



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, skladišni 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, skladišta, distributivni centri, transportni sistemi, informacioni sistemi).**
- Primena i efekti primene industrijskih sistema u privredi sa konkretnim primerima iz prakse.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

Za potrebe industrijskih sistema, u okviru logističkog podsistema, repromaterijali se uglavnom nabavljaju u količinama koje su veće od onih direktno neophodnih za tekući proces transformacije, te se sa njima upravlja preko različitih modela zaliha.

U takvim slučajevima, bez obzira na način nabavke i model upravljanja zalihama za planiranje repromaterijala, sama količina koja pristiže u industrijski sistem mora biti negde u sistemu i fizički smeštena.

Takođe, u toku transformacionog procesa se javljaju delovi proizvoda, poluproizvodi ili komponente finalnog proizvoda koji se moraju fizički odložiti pre nego što se ugrade u finalni proizvod.

Na kraju, Industrijski sistem u toku ciklusa proizvodnje stvara i količinu finalnih proizvoda koja je često veća od količine koja se u tom periodu može sinhronizovano plasirati na tržištu, posebno ukoliko posluje prema „push“ konceptu. Na tak način i za finalne proizvode se mora obezbediti adekvatan prostor za prihvatanje i smeštaj.

Sve navedene količine materijala koje figurišu u jednom logističkom sistemu transformacionog procesa industrijskog sistema, smeštaju se u prostor koji je unapred predviđen i opremljen za to, odnosno u skladišta i magacine.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Skladišta** predstavljaju unapred planiran i planski opremljen prostor za prihvatanje; smeštaj; čuvanje; sakupljanje narudžbine – komisioniranje; pakovanje i isporuku različitih vidova repromaterijala, tekuće proizvodnje i finalnih proizvoda industrijskog sistema.
- Za planiranje, kontrolu i izvršenje aktivnosti u skladištima zaduženo je osoblje koje u skladištima radi, koje je često podržano adekvatnim informaciono-komunikacionim sistemima.
- Tri osnovne komponente skladišta čine:
 - prostor,
 - oprema i
 - ljudi.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Prostor** omogućuje skladištenje dobara u slučaju kada potrebe i ponuda nisu ujednačeni. Prostor ne utiče samo na odluke o skladištenju već i na dizajn logističkog sistema.
- **Oprema** u skladištima uključuje sprave i mašine za rukovanje materijalom, skladišne police (boksove), rampe i konvajerske sisteme ali i sisteme za obradu podataka. Oprema pomaže u pomeranju proizvoda, skladištenju i transportu. Tip opreme koji se koristi u skladištu zavisi od tipova proizvoda i interakcije između opreme i drugih elemenata skladišta. Pri tome, oprema koja se koristi može biti ručna, mehanizovana i automatizovana. U savremenim skladištima, najčešće se shodno odabranom planu i programu proizvodnje, i definisanim modelima upravljanja zalihama, prvo vrši selekcija najadekvatnije opreme pa tek onda dizajn samog prostora skladišta.
- **Ljudi** su najkritičnija komponenta skladišta. Prostor i oprema ne znače ništa bez pravilno selektovanog, obučenog kompetentnog ljudstva.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- Slično svim drugim poslovno – proizvodnim operacijama, primarni razlog za formiranje skladišta je podizanje nivoa usluge prema krajnjim korisnicima - kupcima.
- Ovo često uključuje individualnu pažnju prema posebnim zahtevima kupaca kao što su, na primer, specijalizovano pakovanje, ambalažiranje, markiranje cena u vidu bar-kod oznaka na pakovanjima pre isporuke, itd.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- Osnovne funkcije skladišta su:
 - prihvatanje materijala,
 - smeštaj i uskladištenje materijala,
 - evidentiranje uskladištenog materijala,
 - čuvanje i zaštita materijala od oštećenja i gubitaka,
 - sakupljanje materijala u jedinstvene zbirne jedinice za isporuku (komisioniranje),
 - izdavanje materijala,
 - poboljšanje kvaliteta materijala (na primer, zavisno od tipa proizvoda: dozrevanje alkoholnih pića, sušenje voća, starenje odlivaka i otkivaka i slično).



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- Industrijski sistemi najčešće u svom portfoliju proizvoda ima više od jedne vrste proizvoda, pri čemu za svaki od proizvoda treba da obezbedi i različite vrste repromaterijala;
- Važna je i potreba da se industrijski sistem približi tržištu, kako snabdevanja repromaterijalom, tako i kod isporuke finalnih proizvoda
- Iz navedenih razloga, često je neophodno da industrijski sistem poseduje više od jednog skladišta. Pri tome, sama skladišta mogu biti locirana u okviru lokacije industrijskog sistema ili biti kilometrima udaljena od njega.
- Kod planiranja neophodnog prostora za skladištenje, treba imati u vidu da broj skladišta treba svesti na najmanju meru uz uslov da ih je dovoljno za obezbeđenje normalnih tokova proizvodnje i prometa. To je moguće ako je u njima dobro organizovana manipulacija materijalima i ukoliko se upotrebljavaju adekvatna oprema i sredstva unutrašnjeg i spoljašnjeg transporta.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- Prilikom izbora neophodnog broja skladišta, treba imati u vidu da držanje robe na skladištu izaziva sledeće troškove:
 - troškovi zaštite materijala,
 - troškovi rukovanja materijalom,
 - troškovi administracije u skladištu,
 - troškovi zakupa i održavanja prostora, oprema, ljudstva,
 - troškovi grejanje-hlađenje,
 - troškovi usled oštećenja materijala itd.
- Pri tome, odluka o formiranju većeg broja skladišta, ima svoje potencijalne prednosti i nedostatke.
- Prednosti poslovanja sa većim brojem skladišta su:
 - Približavanje kupcu,
 - Niži transportni troškovi,
 - Viši nivo usluge i zadovoljenje različitih želja kupaca.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- Nedostaci postojanja većeg broja skladišta u sistemu su:
 - Viši nivo zaliha (uključujući i takozvane “pipeline inventories”, odnosno zalihe materijala koji se trenutno nalazi u tokovima transformacionog procesa, kao i u sredstvima transporta),
 - Teža kontrola operacija skladištenja,
 - Veći broj neproizvodnih radnika,
 - Viši investicioni troškovi i troškovi održavanja objekata,
 - Skuplja primena unapređenja sistema i savremene tehnologije (izuzev ako su količine materijala toliko velike – u vidu masovne proizvodnje, da to opravdavaju).

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA



- Tipovi skladišta prema organizacionom okviru:
 - Centralizivana
 - Distributivna (distributivni centri)
- Tipovi skladišta prema vlasničkoj strukturi:
 - privatna,
 - javna i
 - ugovorna.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Centralizovana skladišta:**

- u praksi još uvek preovlađuju centralizovana skladišta.
- prednost se nalazi u tome što je mogućnost za nadzor bolja,
- povoljniji su uslovi za mehanizaciju i automatizaciju transporta,
- racionalnije je korišćenje osoblja,
- manje su rezervne zalihe materijala,
- veći stepen iskorišćenja raspoloživog prostora itd.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **DISTRIBUTIVNA SKLADIŠTA – decentralizovana:**

- Za skladištenje velikih količina materijala sa brzim prometom koriste se distributivna skladišta.
- Ova skladišta su najčešće vlasništvo glavnog proizvođača materijala ali su prostorno potpuno odvojena i samostalna.
- Obzirom da je materijal u takvim skladištima gotovo isključivo namenjen snabdevanju trgovačke mreže, ona se lociraju u krajevima koji su za tu svrhu najpovoljniji.
- Pojava distributivnih skladišta se povezuje sa razvojem automobilske industrije i to pre svega za snabdevanje trgovačke mreže raznim rezervnim delovima.
- Kasnije se pojavljuju distributivna skladišta proizvođača prehrambenih proizvoda, konfekcije, kozmetike, obuće i slično.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Distributivni centri:**

- svrha skladišta je da se smaste proizvodi dok se ne pojavi potražnja kupaca za njima.
- S druge strane, svrha distributivnog centra je protok proizvoda, ne skladištenje ("facility from which wholesale and retail orders are filled")
- Distributivni centar može ali ne mora imati i skladišni prostor
- Masovne isporuke dolaze u distributivni centar, razlažu se u manje isporuke i potom transportuju dalje kroz lanac snabdevanja.
- Takođe, distributivni centri obično pokrivaju veću teritoriju od skladišta.
- Distribucionni centri imaju glavnu ulogu u protoku gotovih proizvoda i česti su u velikim zemljama sa dobrom transportnom infrastrukturom kao npr. u SAD-u i Ruskoj Federaciji.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Privatna skladišta**

- Veliki obim proizvodnje ide u prilog posedovanje sopstvenog skladišta u smislu ekonomike velike količine.
- Firma može održavati niže cene isporuke ili veće margine profita zasnovano na ovakvoj ekonomiji.
- veći nivo kontrole u smislu izbora ljudstva koje će raditi u skladištu, olakšava pakovanje robe, kao i operacije unutar skladišta.
- mogućnost održanja fizičke kontrole nad skladištem, što omogućuju menadžerima da kontrolišu gubitke, oštećenja i krađu zaliha.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Javna skladišta**

- javna skladišta iznajmljuju prostor pojedincima ili firmama kojima je on potreban.
- Usluge u ovakvim skladištima mogu često da variraju.
- Neka daju širok opseg jednostavnijih usluga kao što su pakovanje, obeležavanje, održavanje količine zaliha, lokalnu isporuku, obradu podataka, markiranje cena i bar kodova.
- Manje investicije nego u privatno skladište
- Veća fleksibilnost kod promene tržišta
- Skladište robe opšte potrošnje, hladnjače, carinska skladišta



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

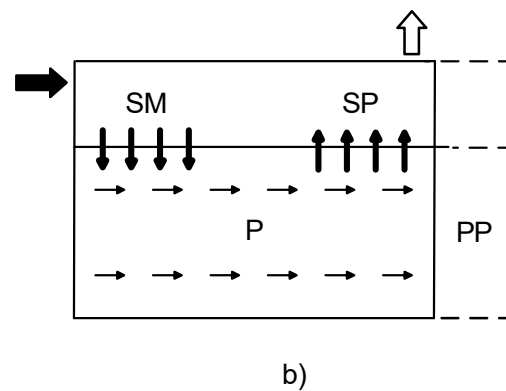
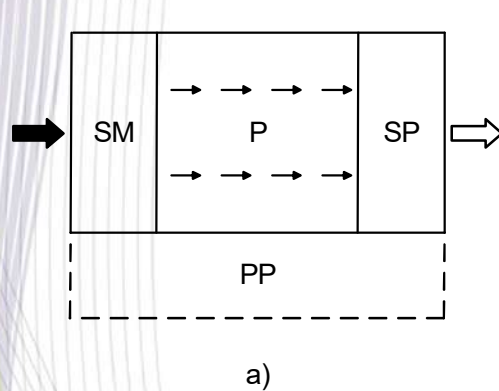
- **Ugovorna skladišta:**
- Ugovorna skladišta često pružaju prilagodljive usluge.
- U suštini, ugovorna skladišta su organizacije integrisane logistike koje pružaju usluge višeg kvaliteta nego što su dostupne u javnim skladištima.
- razlozi za korišćenje ugovornih skladišta, uključuju:
 - Sezonski karakter proizvoda
 - Zahtevi za geografsko pokrivanje terena
 - Flaksibilnost kod testiranja novog tržišta
 - Smanjenje transportnih troškova.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA



- **Lociranje skladišta manjih proizvodnih preduzeća:**

- U istom objektu sa proizvodnom linijom



Gde su:
SM- skladište materijala;
SP-skladište gotovih proizvoda;
P-proizvodni proces;
PP-planirano proširenje



- tok sirovina



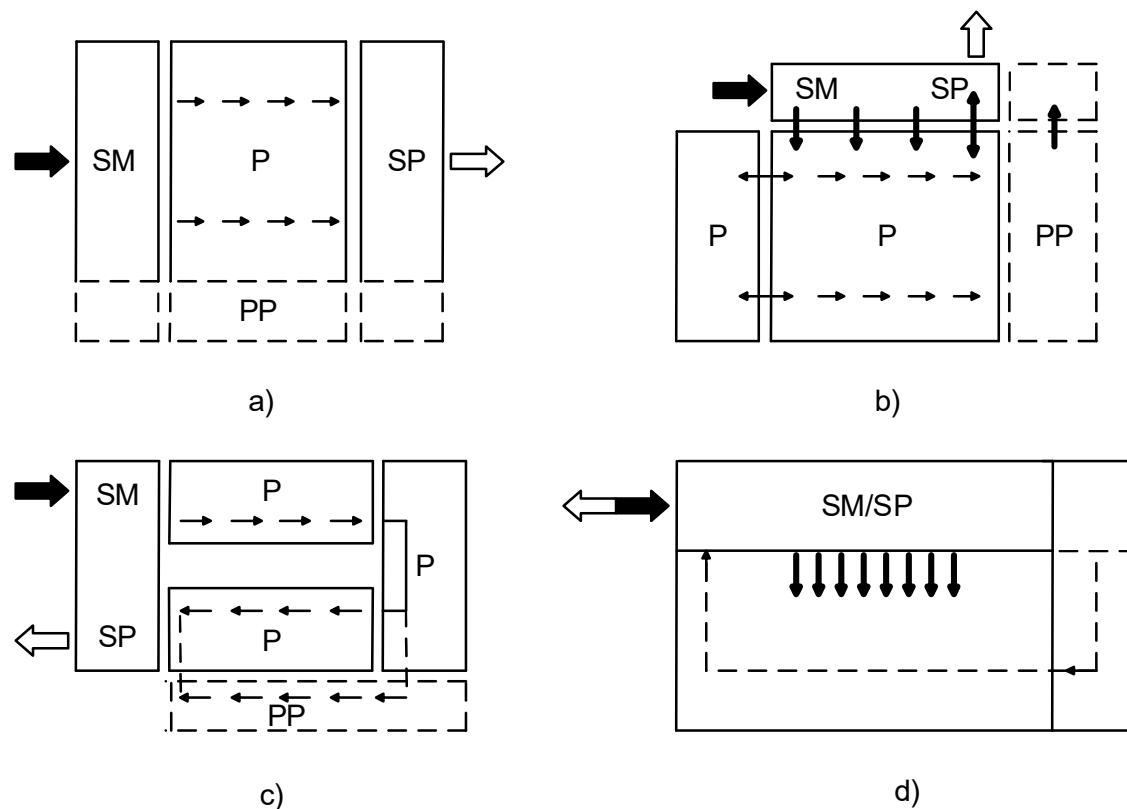
- tok finalnih proizvoda

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA



- **Lociranje skladišta velikih preduzeća:**

- prvenstveno treba doneti odluku o tome da li će skladište biti *centralizovano* ili *decentralizovano*
- Za slučaj centralizovanog skladišta:

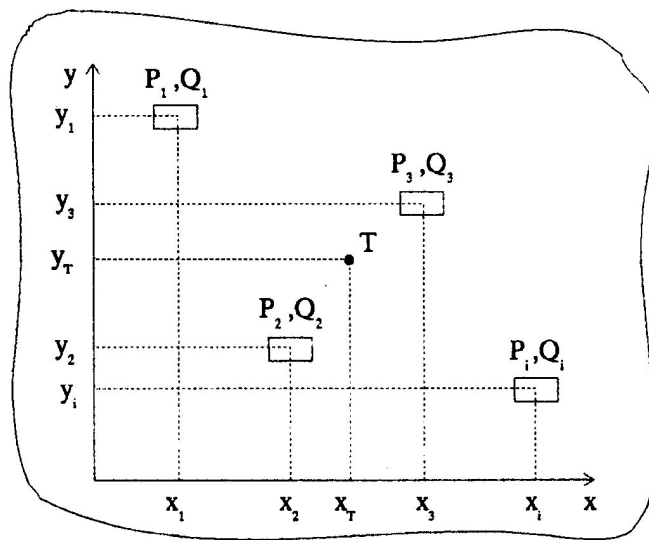


OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA



- Pozicija centralizovanog skladišta – metoda težišta:

Za svaki proizvodni pogon (P_i) odrede se koordinate težišta i definišu se ukupne težine materijala koje pogon troši (Q_i).



koordinate težišta skladišta :

$$x_T = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

$$y_T = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Lokacija distributivnog skladišta ili centra:**
- Zasniva se na dva stadijuma:
 - Top management planira lokaciju na osnovu tržišta distribucije i nabavke (moguće je i ovde primeniti metodu težišta ili metodu ponderisanja, kao kod selekcije lokacije fabrike),
 - Operativni menadžer vrši trasiranje ruta vozila i procenjuje troškove (Auto Route software ili bilo koja druga GPS aplikacija)
- Distributivna ili centralna skladišta mogu biti na otvorenom, u tom slučaju zahtevaju posebnu pripremu terena



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Dizajn skladišta:**
- Kod dizajna skladišta, treba razmotriti pet međupovezanih promenjivih:
 - Zemljište i zgrade
 - Menadžment i osoblje
 - Oprema za smeštaj i rukovanje
 - Potrebni računari i softver (informacioni sistem)
 - Metode, operacije i procedure
- Prvi i osnovni element koji utiče na nivo svakog od ovih pet promenjivih je procena potrebe za određenom robom na tržištu



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Proračun veličine prostora za skladištenje:**
- Pri rešavanju unutrašnjeg rasporeda u skladištu, obavezno treba predvideti uslove za:
 - prijem robe,
 - skladištenje/čuvanje robe (rafovi, police, stalaže i slično)
 - komisioniranje i otpremu robe.
 - prolaze/transportne staze,
 - administraciju



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- Ukupnu površinu prostora za skladištenje moguće je izračunati na sledeći način:
- $S_s = s_p + s_m + s_o + s_{ts} + s_{as}$
- Gde su:
 - s_p -površina za prijem materijala (zavisi od vrste materijala i planirane količine),
 - s_m – površina namenjena za skladištenje materijala (zavisi od vrste poda i opterećenja – nosivosti poda),
 - s_o -površina za otpremu materijala (da li posebna ili zajedno sa prijemom),
 - s_{ts} -površina transportne staze (zavisi od transportnih sredstava),
 - s_{as} -površina za administrativne, sanitarne i druge pomoćne prostorije



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Površina za skladištenje materijala:** Kod proračuna navedene površine mora se voditi računa o odnosu:

$$s_m \geq \frac{G}{p_d} \quad [\text{m}^2]$$

- gde su: G -težina materijala u kg, p_d -dozvoljeno opterećenje poda skladišta u kg/m².
- Pri tome treba imati u vidu da je veoma važno da odabrana lokacija sa nosivošću samog terena odgovara zahtevima opterećenja poda. Da bi se to obezbedilo i da bi se utvrdila adekvatna površinska raspodela težine potrebno je odrediti normative opterećenja poda za lokaciju gde će se instalirati skladište, odnosno dozvoljeno opterećenje poda skladišta u kg/m². Naime, gornji obrazac nam samo daje podatak o tome koliku površinu skladišta treba planirati da bi se smestio planirani materijal, ipak, taj podatak treba uporediti i sa podatkom o nosivosti samog terena lokacije gde će biti smešteno skladište).
- *(Važno: ukoliko menadžeru nije poznat ili ukoliko nije siguran koliki je normativ opterećenja poda razmatranog terena, neophodno je proveriti ovaj podatak sa građevinskim inženjerom ili drugom upućenom osobom).*
- Na primer u kompaniji IBM, kod konstrukcije skladišta minimalna dozvoljena nosivost poda skladišta je 342 kg/m². Opseg nosivosti podova skladišta koje se u ovoj kompaniji koriste su: 610, 488, 439 i 342 kg/m² sve zavisno od modela skladišta koji je odabran.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Proračun površine za prijem materijala:** Prijem materijala podrazumeva istovar materijala iz sredstava spoljašnjeg transporta i organizaciju njegovog kretanja do lokacija u skladištu (odeljenja i zona) u kojima će biti fizički smešten. Prema tome, neophodan prostor za prijem materijala takođe treba proračunavati. Jedan od predloženih izraza za ovaj proračun je:

$$s_p = \frac{Q}{n \cdot \eta \cdot p_d} \text{ m}^2$$

gde su:

Q – količina materijala koja u skladište pristiže u odabranom planskom vremenskom periodu (npr. za jednu godinu) u kg,

n-prosečan broj ciklusa prijama materijala – određen definisanim modelom zaliha,

$\eta = 0.5 - 0.6$ koeficijent iskorišćenja poda (koji se odnosi na način pakovanja materijala i predviđeni prostor između pojedinih jedinica pakovanja) ,

p_d - dozvoljeno opterećenje poda u kg/m^2 .



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Proračun površine transportne staze:** Za ovaj segment proračuna neophodnog prostora za skladištenje teško je izdvojiti egzaktan obrazac. U literaturi se najčešće se navode moguće procene ovog prostora u zavisnosti od tipa rasporeda odlaganja materijala, kao i od vrste transportne opreme. Takođe se navode podaci da u ukupnom prostoru za skladištenje ovaj segment može učestvovati i sa do 60% od ukupne površine skladišnog prostora (odnosno $\max 0.6 \times S_s$).

Pored toga, na osnovu praktičnih primera, može se zaključiti da se skladišta najčešće projektuju tako da glavni prolaz bude paralelan sa glavnom saobraćajnom trakom fabrike. Ostali prilazi su kraći i postavljeni pod pravim uglom u odnosu na glavni.

Veličina 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.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Proračun površina za otpremu proizvoda:** Namena ove površine je da se, na osnovu definisane narudžbenice, ovde sakupe neophodni materijali – predmeti koje treba isporučiti, da se oni upakuju u adekvatnu porudžbinu i smeste u sredstva spoljašnjeg transporta. Ova procedura se naziva komisioniranje. Ova površina se najčešće naziva otpremna rampa i proračunava na sličan način kao i površina za prijam materijala. Ukoliko je odabrani tip skladišta takav da se ista površina koristi i za prijem i za otpremu, preporučuje se da se proračunata suma zasebnih površina za prijem i otpremu smanji za približno 25 – 35% .



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Proračun površina za administrativne, sanitarne i druge pomoćne prostorije:** Pored osnovnih operacija koje se odnose na samo uskladištenje materijala, neophodno je obezbediti i prostor za prateće aktivnosti koje uključuju administrativne poslove, neophodnost korišćenja sanitarnih prostorija, kao i ostalih dodatnih - pratećih sadržaja operacija. Ova površina se proračunava prema broju radnika koji rade u skladištu i ne razlikuje se od proračuna ovog prostora kod proizvodnih radionica:

$$S_{as} = (4 - 6) * N \text{ [m}^2\text{]}, \text{ gde je } N - \text{ broj zaposlenih u skladištu}$$



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

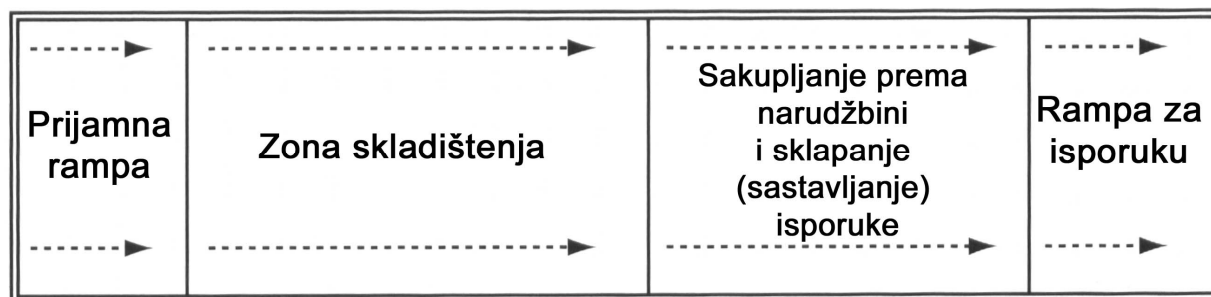
- Na kraju, može se navesti da se za grubu predkalkulaciju ukupne površine skladišta može koristiti obrazac u kome je ta površina izražena samo u funkciji potrebne površine za smeštaj materijala, tj:

$$S_s = (1.8 - 3) * S_m \quad [m^2]$$



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Dizajn objekta skladišta:** Prvenstveno je neophodan izbor jednospratnog ili višespratnog objekta skladišta.
- Tipičan layout savremenog jednospratnog skladišta:



- Razdvojene prijamna i rampa za isporuku
- *Obično je od pomoći prvo izabrati sistem za rukovanje materijalom, i potom dizajnirati objekat.*



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Dizajn objekta skladišta:** Pored izbora horizontalnog nasuprot visinskom layoutu, neophodne su i sledeće odluke:
 - Smeštanje roba prema očekivanim narudžbinama nasuprot aktivnosti parcijalnog popunjavanja zaliha, po sektorima;
 - Layout sa dve ili više rampi nasuprot jedne rampe;
 - Operacije koje intenzivno koriste radnu snagu nasuprot mehanizovanih operacija;
 - Nivo automatizacije kod izbora robe za formiranje isporuke.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- Tipovi regala za skladištenje:
 - **Selektivni regali**
 - **Drive in regali**
 - **Gravitacioni regali**





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

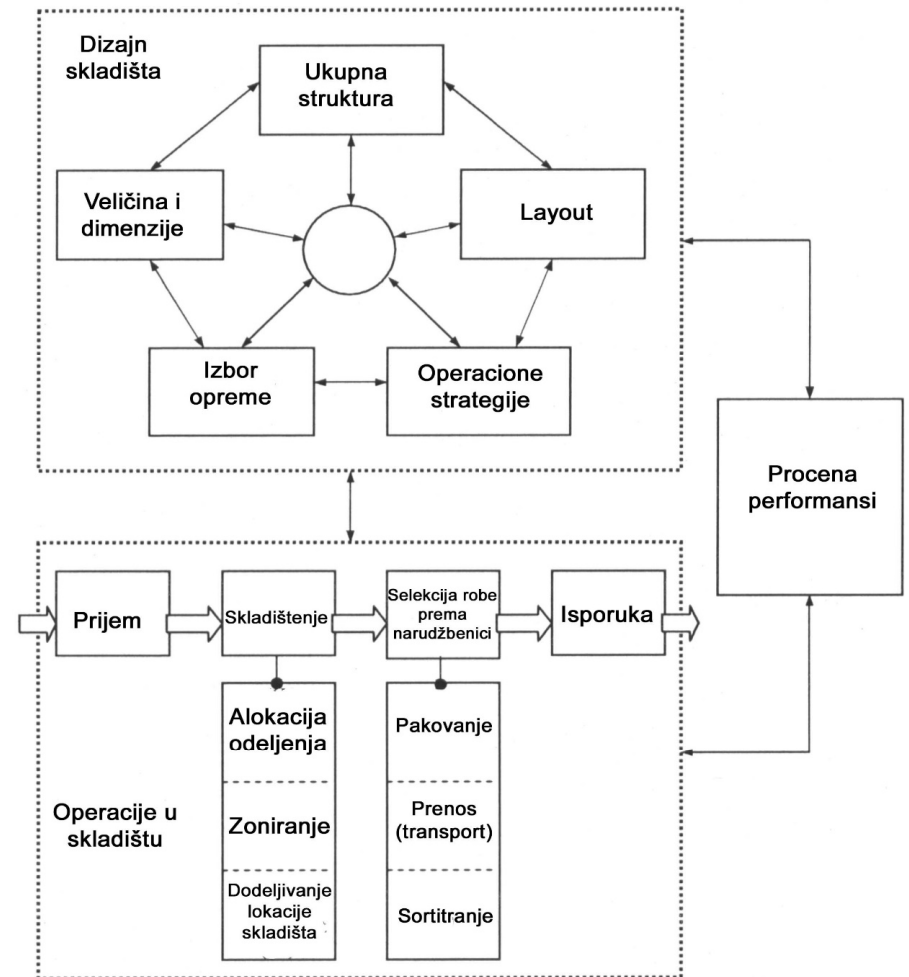
- **Iskorišćenje skladišnog prostora:** Za izračunavanje stepena iskorišćenja skladišnog prostora može se primeniti opšti obrazac u obliku:

$$\eta = \frac{V_m}{V_s} \cdot 100$$

- Gde je:
- V_m – zapremina uskladištenog materijala,
- V_s – ukupna zapremina skladišta.

Kod dobro organizovanih skladišta η se kreće u rasponu od 15 – 70%

- Operacije sa materijalom u skladištu:





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Tehnike prijema materijala u skladištu:**
 - Prema datumu dospeća - Due date (DD)
 - Last in first out (LIFO)
 - First in first out (FIFO)
 - Najduža vremenska operacija - Longest operation time (LOT)
 - Najkraća vremenska operacija - Shortest operation time first (SOT)



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Procena performansi skladišta:**

- *koeficijent radne snage (KRS):*

$$\frac{\textit{personal za rukovanje materijalom}}{\textit{ukupni personal}}$$

- *koeficijent iskorišćenja opreme (KIO):*

$$\frac{\textit{broj komada ili tezina preneti za jedan sat}}{\textit{teorijski kapacitet opreme}}$$



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- *koeficijent iskorišćenja skladišnog prostora - površina (KISP):*

$$\frac{\text{zauzet prostor u skladistu}}{\text{ukupan prostor u skladistu}}$$

- *koeficijent oštećene robe (KOR):*

$$\frac{\text{broj ostecenih proizvoda}}{\text{ukupan broj proizvoda}}$$

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA



- **Aktivnosti manipulacije materijalom u skladištu:**
 - Prijem
 - Istovar i raspakivanje
 - Kontrola – kvantitativna i kvalitativna (statistička ili svakog komada)
 - Transport materijala
 - Skladištenje
 - Unos u bazu podataka

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA



- **Planiranje radne snage za rad u skladištu:**
 - **Dugoročni plan –godišnji**
 - **Mesecni planovi i plan za tri meseca**
 - **Nedeljni i dnevni planovi**
 - **Podela na produktivne i neproduktivne pozicije**



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- Primer plana radne snage za produktivne pozicije:

pozicija	Standard (dnevni)	Planirana količina (mesečno)	Dnevni plan	Potrebna broj radnika
Komisionari	1.000 kutija	330.000	15.000	15
Viljuškaristi	150 paleta	6.600 (prijem)+6.600 (otprema)=13.200	600	4
Kontrolori	200 paleta	6.600	300	1,5 (2)
Magacinski radnici	130 paleta	6.600+6.600=13.200	600	4,6 (5)



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- **Troškovi u radu skladišta:**

- A) Troškovi radne snage (plate, bonusi, topli obrok, regres, prevoz)
- B) Administrativni troškovi i troškovi IT
- C) Troškovi održavanja objekta i opreme
- D) Fiksni troškovi (struja, telefon, zemljište i sl.)
- E) Troškovi kancelarijskog i potrošnog materijala
- F) Gubici na robi i ambalaži



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA

- Efikasnost rada skladišta:
 - Efikasnost = $(\text{troškovi} / \text{nabavna vrednost isporučene robe iz skladišta}) * 100 [\%]$
 - Najbolji u grani oko 1,3 %
 - Medijana oko 2%

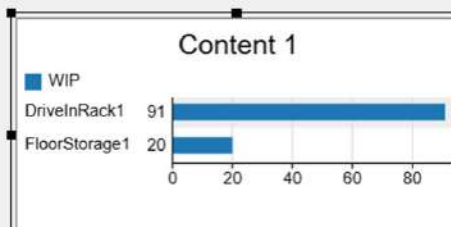
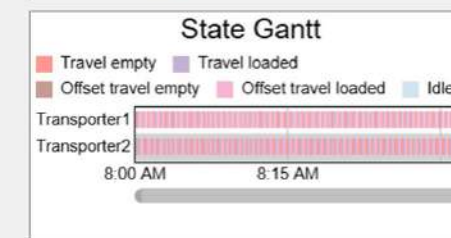
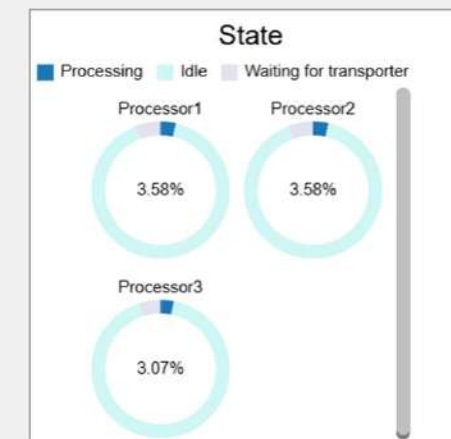
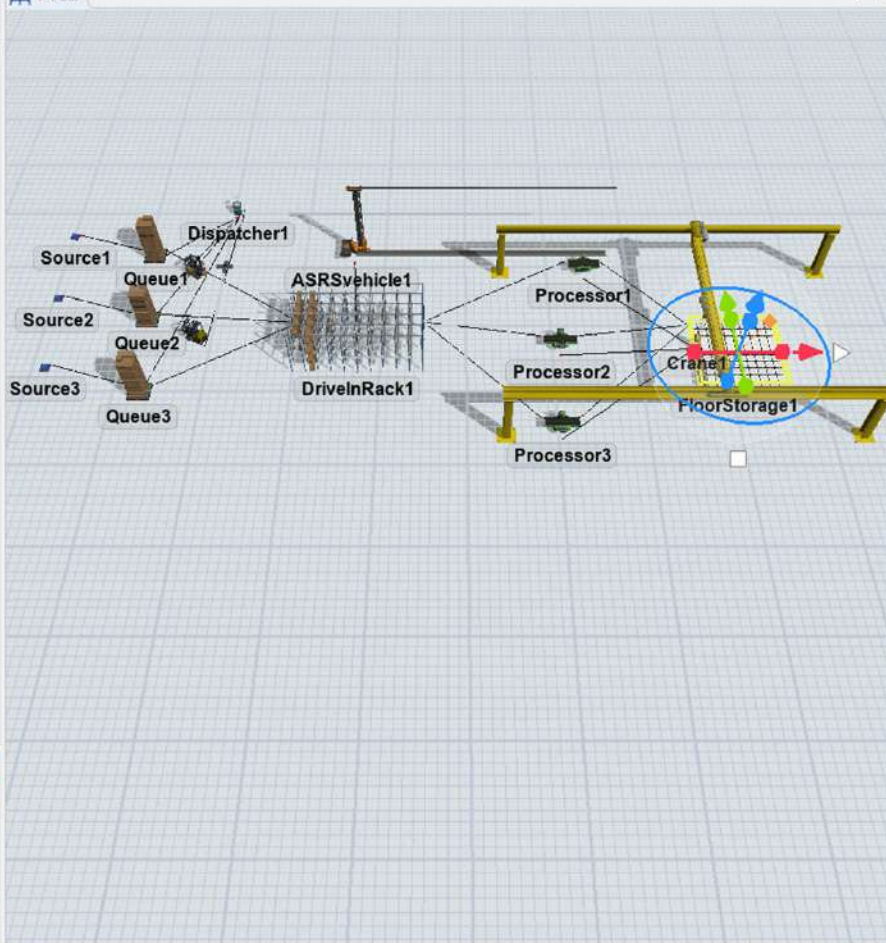
OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –PODSISTEM SKLADIŠTA



- Zadatak za studente #9:
 - Izvršiti analizu trenutnog načina skladištenja u fabrici koja je predmet razmatranja: opisati vrstu i tip skladišta, veličinu skladišnog prostora, tip regala i polica koji se koriste za smeštaj robe, stepen mehanizacije, opremu koja se koristi za skladištenje, broj zaposlenih i procenu efikasnosti zaposlenih u skladištu.
 - Ukoliko je moguće uočiti nedostatke trenutnog procesa skladištenja, predložiti eventualnu optimizaciju.

Primer transportnih operacija i skladištenja u FlexSim softveru

- U FlexSim softveru je moguće primeniti različite vidove transportnih sredstava, kao i različitih vidova skladištenja.
- Transportna sredstva, kao što su viljuškari (transporter), kranovi (Crane) i automatizovana transportna sredstva (ASRS vehicle) nalaze se u meniju Task Executors
- Različiti tipovi skladišta se nalaze u meniju Warehousing. Tu se nalaze DriveIn regali (DriveInRack) ili Podno skladište (FloorStorage).
- Navedeni elementi su korišćeni u izradi modela pod nazivom „Model sa transportom.fsm“ koji je priložen uz ovu nastavnu jedinicu. Izgled ovog simulacionog modela je dat na sledećem slajdu:



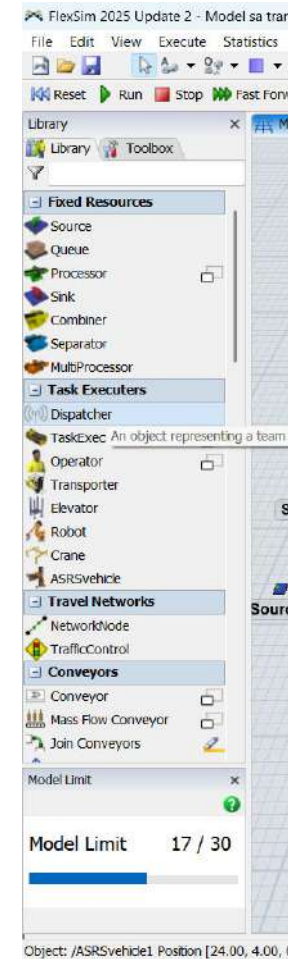
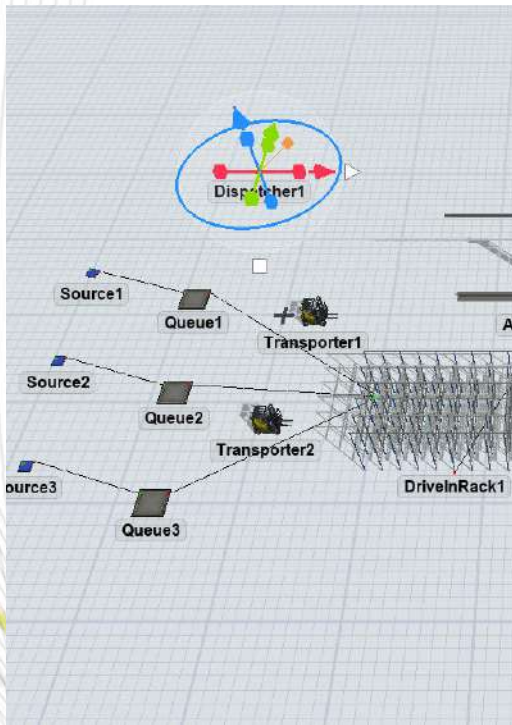
Primer transportnih operacija i skladištenja u FlexSim softveru



- Svi elementi ovog modela uneti su i povezani na isti način, kao i u slučaju modela predstavljenih na prethodnim predavanjima.
- Jedini novi element u ovom modlu je Dispečer (Dispatcher). Dispečer je osoba ili automatizovani sistem koji raspodeljuje radne ili transportne operacije među raspoloživim delovima opreme.
- U slučaju prethodnog modela, Dispečer raspodeljuje operacije unutrašnjeg transporta između dva viljuškara (Transporter 1 i Transporter 2).
- Uvođenje dispečera i povezivanje sa delovima opreme, urađeno je na sledeći način:

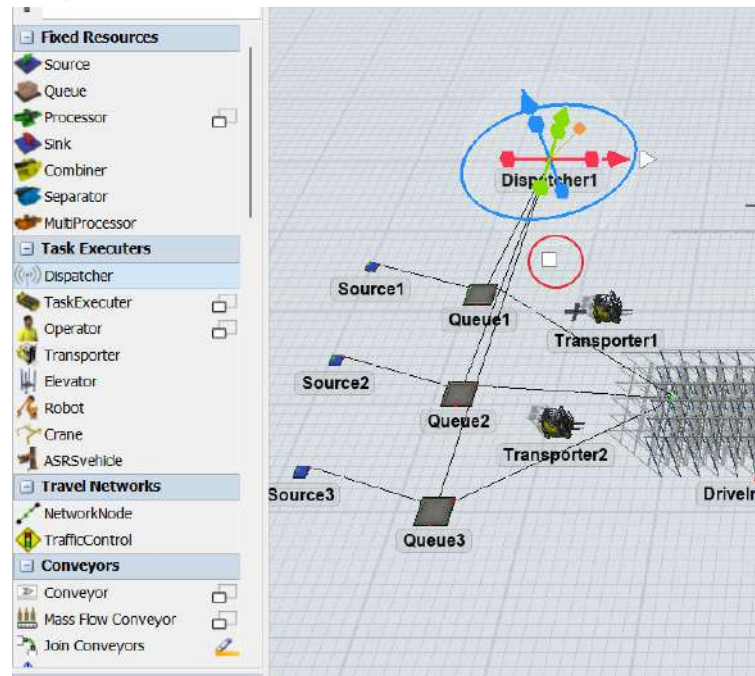
Primer transportnih operacija i skladištenja u FlexSim softveru

- Iz menija se izabere element Dispatcher:



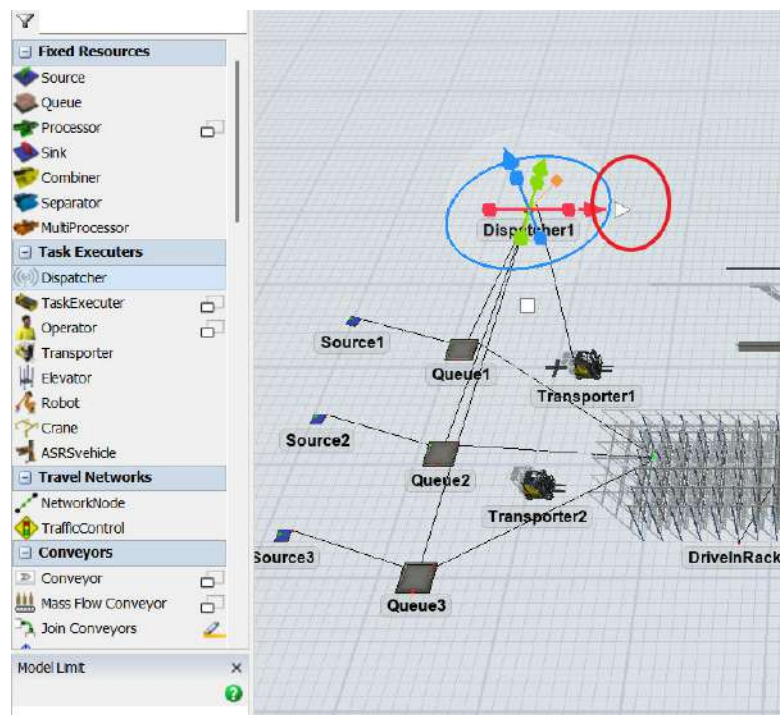
Primer transportnih operacija i skladištenja u FlexSim softveru

- Međuskladišta (Queue 1,2 i 3) povezati sa dispečerem preko donjeg kvadratića dispečera, kao na slici:



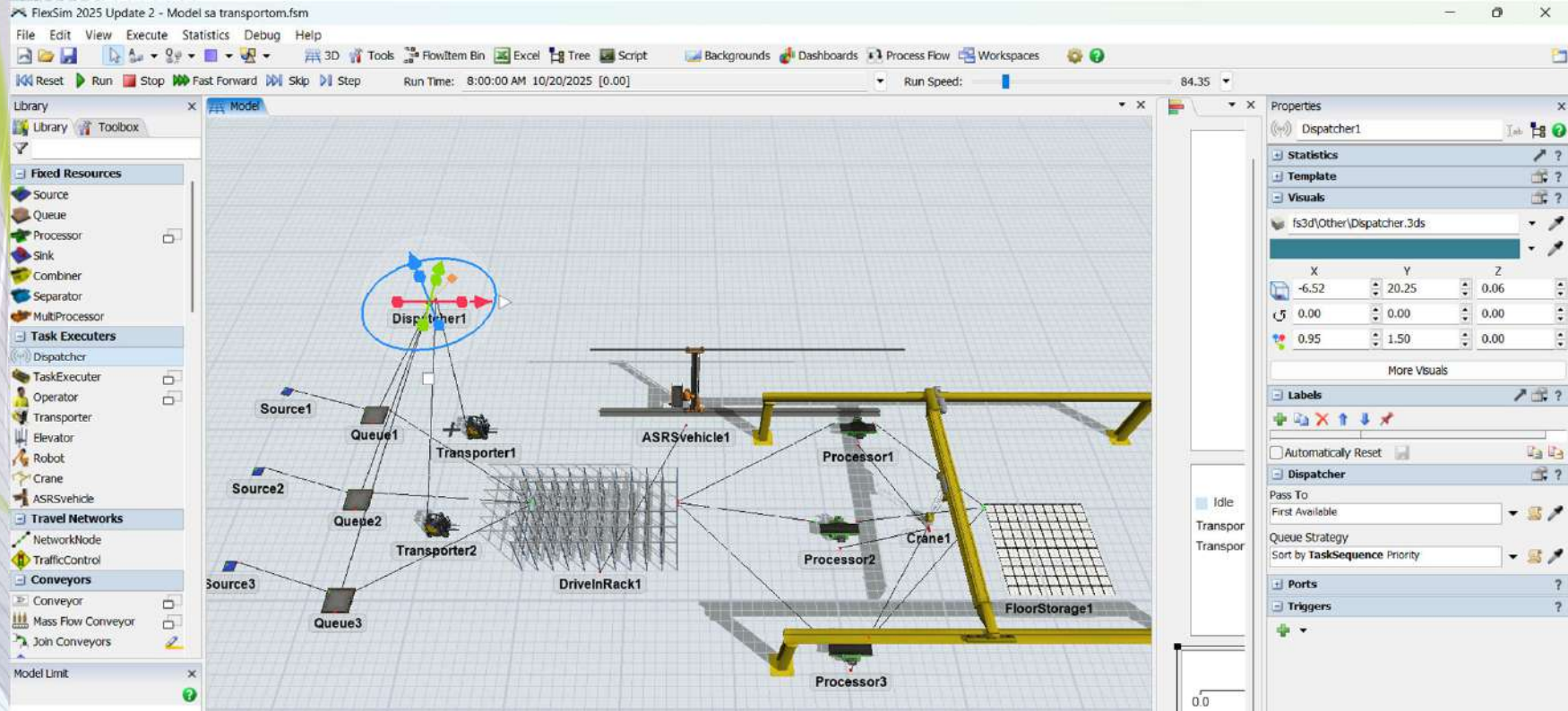
Primer transportnih operacija i skladištenja u FlexSim softveru

- Dispečera sa transporterima koje kontroliše povezujemo preko prednjeg belog kvadratića, kao na slici:



Primer transportnih operacija i skladištenja u FlexSim softveru

- Konačno povezan dispečer izgleda kao na sledećoj slici:





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –ODRŽAVANJE-ERGONOMIJA

- Pored termina koji su predloženi na prezentaciji sa prvog predavanja, studenti mogu svoje seminarske radove da brane i u terminima ispita.
- Studenti koji planiraju da brane svoj rad u bilo kom od navedenih termina (ili u ispitnim rokovima), trebaju da seminarski rad pošalju profesoru Mihajloviću (na mejl), kao i asistentkinji Ermini Ćosović, najkasnije jedan dan pre planiranog termina odbrane, do 16h.