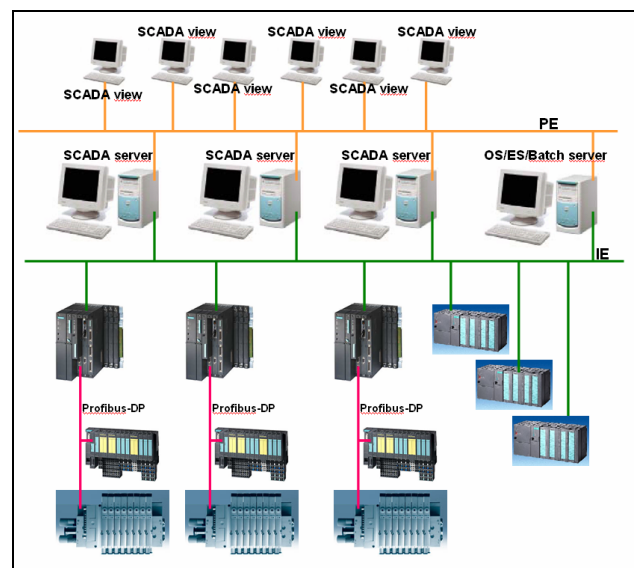
V članku je predstavljen pristop k nadgradnji obstoječega sistema vodenja tehnologije organskih sintez z recepturnim vodenjem. Za izvedo nadgradnje je bila uporabljena programska oprema Siemens PCS7 in dodatkom Simatic Batch.

2 Izhodišča

Avtomatizacija tehnologije vodenja sistema organskih sintez je bila razdeljena v dva koraka. V prvem koraku je bilo izvedeno upravljanje sistema preko faz na nadzornem sistemu

Intellution iFix. V drugem koraku pa nadgradnja z recepturnim vodenjem procesa in dograditvijo upravljanja sistema preko WinCC.

Tehnologija vodenja sistema organskih sintez je na krmilniškem nivoju porazdeljena na tri Siemens S7-400 krmilnike s porazdeljeno periferijo. Glede na varnostne zahteve ATEX je uporabljena ustrezna porazdeljena periferija (Slika 1).



Slika 1: Arhitektura sistema

Pri razvoju aplikacije vodenja sistema smo se opirali na ISA S88 standarde. Tovrsten pristop je omogočil razgradnjo sistema na posamezne manjše in lažje obvladljive sklope. Glede na predviden obseg avtomatizacije smo tehnologijo vodenja v prvem koraku izdelali do nivoja faz. Uporabnik je tako preko nadzornega sistema z upravljanjem faz izvajal zahtevane aktivnosti.

V drugem koraku izvedbe so bili postavljeni cilji izvedbe nadzora sistema preko PCS7 OS in recepturnega vodenja tehnologije. Pri tem je

bilo pomembno obdržati obstoječo krmilno logiko, saj bi vsaka sprememba pomenila zahtevo po ponovni kvalifikaciji obratovanja.

3 Strukturiranje sistema, kontrolni elementi, faze, procesne enote

Izdelava aplikacije v okviru PCS7 temelji na tehnološkem pogledu na dogajanje, medtem ko je programerski del potisnjen nekoliko v ozadje. Ob dejstvu, da je bil sistem že v prvem koraku izvedbe ustrezno strukturiran, smo to strukturo vzeli kot izhodiščno točko pri prenosu na PCS7 platformo.

Naloga programerja pri razvoju aplikacije na PCS7 platformi je izdelava vodenja procesa in osnovnih gradnikov recepta (kontrolne module, faze, operacije). Dejanske recepte izdelava tehnolog, pri čemer izdelava samo glavni recept (Master Recipe), kontrolni recept (Control Recipe) pa definira planer, ki določi količine sestavin in produkta tega recepta. Ob tem izdelava tudi šaržo in jo uvrsti v plan za proizvodnjo. Izvajanje šarže na procesu prevzamejo operaterji, ki vodijo proizvodni proces. Ob zaključku šarže se izdelava še poročilo.

Za lažje razumevanje podajanja v nadaljevanju, si najprej pogledjmo nekaj pojmov, ki izvirajo iz S88.01 standarda:

Šarža – Časovno in količinsko omejena kombinacija logičnih funkcij in materialov (snovi potrebnih za izdelavo produkta), ki se izvaja na določeni opremi. Dve šarži se sočasno ne moreta izvajati na isti opremi.

Enota – Tehnološko in funkcionalno zaključen skupek opreme, sestavljen iz kontrolnih elementov (ventil, črpalka, ...) in modulov opreme (funkcionalno zaključen skupek kontrolnih elementov).

Operacija – skupek faz, ki so smiselno in funkcionalno združene v operacijo.

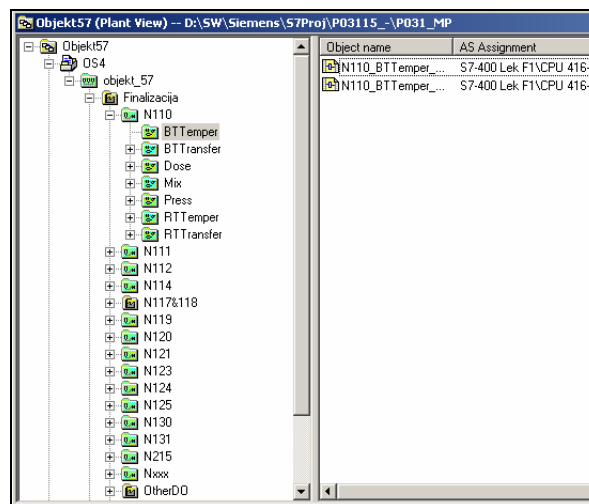
Faza – je zaporedje oz. kombinacija aktivnosti (doziranje, segrevanje, ...), ki jih izvajajo kontrolni elementi (črpalka, ventil, ...).

Kontrolni element – fizična naprava, ki vpliva na proces - ga upravlja, oziroma spremlja

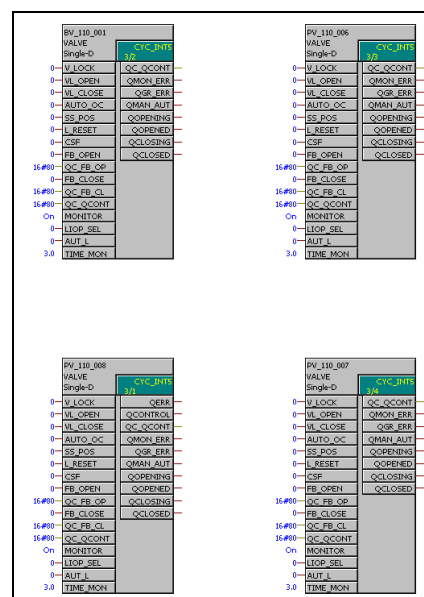
njegovo stanje (pnevmatski ventil, črpalka, merilnik nivoja, ...).

V okviru projekta smo definirali eno samo procesno linijo, ki je strukturno ločena na tri podsklope. V nadaljevanju vsak podsklop vsebuje več procesnih naprav, ki se delijo na module opreme in faze (Slika 2).

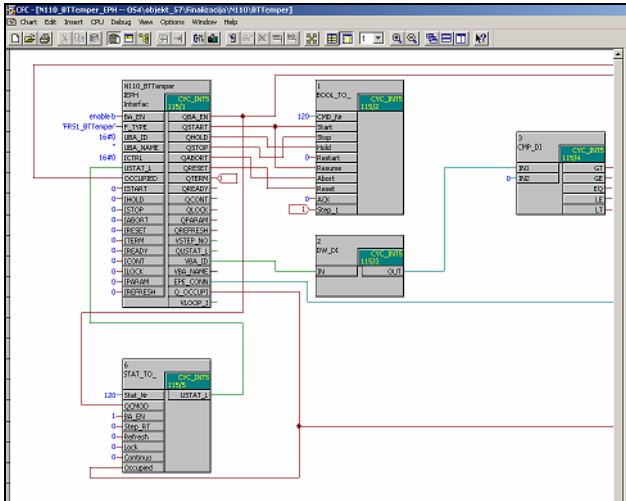
Za vizualizacijo procesa smo na nivoju procesnih naprav definirali slike za nadzorni sistem. Za vsak modul opreme je izvedena konfiguracija kontrolnih elementov v CFC programskem okolju (Slika 3). Na enak način je definirano upravljanje s fazami in faznimi parametri (Slika 4).



Slika 2: Strukturiranje sistema



Slika 3: Konfiguracija kontrolnih elementov



Slika 4: Konfiguracija faz in parametrov

4 Vmesniške funkcije za prilagoditev PCS7 aplikacije na obstoječo aplikacijo

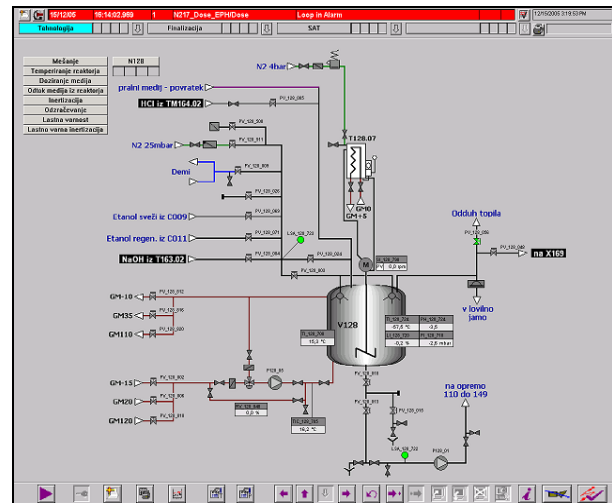
Za omogočanje paralelnosti upravljanja sistema tako preko obstoječega nadzornega sistema, kakor tudi preko PCS7 OS (WinCC), je bilo potrebno pripraviti vmesniške funkcije, ki izvajajo obojesmerno preslikavo podatkov med obstoječimi podatkovnimi bloki in novimi podatkovnimi bloki kontrolnih elementov. Vmesniške funkcije spremljajo stanje za pravilno delovanje pomembnih podatkov (stanje elementa, način upravljanja, ukazi).

Naslednja prilagoditev je vezana na spremljanje stanja faz (diagram prehodov stanj in ukazov). V strukturo, ki vsebuje podatke o stanju faze in je vezana na Simatic Batch vmesniški fazni blok, smo na ustrezne lokacije povezali ustrezna stanja iz obstoječega diagrama stanj. Podobno velja tudi za pošiljanje ukazov iz Simatic Batch vmesniških blokov. Ustrezne vmesniške funkcije so oblikovane v SCL programskem okolju, ki omogoča maksimalno izrabo obstoječe programske kode v kombinaciji z izvoženimi podatki o uporabljenih podatkovnih blokih. Tovrstne podatke pridobimo z orodji v okviru CFC.

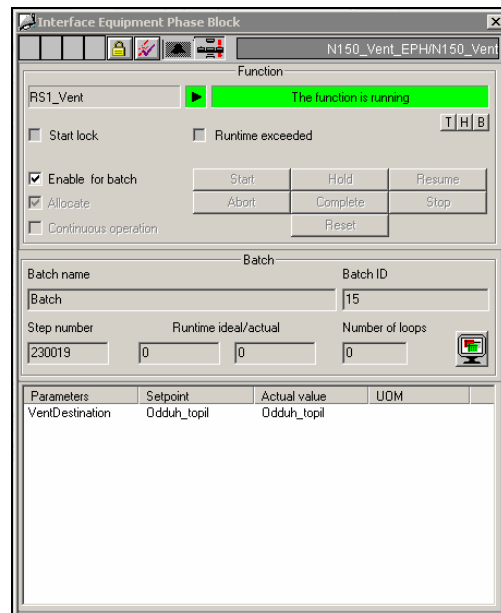
5 Nadzorni sistem

Z vidika spremljanja procesa je za uporabnika osnovno orodje nadzorni sistem. Biti mora pregleden in uporabniško prijazen,

poleg tega pa mora vsebovati vse operaterju pomembne informacije. Glede na PCS7 konfiguracijo v okviru tehnološkega pogleda je izvedena členitev slik po procesnih enotah (Slika 5). Elementi, ki se prikazujejo na posamezni sliki, so generirani avtomatsko ob prevajanju konfiguracije. Na posamezni sliki smo le še ustrezno razporedili elemente in dodali statične povezave in elemente.



Slika 5: Prikaz procesne enote



Slika 6: Izvajanje faze

Obliko posameznih kontrolnih elementov je potrebno izrisati v razvojnem okolju PCS7 OS, katere elemente pa dejansko uporabimo, njihove oznake in postavitev pa določimo v CFC. Statični objekti so po uspešnem prevajanju dodani na posamezno sliko v razvojnem okolju.

Preko nadzornega sistema je izvedeno tudi spremljanje in ročno upravljanje faz ter povezava na Batch CC v primeru zahteve za uporabnikov poseg med izvajanjem recepture (Slika 6). Uporabnik lahko preko nadzornega sistema spremlja tudi nastavljene recepturne parametre. (Slika 7).

Parameters	Setpoint	Actual value	UOM
Press_Tout	0	600	s
Inertize_Tout	0	1500	s
MaxNumBlow	1	2	
VacuumUse	Brez_vakuuma	Brez_vakuuma	
PressSP	0	950	mbar
Avail_Tout	0	600	s
N2BlowTime	0	5	s

Slika 7: Parametri faze

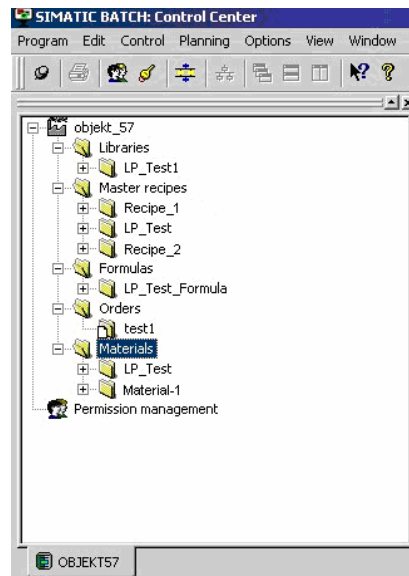
6 Simatic Batch – konfiguriranje receptur

Strukturiranje sistema, razdelitev na procesno linijo, procesne enote in faze neposredno vpliva na podatkovno strukturo v okolju za šaržno vodenje Simatic Batch. Konfiguracijsko orodje povzame definirano strukturo in podatke. S tem omogoča kreiranje podatkovne baze in prenos podatkov za povezavo med krmilnikom in podatkovno bazo. Povezava poteka preko baze iz katere bere podatke tudi nadzorni sistem.

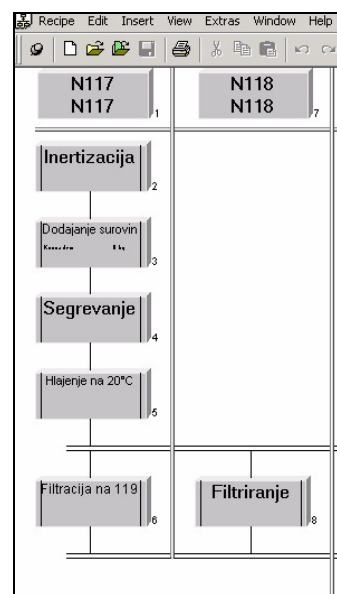
Za šaržno vodenje proizvodnje se uporablja grafični uporabniški vmesnik Batch Control Center (Batch CC). Omogoča standardne funkcije upravljanja z recepti, delovnimi nalogi, šaržami in poročili (Slika 8).

Glede na zahtevnost izvajanja recepture in sprejemljivost deljenja na manjše podsklope, je strategija izdelave recepture usmerjena proti logični členitvi na manjše, lažje obvladljive recepte, ki se združujejo v okviru šarže – hierarhična oblika recepta (Slika 9). Naslednji logični korak pri tovrstnem pristopu je oblikovanje ROP knjižnic (operacij) v obliki, ki je primerna za večkratno uporabo v istem ali več različnih receptih. Razgradnja na izvajanje in parametre omogoča v nadaljevanju enostavno količinsko skaliranje recepture, vendar v

podanem primeru tovrstno organiziranje ni bilo potrebno.

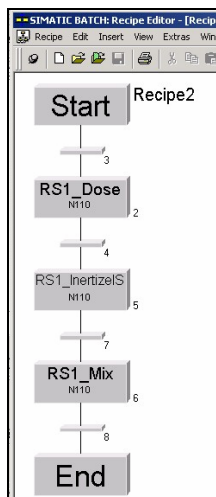


Slika 8: Batch CC



Slika 9: Hierarhična oblika recepta

Posamezna operacija vpliva na proces šele s pomočjo ustrezno konfiguriranega zaporedja izvajanja faz (Slika 10). Nabor faz, ki jih uporabnik lahko uporabi v okviru operacije na posamezni napravi izhaja iz določitve procesne enote za katero se pripravlja operacija. Pri tem je določitev lahko vezana neposredno na procesno napravo ali pa na razred naprav, kjer se operacija lahko izvaja.



Slika 10: Faze v operaciji

Delitev na razrede procesnih naprav je praktična z vidika organizacije krmilne logike, ki se tako v nespremenjeni obliki uporablja na več napravah. V primeru, da je glede na trenutni status posameznih procesnih naprav tehnološko možen prenos izvajanja recepture med napravami iz istega razreda, je s tem pristopom omogočena tovrstna funkcionalnost na dokaj intuitiven način. S tem uporabniku poenostavimo konfiguriranje receptur. Z možnostjo dinamičnega prilagajanja lokacije izvajanja recepture dosežemo optimiranje proizvodnje in maksimalno izkoriščenost opreme.

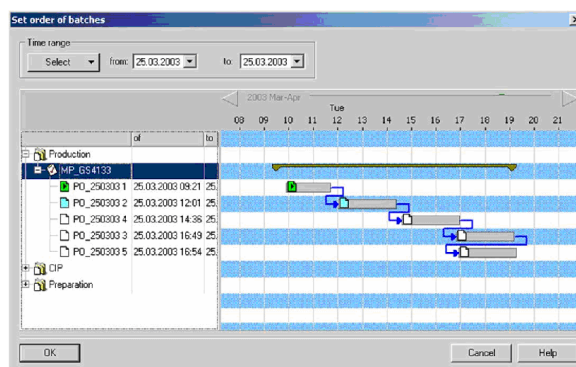
Uporabnik, oz. pri kreiranju receptur predvsem tehnolog, z zaporedjem faz in prehodnimi pogoji določa izvajanje recepture. Z mehanizmi, ki so mu na voljo v okviru urejevalnika receptur, kreira zahtevan potek izvajanja. Prehodni pogoji so vezani na statuse posameznih faz ali pa dejanske procesne podatke – meritve iz procesa. Pri definiranju parametrov posamezne faze je uporabnik omejen z vnosom vrednosti med nastavljenimi mejami. Z vidika možnosti poseganja uporabnika v izvajanje recepture, lahko posameznemu parametru omogočimo možnost spreminjanja med izvajanjem. Pri tem se vsi tovrstni posegi beležijo, po potrebi tudi z zahtevami po elektronskem podpisu.

Za izdelano recepturo uporabnik izvede sistemsko validacijo. Na ta način onemogućimo sistemske napake v recepturi (nedefinirane

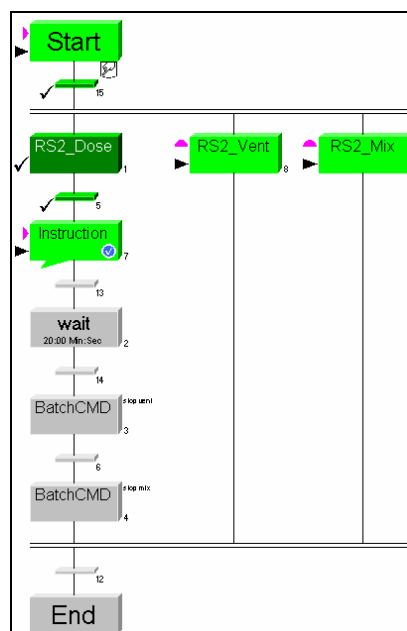
materiale, procesne enote, povezave...). Sledi sprostitvev recepture v testiranje in po uspešni izvedbi še sprostitvev za proizvodnjo. Ustrezna potrditev recepture je pomembna pri kreiranju šarž, saj so uporabniku na voljo samo potrjene recepture.

7 Simatic Batch – izvajanje receptur

Izdelane recepture prenesemo v praktično izvajanje preko razpisa delovnega naloga, šarže in definicije produkta. Ob tem določimo predvideno količino izdelka, čas izvajanja, zaporedje in način izvajanja posamezne šarže. Izvajanje lahko poteka na podlagi uporabniškega posredovanja, je časovno pogojeno ali pa vezano na zaključek predhodne šarže (Slika 11).



Slika 11: Planiranje šarž



Slika 12: Izvajanje operacije

S kombiniranjem zaporedja izvajanja posameznih šarž na določeni opremi optimiramo izrabo opreme in količino izdelka ter tako planiramo potek dela na procesni liniji. Uporabnik lahko spremlja zasedenost linije in trenutni status izvajanja posamezne šarže, pregleduje poročila za že izvedene šarže in upravlja izvajanje tekočih šarž. Aktivnosti, ki jih lahko izvede so pogojene z nivojem dostopa. Med izvajanjem posamezne šarže uporabnik spremlja in upravlja proces preko grafičnega vmesnika, ki prikazuje recepturo s statusi posameznih operacij in faz (*Slika 12*). Na ta način je uporabnik neposredno informiran o trenutnem dogajanju na sistemu, že izvedenih akcijah in morebitnih težavah.

Za spremljanje in upravljanje izvajanja receptur, so v sklopu proizvodnih nadzornih računalnikov omogočeni dostopi do BatchCC aplikacije. Poleg tega je v obstoječi nadzorni sistem integrirano sporočanje o zahtevanih uporabniških posegih v okviru izvajajočih se receptur. S tem smo izvedli uporabniško prijazno vodenje sistema in spremljanje zahtev, kljub izvajanju drugih proizvodnih aktivnosti.

8 Zaključek

Predstavljeni način izvedbe recepturnega vodenja kemijske tehnologije se je izkazal kot primerna možnost nadgradnje faznega vodenja proizvodnje. V primeru opisanega sistema je izvedba tehnologije vodenja potekala v več korakih, ki se logično nadgrajujejo:

- ročno upravljanje preko nadzornega sistema,
- fazno upravljanje preko nadzornega sistema,
- recepturno upravljanje.

S tem pristopom smo omogočili hitrejšo uporabo sistema. Optimizacija časa zagona in kvalifikacije je logična pozitivna posledica tovrstnega pristopa. Obenem se doseže postopno prilagajanje uporabnika na upravljanje sistema in razumevanje aktivnosti, ki se izvajajo v ozadju ob sprožanju posameznih akcij. V vsakem koraku smo pridobili dodatne

informacije, ki so pomagale izboljšati delovanje sistema na naslednji stopnji. S pravilno zasnovano sistema že od začetka smo se izognili spreminjanju obstoječe logike. Tako smo se lahko osredotočili samo na aktivnosti potrebne za implementacijo novega nivoja upravljanja sistema. Na ta način dosežemo modularno zgradbo aplikacij vodenja sistemov, standardiziran pristop k izvedbi vodenja ter prilagodljivost uporabniškim zahtevam. V praksi je možno tovrsten pristop uporabiti na različnih že obstoječih sistemih, ki so zasnovani v smeri S88 standarda. Neskladnosti, ki obstajajo, je možno prilagoditi s pomočjo ustreznih vmesniških funkcij.

V podanem primeru nadgradnja ne posega bistveno v obstoječe delovanje sistema, saj je leta že v osnovi zasnovan po S88 standardu. Večina izvedenih prilagoditev je namenjena ustreznim obdelavi podatkov za potrebe nadzornega sistema. Z uvedbo recepturnega vodenja proizvodnje je omogočeno ponovljivo izvajanje receptur in s tem zagotavljanje ustrezne kvalitete izdelka. Ob dejstvu, da tehnično sistem v določenih proizvodnih fazah ni dovolj pokrit z vidika procesne opreme, je bilo potrebno kljub recepturnemu vodenju, določene korake prepustiti ročni izvedbi uporabnika. Nadaljnje možnosti razvoja aplikacije so torej vezane predvsem na pokrivanje omenjenih točk, kar bi ob ustrezni izvedbi pomenilo popolno avtomatsko recepturno proizvodnjo posameznih izdelkov oz. polizdelkov.

9 Literatura

- [1] *Proces Control System PCS 7 Simatic Batch*, Manual, Siemens, Edition 04/2004.
- [2] *Simatic Batch Getting started Parts 1 to 4*, Manual, Siemens, Edition 01/2006.
- [3] *Simatic Logon VI.2 and electronic signature*, Manual, Siemens, Edition 07/2004.
- [4] *Proces Control System PCS 7 Engineering system*, Manual, Siemens, Edition 07/2005.
- [5] *Simatic PCS 7 System Course*, Training manual, Siemens, 2004.
- [6] Lukač Jure, *SIEMENS SIMATIC BATCH® – sistem za vodenje šaržnih procesov*, članek, Zbornik 4. konference AIG 2005