

» Factory Design Utilities - Autodeskov alat za prostorno strukturiranje proizvodnih sustava

**dr. sc. Marko Tomić
Goran Kiš**

Tehnološko projektiranje, kao odgovor na projektni zadatak investitora, zadaća je procesnih inženjera te je u svrhu ostvarenja zadane proizvodnosti, fleksibilnosti, rokova izgradnje, montaže i puštanja u rad proizvodnih sustava potrebno racionalno tehnološki i prostorno strukturirati proizvodne sustave uz odgovarajuća ograničenja mikro-lokacije.

Autodesk skupom računalnih alata pod nazivom Factory Design Utilities ubrzava proces prostornog strukturiranja, omogućavajući konstruiranje složenih digitalnih modela proizvodnih sustava, omogućavajući dostupnost projekta svim dionicima uz mogućnost revizije, uz integraciju terminskog plana montaže i proizvodnje s CAD modelom, u svrhu simulacije različitih montažnih i proizvodnih scenarija.

Uvod

Projektni zadatak osnivanja nove radionice (ili češće rekonstrukcije postojeće, pri čemu se ta rekonstrukcija odnosi na neku specifičnu proizvodnu liniju, stroj ili grupno radno mjesto) u pravilu se dijeli na dva posebna projektna zadatka, koji se onda zasebno rješavaju tehnološkim projektom i arhitektonsko-građevinskim projektom. U radu je fokus na tehnološkom projektiranju radionice, ali sve navedeno vrijedi i kod projektiranja pogona (kao više organizacijske jedinice, sastavljene od radionica), tim više što se uobičajeno u svrhu pojednostavljenja transporta i smanjenja troškova gradnje industrijske hale tehnološki slične radionice (kao i one koje su slijedne u toku materijala) vrlo često grupiraju u blok-radionice (pod istim krovom).

Proces tehnološkog projektiranja proizvodnog procesa načelno se dijeli (i sadržajno i kronološki) na:

- i. tehnološko strukturiranje (opća shema proizvodnog procesa u smislu definiranja sadržaja proizvodnog procesa, toka materijala, ljudi, informacija, transportnih veza),
- ii. prostorno strukturiranje (smještaj elemenata proizvodnog procesa u prostor, najčešće uzimajući u obzir tlocrte industrijske hale).

Unatoč tome što se u tehnološko strukturiranje ulaže značajan napor procesnih inženjera (vrlo često se provodi velik broj numeričkih simulacija proizvodnje metodom diskretnih događaja) i iako je sam proizvodni proces u nekom trenutku u velikoj mjeri i definiran, projektni zadatak još uvijek nije riješen. Ono što slijedi je prostorno strukturiranje. Opća shema proizvodnog procesa

(tehnološka struktura), koja određuje sadržaj procesa i međusobne veze unutar pojedine radionice (ili radionica unutar pogona) u smislu toka materijala, radnika i informacija, temelj je zoniranju pomoćnih i radnih površina na tlocrte industrijskih hala odabrane mikro-lokacije te razmještaju (eng. Layout) tehnološke osnove, strojeva, proizvodnih linija, alata, naprava i transportnih sredstava na te površine. Rezultat tog procesa u smislu izrade tehničke i tehnološke dokumentacije opći su i detaljni planovi radionice (uz odgovarajuću narudžbenu specifikaciju tehnološke opreme) i kompletiran tehnički opis. Iako je proces projektiranja tim korakom naizgled gotov, još uvijek je potreban važan korak revizije svih dionika tehnološkog projekta (i u pravilu unošenje odgovarajućih izmjena).

Tijek procesa projektiranja, izgradnje industrijske hale na mikro-lokaciji, nabavke i montaže tehnološke opreme, puštanja u rad i praćenja proizvodnje prikazan je na Slici 1. Autodeskova podrška tehnološkom projektiranju su Process Analysis (simulacije proizvodnje diskretnim događajima), Slika 2., i Factory Design Utilities (FDU), radno okruženje za tehnološko projektiranje proizvodnih sustava koje se integrira u postojeće Autodeskove softvere AutoCAD Mechanical/Architecture, Inventor Professional te Navisworks Manage, omogućavajući rad na jedinstvenom digitalnom modelu proizvodnje u svrhu prostornog strukturiranja i revizije projekata proizvodnih sustava. U svrhu praćenja proizvodnje koristi se novi Autodeskov računalni alat Fusion Production (terminiranje proizvodnje, izdavanje radnih naloga, praćenje tehnoloških pokazatelja korištenjem IoT tehnologije).

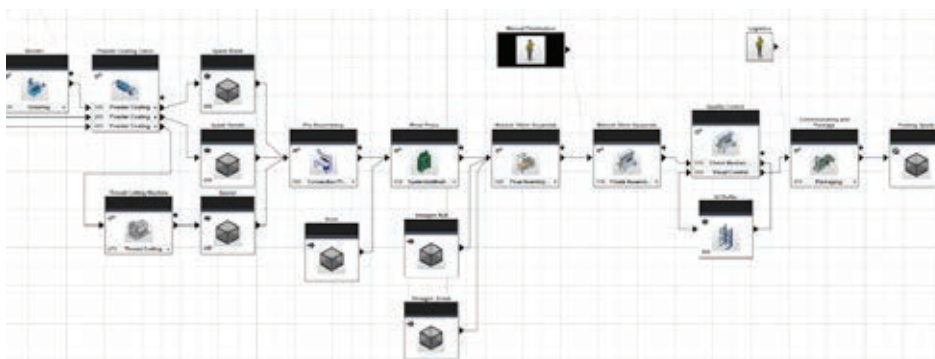
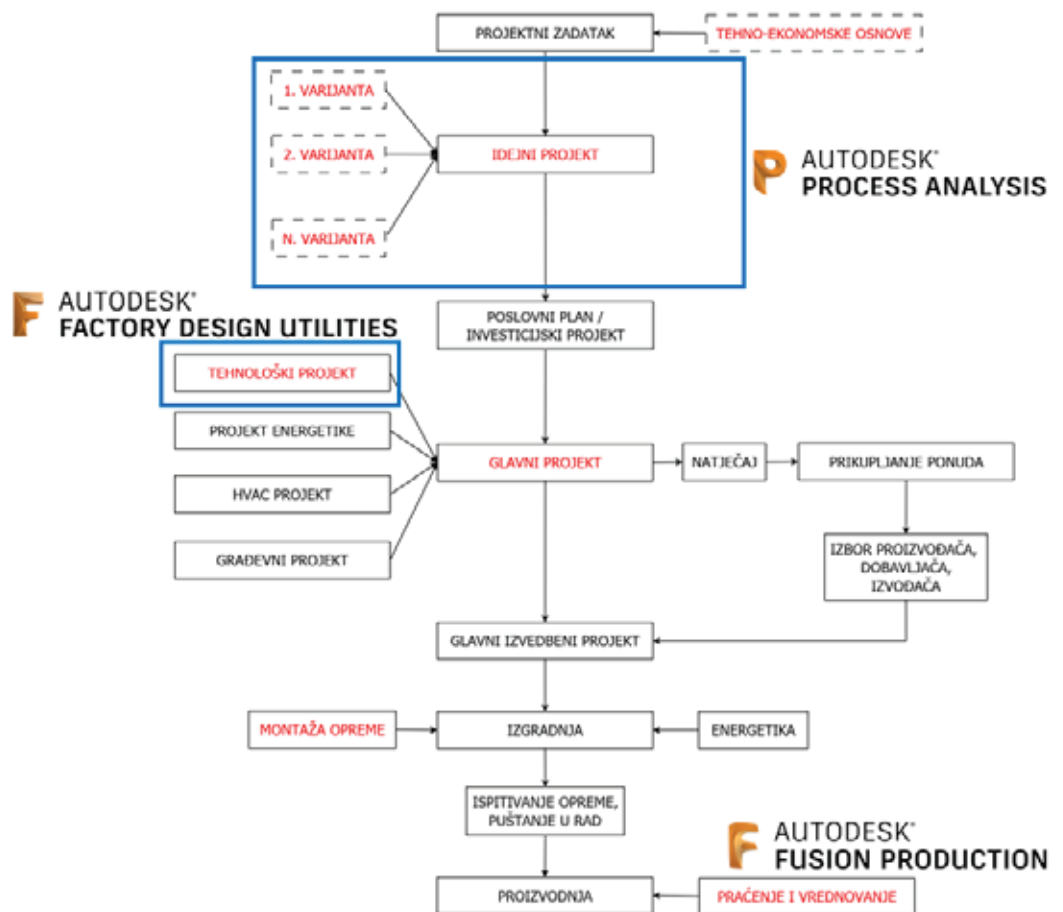
Racionalno prostorno strukturiranje

Mnoge tehnološki uspješne radionice osnovane su primjenom proračuna temeljenih na iskustvenim podacima (npr. prosječna površina po komadu neke određene tehnološke opreme) i rukom crtanih općih planova, međutim tu je gotovo uvijek riječ o prethodnom inženjerskom iskustvu procesnih inženjera temeljenom na metodi pokušaja i pogreške koja vrijedi ukoliko se osniva industrijski pogon sličnih karakteristika kao i proizvodnje (i proizvodi) kojima se prikupljalo procesno iskustvo, a i tada je uglavnom riječ o lokalnim optimumima tehnološkog sadržaja proizvodnje i materijalnih tokova. Taj proces je dugotrajan i nefleksibilan u smislu da



dr. sc. Marko Tomić, mag. ing. nav. arch., Goran Kiš,
mag. ing. mech. • PRIOR inženjering d.o.o. • www.prior.hr

» Slika 1. Autodeskova računalna podrška tehnološkom projektiranju i praćenju proizvodnje



» Slika 2. Tehnološko strukturiranje proizvodnje modelom diskretnih događaja (Process Analysis)

brze izmjene tehnološkog projekta u pravilu nisu moguće, a neke značajne pogreške projekta otkrivaju se u pravilu tek prilikom puštanja opreme u rad, kada je i zahtjevno i skupo provesti potrebne izmjene.

Poseban problem složenijih tehnoloških projekata je točna specifikacija opreme (eng. BOM - Bill of Materials), ali i osiguranje da su svi elementi radioničke specifikacije proizvoda raspoređeni u odgovarajuće tokove materijala (i to nakon višestrukih izmjena ili dodavanja značajki proizvoda, koje konstruktori proizvoda vrlo često unose paralelno s procesom tehnološkog projektiranja proizvodnje).

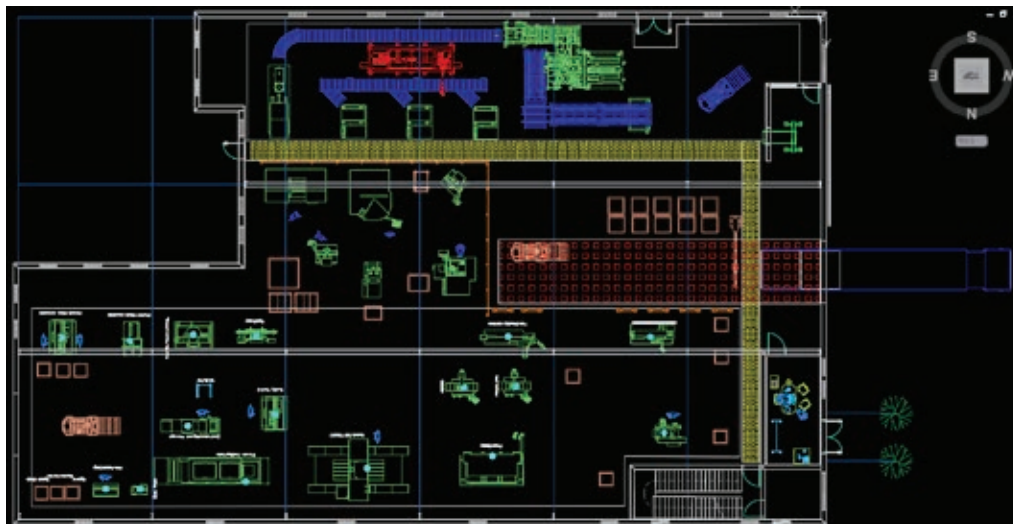
Racionalan i vremenski učinkovit pristup prostornom strukturiranju temelji se na primjeni CAD alata i baza podataka. U protekla gotovo četiri desetljeća procesni inženjeri su odabirali CAD alate za izravno modeliranje u 2D (s obzirom da je tlocrtni prikaz razmještaja tehnološke opreme preferirani način razmjene informacija), međutim danas računalni alati pružaju mogućnost parametarskog modeliranja u 3D (omogućavajući značajnu fleksibilnost prostornog razmještaja), a jedino je u 3D i moguće de-

finirati okomite materijalne tokove i osigurati da nema neželjenog prodora dijelova tehnološke opreme (eng. Clash Detection). Tu je i mogućnost kombiniranog 2D i 3D modeliranja, gdje se koriste prednosti i jednog i drugog pristupa (uz uvjet da je omogućena potpuna izmjena informacija između tih dvaju modela).

Prostornim strukturiranjem određuje se razmještaj tehnološke opreme, ali i tehnološke karakteristike industrijskih hala (u smislu koraka nosivih stupova, širine i visine lađa, visine dizaličnih staza), što znači da je u određenoj mjeri potrebna razmjena informacija između tehnološkog projekta i arhitektonsko-gradevinskog projekta (izrađenog npr. u Revit-u ili AutoCAD Architecture).

Autodeskov pristup izradi općeg plana radionice

Autodeskov paket računalnih programa za prostorno strukturiranje nazvan je FDU - Factory Design Utilities i predstavlja skup alata (poseban Factory tab) integriran unutar AutoCAD i Inventor računalnih programa (s interoperabilnošću prema Navisworks softveru za vizualizaciju i reviziju inženjerskih projekata), kojim je



» Slika 3. Prostorno strukturiranje tehnološke opreme u 2D (AutoCAD)



» Slika 4. Prostorno strukturiranje tehnološke opreme u 3D (Inventor)

moгуće isti digitalni model radionice (ili pogona) konstruirati i u 2D, Slika 3., i u 3D okruženju, Slika 4., i izravno i parametarski, koristeći posebnu bazu strojeva, alata i naprava (eng. Asset Browser), omogućujući tako efikasnije tehnološko projektiranje, točnije projekte te lakšu i pravovremenu komunikaciju članova projektne tima (dio kojih vrlo često i nisu inženjeri).

Temelj brze i kvalitetne izrade općeg plana radionice je velika baza pojednostavljenih parametarskih modela strojeva, alata i naprava (eng. Factory Assets), Slika 5., s posebno definiranim tehnološkim parametrima (eng. Factory Properties). Većina tih modela nalazi se na Autodeskovom računalnom oblaku te se lokalna kopija generira tek kada je to potrebno za neki tehnološki projekt. Ukoliko postoji potreba za definiranjem tehnološke opreme koja nije dio te baze, uvijek je moguće konstruirati parametarski 3D CAD model u Autodesk Inventor-u (uz odgovarajući 2D tlocrtni prikaz za smještaj na opći plan u Autodesk AutoCAD-u).

Smještaj 3D modela na tlocrtnu površinu radionice, ali i međusobno (npr. kod valjčanih staza) značajno je pojednostavljen primjenom posebnih površina na modelu (eng. Landing Surface) i točaka za pozicioniranje (eng. Insertion Points) te spojnih točaka (eng. Connectors), bez potrebe da se modeli posebno ograničavaju (kako je to nužno kod generiranja sklopova CAD modela).

Rasporedom tehnološke opreme unutar prostora industrijske hale (osim CAD modela, industrijska hala može biti određena i oblakom točaka dobivenim 3D skeniranjem objekta) moguće je

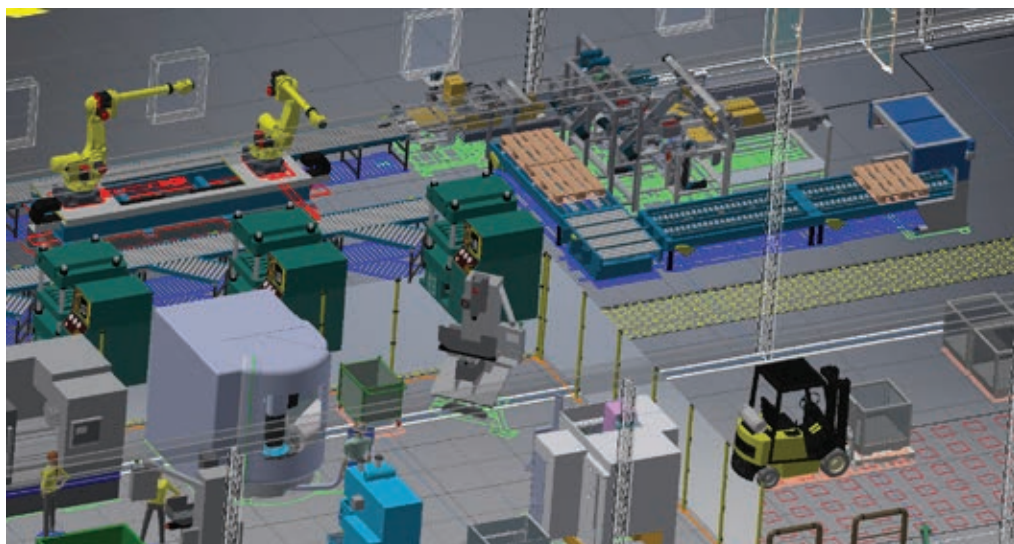
analizirati i optimizirati tokove materijala. Statičku analizu toka materijala unutar radionice moguće je provesti u AutoCAD-u, koristeći Material Flow Analysis, Slika 6. Analizom je moguće odrediti opterećenost tehnološke opreme, trajanje i trošak odbranog proizvodnog procesa te odgovarajuću energetska bilancu. Podacima o trajanju transporta moguće je unaprijediti dinamički model proizvodnog procesa (Process Analysis) te na taj način ostvariti povratnu vezu prema polaznoj točki procesa tehnološkog projektiranja.

Tehnološki projekt dokumentira se izradom tehničke dokumentacije (uključujući narudžbenu specifikaciju tehnološke opreme), iako se može očekivati da će konstruirani digitalni model radionice u budućnosti zapravo biti krajnji korak tehnološkog projektiranja.

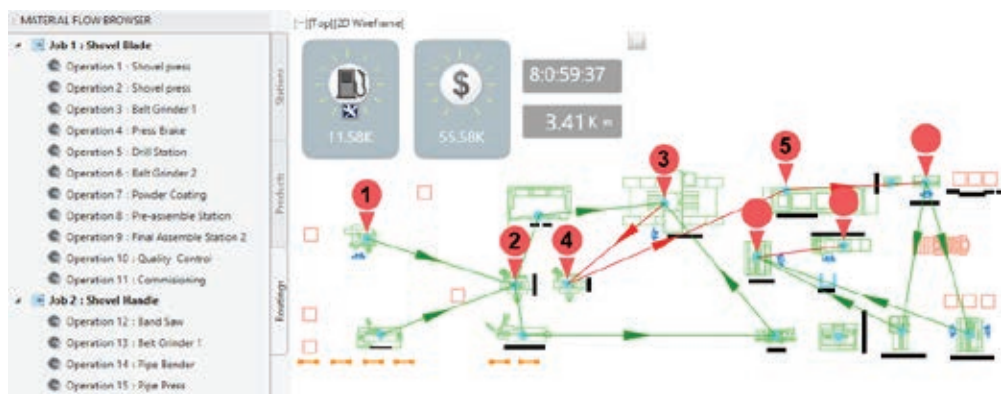
Revizija i komunikacija tehnoloških projekata

U većini slučajeva nadzorni inženjeri tehničku dokumentaciju radionice revidiraju u 2D i to u papirnatom obliku. S obzirom na niz podsustava koji tvore radionicu (nosiva čelična ili betonska konstrukcija, tehnološka oprema, sustavi unutar-radioničkog i međuradioničkog transporta, sustavi cjevovoda, energetike, HVAC, rasvjeta, protupožarni sustav,...) vrlo teško je takvom dokumentacijom prikazati sve informacije na jednom integralnom sklopnom crtežu, tim više što se prikazuju samo geometrijske informacije. Prednost primjene Navisworks-a je mogućnost integracije svih tih

» Slika 5. Detalj prostornog razmještaja opreme u 3D (Inventor)



» Slika 6. Analiza toka materijala (AutoCAD)

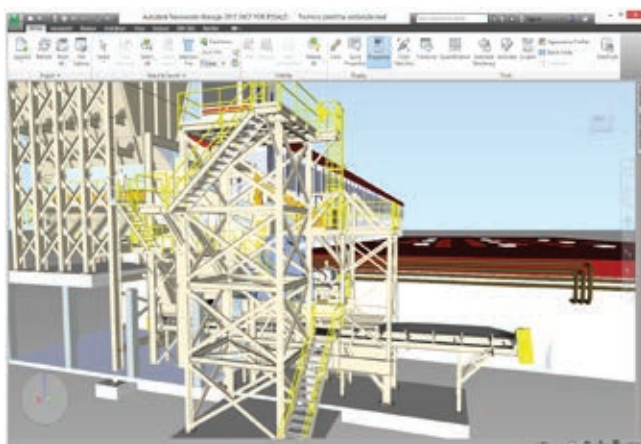


pojedinačnih modela sustava u jedinstven integrirani model, koji sadrži sve potrebne informacije (CAD definicija radionice je obično samo manji dio), sa svrhom da se dovoljnom točnošću definira iskoristiv tehnološki projekt, uz mogućnost revizije takvog projekta radionice izravno na samom 3D digitalnom modelu (eng. Model Based Design Review), Slika 7., gdje se može vizualno, korištenjem alata za mjerenje ili algoritama za prepoznavanje sudara (eng. Clash Detection) dovoljno rano tijekom tehnološkog projektiranja uočiti i relativno jednostavno ispraviti potencijalne probleme:

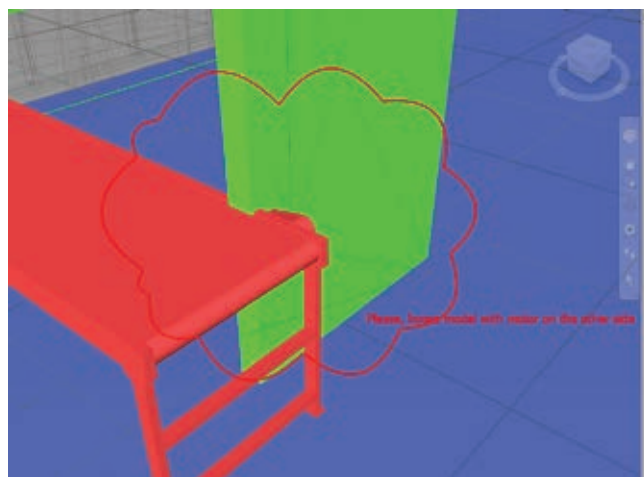
- i. sudara konstruktivnih elemenata industrijske hale međusobno, sa strojarskim podsustavima (sustavi cjevovoda, ener-

tike, HVAC) te s tehnološkom opremom (eng. Hard Clash), Slika 8.,

- ii. sudara polu-proizvoda, proizvoda, proizvodnih procesa kroz radionicu u vremenu (eng. Soft Clash),
- iii. neodgovarajućih razmaka u prostoru prilikom instalacije tehnološke opreme, proizvodnje, preventivnog i korektivnog održavanja te dostupnosti opreme radnicima (eng. Clearance Clash),
- iv. vidljivosti nekog stroja budućem operateru koji posluhuje više strojeva (ili proizvodnih linija), te vidljivosti unutar radionice operaterima transportnih sredstava.



» Slika 7. Revizija proizvodnog sustava izravno na 3D digitalnom modelu radionice (Navisworks)



» Slika 8. Detekcija sudara i uputa za reviziju (Navisworks)

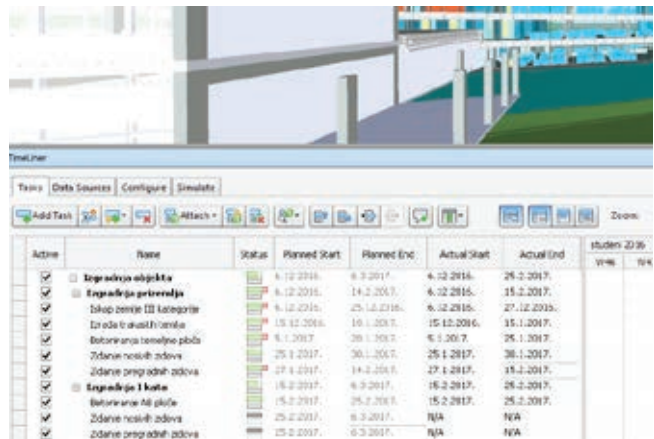
Kvaliteta procesa montaže složenih proizvodnih sustava može se racionalno kontrolirati povezivanjem plana montaže (izrađenog u Microsoft Project ili Primavera P6) s CAD modelom u smislu vremenske simulacije procesa montaže (Navisworks TimeLiner), Slika 9. Na taj način procesni inženjeri mogu dobiti sve potrebne informacije za različite scenarije procesa montaže, procese rada tehnološke opreme, pa čak prema potrebi i proces demontaže te iste opreme.

Poseban problem procesnim inženjerima predstavlja komunikacija važnih projektnih informacija s kolegama koji, ili nisu tehničke struke, ili nemaju iskustava s problematikom tehnološkog projektiranja. Rješenje tog problema je 3D vizualizacija digitalnog modela radionice (npr. renderiranje u oblaku), te primjena tehnologije prividne stvarnosti.

Zaključak

Proces tehnološkog projektiranja, kao odgovor na projektni zadatak investitora, zahtjevna je zadaća procesnih inženjera te je u svrhu ostvarenja zadane proizvodnosti, fleksibilnosti, rokova izgradnje, montaže i puštanja u rad proizvodnih sustava potrebno racionalno, koristeći proizvodno iskustvo i preporuke, ali prije svega suvremene računalne alate i IT tehnologije, tehnološki i prostorno strukturirati proizvodne sustave uz odgovarajuća ograničenja mikro-lokacije.

Autodesk skupom računalnih alata pod nazivom Factory Design Utilities (koji se integriraju u AutoCAD i Inventor) te korištenjem Navisworks (i ReCap-a za modele dobivene 3D skeniranjem) racionalizira i ubrzava proces prostornog strukturiranja omogućavajući konstruiranje složenih CAD modela proizvodnih sustava (s pratećom bazom metapodataka), njihov smještaj u prostor mikro-lokacije, analize toka materijala u svrhu odabira optimalno rasporeda tehnološke opreme, izradu precizne tehničke dokumentacije



» Slika 9. Povezivanje plana (MS Project) s CAD modelom u svrhu simulacije izgradnje industrijske hale (Navisworks)

i narudžbenih specifikacija, izradu digitalnog modela radionice, omogućavajući dostupnost projekta svim dionicima uz mogućnost pravovremene revizije (mogućnost virtualne šetnje radionicom važna je u svrhu izravne komunikacije projektnih značajki ne-inženjerskom dijelu dionika projekta), te mogućnost integracije plana montaže (i proizvodnje) s CAD modelom u svrhu simulacije različitih montažnih i proizvodnih scenarija.

Takav skup računalnih alata uvelike olakšava proces tehnološkog projektiranja, uz neprestanu kontrolu razine kvalitete tehnološkog projekta, ostavljajući minimum tehnoloških karakteristika proizvodnje proizvoljnoj interpretaciji pogonskih inženjera, što na kraju rezultira i minimiranjem troškova projektiranja, montaže, puštanja u rad i same proizvodnje.

» www.prior.hr

» Inženjeri bionike će već kroz deset godina biti vrlo traženi

Janez Škrlec Iako je bionika kod nas i dalje poprilično u povojima, a obrazovanje budućih inženjera bionike je tek na početku, velik je broj pokazatelja, da će poziv takvih inženjera biti iznimno zanimljiv i vrlo dobro zapošljiv.

Trebat će ga industrija, posebice u okviru Industrije 5.0, zatim suvremena medicina s potpornim tehnološkim savjetom, sve do dinamičkih usadaka (IMD-ova) nadalje, do razvoja i proizvodnje bioničkih ručnih i nožnih proteza, tiskanja umjetnih organa te do sofisticiranih ekosustava. Inženjeri bionike će svoje zaposlenje moći naći i na području energetike, pametnog tekstila za automobilsku, vojnu i svemirsku industriju, te na brojnim drugim područjima.



Janez Škrlec ■ član Savjeta za znanost i tehnologiju Republike Slovenije i osnivač Odbora za znanost i tehnologiju pri OZS

Bionika je interdisciplinarna grana

Bionika je grana, koja oponaša prirodu i traži rješenje u gradnji sustava i uređaja, koji su najslabijim rješenjima, koje nam nudi priroda. Oponašanje prirode na način, kojeg poznajemo pod pojmom bionika, počelo je, kada su znanstveni laboratoriji počeli sustavno pratiti konstrukcijska rješenja prirode te ih uvoditi u tehničke procese. Danas poznajemo teorijsku, tehničku odnosno tehnološku i biološku bioniku. Stručnjaci bionike će u budućnosti biti traženi, prije svega zato, što će udruživati znanja iz biologije, elektronike i brojnih drugih tehničkih grana. Jedan od važnih ciljeva bionike je načiniti što više proizvoda razgradivih nakon