



# Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Prof. Dr Ivan Mihajlović

[imihajlovic@mas.bg.ac.rs](mailto: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.

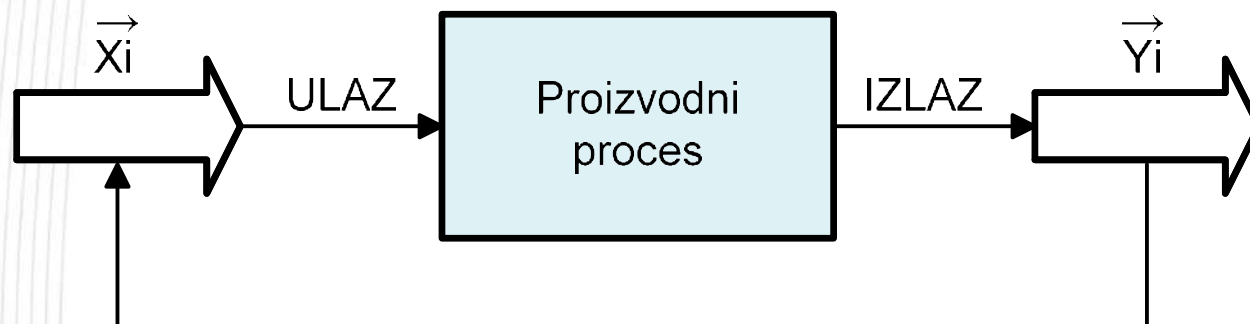


# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA

- Na osnovu svega napred rečenog, već iznete definicije proizvodnje, kao i uloge industrijskog sistema u tržišnom okruženju, može se zaključiti da je: ***Industrijski sistem složena celina komponenti koja ima za osnovni cilj svrsishodnu transformaciju materijalnih elemenata i raznih vidova energije u određenu novoostvarenu vrednost a koje zadovoljavaju određene iskazane potrebe tržišta. Pri tome ta novoostvarena vrednost materijalnih ili nematerijalnih dobara ima odgovarajući kvalitet i ostvarena je uz odgovarajuće ukupne troškove poslovanja u okviru proizvodnog procesa.***
- Šematski prikazano navedeni opis dat je na slici:



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA



X

- rad
- sredstva za rad
- predmeti rada
- energija
- informacije

P

- priprema proizvodnje
- tehnološki proces
- proces kontrole
- proces unutrašnjeg transporta
- proces održavanja

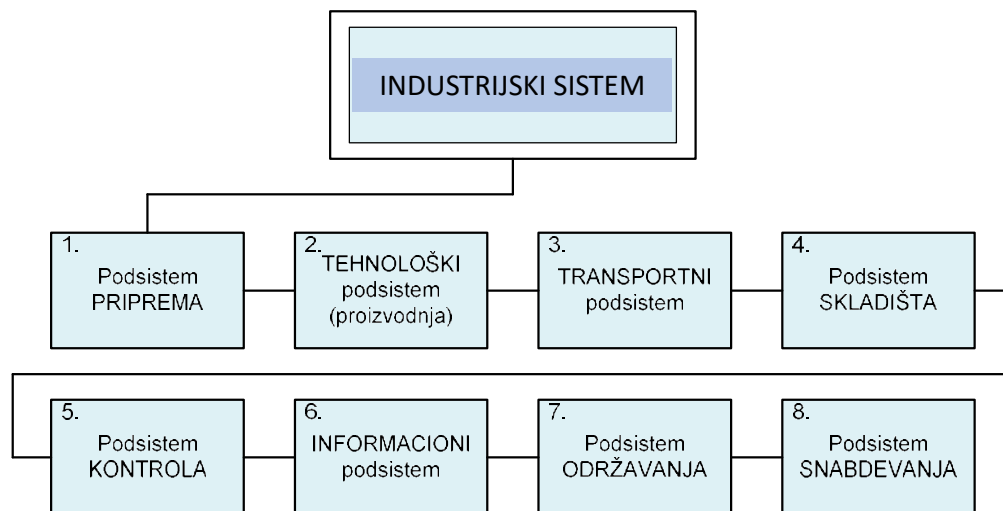
Y

- obim proizvodnje
- kvalitet proizvoda
- novostvorena vrednost



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA

- Obzirom da se industrijski sistem posmatra kao skup elemenata koji definišu sve aktivnosti koje se dešavaju sa predmetom rada od ulaska repromaterijala u proizvodnju do izlaska gotovog proizvoda, onda se on može predstaviti kao skup podсистema, kako je dato na slici:



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE



- U savremenoj literaturi postoje brojni predlozi za kvantifikaciju kapacitivnih mogućnosti proizvodnje.
- Adekvatan pristup problematici proizvodnih kapaciteta podrazumeva odvajanje projektovanog – proračunatog od stvarnog – ostvarenog kapaciteta .
- U cilju sistematizacije kategorije kapaciteta proizvodne opreme moguće je koristiti sledeće kategorije:
  - **Projektovani kapacitet:**
    - projektovani kapacitet shodno tehničkim karakteristikama opreme - **tehnički kapacitet**,
    - projektovani kapacitet shodno eksploatacionim i organizacionim uslovima - **eksploatacioni kapacitet**,
  - **Stvarni - ostvareni kapacitet:**
    - Kapacitet korišćenja opreme koji se realno ostvari u toku realizacije proizvodnog ciklusa. Ovaj kapacitet se ne proračunava niti projektuje, već se vrši njegovo direktno merenje, nekom od metoda koje će biti predstavljene.

Takođe, imajući u vidu kompleksnost proizvodnih sistema, razlikuje se **kapacitet individualnih mašina**, **komponentni kapacitet** grupa srodnih mašina i **kapacitet fabrike**.

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE



- Kapacitet mašine predstavlja njenu radnu sposobnost da u okviru određenog vremenskog perioda (uobičajeno godinu dana ili tokom ciklusa proizvodnje) izvrši izvestan broj određenih operacija.
- Za adekvatno utvrđivanje kapaciteta jedne mašine bitan je uslov poznavanja njenih tehničkih i eksploatacionih karakteristika.
  - **Tehničke karakteristike mašine** determinišu mogućnost upotrebe date mašine za obavljanje određenih poslova - operacija.
  - **Eksploatacione karakteristike mašine** odnose se na adekvatni režim korišćenja, rukovanja, održavanja, što u celini određuje radnu sposobnost mašine kroz mogućnost obavljanja određenog broja operacija u okviru jednog vremenskog intervala.
- Karakteristike mašina sa izuzetkom specijalizovanih, dopuštaju obavljanje različitih radnih operacija, što onemogućava izražavanje kapaciteta preko broja izvršenih istovrsnih operacija.
- Stoga se u većini slučajeva kao pogodna jedinica za izražavanje kapaciteta usvaja vremenska jedinica - mašinski čas ili mašina čas: [MČ].

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- *Realni tehnički kapacitet mašine* -  $C_{mt}$  pod kojim se podrazumeva fond MČ u kome je mašina u stanju da proizvodi. To, drugim recima, znači kalendarski fond časova umanjen za onaj broj časova koji je neopohodan za osposobljavanje mašine za normalan rad, proizvodnju:
  - $C_{mt} = 365 \cdot 24 - t$  [MČ/god]
- Gde je  $t$  - projektovan ukupan broj časova godišnje za održavanje normalne radne sposobnosti mašine.
  - Dužina vremena  $t$ , zavisi od karakteristika same mašine ali i od načina na koji je organizovano održavanje proizvodne opreme u proizvodnom sistemu-u.



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Saglasno uobičajenim uslovima eksploatacije u industriji, u proračun projektovanog eksploatacionog kapaciteta mašine -  $C_{me}$  se ulazi sa sledećim pretpostavkama u pogledu projektovanog smanjenja realnog tehničkog kapaciteta, i to:
  - projektovan broj radnih smena,
  - projektovan broj neradnih dana (praznici, nedelje, subote i sl.),
  - projektovani obavezni prekidi (polučasovni odmor radnika u toku dana i sl.) i dr.
- Na taj način, eksploatacioni kapacitet mašine, računa se putem obrasca:
- $$C_{me} = C_{mt} - N \cdot 24 - P \cdot 24 - R \cdot 1.5 \text{ [MČ/god]} \quad (3.3)$$
- Kako bi se navedena formula mogla da koristi, prvenstveno je potrebno odrediti R- broj radnih dana godišnje:
  - $$R = 365 - N - P - t/24 \text{ [dana]} \quad (3.4)$$
  - Gde su: N – broj neradnih dana (subote, nedelje, remont i sl.), P-broj prazničnih dana, R-broj radnih dana (koeficijent od 1.5 h, predstavlja tri pauze od po 0.5 h u toku dana, za svaku smenu po jedna). t-vreme potrebno za održavanje tehničke ispravnosti (normalne radne sposobnosti) mašine.

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE



- Stvarni uslovi rada mašine se više ili manje razlikuju od projektovanih. Stoga se ostvareni kapacitet mašine  $C_{ms}$  razlikuje od  $C_{me}$  i to uglavnom iz sledećih razloga:
  - pretpostavke na kojima je zasnovan projektovani eksploatacioni kapacitet se ne ostvaruju,
  - deluju i drugi nepredvideni uticajni činioci, pretežno stohastičkog karaktera

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- U skladu sa prikazanim kategorijama proizvodnih kapaciteta mašine mogu se izračunati sledeći procenti iskorišćenja tehničkog i eksploatacionog proizvodnog kapaciteta mašina:
- $\eta_{mt} = \frac{C_{me}}{C_{mt}} \cdot 100\%$        $\eta_{me} = \frac{C_{ms}}{C_{me}} \cdot 100\%$
- Za realnije sagledavanje iskorišćenja raspoloživog kapaciteta mašine u datim uslovima prikladniji je  $\eta_{me}$ .
- S druge strane  $\eta_{mt}$  može da posluži za utvrđivanje stepena uticaja projektovanih uslova eksploatacije, objektivno ili subjektivno uslovljenih, na iskorišćenje projektovanog tehničkog kapaciteta.

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Kapacitet fabrike:
  - tehnički kapacitet fabrike:
  - $C_{ft} = \sum_{j=1}^n C_{mt_j}$  [MČ/god]
- Prilikom određivanja projektovanog **eksploatacionog kapaciteta fabrike** treba uzeti u obzir činjenicu da se pod kapacitetom fabrike ne može jednostavno smatrati suma odgovarajućih kapaciteta mašina. Osnovni razlog za ovu tvrdnju leži u okolnosti da kapacitet fabrike uključuje i uticaje tehničko tehnološke strukture proizvoda - kvalitativno i kvantitativno. Odnosno, od značaja je tehnološki redosled proizvodnih operacija neophodnih za dobijanje različitih finalnih proizvoda.

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Samim time, adekvatna interpretacija projektovanog eksploatacionog kapaciteta fabrike zahteva klasifikaciju svih mašina u grupe - komponentne kapacitete.
- Glavni kriterijum za razvrstavanje pojedinih mašina u odgovarajuću grupu, komponentni kapacitet, je utvrđivanje mogućnosti uzajamne zamenljivosti po osnovu tehničko-eksploatacionih karakteristika za obavljanje odgovarajućih operacija.
- Prema tome, sama veličina pojedinačnog komponentnog kapaciteta grupacije istorodnih mašina se dobija na osnovu izraza:
  - $C_{ke} = \sum_{j=1}^n C_{me_j}$  [MČ/god]
- Prema tome, projektovani **eksploatacioni kapacitet fabrike** (za uslove više proizvoda i diskontinualne tehnologije proizvodnje) interpretira se kao skup od  $n$  komponentnih kapaciteta –  $C_{ke}$ :
  - $C_{fe} = \sum_{j=1}^n C_{ke_j}$  [MČ/god]

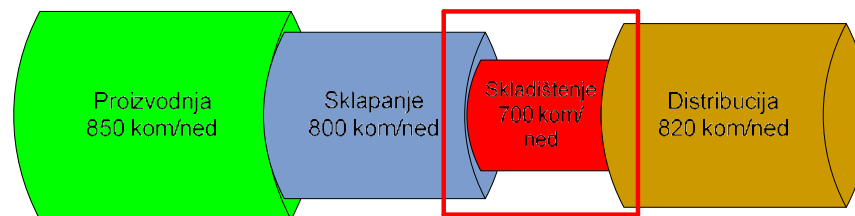
# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE



- Ono što je značajno je da mora postojati izvestan stepen usklađenosti komponentnih kapaciteta. Na taj način, prilikom projektovanja izgradnje novih ili rekonstrukcije postojećih proizvodnih kapaciteta, treba nastojati da se ostvari optimalni sklad komponentnih kapaciteta. Međutim, dinamika izmene proizvodnih programa uslovljava, ranije ili kasnije, nastanak nesklada komponentnih kapaciteta.
- Neusklađenost komponentnih kapaciteta uslovljava pojavu tzv. "uskih grla". Pod "uskim grlom" podrazumeva se potpuno iskorišćen u datim uslovima eksploatacije proizvodni kapacitet (mašine, odnosno grupa mašina kao tehnološki zaokružene skupine ili komponentni kapacitet).
- "Usko grlo" može biti:
  - grupa proizvodnih kapaciteta – mašina,
  - pojedinačni kapacitet - mašina (kao specijalni slučaj).

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Kako bi se dodatno pojasnio koncept „uskog grla“, na slici, je dat karakteristični primer:



- Sama "Uska grla" mogu nastati usled:
  - neusklađenosti proizvodnog programa sa strukturom i veličinom proizvodnih kapaciteta, odnosno lošim planiranjem odnosa ponude i potražnje,
  - niskog nivoa organizacije proizvodnih procesa,
  - lošeg održavanja radnih sposobnosti osnovnih sredstava.

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Iskorišćenje tehničkog kapaciteta fabrike, u procentima je:

- $$\eta_{ft} = \frac{C_{fe}}{C_{ft}} \cdot 100\%$$

- iskorišćenje eksploatacionog kapaciteta fabrike u procentima je:

- $$\eta_{fe} = \frac{C_{fs}}{C_{fe}} \cdot 100\% \cdot 100\%$$

- iskorišćenje komponentnih kapaciteta fabrike (u procentima) računa se na osnovu:

- $$\eta_{ke} = \frac{C_{ks}}{C_{ke}} \cdot 100$$

- $\eta_{ft}$  - prikazuje koliko projektovani uslovi eksploatacije uslovljavaju neiskorišćenje tehničkog kapaciteta, što na svojevrsan način ukazuje na moguće rezerve raspoloživih kapaciteta, koje se mogu upotrebiti nakon bolje organizacije rada.
- $\eta_{fe}$  i  $\eta_{ke}$  - pokazuju koliko se stvarno koriste projektovani eksploatacioni kapaciteti fabrike, odnosno pojedinih komponentnih kapaciteta, te kao takvi predstavljaju i najznačajniji pokazatelj korišćenja, uz pretpostavku da su projektovani uslovi eksploatacije dovoljno realno zasnovani na mogućnostima.



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE



- Prethodni kapaciteti spadaju u kategoriju projektovanih – planiranih podataka.
- **Realni, stvarni kapacitet** (ostvareni kapacitet) se dobija merenjem, odnosno snimanjem, realne situacije u proizvodnji.
- Kod manjih pogona, gde je neophodno izmeriti kapacitet raspoložive proizvodne opreme – odnosno mašina, može se vršiti direktno merenje na svakom od radnih mesta.
- Kod većih pogona, najčešće nije moguće izvršiti merenje na svakoj od mašina. U tim slučajevima primenjuju se metode kontrole korišćenja kapaciteta, zasnovane na statističkoj analizi. Jedna od najzastupljenijih metoda merenja kapaciteta, je Metoda trenutnih zapažanja (**MTZ**).

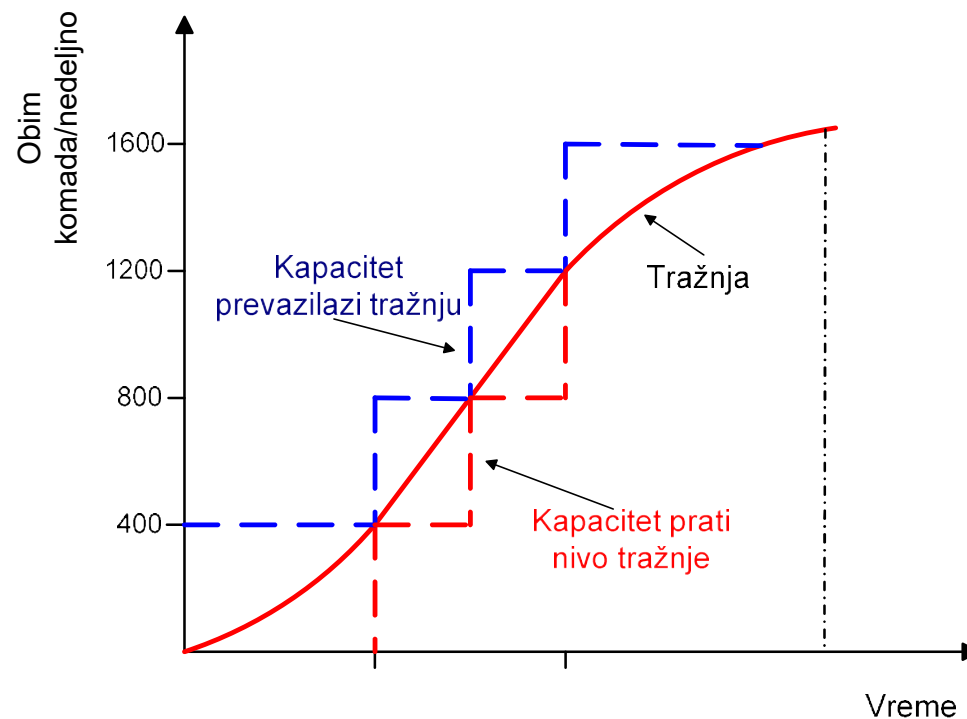
# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE



- Prema tome, pri projektovanju kapaciteta, prvo se vrši proračun takozvanih projektovanih proizvodnih kapaciteta a potom, kod realizacije procesa proizvodnje, vrši se merenje stvarnih kapaciteta kako bi se definisalo iskorišćenje kapaciteta, koje može biti od značaja za planiranje kapaciteta u narednom ciklusu proizvodnje.
- Pri tome, pošto je izvesno da projektovani kapaciteti neće biti identični ostvarenima, ali – u većini slučajeva - neće biti ni identičan potražnji za proizvodima na tržištu, treba se opredeliti za strategiju kako izvršiti njihovo usaglašavanje.
- Prema tome, definišu se **alternativni planovi kapaciteta**.

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – KAPACITET PROIZVODNJE

- Alternativni planovi kapaciteta



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- **Obim proizvodnje** predstavlja količinu proizvoda koju će industrijski sistem proizvesti u toku određenog vremenskog perioda. Obim proizvodnje se može predstaviti na godišnjem nivou ili na nivou jednog ciklusa proizvodnje (koji može trajati od nekoliko dana do više meseci).
- Optimalna veličina obima proizvodnje, zavisi od karakteristika samog procesa proizvodnje (kvantitativnih i kvalitativnih aspekata), kao i od internih ograničenja, koja su u prvom redu proizvodni kapaciteti, kao i kapaciteti skladištenja ( o kojima će više reči biti kasnije).

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- Posmatrano na bazi kriterijuma kvantiteta, razlikuju se tri tipa proizvodnje:
  - **Pojedinačni** - proizvodi se samo jedan komad (finalnog proizvoda ili nekog njegovog elementa). Tu svakako treba razlikovati pojedinačnu proizvodnju, takozvanog zanatskog tipa i pojedinačnu proizvodnju – projektnog tipa.
  - **Serijski** - proizvodi se unapred određena količina istovrsnih komada (finalnog proizvoda ili njegovih elemenata) u okviru jednog proizvodnog ciklusa, sa ponavljanjem ili bez ponavljanja.
  - **Masovni** - proizvodi se sukcesivno velika količina istovrsnih komada (finalnih proizvoda ili njegovih elemenata).
- Naravno, treba istaći da nije redak slučaj i da preduzeća/kompanije imaju kombinaciju pojedinačne, serijske i masovne proizvodnje.
- U tom slučaju se pojedini proizvodi (ili delovi proizvoda) proizvode u manjoj seriji – ili unikatni komadi, dok se drugi proizvodi iz portfolia iste kompanije izrađuju u velikoj seriji ili masovno.

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- Sa stanovišta kvalitativnog pristupa proizvodnom procesu može se kao kriterijum usvojiti: **stepen kontinuiranosti procesa**. Obuhvatajući sve elemente procesa zavisno od stepena razvoja svakog pojedinog elementa i njihovog međusobnog uticaja, razlikuju se dve osnovne kategorije:
  - kontinualni procesi,
  - diskontinualni procesi,
  - kombinovani (polukontinualni) procesi.
- Na stepen kontinualnosti procesa transformacije materijala utiču:
  - vrsta finalnih proizvoda i elemenata proizvoda,
  - nivo proizvodne i druge opreme,
  - vrsta polaznih repro materijala – sirovine,
  - koncepcija procesa transformacije materijala u gotov proizvod, odnosno primenjeni tehnološki proces i
  - ljudski faktor.

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- Ono što je od značaja je pronaći optimalnu veličinu proizvodne serije, srazmernu uslovima datog procesa proizvodnje.
- U tom smislu, kvantitativni aspekt tipova proizvodnje proizvoda, uopšte, treba tretirati u kontekstu:
  - eksternih uslova i
  - internih uslova proizvodnje.
- Što se **eksternih** uslova tiče, tu zapravo spada potražnja za datim proizvodima na tržištu. Eksterni uslovi se, na dugoročnoj i kratkoročnoj osnovi, procenjuju aktivnostima istraživanja tržišta.
- **Interni** uslovi podrazumevaju mogućnost poslovno proizvodnih sistema, da uz optimalni nivo troškova, tehnički i tehnološki odgovori zahtevima tržišta. U interne uslove spadaju - relativno fiksni resursi i ostali resursi. U relativno fiksne resurse spadaju:
  - proizvodni objekti,
  - proizvodna oprema (raspoloživi proizvodni kapaciteti),
  - odgovarajuća infrastruktura (transportna mreže, instalacije, komunikacije i sl.).

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- Glavni aspekti koji se analiziraju kod određivanja optimalne veličine proizvodne serije, podrazumevaju odnos između:
  - **troškova pripreme proizvodnje** - odnosno troškove organizacije nabavke neophodnih repromaterijala (setup/ordering costs) ( $t_1$ ) i
  - **troškova nedovršene proizvodnje** (poluproizvoda) kao i manipulacije materijalom, t.j. skladištenje po jednom komadu u okviru odgovarajuće količine u seriji – (Holding/carrying costs) ( $t_2$ ), uz pretpostavku da su svi ostali troškovi nepromenjeni bez obzira na veličinu serije.



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- optimalna serija je ona veličina proizvodne serije za koju su troškovi proizvodnje po jedinici proizvoda minimalni.
- Analitički izraženi kriterijum, dat je u sledećoj funkciji cilja:
  - $T = t_1 + t_2 \rightarrow \min$ 
    - $t_1$  - pripremno-završni troškovi [din/god] i
    - $t_2$  - troškovi skladištenja [din/god]

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE

- Pripremno-završni troškovi se i zračunavaju pomoću izraza:

- $t_1 = \frac{D}{X} \cdot S$

- Dok se troškovi skladištenja određuju izrazom:

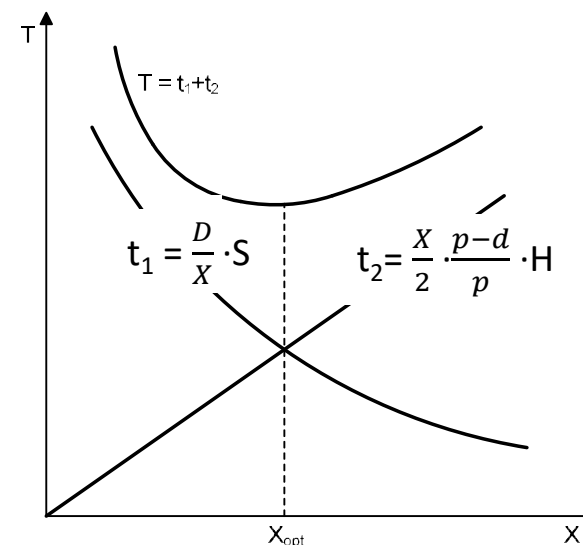
- $t_2 = \frac{X}{2} \cdot \frac{p-d}{p} \cdot H$

- Upotrebljeni simboli predstavljaju:

- X - veličina proizvodne serije – koju treba optimizirati [kom/ser];
- D - godišnje utvrđena potrebna količina proizvoda (delova) na tržištu, [kom/god];
- S - pripremno-završni troškovi za jednu proizvodnu seriju [din/ser];
- H - troškovi skladištenja (zamrzavanja obrtnih sredstava) po jedinici proizvoda, definisani dugoročnim planom za godinu dana ;
- p - dnevna proizvodnja odgovarajućeg dela proizvoda [kom/dan];
- d - količina delova koja se direktno ugrađuje u finalni proizvod u toku dana [kom/dan];

- Prema tome, biće:

- $T = t_1 + t_2 = \frac{D}{X} \cdot S + \frac{X}{2} \cdot \frac{p-d}{p} \cdot H$



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE

- Posto se traži minimum funkcije troškova, prethodna funkcija se diferencira i izjednačava sa nulom:

$$\frac{\partial T}{\partial X} = -\frac{D}{X^2} \cdot S + \frac{1}{2} \left( \frac{p-q}{p} \right) \cdot H = 0$$

- rešavanjem po X – dobija se izraz za optimalnu veličinu proizvodne serije:

- $X_{opt} = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H} * \frac{p}{p-d}}$  [kom/ser]

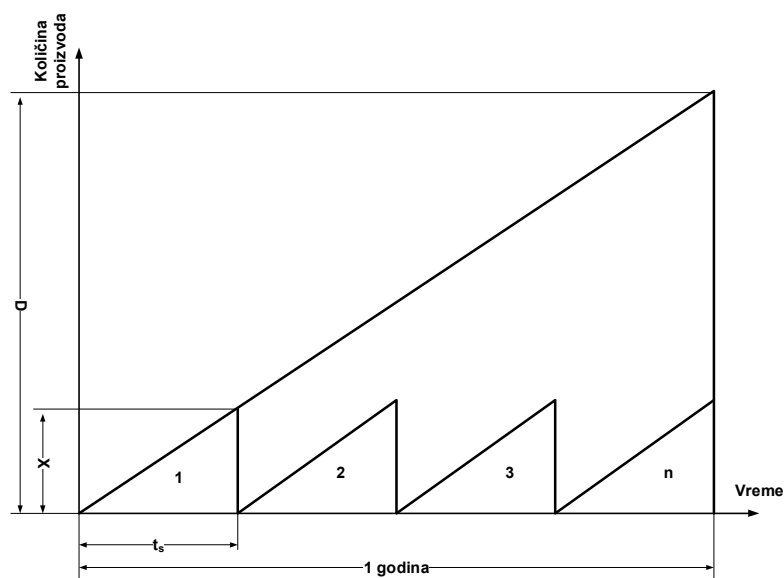
Kod ovog modela mogu se javiti dva ekstremna slučaja:

$$d = 0 \quad \text{i} \quad d = p$$

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- Rezultujući prikaz optimalne veličine proizvodne serije je dat na slici:



- Na slici je sa  $t_s$  predstavljeno vreme trajanja proizvodnje jedne proizvodne serije (ciklus proizvodnje), dok  $n$  predstavlja broj proizvodnih serija u toku jedne godine.

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- **Primer 1:** Fabrika u toku analiziranog vremenskog perioda treba da proizvede  $D = 260.000$  kom proizvoda. Pripremno završni troškovi jedne proizvodne serije su  $S = 750.000$  nj/ser. Dnevno proizvedena količina komponenti  $p = 710$  kom. Dnevno se u konačni proizvod ugrađuje  $d = 600$  kom komponenti. Troškovi skladištenja po komadu su  $H = 800$  din/kom. Potrebno je:
  - a) Izračunati optimalnu veličinu proizvodne serije;
  - b) Grafički predstaviti optimizaciju veličine proizvodne serije;
  - c) Izračunati ukupne troškove optimalne serije.

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE

- REŠENJE:
- a) Pripremno-završni troškovi se i zračunavaju pomoću izraza:

$$\bullet t_1 = \frac{D}{X} \cdot S$$

- Dok se troškovi skladištenja određuju izrazom:

$$\bullet t_2 = \frac{X}{2} \cdot \frac{p-d}{p} \cdot H$$

- Ukupni troškovi su:

$$\bullet T = t_1 + t_2 = \frac{D}{X} \cdot S + \frac{X}{2} \cdot \frac{p-d}{p} \cdot H$$

optimalna veličina proizvodne serije je:

$$X_{opt} = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H} * \frac{p}{p-d}} = \sqrt{\frac{2 * 260000 * 750000}{800} * \frac{710}{710 -}}$$

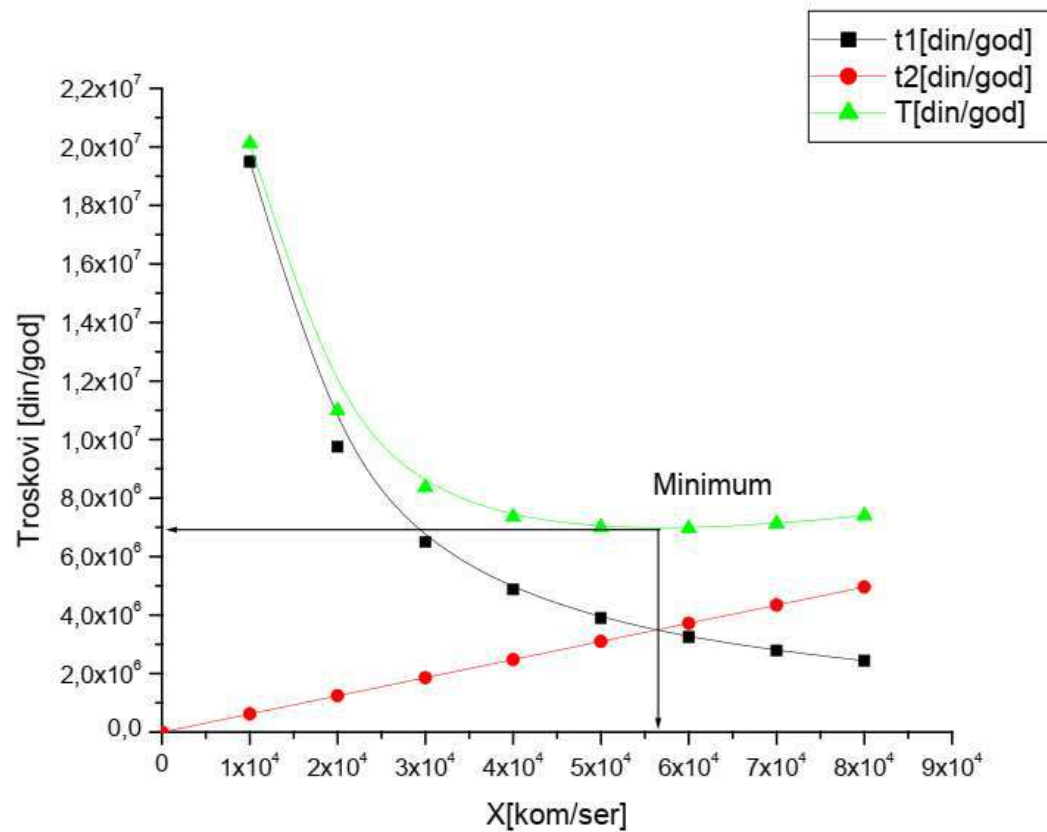
$$X_{opt} = 56094 \text{ kom/seriji}$$

$$\text{Broj srija je } n = D/X_{opt} = 260000/56094 = 4.64$$

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- b) Grafički predstavljena zavisnost troškova od obima proizvodnje je:



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE

- c) Ukupni troškovi poslovanja se izračunavaju preko:

$$T = t_1 + t_2 = \frac{D}{X} \cdot S + \frac{X}{2} \cdot \frac{p-d}{p} \cdot H = \frac{260000}{56094} \cdot 750000 + \frac{56094}{2} \cdot \frac{71}{710} \cdot 800$$

$$T = 6.952.556 \text{ nj}$$



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- Navedeni model propračuna optimalne veličine proizvodne serije je opšte poznat, te ga je moguće pronaći u velikom broju softverskih aplikacija iz oblasti Operativnog menadžmenta.
- Jedna od aplikacija u kojoj je moguće primeniti navedeni model je POM QM for Windows. Navedenu aplikaciju – demo verziju, moguće je besplatno download-ovati sa linka:  
[https://wps.prenhall.com/bp\\_taylor\\_introms\\_11/220/56508/14466195.cw/content/](https://wps.prenhall.com/bp_taylor_introms_11/220/56508/14466195.cw/content/)

# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE



- Nakon instalacije, navedeni model je moguće pronaći u okviru modula: ***Inventory***.
- Nakon izbora modula **Inventory**, pokreže se **File** potom **New** i onda se bira model: ***Production Order Quantity Model***

POM-QM for Windows - [Data Table]

File Edit View Module Format Tools Window Help

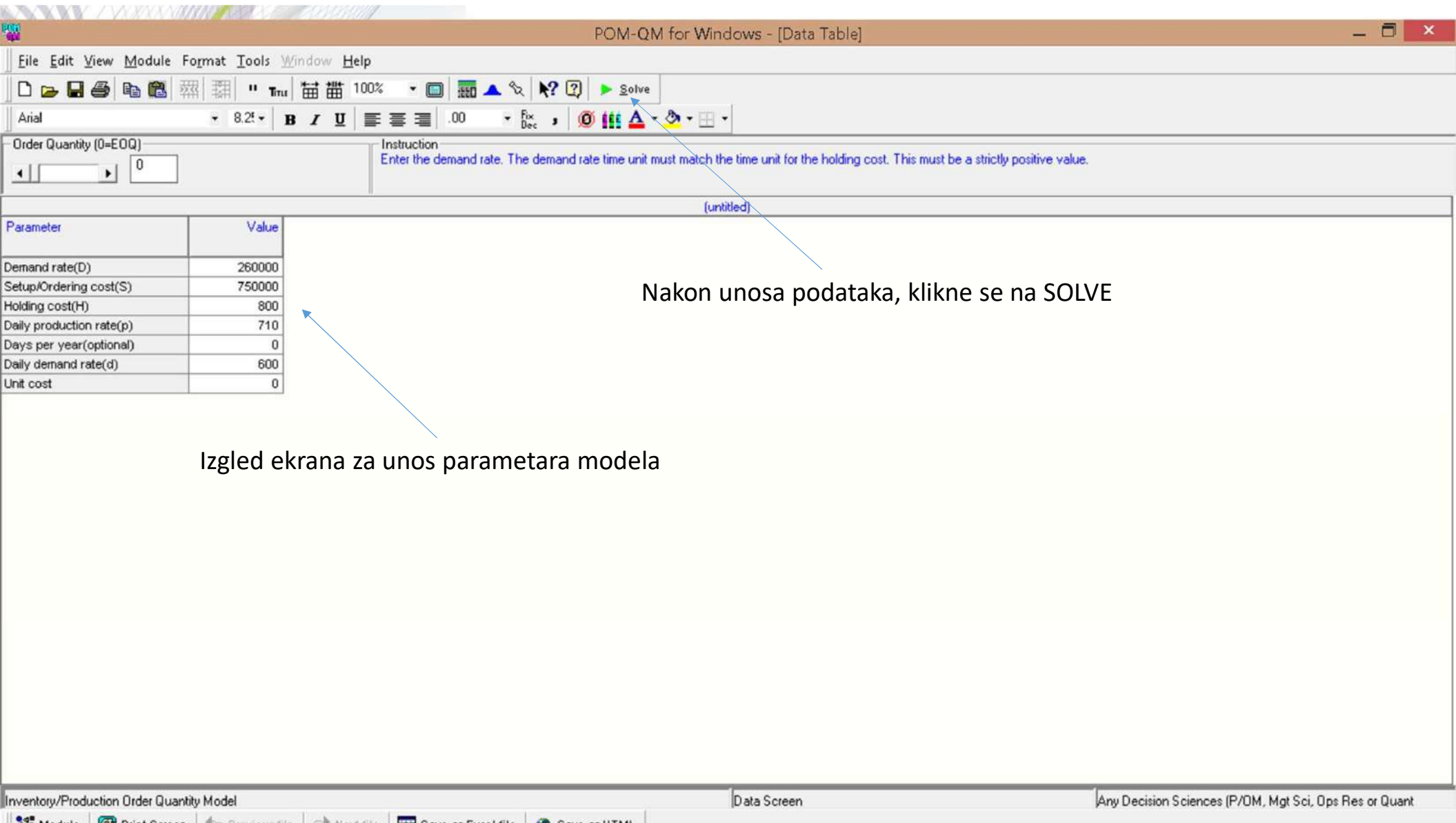
Order Quantity (O=EOQ)  Instruction  
Enter the demand rate. The demand rate time unit must match the time unit for the holding cost. This must be a strictly positive value.

Parameter	Value
Demand rate(D)	260000
Setup/Ordering cost(S)	750000
Holding cost(H)	800
Daily production rate(p)	710
Days per year(optional)	0
Daily demand rate(d)	600
Unit cost	0

(untitled)

Solve

Inventory/Production Order Quantity Model Data Screen Any Decision Sciences (P/OM, Mgt Sci, Ops Res or Quant)



Nakon unosa podataka, klikne se na SOLVE

Izgled ekrana za unos parametara modela

File Edit View Module Format Tools Window Help

100% Edit Data

Arial 8.25 B I U .00 Fix Dec

Order Quantity (Q=EOQ)

0

Instruction  
Other output can be viewed by using WINDOW.

### Inventory Results

(untitled) Solution

Parameter	Value	Parameter	Value
Demand rate(D)	260000	Optimal production quantity (Q*)	56094.48
Setup/Ordering cost(S)	750000	Maximum Inventory Level (Imax)	8690.69
Holding cost(H)	800	Average inventory	4345.35
Daily production rate(p)	710	Production runs per period (year)	4.64
Days per year (D/d)	433.33	Annual Setup cost	3476278.0
Daily demand rate	600	Annual Holding cost	3476278
Unit cost	0	Unit costs (PD)	0
		Total Cost	6952556.0

Co... [Print] [Copy] [Close]

Inventory/Production Order Quantity Model

Module Print Screen Previous file Next file Save as Excel file Save as HTML

Solution Screen

Any Decision Sciences (P/OM, Mgt Sci, Ops Res or Quant

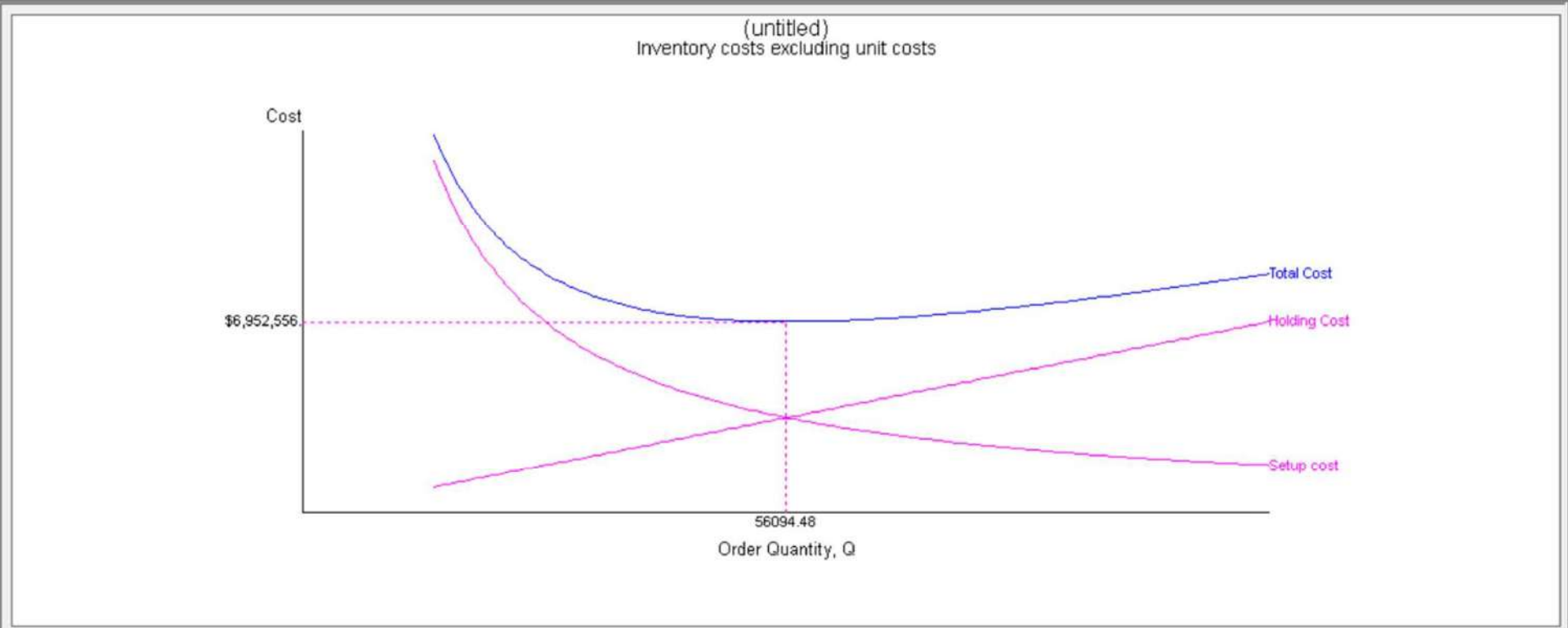


# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE

- Na osnovu prikaza rezultata QM for Windows, softvera, vide se i dodatni podaci, u odnosu na prethodnu analizu.
- Tu su npr, broj ciklusa proizvodnje u posmatranom periodu, koji se može dobiti kao  $n = D/X_{opt} = 260000/56094 = 4.64$
- Maksimalni nivo zaliha, koji se može dobiti kao  $X_{opt} * \left(\frac{p-d}{p}\right) = 56094 * \left(\frac{710-600}{710}\right) = 8690.69$
- Dužina trajanja perioda proizvodnje:  $\tau = D/d = 260000/600 = 433,33$  dana

Order Quantity (Q=EOQ)

Instruction  
Other output can be viewed by using WINDOW.





# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE

- **Primer 2- za vežbu na času:** Fabrika u toku perioda od jedne godine treba da proizvede  $D = 180.000$  kom proizvoda. Pripremno završni troškovi jedne proizvodne serije su  $S = 250.000$  nj/ser. Dnevno proizvedena količina komponenti  $p = 710$  kom. Troškovi skladištenja po komadu su  $H = 600$  din/kom. Potrebno je:
  - a) Izračunati optimalnu veličinu proizvodne serije;
  - b) Grafički predstaviti optimizaciju veličine proizvodne serije;
  - c) Izračunati ukupne troškove optimalne serije.



# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE

- **Primer 3- za vežbu na času:** Fabrika u toku perioda od 250 dana, na osnovu porudžbina kupaca, treba da proizvede  $D = 180.000$  kom proizvoda. Pripremno završni troškovi jedne proizvodne serije su  $S = 125.000$  nj/ser. Troškovi skladištenja po komadu su  $H = 500$  din/kom. Proizvodnja se odvija po JiT principu, uz projektovani nivo škarta od 2%. Potrebno je:
  - a) Izračunati optimalnu veličinu proizvodne serije;
  - b) Grafički predstaviti optimizaciju veličine proizvodne serije;
  - c) Izračunati ukupne troškove optimalne serije.





# OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – OBIM PROIZVODNJE

- **Primer 4- za vežbu na času:** Fabrika u toku perioda od 300 dana, na osnovu porudžbina kupaca, treba da proizvede  $D = 240.000$  kom proizvoda. Pripremno završni troškovi jedne proizvodne serije su  $S = 100.000$  nj/ser. Troškovi skladištenja po komadu su  $H = 200$  din/kom. Proizvodnja se odvija po planskom (MRP) principu, na osnovu istraživanja tržišta, samim time usvojiti da je  $d=0$ . Potrebno je:
  - a) Izračunati optimalnu veličinu proizvodne serije;
  - b) Grafički predstaviti optimizaciju veličine proizvodne serije;
  - c) Izračunati ukupne troškove optimalne serije.



## ZADATAK ZA STUDENTE # 3

- Za opisani proizvod iz Zadatka 1, opisati postojeći ili predložiti novi **plan obima proizvodnje**.
- U okviru plana obima proizvodnje, predvideti/prikazati minimalni, optimalni i maksimalni obim proizvodnje.
- Ukoliko je primenjivo za primer iz zadatka, izračunati optimalni obim proizvodnje koristeći opisani model (*Production Order Quantity Model*).
- Ukoliko nije primenjivo, izračunati optimalni obim proizvodnje, uzevši kao polazne sledeće parametre:  $D=250000$  kom;  $S = 220000$  nj/ser;  $H = 500$  nj/kom;  $p = 950$  kom;  $d = 685$  kom. Rezultate predstaviti proračunom, kao i primenom QM softvera.