

# AVTOMATIZACIJA TEHNOLOŠKIH PROCESOV Z UPORABO NAPREDNIH SIMULACIJSKIH ORODIJ V PROCESNI INDUSTRIJI

Jure Erjavec

## Izveček:

Članek obravnava uporabo naprednih simulacijskih orodij v procesni industriji za avtomatizacijo tehnoloških procesov. V uvodu poudarja hitro digitalizacijo in vlogo simulacij pri tem razvoju. Simulacijska orodja so zdaj ključni del avtomatizacije, omogočajo optimizacijo procesov ter ohranjajo strokovno znanje. Simulacije ponujajo vizualno razumevanje in zmanjšujejo čas vzpostavitve sistemov. Poudarja namen uporabe simulacij, kot so optimizacija proizvodnje, odločanje, načrtovanje procesov in učinkovito usposabljanje kadra.

Osrednji del članka se posveča simulacijskemu okolju SIMIT podjetja Siemens, ki se uporablja za optimizacijo razvoja in delovanja avtomatiziranih sistemov. SIMIT omogoča simulacijo procesov v realnem času ter zagotavlja napredne funkcionalnosti za testiranje in preverjanje delovanja sistema pred dejansko implementacijo.

Praktičen primer uporabe SIMIT-a je opisan v kontekstu migracije sistema v proizvodnji. Predstavljeni so ključni izzivi, kot so menjava recepturnega sistema in kratek čas ustavitve proizvodnje. Simulacijsko okolje omogoča izvedbo temeljitih testov, vključno s testiranjem Factory Acceptance Test (FAT), kar prispeva k zanesljivosti in kakovosti sistema.

V zaključku članka je poudarjeno, kako simulacije postajajo ključno orodje za integratorje in končne stranke, saj omogočajo preizkus in izboljšanje sistemov brez tveganja za dejansko proizvodnjo. Sodelovanje s simulacijskim okoljem lahko prinese številne koristi, vključno z identifikacijo napak, izobraževanjem kadra ter temeljitim preverjanjem delovanja sistema pred implementacijo v realno proizvodno okolje.

## Ključne besede:

simulacijska orodja, digitalni dvojček, Siemens SIMIT, optimizacija proizvodnje, učinkovito usposabljanje kadra.

## 1 Uvod

V zadnjih letih smo priča izjemnemu napredku v industriji, kjer se pojmi, kot so digitalizacija, industrija 4.0, internet stvari (IoT) in pametne tovarne, vse pogosteje pojavljajo v strokovnih razpravah. Poudariti velja, da so del tega hitrega tehnološkega razvoja tudi simulacijska orodja. Del digitalizacije so namreč prav ta orodja, ki postajajo ključni sestavni del tako za integratorje kot tudi za končne stranke v procesni industriji. Simulacijske platforme, ki so nekoč predstavlja-

le zgolj reprezentacije kompleksnih procesov na sejmih, so zdaj nepogrešljiv del avtomatizacije in postajajo osrednji del vsakdanjih orodij. Ta premik od statičnih predstavitev k dejanskemu vključevanju simulacij v delovne procese odpira številne priložnosti za optimizacijo procesov in ohranjanje strokovnega znanja. Posledično se čas vzpostavitve sistema zmanjšuje, kar pripomore k učinkovitejšemu delovanju industrijskih procesov. Simulacije tako omogočajo ne le vizualno razumevanje kompleksnih sistemov, ampak tudi konkretno zmanjšanje časa pri zagonu, kar ima pomembne posledice za industrijsko avtomatizacijo. Del nenehnega razvoja v smeri digitalizacije so prav simulacije in njihova orodja, ki igrajo ključno vlogo pri oblikovanju prihodnosti industrijskih procesov.

Jure Erjavec, univ. dipl. inž., Kolektor Sisteh, d. o. o., Ljubljana - Črnuče

## 2 Simulacija in njihova orodja

Simulacija je proces, ki predstavlja povezavo med modelom in računalnikom. To vključuje ustvarjanje digitalnih dvojčkov realnih sistemov s pomočjo programske opreme, kar omogoča virtualno testiranje in preverjanje delovanja brez potrebe po fizičnih prototipih. Simulacijska orodja predstavljajo programske pakete, ki omogočajo virtualno uvajanje strojev brez potrebe po resničnem prototipu. Različna simulacijska orodja izpolnjujejo različne namene, vendar se pogosto delijo na dve glavni kategoriji glede na njihovo funkcionalnost: tista, ki omogočajo dinamične procese, ter simulatorje, namenjene izvajanju programov, izdelanih v programabilnih logičnih krmilnikih (PLC). Simulatorji za izvajanje PLC-programov so bolj osredotočeni na preverjanje in testiranje programske logike, ki jo uporabljajo. Ti simulatorji omogočajo programerjem preizkus krmilniških programov v virtualnem okolju brez dejanskega vpliva na fizične procese. Simulacijska orodja za dinamične procese so usmerjena v simulacijo kompleksnih industrijskih sistemov v realnem času. Ta orodja omogočajo modeliranje interakcij med različnimi komponentami avtomatiziranih sistemov, vključno s senzorji, aktuatorji in nadzornimi algoritmi.

## 3 Namen uporabe simulacij in simulacijskega orodja

Namen uporabe simulacij in simulacijskih orodij v procesni industriji je ključen pri digitalizaciji proizvodnih procesov ter igra pomembno vlogo pri ustvarjanju digitalnega dvojčka proizvodnje – virtualnega modela fizičnega procesa ali sistema, ki natančno odraža delovanje v realnem času. Simulacijska orodja omogočajo izdelavo in vzdrževanje takšnih digitalnih dvojčkov, kar omogoča podrobno spremljanje in analizo proizvodnje na virtualni ravni.

Ključna prednost uporabe simulacij je možnost optimizacije proizvodnje. S pomočjo natančnega modeliranja različnih scenarijev in parametrov simulacijska orodja identificirajo potencialne izboljšave ter učinkovitejše strategije delovanja, kar pripomore k zmanjšanju odpadkov, povečanju izkoristka virov ter optimizaciji časovnih in stroškovnih faktorjev v proizvodnji.

Digitalni dvojčki, ki jih omogočajo simulacije, olajšajo sprejemanje odločitev in načrtovanje procesov. Podjetja lahko preizkušajo različne možnosti brez tveganja za dejansko proizvodnjo, kar omogoča boljše strategije in hitrejšo prilagajanje spremembam na trgu ali notranjim zahtevam, s čimer se povečujeta prilagodljivost in konkurenčnost proizvodnih podjetij.

Poleg tega simulacije omogočajo učinkovito usposabljanje kadra. S sposobnostjo simuliranja realnih

proizvodnih situacij zaposleni pridobivajo praktične izkušnje v varnem virtualnem okolju, kar vodi k povečanju strokovnosti in zmanjšanju napak v dejanski proizvodnji.

Integracija simulacijskih orodij v proizvodne procese omogoča, da postane digitalizacija ključno orodje za doseganje optimizacije, učinkovitosti ter konkurenčnosti v sodobni procesni industriji.

Poudarek na ključni vlogi digitalnih dvojčkov v procesni industriji omogoča tehnologom izboljšanje delovanja sistemov v simulacijskem procesu, ne da bi ogrozili dejansko proizvodnjo. Napake je mogoče simulirati brez tveganja za ljudi in stroje, kar omogoča vzporedno izboljševanje sistemov in prinaša številne prednosti, zlasti pri usposabljanju kadra, kjer se soočamo s pomanjkanjem usposobljene delovne sile ter staranjem operaterjev.

Digitalni dvojčki omogočajo tehnologom preizkušanje in izboljševanje delovanja sistema v simulacijskem okolju brez tveganja za proizvodnjo, kar omogoča hitrejšo prilagajanje procesov, zmanjšuje tveganja in povečuje prilagodljivost proizvodnih sistemov.

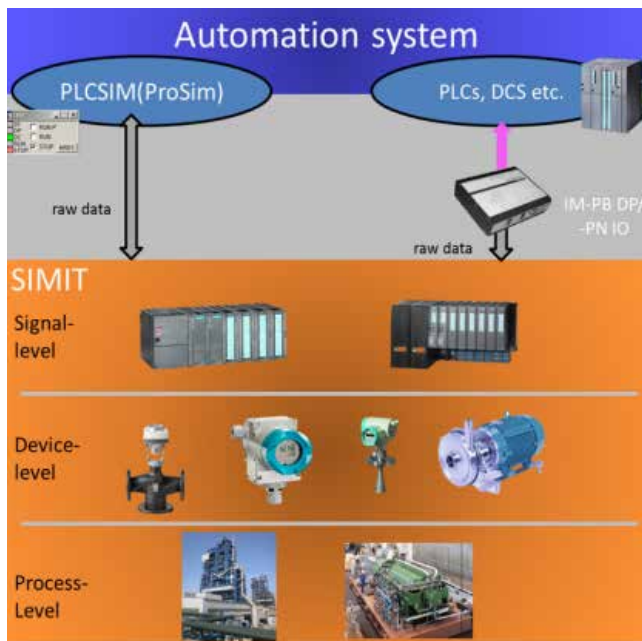
Pri usposabljanju kadra, kjer se soočamo s težavami zaradi premalo usposobljene delovne sile in staranja operaterjev, se digitalni dvojčki izkažejo kot ključno orodje za optimizacijo časa, namenjenega usposabljanju. Z njihovo pomočjo novo osebje pridobiva praktične izkušnje v virtualnem okolju, kar vodi do hitrega in ciljno usmerjenega usposabljanja, ključnega v luči naraščajočih potreb po delovni sili in hitrem uvajanju novih tehnologij.

Vzporedno izboljševanje sistemov in učinkovito usposabljanje kadra postavljata digitalne dvojčke v središče sodobne procesne industrije, kjer prispevajo k trajnostnemu razvoju in optimizaciji operativnih procesov.

## 4 Simulacijsko okolje SIMIT

V industriji avtomatizacije, kjer prevladuje podjetje Siemens, se njihovo simulacijsko okolje Simit izkaže kot ključno orodje za optimizacijo razvoja in delovanja avtomatiziranih sistemov. Ponuja napredne funkcionalnosti, ki omogočajo inženirjem natančno simulacijo in testiranje, še preden se avtomatizirani procesi dejansko implementirajo.

Centralna značilnost orodja Siemens Simit je sposobnost simulacije procesov v realnem času. Ta lastnost omogoča inženirjem, da podrobno preverijo dinamiko in odziv avtomatiziranih sistemov v virtualnem okolju, kar znatno zmanjšuje možnost napak v fazi dejanske implementacije. Mogoče je testiranje z uporabo strojne opreme ali emulatorja, znane kot »software in the loop«. To omogoča prilagajanje



Slika 1 : Potek simulacije na Simit okolju

godljivo testiranje in preverjanje delovanja sistema v različnih scenarijih.

Pohvali se lahko z obsežnim naborom knjižnic komponent za različne procese:

- ▶ FLOWNET – simulacije procesov vodne pare, tekočine s konstantno gostoto/toploto,

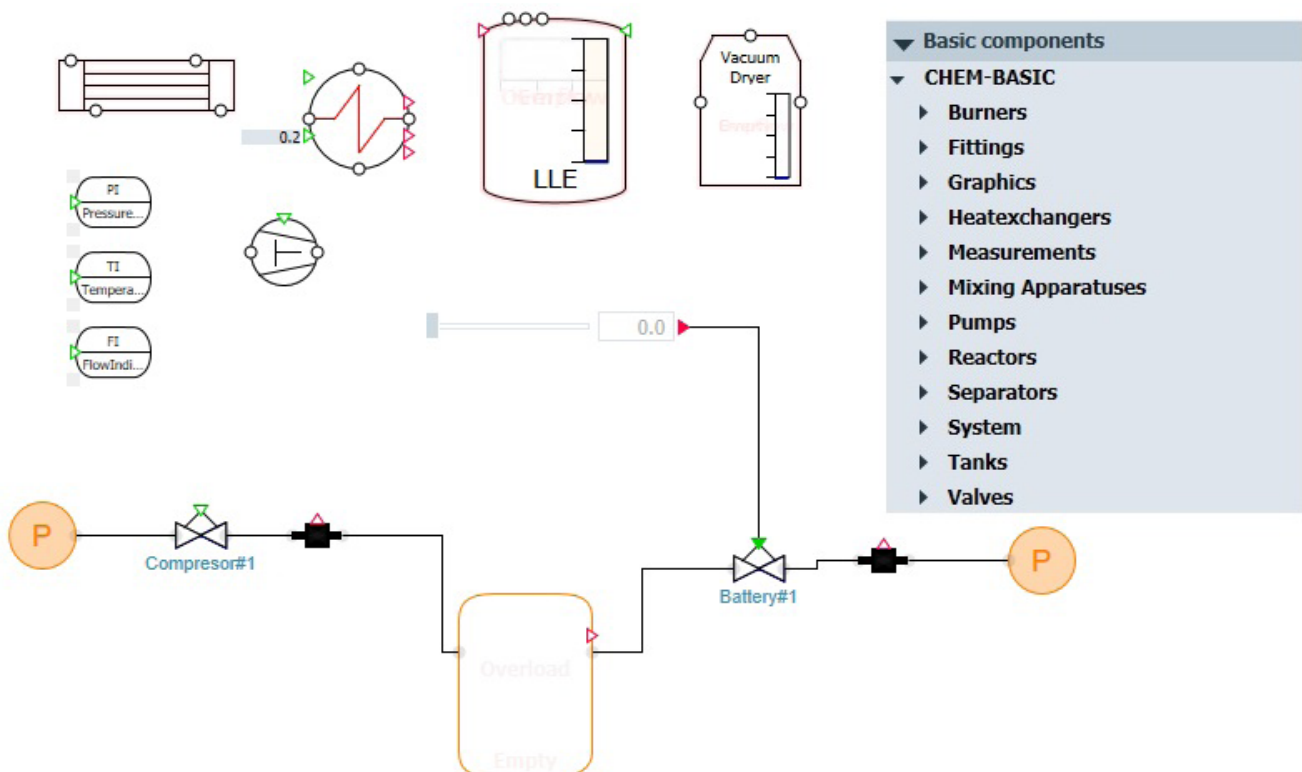
- ▶ CONTEC – transportne povezave, tirnice, RFID, ...,
- ▶ CHEM BASIC – simulacije procesov različnih reakcij, destilacij, absorpcij,
- ▶ SOLUTION WATER LIBRARY – dodatek h knjižnici FLOWNET, simulacija proizvodnje sladke vode, reverzne osmoze in cevovodov

Z uporabniku prijaznim vmesnikom in premišljenim dizajnom Siemens Simit omogoča enostavno upravljanje, kar prispeva k hitrejšemu razvoju avtomatiziranih sistemov. Dodatna prednost je 3D-vizualizacija, ki omogoča boljši vpogled v delovanje sistemov, še posebej koristno pri kompleksnih postopkih.

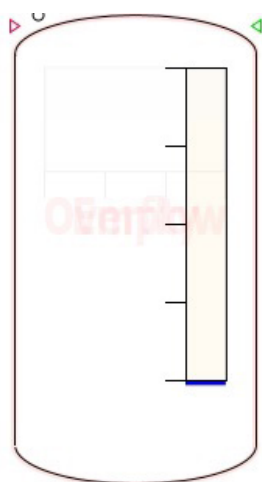
Na Simit okolje se je možno povezati preko več povezav (Couplings):

- ▶ SIMIT Unit,
- ▶ Virtual Controller (PCS 7),
- ▶ PLCSIM Advanced,
- ▶ PLCSIM,
- ▶ OPC DA Server,
- ▶ OPC DA Client,
- ▶ OPC UA Client,
- ▶ Shared Memory,
- ▶ PRODAVE.

Povezave so odvisne od tega, ali simuliramo z dejanskimi krmilniki (Simit Unit), emulatorji oziroma standardnimi komunikacijami. Simulacija brez strojne opreme (PLC-ja in IO- komponent) oz. z emulatorjem poteka na treh nivojih: signali (signal level), naprave (device level) in proces (process level) [1].



Slika 2 : Knjižnica in nekaj primerov objektov



StorageTankLiquid#1		
General	Name	Value
Input	PressureOutside	[bar] 1.0
Output	LevelInit	[%] 3.0
Parameter	TemperatureInit	[°C] 20.0
Additional parameter	PressureInit	[bar] 1.0
State	InitEvaporationPart	[%] 0.0
	InitHeatcapacityLiquid	[kJ/kgK] 4.18
	Density	[kg/m³] 997.337
	RemainderGasPercent	[%] 5.0
	RemainderLiquidPercent	[m³] 0.5
	geoHeight	[m] 0.0
	zeta	[-] 0.05

Slika 3 : Objekt v knjižnici s parametri

Na signalnem nivoju uporabimo enega od emulatorjev: Virtual controller (VC) za PCS7-sisteme, PLCSIM Advanced za PLC-je serije 1500 in PLCSIM za PLC-je serije 300 ali 400. Emulatorji predstavljajo izmenjavo podatkov med PLC-ji in Simitom. Tu je možno izvajati enostavne teste na I/O-signalih in npr. izključiti napake na komunikaciji.

Na nivoju naprav je omogočena simulacija naprave na komunikaciji PROFIBUS ali PROFINET. To so lahko frekvenčni, tehtalni moduli, hitri števcji, pretokomerilci in podobno. Te simulacijske naprave lahko simuliramo tudi z realnim PLC-jem in komunikacijskim modulom.

Na procesni ravni Simit omogoča implementacijo procesa s knjižnicami. FLOWNET je že v osnovnem paketu, ostale je potrebno dokupiti. Knjižnice omogočajo preverjanje veljavnosti fizikalnih spremenljivk, kot so tlak, temperatura, pretok in specifična entalpija. Siemens prav tako nudi že izvedene rešitve (SIMIT solution libraries) za različne industrije, kot so industrija hrane in pijače, zdravil, vodika, elektrarne itd.

Precej teh knjižnic in pripravljenih rešitev je plačljivih, zato velja omeniti orodje Component Type Editor (CTE), ki ponuja visoko stopnjo prilagodljivosti. Razvijate lahko svoje komponente ali razširjate obstoječe na vseh nivojih simulacij Simit-a.

Ena od uporabnih funkcij SIMIT-a je kreiranje simulacijskih potekov na podlagi shem P & ID (Process and Instrumentation Diagram). Tu se cevne povezave s komponentami (tekočine, plin) v odvisnosti od temperature, pretoka ali tlaka združijo z objektom (npr. reaktorjem ali izmenjevalcem).

Posameznemu objektu se nastavijo parametri, s katerimi približamo virtualni objekt realnemu. Nastavitev parametrov posameznemu objektu v knjižnici zahteva znanje tehnologa specialista, ki se pogosto razlikuje od splošnega znanja avtomatikov ali pro-

gramerjev. Razlog za to je, da tehnolog specialist pogloblja razumevanje specifičnih procesov, materialov, inženirskih sistemov ter industrijskih aplikacij, ki jih simulira ali avtomatizira.

## 5 Uporaba v praksi – simulacija šaržnega procesa

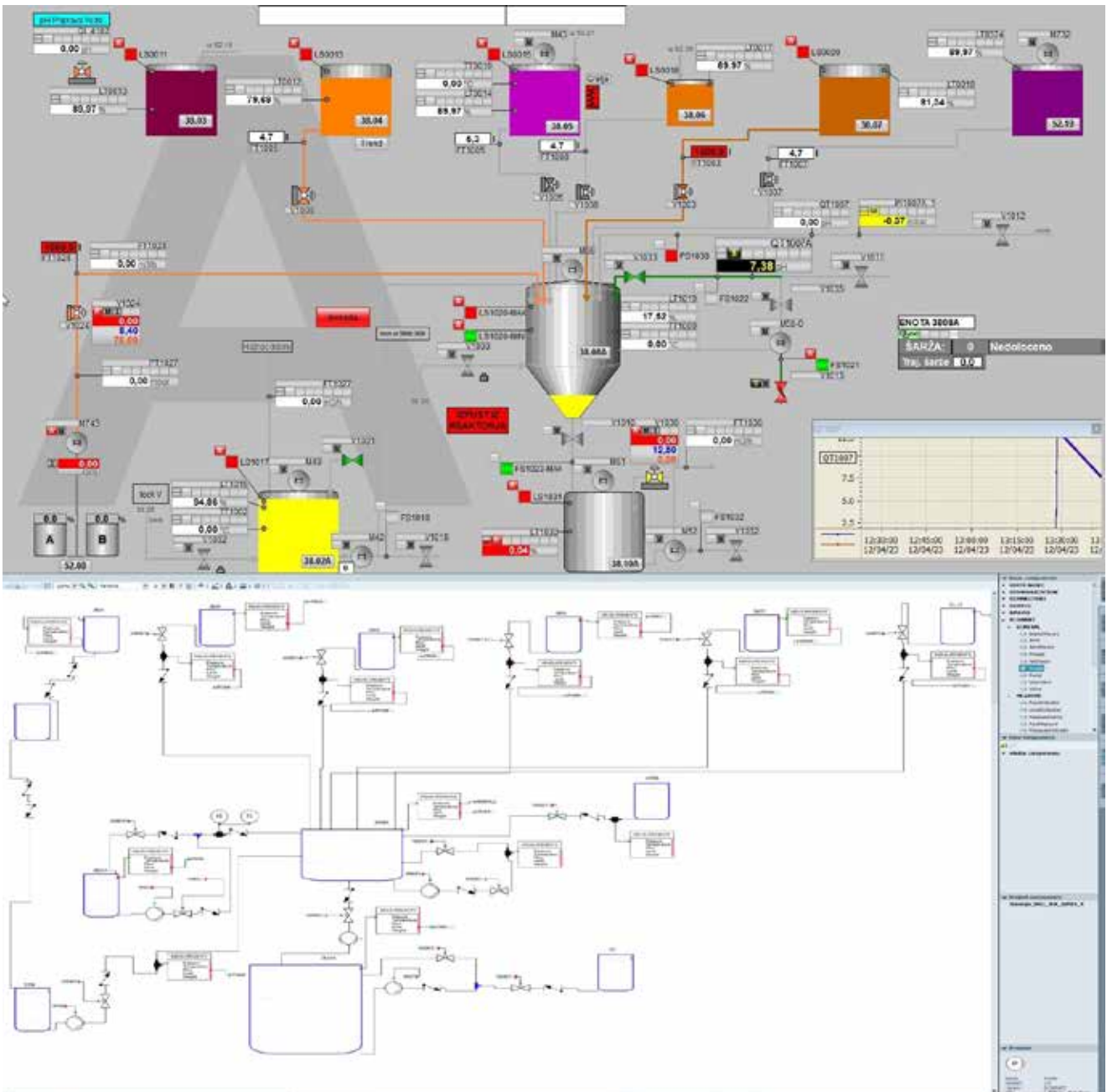
Stranka si je kot cilj postavila migracijo sistema, kar vključuje nadgradnjo na najnovejšo verzijo. Sistem je temeljil na Siemensovem PCS7-sistemu starejše verzije, poleg nadgradnje pa je bilo potrebno uporabiti še APL-knjižnice (Advanced Process Library), ki omogočajo boljši nadzor, sledljivost in upravljanje proizvodnih enot. Ena izmed zahtev naročnika je bila tudi izvedba testiranja Factory Acceptance Test (FAT) na simulacijskem okolju.

Prvi ključni izziv je bil prehod »custom« recepturnega sistema na popolnoma nov sistem, imenovan Simatic Batch proizvajalca Siemens. Izbira je logična, saj je bila oprema krmilnega nivoja istega proizvajalca. Obenem dobijo »tipski« recepturni sistem, saj je prejšnji sistem predstavljal številne omejitve in ni omogočal razširitve za prihodnje potrebe.

Drugi ključni izziv je bil zelo kratek čas ustavitve proizvodnje za vzpostavitev sistema z novim recepturnim sistemom. Sistem je bil ključen za celotno proizvodnjo, ni pa bilo na voljo vzporednega sistema za začasno vzpostavitev proizvodnje. Za doseganje tega cilja smo morali vzpostaviti sistem v nekaj urah, kar je predstavljalo zahtevno nalogo, saj je bil vsak trenutek ustavitve proizvodnje kritičen.

Po migraciji PCS7-sistema je sledila izdelava SIMIT simulacijskega okolja z virtual controller emulatorjem. Izvedba na nivoju signalov in naprav je razmeroma hitra, na procesnem nivoju pa je za realno simulacijo potrebnega več časa, saj je treba nastaviti čim bolj realne parametre objektov iz knjižnic, ki jih uporabimo.





Slika 4 : Sistem na SCADI in njegov virtualna izvedba v SIMIT

Po uspešni izdelavi simulacijskega okolja je bilo mogoče izvajati teste vseh postopkov in sekvenc, kar vključuje tudi vse teste OQ (Operational Qualification). Simulacijsko okolje je omogočilo temeljito preverjanje delovanja sistema po izvedeni nadgradnji.

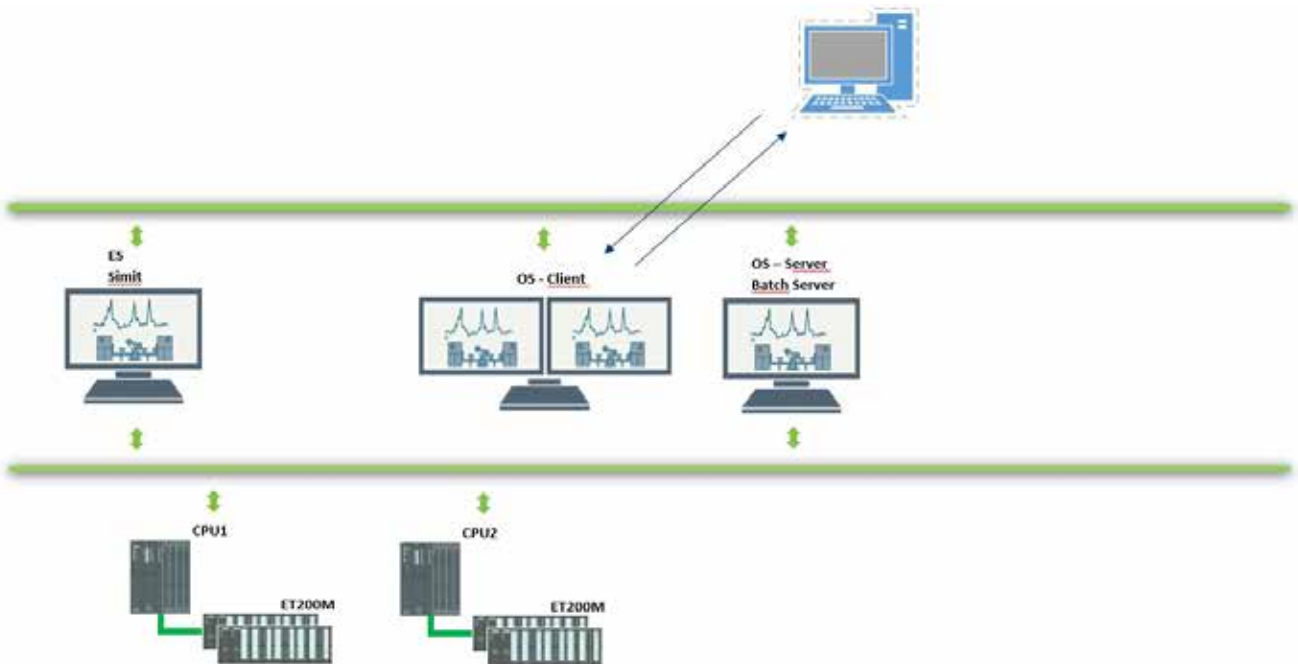
V tem okviru so bili izvedeni operativni testi, ki so pokrivali vse ključne operacije in funkcije sistema. To je vključevalo testiranje delovanja posameznih enot, komunikacijskih povezav, procesnih kontrol in drugih ključnih funkcionalnosti. S tem sta bili zagotovljeni kakovost in zanesljivost sistema v simuliranem, nadzorovanem okolju.

Opremo z digitalnim dvojčkom smo postavili v pisarni in stranki omogočili daljinski dostop.

Z vzpostavitvijo daljinskega dostopa smo se usmerili v sodelovanje s tehnologom, ki se je osredotočil na recepturni sistem, temelječ na standardu S88. To je zahtevalo skupno delo pri definiranju procesnih enot, kjer smo natančno opredelili posamezne faze in korake v proizvodnem procesu ter določili tudi parametre posameznim fazam.

Poleg tega smo se osredotočili na validacijo vseh izdelanih receptov. Ta korak je bil ključen za preverjanje, ali vsi recepti delujejo v skladu s pričakovanji in specifikacijami in ustrezno odražajo procese v proizvodnji.

V tem konkretnem primeru izpostavljamo številne prednosti uporabe simulacij v procesu nadgra-



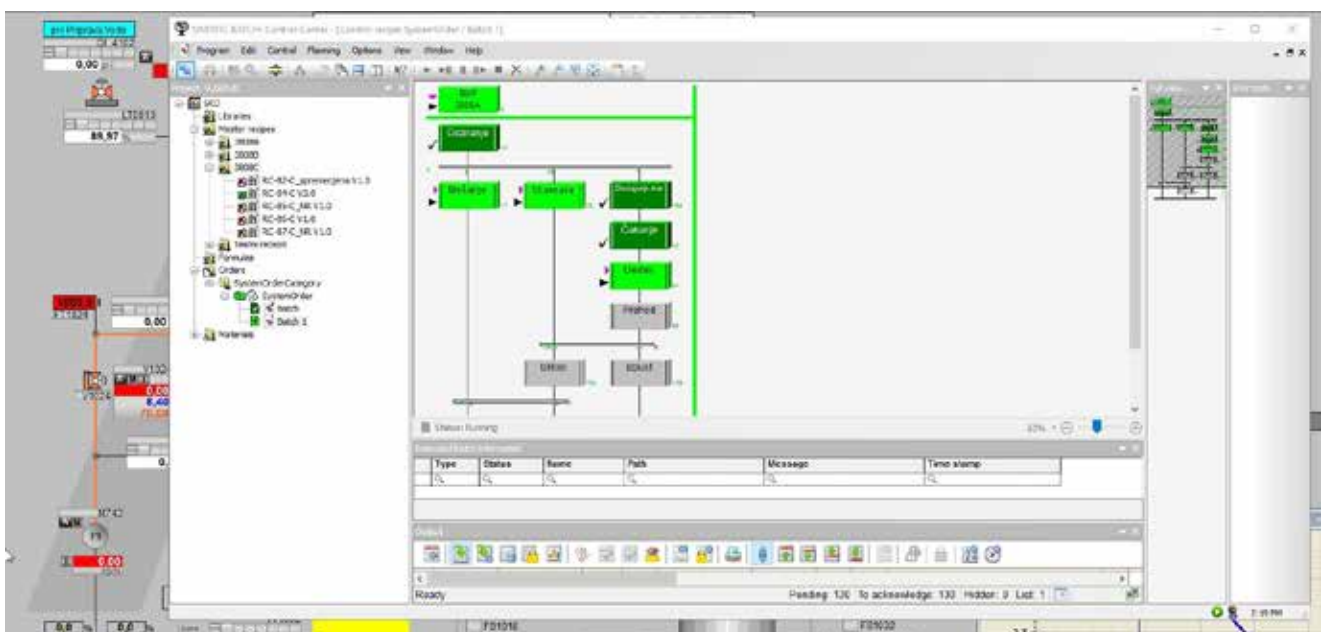
Slika 5 : Daljinski dostop do digitalnega dvojčka

dnje in migracije sistema. Simulacije se izkažejo kot ključno orodje, ki omogoča širok nabor koristi za različne dele projekta. Kot prvo: že sam integrator ima možnost testirati morebitne napake v PLC-programu v simuliranem okolju. To omogoča identifikacijo in odpravo morebitnih programskih pomanjkljivosti, še preden sistem zaživi v dejanskem proizvodnem okolju. S tem pristopom se povečujeta zanesljivost in učinkovitost integracije, saj se težave lahko odpravijo že v zgodnji fazi.

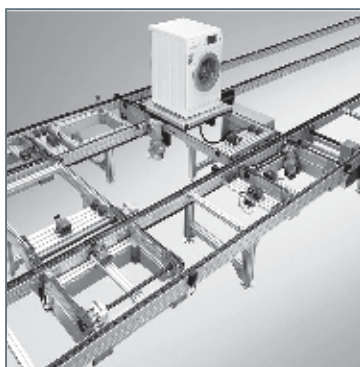
Pri stranki se izvede kvaliteten Factory Acceptance

Test (FAT). Simulacijsko okolje omogoča natančno in temeljito preverjanje delovanja sistema, vključno z vsemi novimi funkcionalnostmi. To pomeni, da se lahko identificirajo morebitne pomanjkljivosti ali odstopanja od zahtev naročnika, kar omogoča njihovo takojšnjo odpravo.

Poleg tega simulacije služijo kot učinkovito orodje za izobraževanje. Tehnologi imajo priložnost, da se naučijo kreiranja receptur na novem sistemu, operaterji pa se lahko v simuliranem okolju naučijo uporabljati nov sistem.



Slika 6 : Preizkus recepta v simulacijskem okolju

**Rexroth****ORGATEX®****LEANPRODUCTS®****BOSCH****OPL**  
automationOPL avtomatizacija, d.o.o.  
Dobrave 2  
SI-1236 Trzin, SlovenijaTel. +386 (0) 1 560 22 40  
Tel. +386 (0) 1 560 22 41  
Mobil. +386 (0) 41 667 999  
E-mail: info@opl.si  
www.opl.si

## 6 Zaključek

Članek je osvetlil ključno vlogo naprednih simulacijskih orodij s poudarkom na Siemensovem simulacijskem okolju SIMIT pri avtomatizaciji tehnoloških procesov v procesni industriji. Digitalni dvojčki, ustvarjeni s pomočjo simulacij, postajajo ključno orodje za optimizacijo, učinkovitost in konkurenčnost avtomatizacije v sodobni industriji.

Prednosti uporabe simulacij so jasno izpostavljene, saj omogočajo optimizacijo proizvodnje, hitro prilagajanje spremembam ter zmanjšanje tveganj in stroškov v proizvodnih procesih. Siemens SIMIT se je izkazal kot napredno simulacijsko okolje, ki inženirjem omogoča natančno preverjanje dinamike avtomatiziranih sistemov v virtualnem okolju, kar znatno zmanjšuje možnost napak pri dejanski implementaciji.

Praktičen primer migracije sistema v proizvodnji je ponazoril, kako simulacije omogočajo identifikacijo in odpravo morebitnih težav že v zgodnji fazi, preden sistem zaživi v realnem okolju. S tem se povečuje zanesljivost integracije, hkrati pa simulacije služijo kot učinkovito orodje za izobraževanje kadra.

Skupaj z digitalnimi dvojčki postajajo simulacijska orodja ključna za trajnostni razvoj in optimizacijo operativnih procesov v procesni industriji. V luči naraščajočih izzivov in potreb po inovacijah postaja uporaba simulacij nepogrešljiva v vsakdanjem delovanju podjetij, ki stremijo k učinkovitosti, zanesljivosti in trajnostnemu razvoju.

## Viri

- [1] SIMIT Getting Started 109746485\_PCS7\_SIMIT\_V71\_GS\_DOCUMENTATION.pdf (siemens.com)

## Automation of Technological Processes Using Advanced Simulation Tools in the Process Industry

### Abstract:

This article explores the use of advanced simulation tools in the process industry to automate technological processes. The introduction emphasizes the rapid digitization and the role of simulations in this development. Simulation tools have become a crucial part of automation, enabling process optimization and preserving expertise. The article focuses on the Siemens SIMIT simulation environment, detailing its features for system development and operation optimization. A practical case study highlights the challenges and benefits of using SIMIT in a production system migration, emphasizing its role in thorough testing, including Factory Acceptance Tests (FAT). The conclusion underscores how simulations have become essential for integrators and end-users, offering risk-free system testing, error identification, staff training, and comprehensive performance verification before real-world implementation.

### Keywords:

simulation tools, digital twins, Siemens SIMIT, production optimization, effective staff training