



Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Prof. Dr Ivan Mihajlović

imihajlovic@mas.bg.ac.rs

kabinet: 401



Sadržaj predmeta

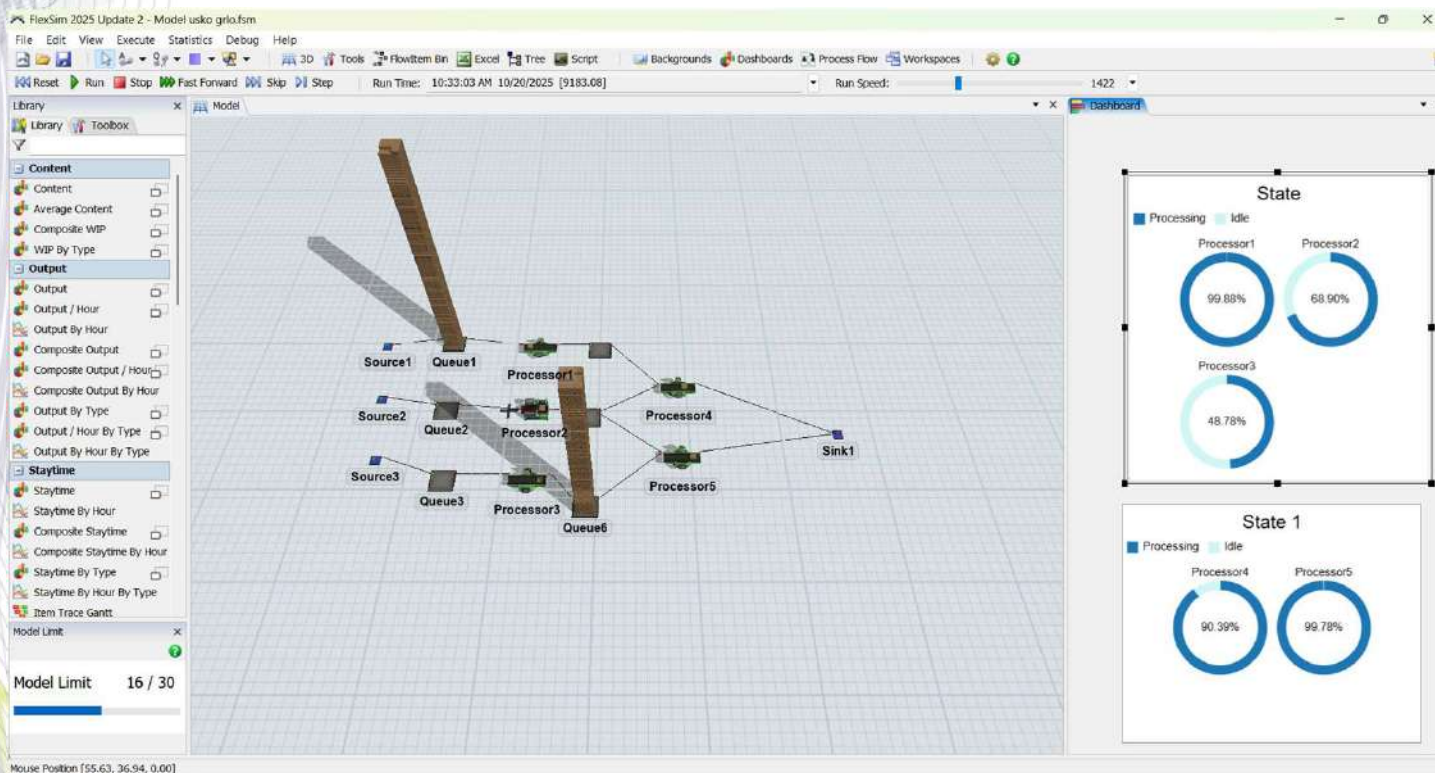
- O industrijskom inženjerstvu.
- Industrijski sistem u privrednom okruženju (uloga fabrike ili industrijskog sistema u privredi, funkcije koje mora da ispuni sistem i njegov benefit za privredu).
- Elementi industrijskog sistema (proizvodnja, organizacija, logistika).
- **Osnovni podsistemi industrijskog sistema (proizvodnja sa definisanim kapacitetom, transport sa definisanom tehnologijom, skadišni podsistem, održavanje, organizacija, informacione tehnologije, menadžment, ergonomija, ekonomsko - komercijalni sektor).**
- Mesto i uloga svih industrijskih podsistema sa posebnim osvrtom na primere iz industrijske prakse (fabrika, distributivni centri, transportni sistemi, informacioni sistemi).
- Primena i efekti primene industrijskih sistema u privredi sa konkretnim primerima iz prakse.



REŠAVANJE PROBLEMA USKOG GRILA

- Na osnovu modela urađenog u FlexSim aplikaciji, na prethodnom terminu nastave, očigleno je postojanje uskog grla u procesu proizvodnje.
- Usko grlo se javlja kod Procesora 1 i kod Procesora 5, usled neusaglašenosti proizvodnih kapaciteta ovih mašina, u odnosu na ostale delove opreme.
- Na sledećoj slici je dat prikaz simulacije, nakon gomilanja neobrađenog repromaterijala koje nastaje ispred navedenih procesora.

REŠAVANJE PROBLEMA USKOG GRLA





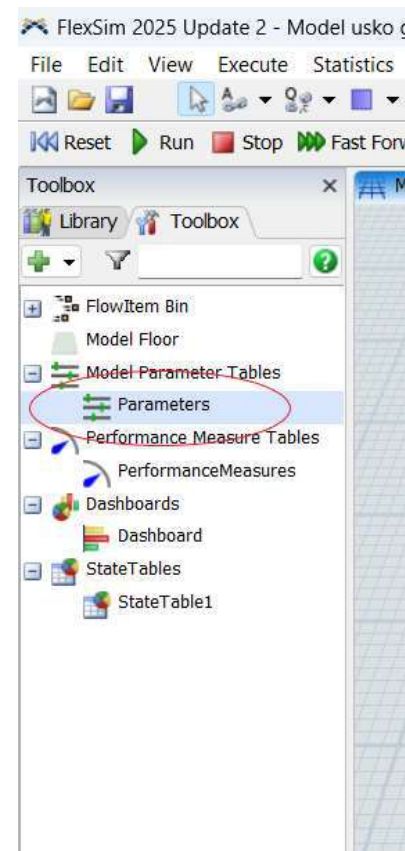
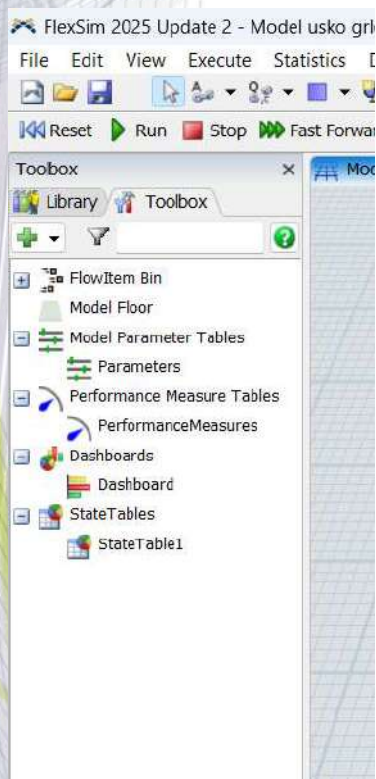
REŠAVANJE PROBLEMA USKOG GRILA

- Rešenje ovakvog primera biće urađeno u samom FlexSim softveri.
- Naime, problem uskog grla može se rešiti na dva načina:
 - Prvi način je da se analiziraju organizacioni elementi rada na Procesorima 1 i 5. U tom smislu, možda je značajno veća dužina trajanja rada na ovim mašinama rezultat loše organizacije poslovanja (loše održavanje i podešavanje mašina, neispravan rad operatera, nedovoljna obučenost operatera, loša doprema predmeta rada iz prethodnih operacija)
 - Drugi način podrazumeva da se analizom svih organizacionih elemenata došlo do zaključka da oni nisu rezultati zastoja. U tom slučaju, neophodno je na ovim operacijama povećati broj mašina (broj procesora). To se može uraditi fizičkim dodavanjem dodatnih Processora kod ovih aktivnosti, na način prikazan na prethodnom terminu nastave. Međutim, u ovom primeru, iskoristiće se Alat koji nudi sam FlexSim softver, u okviru Tab-a **Toolbox**.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE



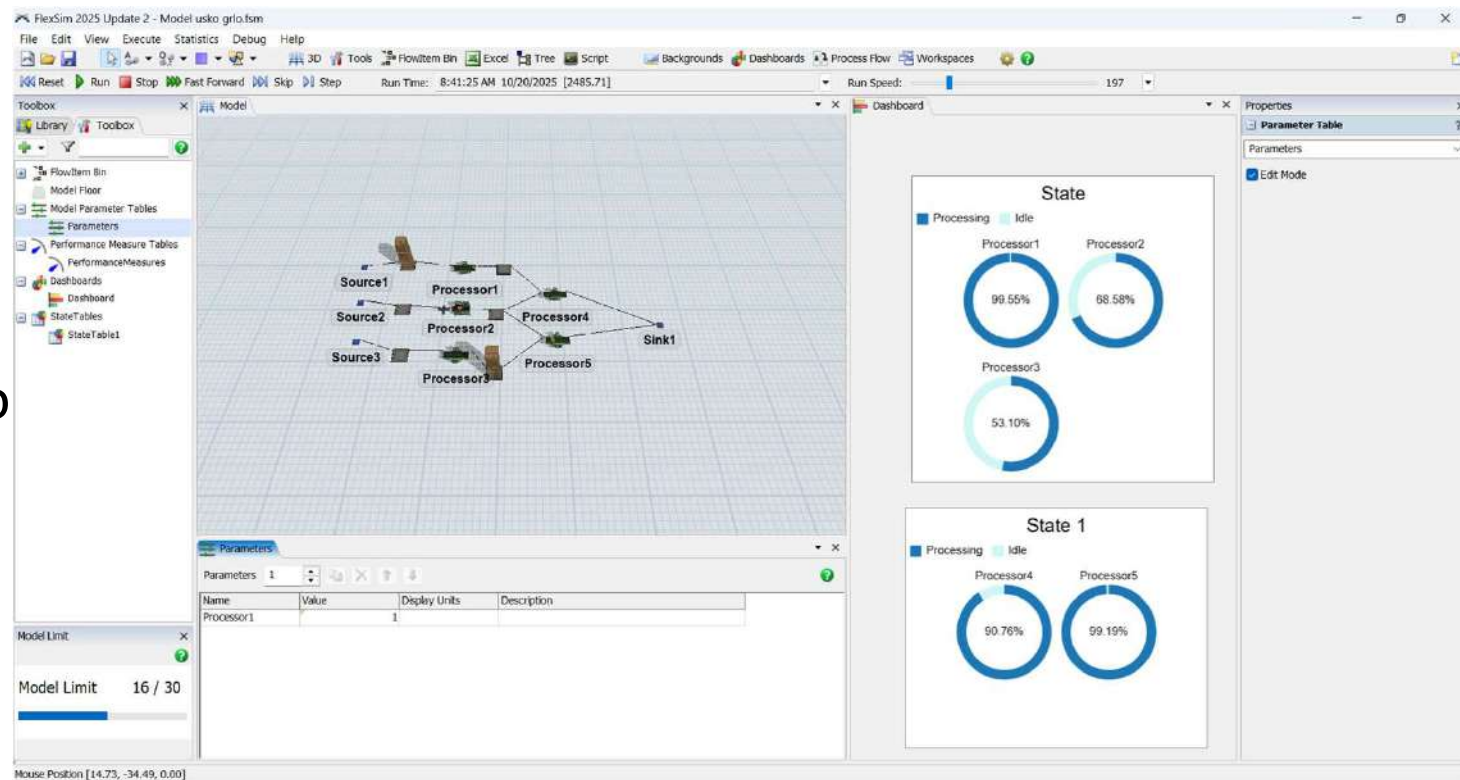
Na ovom prozoru je potrebno selektovati opciju **Parameters**



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE



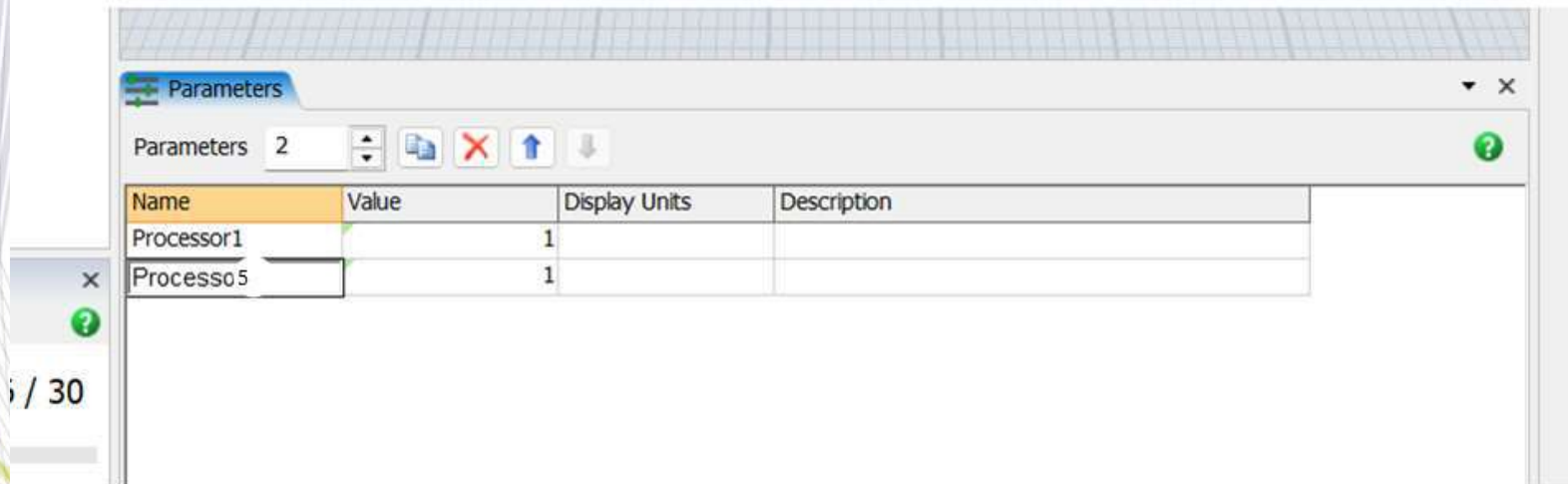
- Kada se pokrene ova opcija, otvoriće se novi prozor sa parametrima modela. Potrebno je taj prozor prevući u donji deo ekrana, ispod samog modela:





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Obzirom da su u modelu dva Processora problematična, potrebno je u prozoru parameters, dodati još jedan Parametar. Potom prvi parameter preimenovati u Processor1 a drugi u Processor 6:



5 / 30



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Sada je moguće uraditi optimizaciju modela, tako što se klikne na strelicu (padajući meni) u polju Display Units:

Parameters

Parameters 2

Name	Value	Display Units	Description
Processor1	1	▼	
Processor6	7	▼	

Type: Continuous

Lower Bound: 1

Upper Bound: 7

Reference: None

On Set: + -



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Podešavanje modela uraditi tako da se kao najmanji broj procesora na ovoj poziciji nalazi 1 a kao najveći 7, kao na prethodnoj slici.
- Kliknuti na pipetu u polju Reference

Parameters 2

Name	Value	Display Units	Description
Processor1	1		
Processor6			

Type: Continuous

Lower Bound: 1

Upper Bound: 7

Reference: None

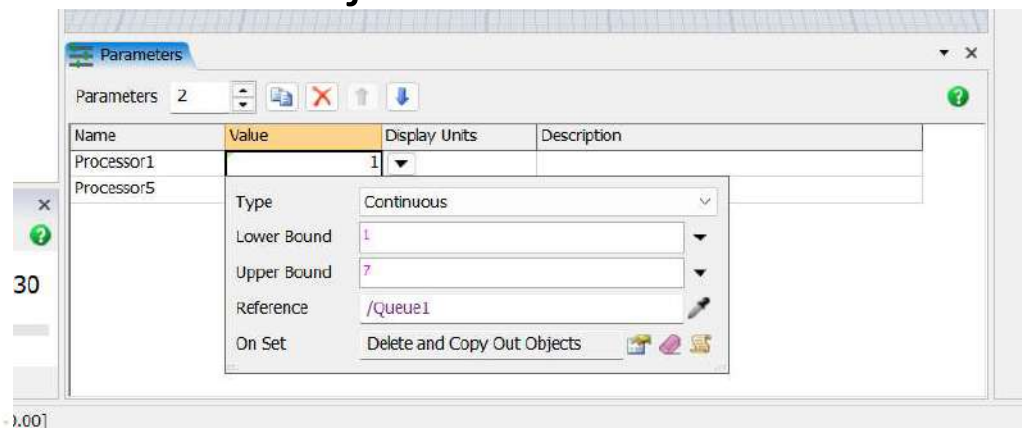
On Set:

The pipette icon in the Reference field is circled in red.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

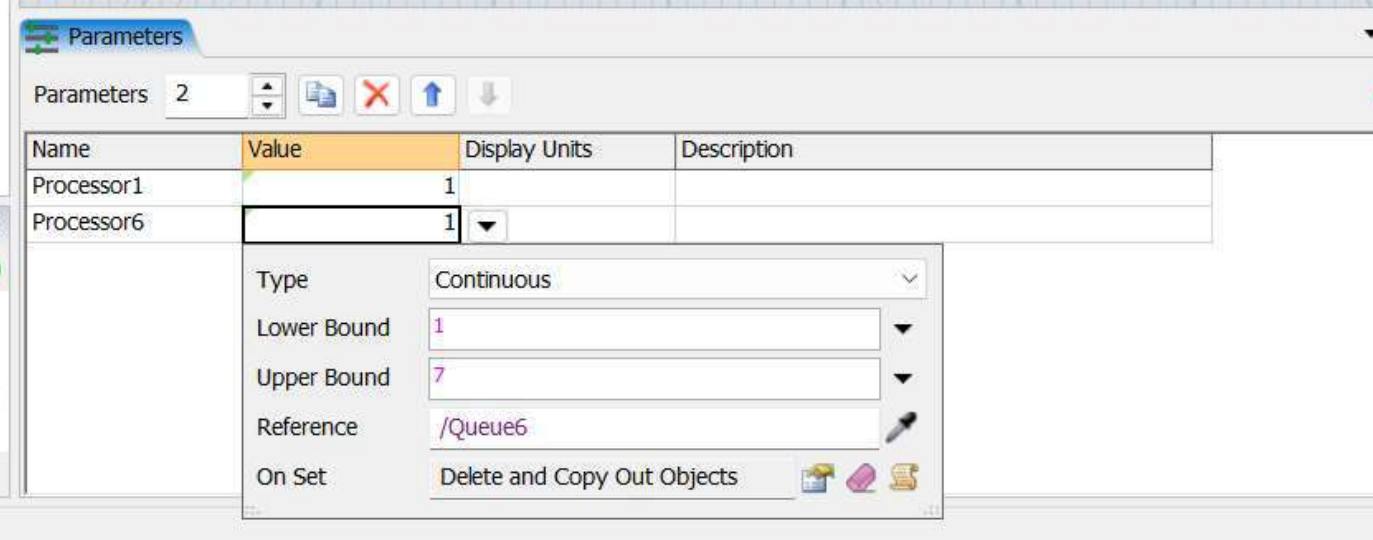
- Kao referencu Processora 1 uzeti Queue 1. Za ovaj processor bilo je moguće kao referencu uzeti Queue 1 pošto on opslužuje samo Processor 1.
- Kod selekcije Queue 1, odabrati iz padajućeg menija opciju Delete and Copy Out Objects.
- Potrebno je dobiti situaciju kao na slici:





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Ponoviti istu procedure i za Processor 5, jedino što je tu kao reference potrebno uzeti Queue 6:

- 

The screenshot shows a 'Parameters' dialog box with a table of parameters. The table has columns: Name, Value, Display Units, and Description. The parameters listed are Processor1 and Processor6. Processor6 has a value of 1 and a display unit of 1. Below the table, there is a detailed view for the selected parameter, Processor6. This view includes fields for Type (Continuous), Lower Bound (1), Upper Bound (7), Reference (/Queue6), and On Set (Delete and Copy Out Objects).

Name	Value	Display Units	Description
Processor1	1		
Processor6	1	1	

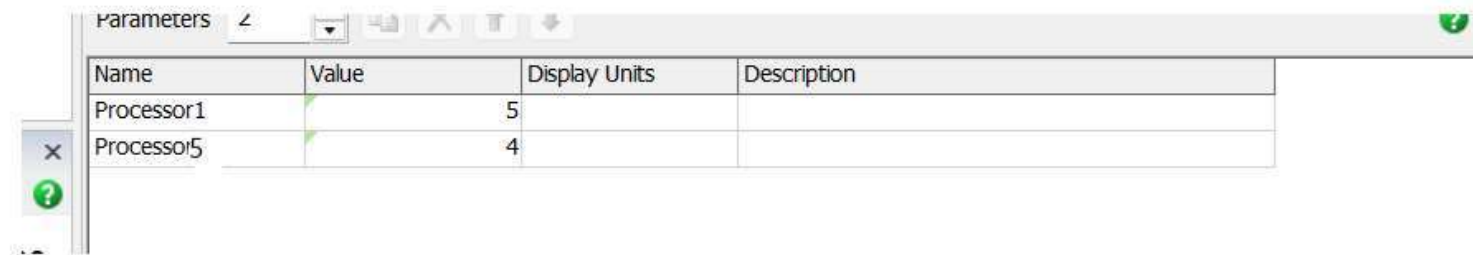
Processor6 details:

 - Type: Continuous
 - Lower Bound: 1
 - Upper Bound: 7
 - Reference: /Queue6
 - On Set: Delete and Copy Out Objects



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

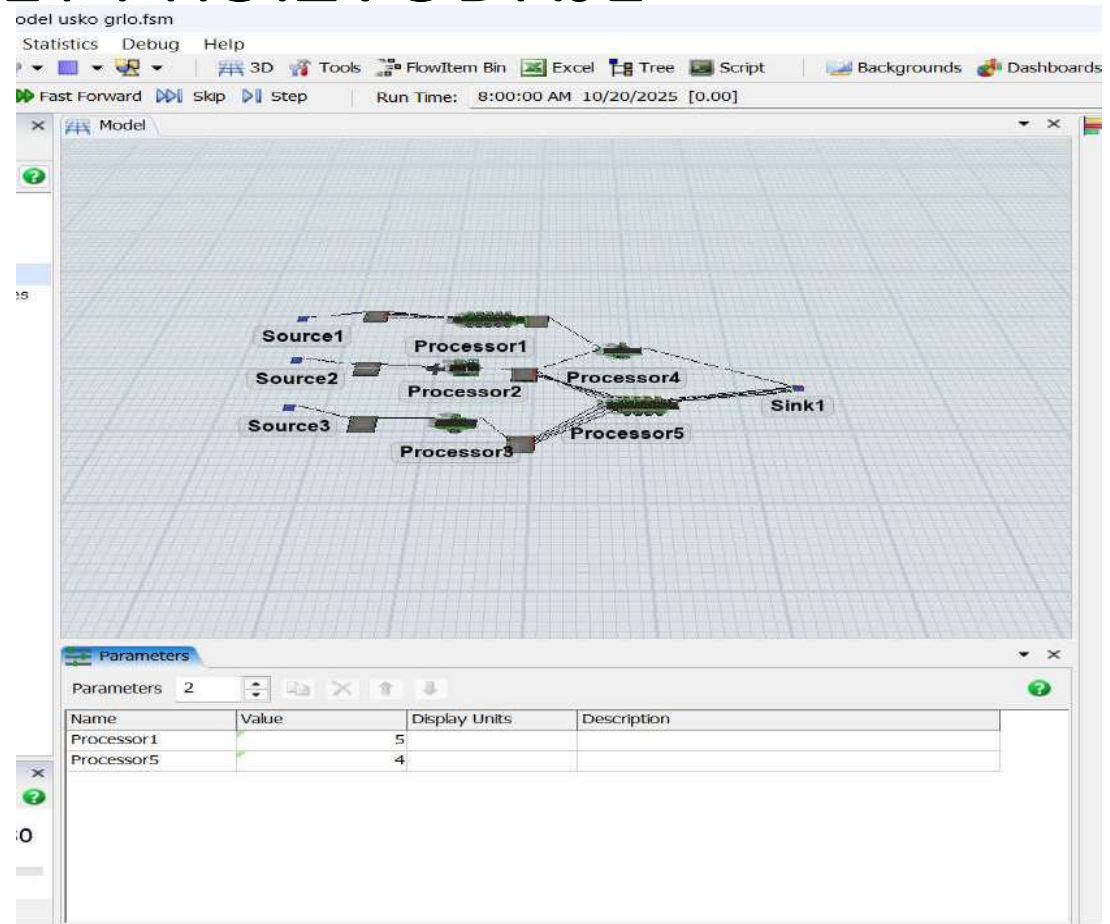
- Kako bi se rešio problem uskog grla, sada je moguće eksperimentisati sa brojem procesora na poziciji 1 i poziciji 5.
- Pokušati sa 5 procesora na poziciji 1 i 4 procesora na poziciji 5:



Name	Value	Display Units	Description
Processor1	5		
Processor5	4		

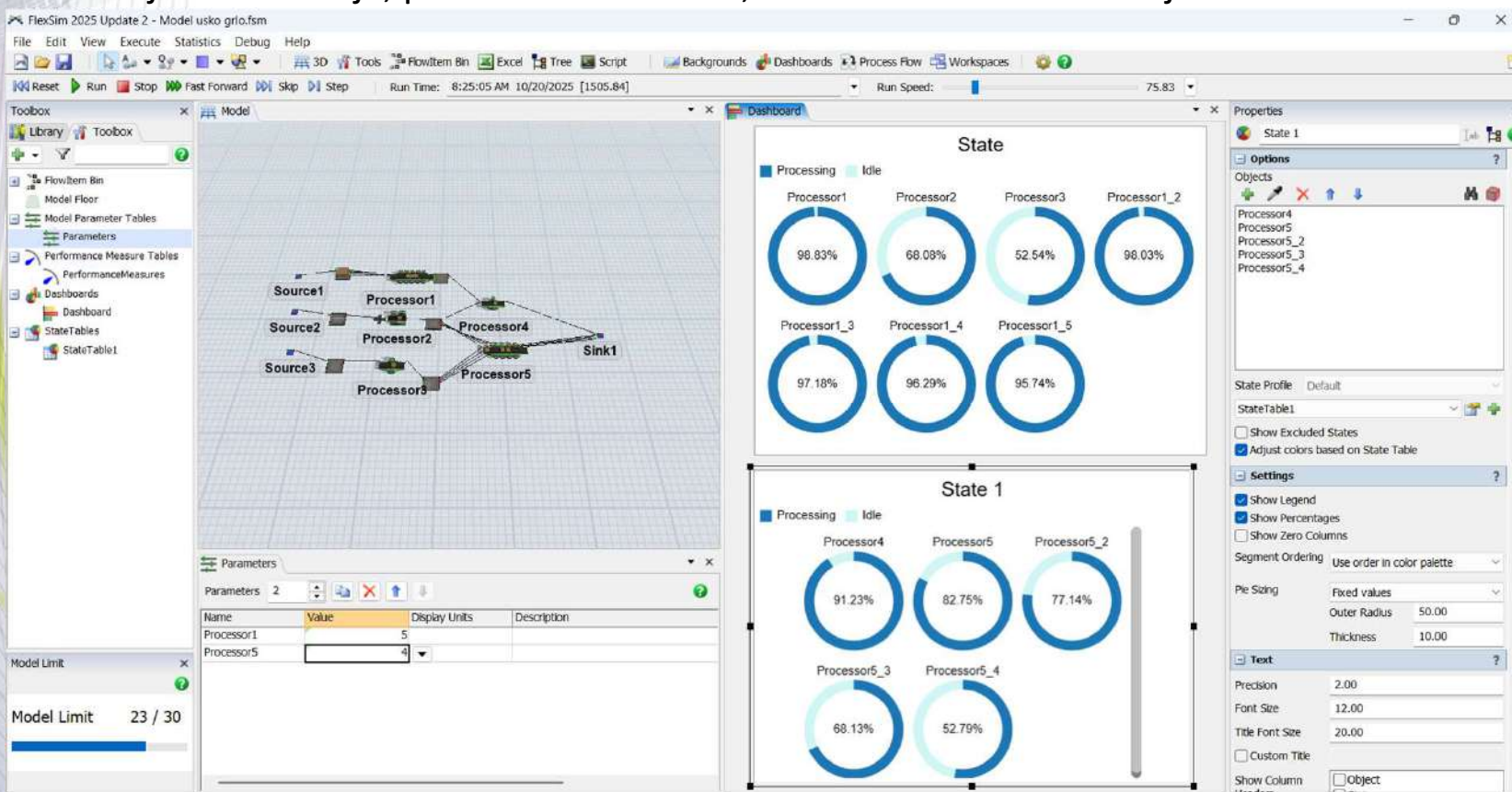
OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Kada se sada klikne na Reset modela, sam FlexSim softver će dodati zadati broj procesora na ovim pozicijama uskog grla. Takođe, automatski će dodati i potreban broj grafikona na State dijagramima na Dashboard-u:



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Pokretajem simulacije, preko komande RUN, dobiće se sledeća situacija:





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Deluje da se ovim putem rešava problem uskog grla.
- Naravno, moguće je dalje eksperimentisati, promenom broja Processora na poziciji 1 i 5, u tabeli Parametara.
- Sam model sa mogućim rešenjem je dostupan u materijalu za pripremu predmeta, u fajlu pod nazivom: **Model usko grlo resen.fsm**



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- U toku procesa proizvodnje vrši se kretanje velikih količina materijala, različitog agregatnog stanja, kao i različitih fiziko-hemijskih osobina, te je od izuzetnog značaja obezbediti optimalnost transportnih tokova operacija unutrašnjeg (međuooperacijskog) transporta.
- Pored same neophodnosti da transportni tokovi unutar proizvodnih pogona, kao i između većeg broja pogona i/ili skladišnog prostora, budu optimalni u cilju smanjenja troškova i smanjenja CO₂ otiska; veoma je značajno i obezbediti adekvatnu sponu između spoljašnjeg i unutrašnjeg transporta.
- Različiti repromaterijali dolaze sredstvima spoljašnjeg transporta i potom trebaju biti preuzeti opremom u samom industrijskom sistemu čime počinju operacije unutrašnjeg transporta
- Takođe, finalni proizvodi, nakon završene izrade, sredstvima unutrašnjeg transporta se transportuju do utovarnih rampi, gde ponovo bivaju utovarena u sredstva spoljašnjeg transporta kojima se vrši njihova isporuka do krajnjih korisnika.
- U savremenom poslovanju, treba razmišljati i o cirkularnoj ekonomiji u operacijama transporta – gde se javlja potreba za organizacijom reverzne logistike (primer: IKEA's Sustainable Transport and Reverse Logistics).
- Neometana veza između sredstava unutrašnjeg i spoljašnjeg transporta je veoma značajna u uštedi vremena i uopšte u efikasnosti logističkog procesa i postiže se adekvatnom standardizacijom.

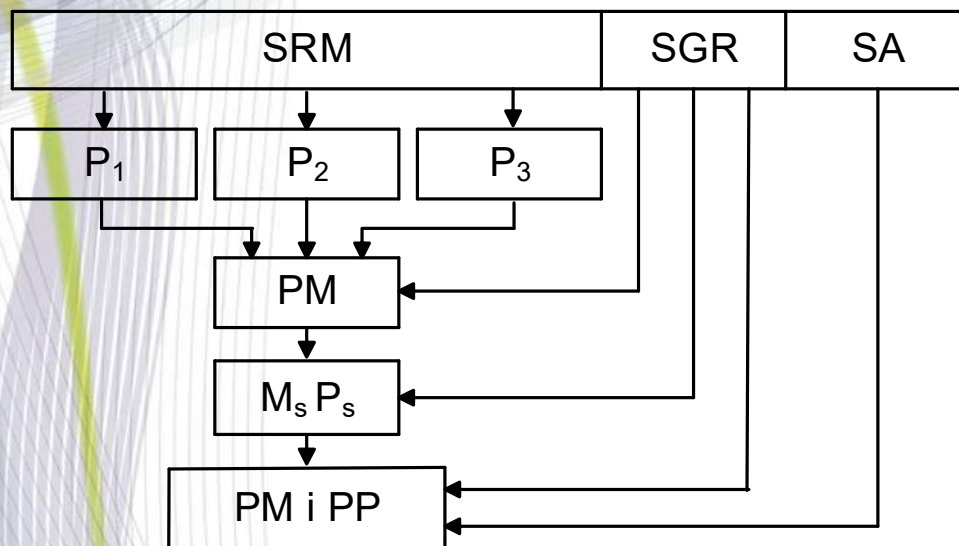


OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Da bi se izvršilo planiranje i definisanje optimalnih transportnih tokova, neophodno je poznavati količinu materijala koji se transportuje, vrstu materijala – koja definiše i jedinicu mere, kao i dužine putanja kretanja sredstava unutrašnjeg transporta i operatera.
- Za količinu materijala koji se kreće mogu se koristiti različite jedinice od kojih su najčešće: kilogram, tona, m³, komad, itd.
- Za razliku od spoljašnjeg transporta gde se dužina pređenog puta meri u kilometrima, kod unutrašnjeg transporta za jedinicu dužine putanje najčešće se usvaja metar.
- Da bi se utvrdila dužina transportnih ruta, između pojedinih radnih mesta, prvenstveno je neophodno ustanoviti **sastav buduće fabrike, odnosno od kojih se odeljenja ona sastoji.**



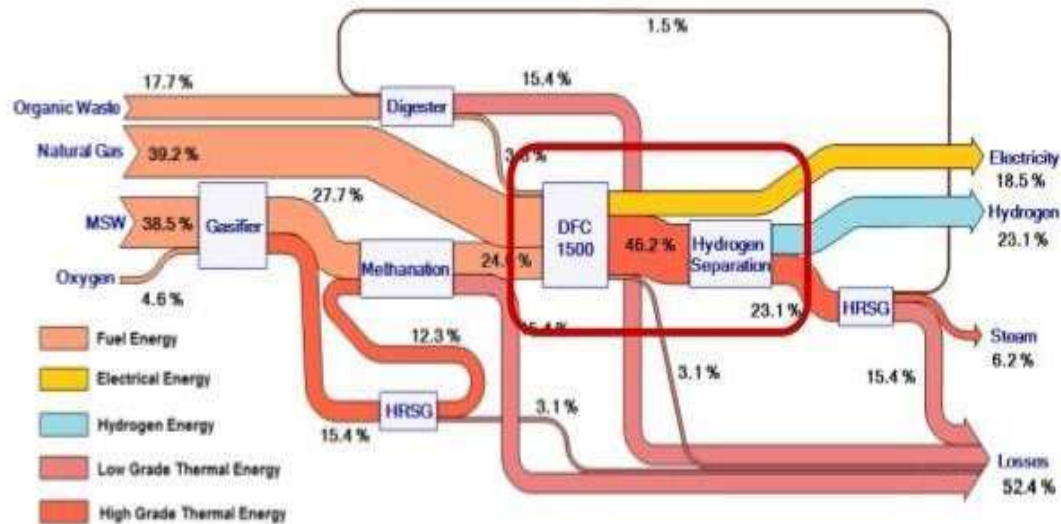
OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA



SRM	- skladište repro materijala
SGR	- skladište gotove robe
SA	- skladište ambalaže
P ₁ , P ₂ , P ₃	- proizvodni pogoni
PM	- pogon montaže
M _s P _s	- međuskladište podsklopova
PM i PP	- pogon montaže i pakovanje proizvoda

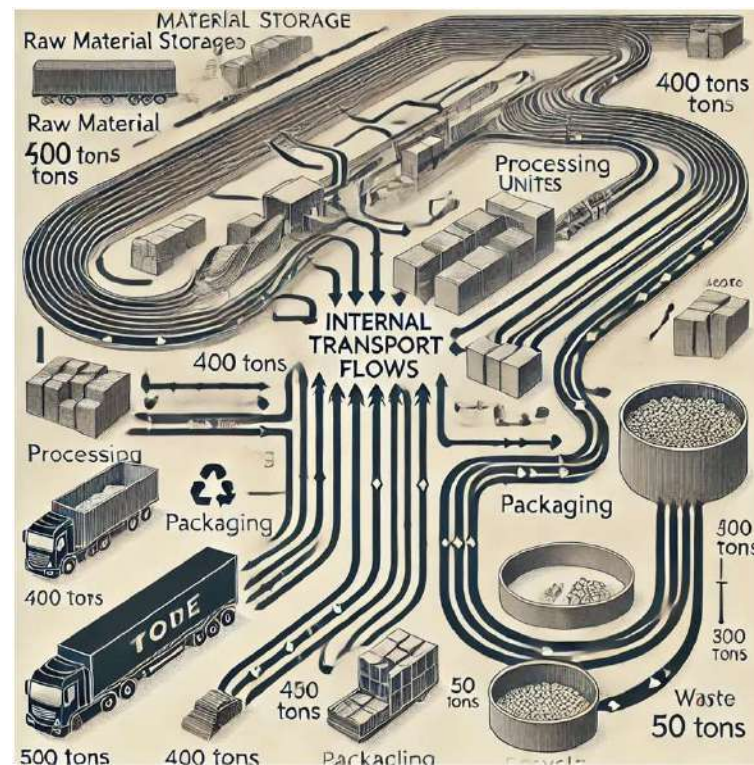
- Osim kvantitativnog izražavanja toka materijala potrebno je da se izvrši i identifikacija tokova materijala, koja se uglavnom odvija u dve etape.
- Najpre se, **u prvoj etapi** utvrđuje generalni tok materijala između skladišta i proizvodnih pogona kao i između samih pogona. Ovo se najčešće radi projektovanjem **polazne funkcionalne blok šeme** koja opisuje vezu između pogona, skladišnog prostora, uključujući i međuskladišta, pa sve do do finalizacije proizvoda

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA



- U cilju nešto detaljnijeg grafičkog predstavljanja kretanja materijala i unutrašnjih transportnih tokova, pored blok šeme toka materijala, postoje i drugi alati kojima se definišu uopšteni prikazi toka materijala, na osnovu kojih se potom definišu detaljni tokovi materijala.
- U ove svrhe se koriste takozvani **Sankey dijagrami**, koji su dobili naziv po kapetanu irske vojske Matthew Henry Phineas Riall Sankey, koji je prvi put koristio ove dijagrame još 1898.

Sankey diagrami

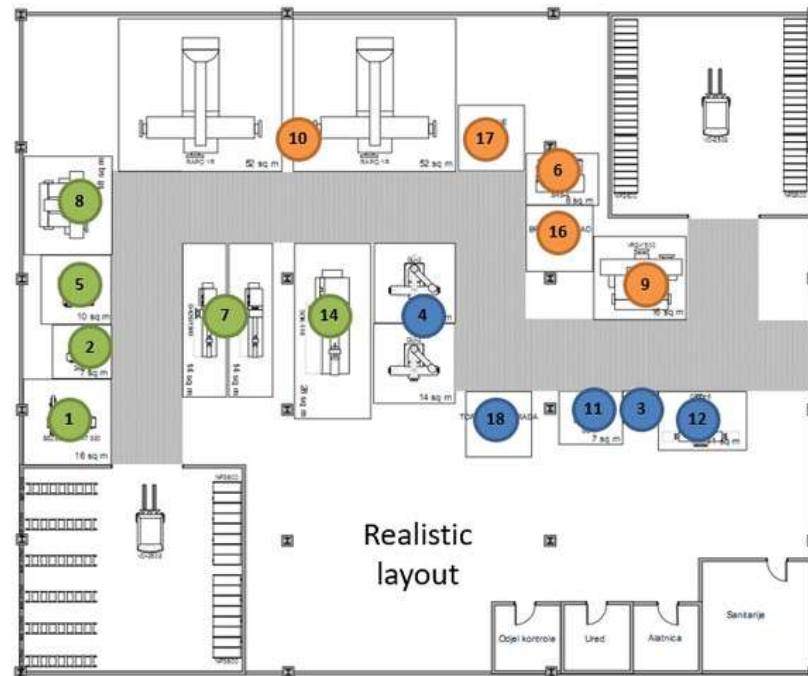
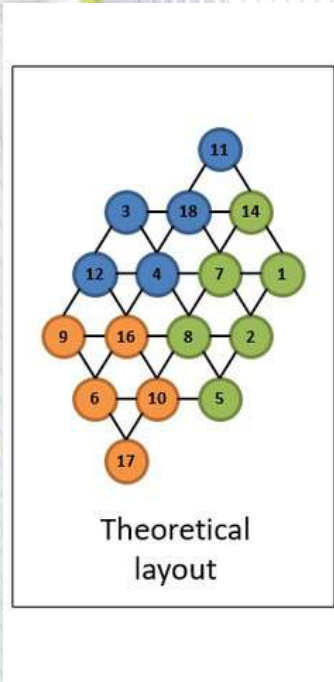




OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- U suštini, ono što je neophodno da bi se grafički predstavio tok materijala, na Sankey dijagramima, je da se jasno prikaže:
 - smer kretanja materijala,
 - količina materijala koji se kreće u svakom smeru.
- Na Sankey dijagramima se smer kretanja materijala označava orijentisanim strelicama koja pokazuje kretanje pojedinih vrsta materijala.
- Za prikazivanje količine materijala na određenoj transportnoj putanji i u određenom vremenskom intervalu, uz liniju toka upisuje se i taj podatak (na primer 140 kg/h).
- Međutim, mnogo je češći način predstavljanja preko debljina orijentisane strelice koja pokazuje smer toka. Pri ovakvom označavanju, debljina orijentisane strelice je srazmerna količini materijala koja se kreće u posmatranom periodu (npr, debljina linije 1 mm = 0.5 t/h).

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA



- Pored uopštenog prikaza tokova materijala, u **drugoj fazi** je neophodno vršiti detaljniju procenu tokova materijala sve do nivoa kretanja između pojedinih radnih mesta.
- Takav način prikaza zapravo predstavlja definisanje **layout-a** (rasporeda radnih mesta i proizvodne opreme u pogonima, predstavljen u adekvatnoj razmeri), na kojem se obeležavaju pravac i količina kretanja materijala



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Svakako, da bi se pristupilo **detaljnoj razradi tokova materijala**, potrebno je ustanoviti **detaljni sastav fabrike (proizvodna odeljenja i skladišta koja su uključena u proces, kao i njihov raspored u prostoru)**.
- Koja će se odeljenje, pogoni i radionice naći u okviru bilo koje fabrike, zavisi u prvom redu od karaktera procesa proizvodnje, kao i od veličine obima proizvodnje. U svakom slučaju, tri osnovne brupe organizacionih jedinica fabrike su:
 - 1. **Proizvodna odeljenja** – osnovne radionice – koje su predviđene za neposredno ostvarivanje tehnoloških procesa;
 - 2. **Odeljenja, radionice i postrojenja za opsluživanje proizvodnje i obezbeđenje uslova rada**: pomoćna odeljenje, radionice i skladišta; postrojenja za proizvodnju i raspodelu energije; postrojenja koja obezbeđuju potrebne uslove za rad;
 - 3. **Ostale službe** koje obuhvataju upravu, tehničku pripremu, konstrukcioni biro, odeljenje za istraživanje i razvoj, administraciju, službu zaštite na radu, odeljenje sa mokrim čvorovima,



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Primeri za proizvodna odeljenja:
 - Radionice za mašinsku obradu,
 - Radionice za sklapanje proizvoda (montažu),
 - Odeljenje termičke obrade,
 - Odeljenje za površinsku zaštitu,
 - Odeljenje za ispitivanje proizvoda,
 - Odeljenje za pakovanje, ambalažiranje.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Primeri pomoćnih odeljenja, radionica i skladišta:
 - Radionice za pripremu proizvodnje,
 - Radionice za izradu alata,
 - Radionice za izradu pribora,
 - Radionice za remont mašina i energetskih postrojenja,
 - Odeljenja za kontrolu,
 - Odeljenja za održavanje mašina, opreme i energetskih postrojenja,
 - Skladišta (sirovina i polufabrikata, međufazna, gotove robe i gotovih proizvoda),
 - Skladište alata i pribora,
 - Skladište rezervnih delova,
 - Skladište potrošnog materijala i opreme za zaštitu zaposlenih (HTZ).



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Primer postrojenja za proizvodnju i raspodelu energije:
 - Postrojenja za proizvodnju, transformaciju i razvod električne energije,
 - Postrojenja za proizvodnju i razvod pare (tople vode),
 - Postrojenja za proizvodnju i razvod komprimovanog vazduha,
 - Postrojenja za proizvodnju tehničkog kiseonika i ostalih neophodnih gasova,
 - Postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.
- Primer postrojenja za obezbeđivanje potrebnih uslova za rad:
 - Postrojenja i razvodne mreže za grejanje, klimatizaciju i provetravanje;
 - Postrojenja za otprašivanje;
 - Uređaji za osvetljavanje, signalizaciju, telefoniju i komunikaciju, ...



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- **Proračun potrebnih površina:** Shodno prethodnoj podeli na tipove organizacionih jedinica fabrike (odeljenja fabrike) i površine u fabrici se mogu podeliti na sledeće kategorije:
 - Proizvodne površine (osnovne radionice)
 - Površine odeljenja, radionice i postrojenja za opsluživanje proizvodnje i obezbeđivanje uslova rada,
 - Površine opšte službe (upravna zgrada, biroi, restoran za ishranu radnika, odeljenja sanitarne tehnike, toaleti, ...)



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- **Proizvodna površina:** obuhvata prostor radionice potreban za postavljanje:
 - Proizvodne opreme (radnih mesta)
 - Pomoćne opreme
 - Uređaja i opreme za rukovanje materijalom, manipulaciju i unutrašnji transport
 - Međufazna, odnosno međuoperacijska skladišta – skladišta nedovršene proizvodnje
 - Prolaze između opreme i radnih mesta unutar odeljenja



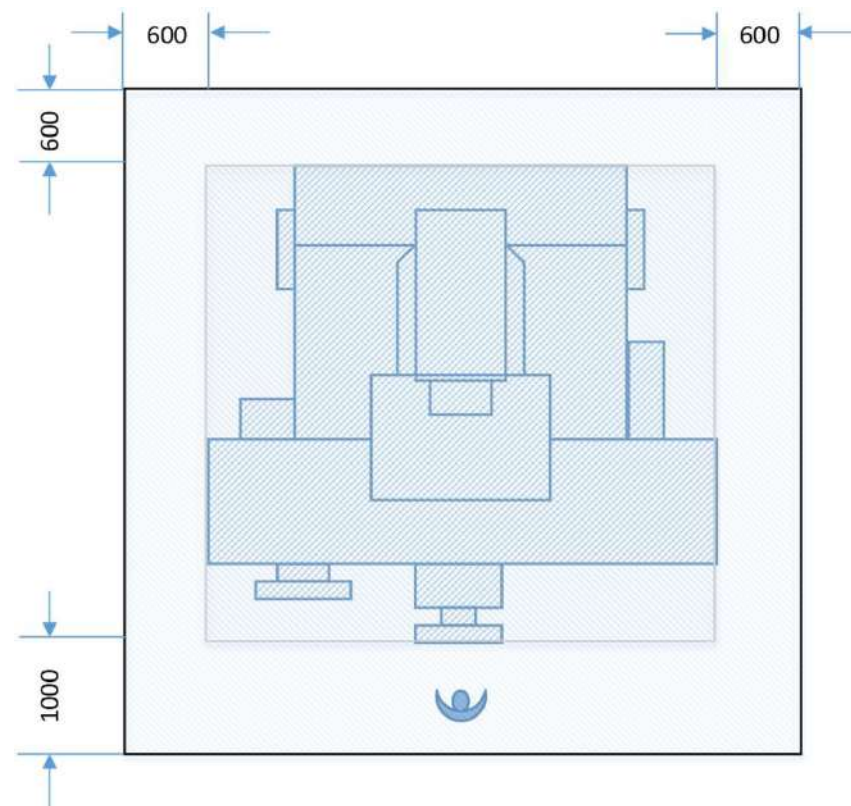
OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Površine **proizvodnih odeljenja** se određuju na osnovu broja proizvodnih mašina i pomoćne opreme, koje će biti instalirane u njima, kao i na osnovu njihovog gabarita. Svakako, tu se uzima u obzir i neophodna površina radnih mesta, prema broju potrebnih proizvodnih i pomoćnih radnika koji opslužuju mašine i opremu. Takođe, uzimaju se u obzir mere za prolaze kojima će se kretati oprema i osoblje.
- Potrebne površine svakako zavise i od vrste i obima proizvodnje, usvojenog tipa i rešenja unutrašnjeg transporta.
- Za polazno – grubo određivanje neophodnih površina mašinskih radionica, može se koristiti metoda koeficijenata korekcije, kojima se množi podatak o površini koju zauzima sama mašina. Pri tome, osnovna površina mašine se dobija kao kataloški podatak proizvođača, ili se meri. Bez obzira na oblik njene osnove, usvaja se pravougaonik date površine i potom se množi sa koeficijentom korekcije. Površina neophodna za smeštaj mašine:
- $S_{mi} = S_{os} * f_i$, gde su: S_{os} - površina osnove mašine – svedena na pravougaoni oblik, f_i – koeficijent korekcije:

Površina osnove mašine (m ²)	Koeficijent korekcije (f)
Manja od 4	4
4 - 12	3
12- 16	2.5
Veća od 16	2

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Drugi način, koji će u proseku dati približne vrednosti je da se površina osnove mašine dobijena iz kataloga proizvođača (S_{os}) uveća, sa strane opsluživanja za 1.000 mm a sa svih ostalih strana za po 600 mm





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Ukupna površina koju zauzimaju mašine jedne radionice, uključujući prostor potreban za opsluživanje, održavanje i popravke, odlaganje delova, manipulaciju materijalom, prolaze između mašina i sigurnosne površine, data je izrazom (površina dela pogona za smeštaj proizvodne opreme):
 - $S_m = \sum_{i=1}^n S_{mi}$
 - Gde je n-broj mašina u pogonu
- **Navedena površina ne uključuje površinu glavnih transportnih puteva, koji se naknadno određuju i dodaju na ovu površinu.**



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- **Ukupna površina proizvodnih odeljenja (S_{po})**, dobija se kada se na površinu koju zauzimaju mašine i opreme (S_m) doda i **povrina transortnih putanja (S_{tp})**:

$$S_{po} = S_m + S_{tp}$$

- Veličina transportnih puteva/prolaza zavisi od odabrane opreme i tehnike rukovanja materijalom (robom). Prema preporukama iz literature za mehanička sredstva (viljuškari, na primer) dovoljan je prolaz od 1.8 – 3 m; dok su za ručnu manipulaciju dimenzije prolaza su 0.9 do 1.2 m
- Za ovaj segment proračuna (veličine transportnih puteva) teško je izdvojiti egzaktn obrazac. U literaturi se najčešće se navode moguće procene ovog prostora u zavisnosti od tipa i od vrste transportne opreme. Takođe se navode podaci da u ukupnom prostoru za proizvodna odeljenja ovaj segment može učestvovati i sa do 60% od ukupne površine prostora (odnosno $\max 0.6 \times S_{po}$).



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Pored radionica u kojima se vrši neposredna proizvodnja, za orijentacionu procenu površine **montažnih radionica**, mogu da se koriste podaci koji se zasnivaju na prosečnim vrednostima površina već izgrađenih objekata. Na taj način, odnos površine montažnih prema površinama proizvodnih odeljenja je sledeći:
 - Za pojedinačnu i maloserijsku proizvodnju 50 – 70 %
 - Za serijsku proizvodnju 25 – 40 %
 - Za masovnu proizvodnju 18 – 25 %
- Ukoliko se planira i **odeljenje za pripremu materijala**, potrebno je imati u vidu da se u ovim odeljenjima često obrađuju gabaritni komadi materijala, te da pored mašina treba predvideti i slobodan prostor za smeštanje materijala pre i nakon obrade. **Specifična površina po jednoj mašini, u ovakvim odeljenjima, obično iznosi 25-30 m².** Ovo odeljenje se u većim fabrikama može planirati kao zaseban pogon, dok se u manjim fabrikama može nalaziti u sklopu skladišta ulaznih sirovina.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- **Odeljenje tehničke kontrole**, služi za kontrolu kvaliteta izrađenih poluproizvoda i finalnih proizvoda, tokom procesa proizvodnje i sklapanja. Kontrolna mesta, ukoliko su deo proizvodnih pogona, obično se planiraju na kraju tehnološkog procesa, ispred međuoperacijskih skladišta ili pre skladišta finalnih proizvoda. Takođe, moguće je planirati ovo odeljenje kao zasebni sektor.
- Površina kontrolnih mesta, se određuje zavisno od broja kontrolora i neophodne opreme. **Potreban broj kontrolora se usvaja da je 2-6% od ukupnog broja proizvodnih radnika.** Usvaja se da je neophodno obezbediti 6-8 m² po jednom kontroloru.
- **Odeljenje za pripremu i održavanje alata**, postavlja se u sklopu odeljenja za izdavanje alata i priručnih skladišta alata. Ovde se obično planira 8-10 m² po mašini koja je locirana u ovom odeljenju.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- **Remontno odeljenje**, služi za održavanje proizvodne pomoćne opreme, male i srednje tekuće opravke i obavljanje svih radova koji se neophodni na opsluživanju tehničke ispravnosti instaliranih proizvodnih kapaciteta. Dimenzije ovog odeljenja se usvajaju, shodno veličini proizvodnih odeljenja:

Broj komada proizvodne i pomoćne opreme u fabrici	Broj mašina u remontnom odeljenju	Površina remontnog odeljenja u m ²
do 100	2	54-56
150	3	80-85
300	6	160-165
500	9	225-235
600	10	250-260



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Veličina ostalih – pomoćnih odeljenja i površina, određuje se na osnovu ukupne površine fabrike i može da iznosi 30-60% od ukupne površine fabrike.
- ***Projektovanje industrijskog sistema uspostavlja prostornu konfiguraciju fizičkih elemenata (opreme, radnih mesta, postrojenja za opsluživanje proizvodnje i obezbeđivanje uslova rada), radne snage i logističkih podсистема i predstavlja vremensku sinhronizaciju pojedinih aktivnosti tako da mogu da se ostvare efikasni radni uslovi i racionalni način organizacije rada.***
- Fizička integracija navedenih elemenata predstavlja **LAYOUT**, koji prikazuje prostorne međuzavisnosti pojedinih komponenti, odnosno način na koji su tehnologija i ljudska radna snaga uklopljeni u industrijski sistem.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Značajan uticaj na projektovanje dispozicije proizvodnih pogona (fabrika) imaju odabrani tip proizvodnje (obim proizvodnje), tehnološki proces, kao i karakteristike samog proizvoda.
- Ulazni podaci koji su od značaja kod **dizajna Layouta** proizvodnih postrojenja su:
 - **Specifikacija proizvoda** (u smislu njegovog opisa i definisanih obima proizvodnje);
 - **Tehnička dokumentacija** proizvoda (koja definiše sve fizičke i funkcionalne karakteristike proizvoda – **uključujući radioničke crteže i sastavnice**);
 - **Operacione i instrukcione liste** (kojima se definišu radne aktivnosti koje se izvode na svakom radnom mestu u cilju dobijanja željenog proizvoda)
 - **Karte toka procesa** (kojima se definiše redosled pojedinih faza i aktivnosti u cilju dobijanja finalnog proizvoda – dakle redosled materijalnog kretanja tokom procesa proizvodnje, u cilju dobijanja proizvoda);
 - **Tehnološki proces** (koji uključuje opis neophodne mehanizacije, broj, vrste i tip mašina i opreme, opis neophodne radne snage – odnosno radnih mesta)



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Potrebno je istaći da je projektovanje novih fabrika relativno retko zastupljeno u ukupnom obimu projektantskih aktivnosti u praksi.
- **Najveći broj aktivnosti se odnosi na rekonstrukciju, modernizaciju i proširenje postojećih pogona i fabrika**, koje se inicira u nekom od sledećih slučajeva:
 - Promena proizvodnog programa (promena asortimana, uvođenje novog proizvoda u portfolio proizvoda);
 - Uvođenje novih tehnologija i/ili modernizacija postojeće proizvodne opreme;
 - Eliminacija „uskih grla“ uvođenjem dodatnih mašina/opreme – uvećanje proizvodnih kapaciteta;
 - Relokacija dela proizvodnog programa iz nekog drugog proizvodnog centra u postojeću fabriku.



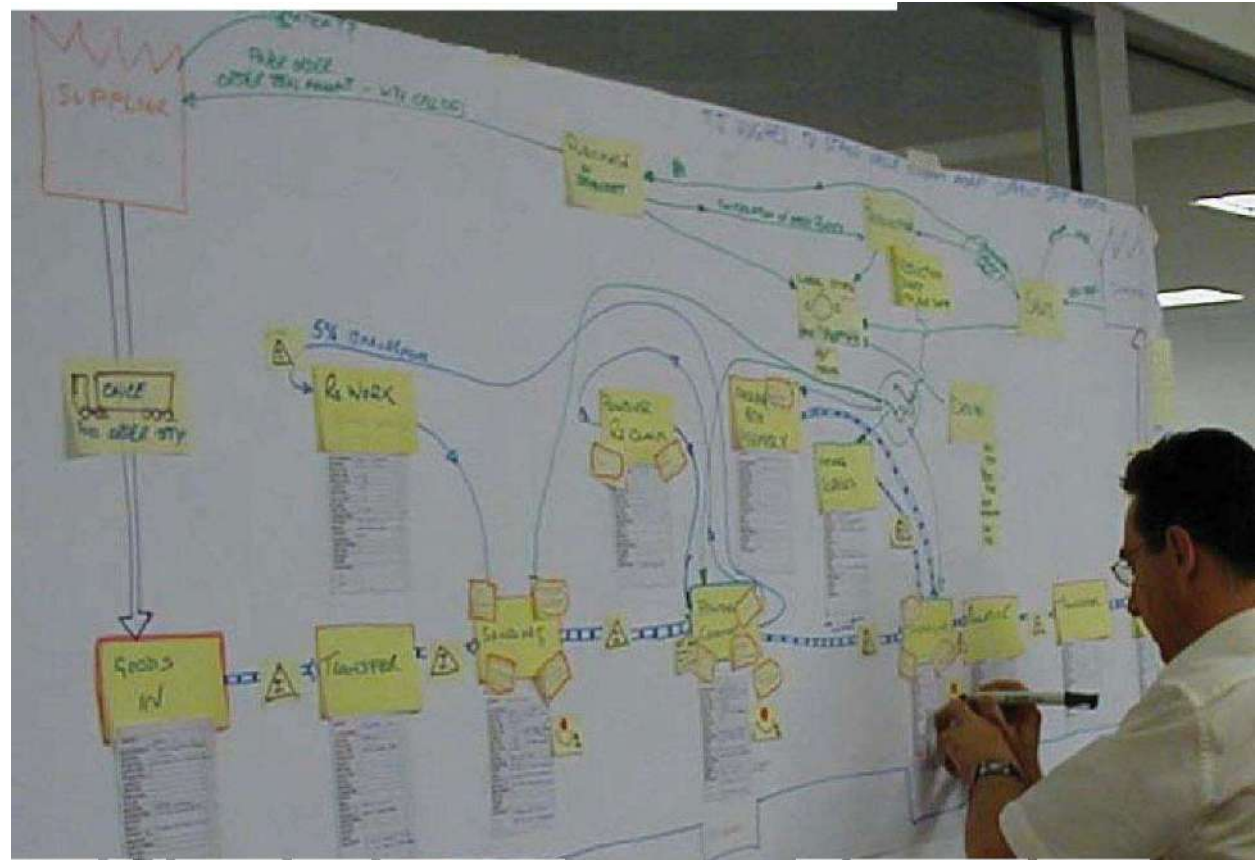
OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- **Prvi korak** u takvim slučajevima je u detaljnom sagledavanju postojećeg rešenja dizajna industrijskog sistema, uključujući i Layout-a (**mapa trenutnog stanja**).
- Potom sledi identifikaciji eventualnih nedostataka i predlog optimizacije (**mapa budućeg stanja**)
- I na kraju, predlog neophodnih **aktivnosti kako bi se iz trenutnog stanja prešlo u buduće** – optimizirano stanje.
- Kako bi se realizovao prvi korak, neophodno je imati pristup i proučiti sve neophodne planove postojećeg pogona, sa specifikacijama opreme i tehničkim opisima.
 - **NAPOMENA:** potrebno je situaciju i dispoziciju sa planova proveriti u prostoru. Često se tokom vremena eksploatacije pogona vrše dodatne izmene u odnosu na inicijalne planove, tako da realna situacija i/ili dispozicija može biti i drugačija u odnosu na inicijalne planove.
- Svakako, neophodno je obići razmatrane pogone i razgovarati sa menadžerima, rukovodiocima pogona i zaposlenima o eventualnim njihovom mišljenju o nedostacima postojećeg tehničkog rešenja ali i o prednostima koje oni ističu.
- U okviru analize trenutnog stanja, potrebno je skicirati dijagram glavnih proizvodnih tokova (mapu toka procesa). U ovom segmentu, zapravo treba skicirati putanju kojim se proizvod kreće – počevši od repomaterijala pa sve do finalnog proizvoda. Ovim putem treba obuhvatiti kretanje materijala, počevši od skladišta repomaterijala, preko svih radnih mesta, pa sve do magacina finalnih proizvoda. Za svaki od segmenata razmatranog toka, zabeležiti eventualne uočene nedostatke i predloge za poboljšanje.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA



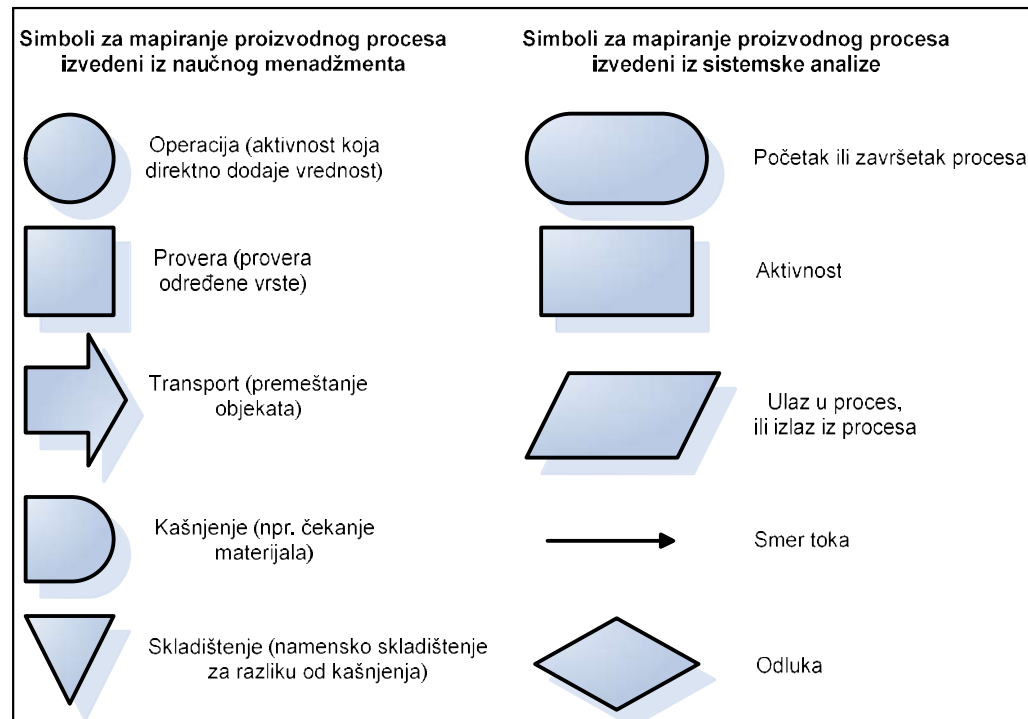
- Skica mape trenutnog stanja:





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Kod kreiranja mape toka procesa, najčešće se pojedini segmenti označavaju korišćenjem sledećih simbola:



- Prikaz postojećeg redosleda aktivnosti na dobijanju konačnog proizvoda (levo) i planiranog budućeg redosleda (desno) nakon eliminacije identifikovanih nepotrebnih aktivnosti:

	Description of activity	●	➡	D	■	▼
1	Report arrives	●				
2	Wait for processing	●				
3	Check expenses report	●				
4	Stamp and date report	●				
5	Send cash to receipt desk	●				
6	Wait for processing	●				
7	Check advance payment	●				
8	Send to accounts receivable	●				
9	Wait for processing	●				
10	Check employee record	●				
11	Send to accounts payable	●				
12	Attach payment voucher	●				
13	Log report	●				
14	Check against rules	●				
15	Wait for batching	●				
16	Collect reports into batch	●				
17	Batch to audit desk	●				
18	Wait for processing	●				
19	Batch of reports logged	●				
20	Check payment voucher	●				
21	Reports to batch control	●				
22	Batch control number	●				
23	Copies of reports to filing	●				
24	Reports filed	●				
25	Payment voucher to keying	●				
26	Confirm payment	●				
Totals		7	8	5	5	1

	Description of activity	●	➡	D	■	▼
1	Report arrives	●				
2	Stamp and date report	●				
3	Check expenses report	●				
4	Attach payment voucher	●				
5	Wait for batching	●				
6	Collect reports into batch	●				
7	Batch to audit desk	●				
8	Wait for processing	●				
9	Check reports and vouchers	●				
10	Reports to batch control	●				
11	Batch control number	●				
12	Copy of reports to filing	●				
13	Reports filed	●				
14	Payment voucher to keying	●				
15	Confirm payment	●				
Totals		5	5	2	2	1



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Potrebno je proveriti da li postoji tehnološka dokumentacija (tehnološke karte, operacione i instrukcione liste sa definisanim vremenima izvršenja pojedinih procesa, opis procedura, itd), kao i da li opisi u dokumentaciji zaista odgovaraju trenutnom stanju na terenu, Potrebno je identifikovati i zabeležiti razlike koje postoje u dokumentaciji i u stvarnom načinu izvođenja procesa. Pri izradi predloga novog layout-a kao polazne podatke koristiti stvarne podatke.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Kako bi se uspešno definisao Layout fabrike, potrebno je preduzeti sledeće korake:
 - Definisanje programa proizvodnje;
 - Određivanje obima proizvodnje;
 - Izbor lokacije fabrike, te nakon toga selekciju uže lokacije;
 - Izrada situacionog plana (u okviru koga se kreira šema gradilišta buduće fabrike, koji se izrađuje u veličini 1:200 do 1:1000 – zavisno od planirane veličine buduće fabrike; pored skice postojećih i planiranih budućih objekata, predstavljaju se i postojeće i buduće saobraćajnice);
 - Analiza raspoloživih tehnologija i selekcija budućeg tehnološkog procesa;
 - Izbor tipa layouta;
 - Postavljanje modela toka materijala (karta toka procesa koja daje redosled kretanja materijala do kreiranja konačnog procesa)
 - Proračun neophodne proizvodne opreme i na osnovu njega proračun površina glavnih odeljenja
 - Određivanje lokacija glavnih odeljenja
 - Razvijanje layouta za svako odeljenje – određivanje rasporeda radnih mesta i njihovih međusobnih veza
 - Izrada dispozicionog plana sa ucrtanom proizvodnom opremom (Layout)
 - Kontrola i ocena predloženog rešenja



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OPTIMIZACIJA TOKOVA MATERIJALA

- Zadatak za studente # 4
 - Uraditi rešenje proglema uskog grla, za model u FlexSim softveru, napravljen kao rezultat zadatka sa prethodnog termina predavanja. Dobijeno rešenje predstaviti kao PrintScreen.
 - Na osnovu definisanog obima proizvodnje, kao i na osnovu analiziranih komponenti u BOM-u, razmotriti neophodnu vrstu materijala za izradu svakog od delova, komponenti, sklopova konačnih proizvoda, definisati količine neophodnih repromaterijala za proizvodnju (po komadu proizvoda ili po proizvodnoj seriji).
 - Imajući u vidu vrste i količine neophodnih repromaterijala, kao i količine gotovih proizvoda, na osnovu ranije definisane logističke mreže razmatranog preduzeća, analizirati lokaciju partnera iz ugla nabavke repromaterijala i iz ugla plasmana gotovih proizvoda. Opisati trenutnu lokaciju i eventualno predložiti optimalnu lokaciju razmatrane fabrike/preduzeća. Ukoliko je primenjivo – upotrebiti metode za određivanje optimalne lokacije – definisane na prvom predavanju.