



DEFINIRANJE (PLANIRANJE) TEHNOLOŠKOG PROCESA,

*Mladen Perinić
Tehnološki procesi*

U cilju ostvarenja pravovremenog definiranja i pripreme tehnološkog procesa, treba osigurati podjelu poslova, koja je inače jedna od temeljnih značajki industrijske proizvodnje.

U ukupnom lancu aktivnosti vezanih za proizvodnju jednu specijaliziranu grupu poslova, čini tehnološka priprema proizvodnje (TPP) u okviru koje planiranje tehnološkog procesa, kao veza između konstrukcije i proizvodnje, predstavlja temeljni posao.

Tehnološka priprema proizvodnje obavlja se prije početka proizvodnje, u pravilu se obavlja jedanput, a zatim se koristi za sve vrijeme dok traje proizvodnja dotičnog proizvoda. Podrazumjeva se, da će osnovno postavljeni tehnološki proces tijekom vremena proizvodnje biti u potrebnoj mjeri usavršavan.

Budući da se tehnološka priprema proizvodnje, koja je jednom provedena, koristi kroz dulji vremenski period, a ima velik utjecaj na rezultate proizvodnje i njezinu ekonomičnost, potrebno je provesti je kvalitetno i sveobuhvatno, uvijek u skladu s karakterom osnovnih utjecajnih elemenata na proces i proizvodnju. To ujedno znači, da tehnološka priprema proizvodnje neće uvijek biti provedena na isti način.



DEFINIRANJE (PLANIRANJE) TEHNOLOŠKOG PROCESA,

Mladen Perinić
Tehnološki procesi

Time se za dulji vremenski period određuju: proizvodna oprema, materijali izrade, alati i pribori, tok materijala kroz proces, vremena izrade, potrebna radna snaga i cijeli niz drugih podataka, koji utječu na efikasnost i ekonomičnost proizvodnje.

Da bi se postigli očekivani rezultati ovakav posao potrebno je provesti organizirano što znači, da u okviru industrijskog poduzeća odnosno njegove organizacijske strukture, mora postojati posebna organizacijska cjelina, koja obavlja poslove tehnološkog pripremanja proizvodnje, a imenuje se TEHNOLOŠKA PRIPREMA PROIZVODNJE.

Da bi TPP mogla uspješno obavljati poslove iz svog djelokruga, treba biti odgovarajuće organizirana. Osnovno je pri tom, da organizacijska forma bude prvenstveno u službi proizvodnog programa i proizvodne politike.

Upravo iz tog razloga, u praksi se pojavljuju razni oblici organizacije TPP. Navode se dva tipična oblika organizacijske strukture tehnološke pripreme proizvodnje, organizirane:

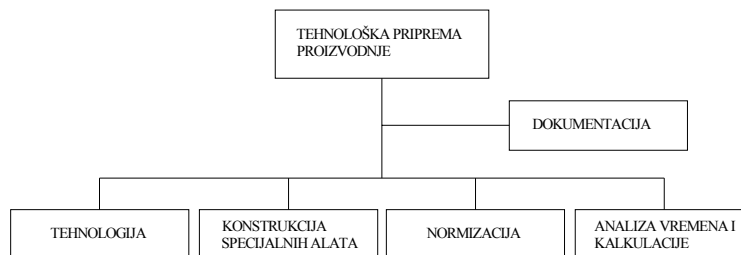
- prema vrsti poslova
- prema vrsti proizvodnih problema



DEFINIRANJE (PLANIRANJE) TEHNOLOŠKOG PROCESA,

Mladen Perinić
Tehnološki procesi

Navedena dva organizacijska oblika bit će u nastavku kratko diskutirana.



Sl. 28 Osnovna organizacijska struktura TPP prema vrsti poslova

Ova organizacijska struktura tipična je za manja poduzeća, a uključuje niže organizacijske cjeline zadužene za obavljanja pojedinih grupa poslova iz okvira tehnološke pripreme proizvodnje.



DEFINIRANJE (PLANIRANJE) TEHNOLOŠKOG PROCESA,

*Mladen Perinić
Tehnološki procesi*

- 1) Tehnologija
Osnovna organizacijska cjelina TPP-a sa zadatkom obavljanja poslova planiranja tehnoloških procesa, koji uključuju i aktivnost definiranja proizvodnih sustava, te uvođenje i praćenje procesa u eksploataciji. Tehnologija daje zahtjeve za realiziranje određenih zadataka ostalim organizacijskim jedinicama TPP-a i koristi u svom radu njihove rezultate.
- 2) Konstrukcija specijalnih alata
Temeljem zahtjevnica za konstrukciju specijalnih alata koje ispostavlja tehnologija, konstrukcijski definira izvedbe raznih specijalnih alata, ponekad i posebnih uređaja, namjenjenih racionalnijoj izvedbi pojedinih procesa.
- 3) Normizacija
Poslovi normizacije se zbog izvanrednog značaja za cijeli poslovni sustav, često izuzimaju u cjelini ili dijelom iz okvira TPP-a i organiziraju zasebno, radi provedbe interne normizacije (standardizacije), kojom se za interne potrebe suzju područja pojedinih nacionalnih normi i posebno normiraju i unificiraju pojedini, za poslovni sustav interesantni entiteti. Normiranjem se općenito postižu efekti pojednostavljenja, ubrzanja i pojeftinjenja pri obavljanju poslova. Što je viši nivo organiziranosti poslovnog sustava, to je i značaj ove funkcije veći.



DEFINIRANJE (PLANIRANJE) TEHNOLOŠKOG PROCESA,

*Mladen Perinić
Tehnološki procesi*

Područje normiranja najčešće obuhvaća:

- a) vrste, kvalitete, oblike i dimenzije materijala;
- b) vrste, izvedbe i dimenzije dijelova (inače normiranih nacionalnim i internacionalnim standardima)
- c) specifične dijelove, koji se unificiraju za potrebe gradnje proizvoda iz vlastitog proizvodnog programa;
- d) alate, po vrsti, izvedbi i dimenzijama;
- e) dijelove za gradnju specijalnih alata po vrsti, izvedbi i dimenzijama.

Pored navedenih pozitivnih efekata, normiranje je i osnova za znatno smanjenje zaliha materijala, dijelova i alata.

- 4) Analiza vremena i kalkulacije
Ova organizacijska jedinica TPP-a ima u svom djelokrugu poslove:
 - izrada podloga za određivanje vremena kod pojedinih vrsta poslova
 - analiza ostvarenja vremenskih normitiva
 - provjera vremenskih normi kod pojedinih operacija (snimanje)
 - izrada kalkulacija cijena koštanja prema planiranim procesima.



DEFINIRANJE (PLANIRANJE) TEHNOLOŠKOG PROCESA,

Mladen Perinić
Tehnološki procesi

- 5) Dokumentacija
Brine o pohranjivanju i umnožavanju tehnološke dokumentacije, te njezinoj raspodjeli svim korisnicima. Ova aktivnost prilagođena je korištenim oblicima tehnoloških dokumenata i stupnju informatizacije poslovnog sustava.

Za uspješnost rada tehnološke pripreme proizvodnje od posebnog je značaja dobra suradnja tehnologije i konstrukcije specijalnih alata. O kvaliteti ove suradnje ovise rješenja specijalnih alata a time i:

- stabilnost kvalitete pri izvođenju operacije
- vrijeme izvođenja operacije

Zato se u praksi mogu naći i takvi organizacijski oblici koji predviđaju formiranje posebnih grupa u kojima se nalaze tehnolozi i konstruktori specijalnih alata specijalizirani za određeno područje, npr:

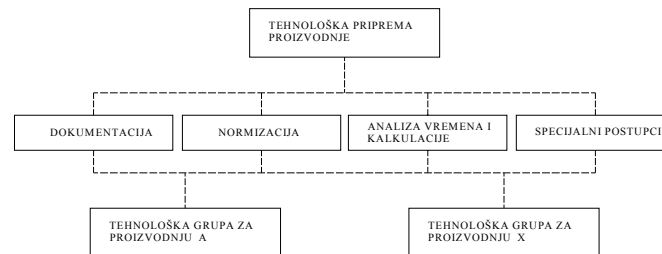
- grupa za ozubljene elemente,
- grupa za limene dijelove
- grupa za kućišta
- grupa za montažu i ispitivanje i sl.



DEFINIRANJE (PLANIRANJE) TEHNOLOŠKOG PROCESA,

Mladen Perinić
Tehnološki procesi

To je najefikasniji način obavljanja poslova tehnološke pripreme, budući da temeljem veće podjele poslova omogućuje i veću specijalizaciju izvršioca, no nije ga moguće uvijek primjeniti. Obično se primjenjuje pri organiziranju TPP-a prema vrsti proizvodnih problema. Ovaj organizacijski model naći ćemo kod većih poduzeća, gdje postoji veći obim istovrsnih tehnoloških problema, koji omogućuje specijalizaciju pri obavljanju pripremnih poslova.



Sl. 29 Osnovna organizacijska struktura TPP prema vrsti proizvodnih problema

Kod primjene ove organizacijske strukture karakteristično je, da postoji analogija u načinu organiziranja proizvodnje i tehnološke pripreme. Tada se za pojedine proizvodne cjeline u okviru centralne tehnološke pripreme formiraju odgovarajuće tehnološke grupe s potrebnim brojem tehnologa i konstruktora specijalnih alata. Pri tom se za obavljanje pojedinih specifičnih i pomoćnih poslova organiziraju zajedničke funkcije.



TIPOVI PROIZVODNJE I UTJECAJ NA POSTAVKU TEHNOLOŠKOG PROCESA

*Mladen Perinić
Tehnološki procesi*

Različite industrijske proizvodnje velikog broja pojavnih oblika, mogu se prema kriterijima:

- količina proizvoda,
- složenost i dimenzije proizvoda, odnosno obim proizvodnih aktivnosti pri proizvodnji jedinice proizvoda
- ponavljanje proizvodnje

svrstati u tri osnovna tipa:

- pojedninačna proizvodnja
- serijska proizvodnja
- masovna proizvodnja

Iako je kod određivanja tipa proizvodnje, količina proizvoda glavni kriterij, on nije dovoljan. Količinu treba pri tom uvijek procjenjivati u odnosu na ostala dva kriterija.

Serijska proizvodnja predstavlja jako široko područje između pojedinačne i masovne proizvodnje. Zbog toga se serijska proizvodnja uvijek dijeli na tri podtipa:

- maloserijska proizvodnja
- srednjeserijska proizvodnja
- velikoserijska proizvodnja



TIPOVI PROIZVODNJE I UTJECAJ NA POSTAVKU TEHNOLOŠKOG PROCESA

*Mladen Perinić
Tehnološki procesi*

Maloserijska proizvodnja po svojim značajkama tendira prema pojedninačnoj, a velikoserijska prema masovnoj proizvodnji.

Tip/podtip proizvodnje je osnova za cijeli sustav pripreme, organizacije i realiziranja proizvodnje. Kod toga određena proizvodnja u pravilu nema u svim svojim dijelovima značajke samo jednog tipa/podtipa, upravo zbog utjecaja navedena tri kriterija. Zato se može govoriti o tipu/podtipu, koji je pretežno prisutan u određenoj proizvodnji. Postavlja se pitanje, kako praktično odrediti tip/podtip određene proizvodnje temeljem navedenih kriterija?

Jedna od karakteristika, preko koje je moguće uspostaviti odnos s tipom/podtipom proizvodnje je stupanj specijaliziranosti radnih mjesta.

Može se reći slijedeće: što se manji broj različitih operacija izvodi na jednom radnom mjestu, to je prisutan veći stupanj specijaliziranosti. Što je veći stupanj specijaliziranosti to se više udaljavamo od pojedinačne i približavamo masovnoj proizvodnji. Najveći stupanj specijaliziranosti ima radno mjesto koje trajno izvodi samo jednu operaciju.



Kod određivanja tipa/podtipa proizvodnje koristi se srednji stupanj specijaliziranosti s , kojega možemo iskazati prema:

$$S = \frac{n}{m}$$

gdje je : n - broj operacija koje se izvode u okviru određene proizvodne cjeline tijekom određenog vremena (napr. 1godina)
 m - broj radnih mjesta dotične proizvodne cjeline (cijela proizvodnja, pogon, grupa strojeva)

Postoje poteškoće pri određivanju granica pripadnosti srednjeg stupnja specijaliziranosti pojedinom tipu/podtipu proizvodnje, koji bi imale opću primjenu. Zato se u literaturi nalaze dijelom različiti podaci. Za primjer se navode sljedeći:

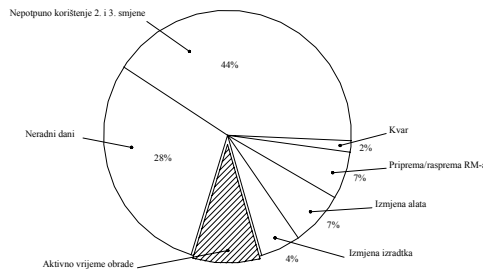
- pojedinačna proizvodnja	$s > 200$
- maloserijska	$s = 100$ do 200
- srednjeserijska	$s = 10$ do 100
- velikoserijska	$s = 3$ do 10
- masovna proizvodnja	$s = 1$ do 3



Veće količine, odnosno viši stupanj specijaliziranosti radnog mjesta od velike je važnosti za povećanje proizvodnosti kroz primjenu progresivnijih proizvodnih postupaka i produktivnije proizvodne opreme.

Kod većih količina i većeg stupnja specijaliziranosti je također veći postotak iskorištenja opreme zbog manjih vremenskih gubitaka, koji prate promjenu operacija na radnom mjestu.

Kao ilustraciju lošije iskorištenosti instaliranih kapaciteta kod proizvodnje manjih količina navode se podaci proizašli iz analize provedene krajem 80-tih godina u Njemačkoj na velikom uzorku poduzeća, u području pojedinačne i maloserijske proizvodnje, slika 30.



Sl. 30 Struktura korištenja vremena na konvencionalnoj opremi kod malih količina



TIPOVI PROIZVODNJE I UTJECAJ NA POSTAVKU TEHNOLOŠKOG PROCESA

*Mladen Perinić
Tehnološki procesi*

U navedenoj analizi za osnovu je uzet ukupni fond vremena u jednoj godini ($K = 365 \text{ dana} \times 3 \text{ smjene} \times 8 \text{ sati} = 8760 \text{ sati}$). Oprema koja je tada korištena za proizvodnju manjih količina bili su pretežno konvencionalni neautomatizirani strojevi, s ručnom izmjenom izradaka i alata i ručno izvođenom pripremom i raspromom radnih mjesta kod promjene operacije. Efektivno korištenje takve opreme pri proizvodnji manjih količina u inače visokoorganiziranoj i efikasnoj njemačkoj industriji bilo je na razini 8% od ukupnog vremena, odnosno prosječno 700 sati tijekom jedne godine ili 2,8 sati na dan.

Treba ipak reći, da su danas pri korištenju NC - proizvodne opreme uvjeti za njeno bolje iskorištenje pri proizvodnji velikih količina znatno povoljniji.

U nastavku ukazat ćemo na tradicionalne karakteristike pojedinog tipa proizvodnje uz naznaku tendencija njihove promjene.



POJEDINAČNA PROIZVODNJA

*Mladen Perinić
Tehnološki procesi*

Za ovu proizvodnju karakteristično je, da se proizvod proizvodi samo jednom ili pojedinačno u većim ili manjim vremenskim razmacima što znači, da se proces organizira i izvodi za jedinicu proizvoda.

Proizvodni program pogona je tada u pravilu višesložan. Naime, istovremeno se najčešće proizvodi veći broj različitih proizvoda na način pojedinačne proizvodnje.

Da bi se povećala efikasnost, nastojat će se kod ovakve proizvodnje istovremeno proizvoditi istovrsni dijelovi, koji ulaze u više proizvoda (unificirani dijelovi). Isto tako, nastojat će se istovremeno proizvoditi tehnološki slični dijelovi, te na taj način postići barem djelomični efekt proizvodnje u većim količinama.

Pojedinačna proizvodnja ima određene osnovne značajke, od kojih se navode sljedeće:

- 1) Proizvodnja se realizira u pravilu za poznatog kupca
- 2) Prije početka proizvodnje potrebno je provesti opsežne polove projektiranja, konstrukcije i tehnološke pripreme, koji su skopčani sa znatnim utroškom vremena i finansijskih sredstva (ovi troškovi učestvuju u ukupnim troškovima proizvodnje jedinice proizvoda s velikim udjelom).
- 3) Planiranje potreba i nabavka materijala zasniva se pretežno na iskustvenim podacima, manje na normativima materijala



POJEDINAČNA PROIZVODNJA

Mladen Perinić
Tehnološki procesi

- 4) Kod proizvodnje primjenjuju se pretežno univerzalni strojevi i to konvencionalni neautomatizirani i numerički upravljani strojevi
- 5) Osnovni oblik organizacije proizvodnih kapaciteta tradicionalno je raspored prema vrsti radnih mjesta, ali se danas koriste i fleksibilni proizvodni sustavi
- 6) Međupogonska kooperacija je, zbog potrebe što boljeg korištenja instaliranih kapaciteta i nepostojanja uvijek svih potrebitih tehnoloških mogućnosti pri izradi dijelova, relativno velika.
- 7) Udio vremena montaže u ukupnom vremenu izrade proizvoda je velik, zbog potrebe pripasivanja dijelova i male podjele poslova pri montaži.
- 8) Radne naprave i specijalni alati primjenjuju se relativno malo.
- 9) Proizvodni ciklus je dugačak uz tendenciju smanjenja, kao posljedica primjene novih proizvodnih struktura (FPS).
- 10) Proizvodni radnici trebaju imati relativno visoku kvalifikaciju, budući da tehnološki postupci, u pravilu nisu detaljno propisani zbog manje dubine razrade procesa.



SERIJSKA PROIZVODNJA

Mladen Perinić
Tehnološki procesi

U serijskoj proizvodnji se konstrukcijski jednaki proizvodi proizvode istovremeno odnosno neposredno jedan za drugim u određenom broju.

Serijska proizvodnja ima, zbog širine područja koje pokriva, manje jednoznačne karakteristike u odnosu na pojedinačnu proizvodnju.

Navode se sljedeće značajke:

- 1) Proizvodi se rjeđe za poznatog kupca, češće za trgovinu i nepoznatog krajnjeg korisnika. Ipak tendencija je prema sve češće poznatom kupcu.
- 2) Komponente proizvoda kao i pojedini elementi njihove izvedbe u znatnoj mjeri su unificirani
- 3) Troškovi razvoja proizvoda i pripreme proizvodnje, iako su u pravilu veći nego kod pojedinačne proizvodnje, terete jedinicu proizvoda znatno manje, budući da se dijele na veću količinu proizvoda
- 4) Planiranje potreba materijala vrši se isključivo uz korištenje normativa materijala
- 5) U proizvodnji se koriste specijalizirana i specijalna oprema, ali i univerzalna
- 6) Kod manjih serija koristi se raspored prema vrsti radnih mjesta, kao osnovni oblik organiziranja proizvodnog kapaciteta uz sve veći udio korištenja grupa strojeva sličnog redosljeda i fleksibilnih proizvodnih sustava, koji se pretežno koriste i kod srednjih količina. Kod većih serija prevladava princip proizvodnje na osnovi kapaciteta organiziranih prema proizvodu.



SERIJSKA PROIZVODNJA

*Mladen Perinić
Tehnološki procesi*

- 7) Međupogonska kooperacija koristi se samo iznimno (kod manjih serija), izuzev toplinske obrade, koje se u pravilu izvode u zasebnim pogonima/radionicama
- 8) Podjela posla kod montaže je znatna
- 9) Radne naprave i specijalni alati su jako zastupljeni
- 10) Ciklus proizvodnje je relativno kratak
- 11) Kvalifikacija radnika u procesu u pravilu ne treba biti visoka, zbog provođenja specijalizacije poslova i visoke razine tehnološke pripreme proizvodnje. Visoko kvalificirana radna snaga koristi se pretežno na poslove prednamještanja i podešavanja strojeva.

Serijska proizvodnja je najzastupljeniji tip proizvodnje zbog širine područja koje pokriva, ali i činjenice da se najveći broj proizvoda proizvede u manjim i srednjim količinama.



MASOVNA PROIZVODNJA

*Mladen Perinić
Tehnološki procesi*

Kod masovne proizvodnje se konstrukcijski jednaki proizvodi proizvode tijekom duljeg vremenskog razdoblja u većim količinama, tako da pretežan dio radnih mjesta izvodi iste operacije dulje vrijeme, često i za čitavo vrijeme proizvodnje proizvoda. Time su stvorene osnovne pretpostavke za primjenu najviše razine proizvodne tehnike i proizvodne organizacije.

Za masovnu proizvodnju karakteristično je :

- 1) Postoji čvrsta potreba za razvijenim proizvodom kroz dulje vrijeme u relativno velikim količinama
- 2) Trošak razvoja proizvoda i tehnološke pripreme proizvodnje je po jedinici proizvoda vrlo mali
- 3) Oprema je u velikoj mjeri specijalna i specijalizirana, i u osnovi viskoproduktivna
- 4) Osnovni oblik organiziranja proizvodnih kapaciteta su proizvodni sustavi organizirani prema proizvodu. Često se radi o automatiziranim proizvodnim linijama
- 5) Transport proizvoda u najvećoj mjeri mehaniziran i sinhroniziran s radom strojeva.
- 6) U cilju osiguravanja potpune zamjenivosti dijelova, kod montaže se ne provodi pripisivanje dijelova zahvaljujući osiguranju dovoljne točnosti pri izradi



- 7) Ciklus proizvodne je vrlo kratak
- 8) Održavanje opreme organizirano je na visokom nivou, s težištem na preventivnom održavanju, kako bi se zastoji zbog kvarova sveli na najmanju mjeru.
- 9) Na radnim mjestima u proizvodnji poslove obavlja pretežno priučena radna snaga. Visoke kvalifikacije i stručnost nužni su za poslove podešavanja, održavanje opreme i nadzor procesa.

Očito je da su značajke tipova proizvodnje međusobno vrlo različite uz opću napomenu, da se razlike kod pojedinih značajki smanjuju, kao posljedica stalnog razvoja proizvodne tehnike i proizvodne organizacije.



Pod formiranjem tehnološkog procesa podrazumjeva se ukupnost poslova planiranja procesa i stvaranja materijalnih i organizacijskih uvijeta za njegovu realizaciju.

Kod formiranja tehnološkog procesa treba poštivati opće pravilo, da trošak formiranja procesa treba biti u odgovarajućem odnosu s očekivanim rezultatima procesa (kvaliteta, proizvodnost, ekonomičnost).

S formiranjem procesa vezane su dvije vrste troška:

- a) Jednokratni trošak T_j , koji uključuje trošak planiranja procesa i trošak nabave opreme i trajnih alata, te trošak organiziranja proizvodnog sustava i probne proizvodnje (trošak pripreme proizvodnje)
- b) Trajni trošak T_t , ponavljajući trošak, koji prati izradu svake jedinice proizvoda pri odvijanju procesa.

$$T_t = q_m \cdot c_m + \sum_1^n t_{oi} \cdot c_i \quad , \text{ Njed/kom}$$

gdje je:

q_m - masa materijala za 1 komad proizvoda, kg/kom

c_m - cijena jedinice mase materijala, Njed/kg

t_{oi} - vrijeme i -te operacije pri izradi proizvoda, min/kom
 $i=1,2,3,\dots,n.$

c_i - cijena jedinice vremena i -tog RM-a, Njed/min



Bez ulaganja u dublje analiziranje tehničko-ekonomskih međuzavisnosti, može se tvrditi sljedeće:

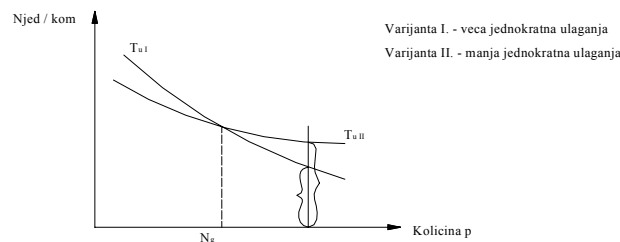
- 1) Ako je jednokratni trošak velik (detaljno planiranje procesa, skupe naprave i alati, specijalni strojevi,...), tada je trajni trošak kod izrade svake jedinice proizvoda mali;
- 2) Ako je jednokratni trošak mali, trajni trošak će biti velik.

Budući da i jednokratni i trajni troškovi opterećuju svaku proizvedenu jedinicu proizvoda, potrebno je postići, u zavisnosti od broja komada N i ostalih karakteristika proizvoda, minimalne troškove T_u po jedinici proizvoda, optimalnim utvrđivanjem odnosa jednokratnih i trajnih troškova

$$T_u = \frac{T_j}{N} + T_t \Rightarrow \min$$

Tako se, dakle u zavisnosti od broja komada, odnosno tipa proizvodnje, određuje polazna osnova za tehnološki proces prvenstveno s troškovnog polazišta.

Do optimuma (suboptimuma) dolazimo izradom više varijanti rješenja procesa, pri čemu za svaku varijantu procesa utvrđujemo ukupne troškove. Svođenjem troškova na jedinicu proizvoda za svaku razvijenu varijantu, dolazimo do osnove za odluku o povoljnijoj varijanti kod planirane ukupne količine proizvoda, slika 31.



Sl. 31 Usporedba ukupnih troškova po jedinici proizvoda za razvijene dvije varijante TP-a

Očito je, da će uspoređujući dvije razvijene varijante, za količine manje od N_g biti povoljnija II. varijanta, a za količine veće od N_g I. varijanta rješenja (veća jednokratna ulaganja). Kod granične količine N_g bit će trošak, izražen u novčanim jedinicama po jedinici proizvoda, za obje varijante jednak.

Kod pojedinačne i maloserijske proizvodnje obim jednokratnih ulaganja treba držati na niskoj razini budući da se dijele na relativno mali broj komada, ali su zato trajni troškovi relativno visoki zbog korištenja manje produktivne opreme i niže razine tehnološke pripreme proizvodnje.

Rastom količina raste i opravdanost većih jednokratnih ulaganja, koja rezultiraju manjim trajnim troškovima.



Količinska proizvodnja (serijska i masovna) može se odvijati na dva osnovna načina:

- (1) proizvodnja u određenim količinama – jediničnim serijama (lotovima)
- (2) besprekidna (tekuća) proizvodnja

To su dva organizacijska oblika odvijanja proizvodnog procesa. Izbor organizacijskog oblika odvijanja proizvodnog procesa ima također utjecaj na postavku tehnološkog procesa, a treba istaknuti i izraziti utjecaj na ciklus izrade i ciklus proizvodnje.



➤ *Proizvodnja u jediničnim serijama*

Kod ovog načina odvijanja proizvodnje, određena količina proizvoda / dijelova proizvoda q_i čini jednu cjelinu, koja prolazi kroz proces od radnog mjesta do radnog mjesta. Pri tom važi pravilo da ova cjelina ide na sljedeće radno mjesto (sljedeću operaciju) tek nakon što je i na posljednjem proizvodu / dijelu proizvoda izvedena prethodna operacija. Tek tada slijedi transport ukupne količine jedinične serije na sljedeće radno mjesto (odnosno u međuoperacijsko skladište). Može se reći također da se pod jediničnom serijom podrazumijeva količina proizvoda, kod koje se pojedina operacija izvodi na svim jedinicama proizvoda u vremenski vezanoj proizvodnji, uz jednokratni trošak pripreme i raspreme radnog mjesta.

Pojam jedinične serije ne treba izjednačavati s pojmom serije. Naime, pod serijom podrazumijevamo ukupnu količinu proizvoda Q , koji se proizvode u istoj konstrukcijskoj izvedbi. Jedinična serija je u stvari samo onaj dio ukupne količine koji ulazi u proces u određenom vremenu i prolazi kroz proces kao jedna cjelina .

$$Q = q_1 + q_2 + \dots + q_i + \dots + q_n$$

Ovaj organizacijski oblik odvijanja proizvodnje primjenjuje se kod manjih količina i češćeg mijenjanja proizvodnog programa, u uvjetima korištenja proizvodnih kapaciteta organiziranih prema vrsti, a ponekad i kod grupa strojeva sličnog redosljeda korištenja.



➤ **Kako odrediti veličinu jedinične serije ?**

U osnovi postoje dva načina određivanja veličine jedinične serije. Prvi se temelji na količini proizvoda potrebnoj u određenom vremenskom razdoblju. Tada je q_i u pravilu promjenjiva veličina, a vremenski razmak lansiranja u proizvodnju je jednak ili promjenjiv.

Drugi način određivanja veličine jedinične serije temelji se na kriteriju minimalnih troškova, čije terećenje jedinice proizvoda ovisi o veličini jedinične serije q . Pri tom se uzimaju u obzir tri vrste troškova:

- (1) troškovi pripreme i raspoređivanja svih radnih mjesta u procesu T_{pz1} prema (*)
- (2) troškovi obrtnog kapitala vezanog za vrijednost proizvoda u procesu, T_{K1} prema (**)
- (3) troškovi transporta međuoperacijskog i međuskладиšnog u procesu, T_{t1} prema (***)

$$T_{pz1} = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^n t_{pz_i} \cdot c_i, N_{jed/kom} \quad (*)$$

gdje je

- pripremno završno vrijeme na i -tom radnom mjestu
- c_i - vrijednost jedinice vremena i -tog radnog mjesta $i = 1, 2, \dots, n$
- q - veličina jedinične serije



$$T_{K1} = (q_m \cdot c_m + \frac{\sum t_{oi} \cdot c_i}{2}) \cdot \frac{t_{cp}}{365} \cdot \frac{k}{100}, N_{jed/kom} \quad (**)$$

gdje je

- q_m - masa materijala za jedinicu proizvoda, kg / kom
- c_m - vrijednost jedinice mase materijala, N jed / kG
- t_{oi} - vrijeme i -te operacije, min / kom
- t_{cp} - ciklus proizvodnje jedinične serije u danima
- k - kamatna stopa na angažirana financijska sredstva, % godišnje

$$T_{t1} = \frac{\sum_{j=1}^m t_{tj} \cdot c_{tj}}{q}, N_{jed/kom} \quad (***)$$

gdje je

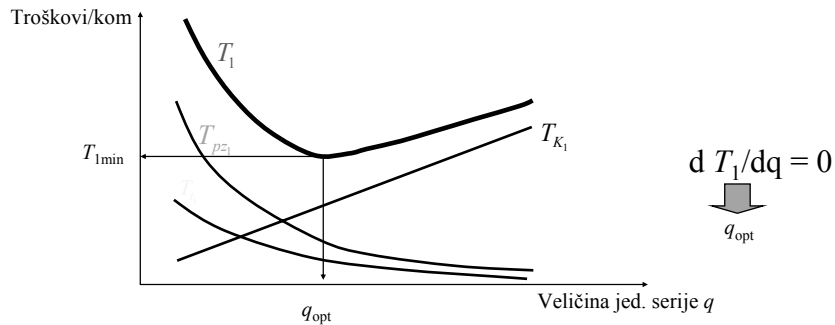
- t_{tj} - vrijeme j -tog transporta $j = 1, 2, 3, \dots, n$
- c_{tj} - vrijednost jedinice vremena j -tog transporta



Cilj je da ukupni troškovi po navedene tri osnove budu minimalni

$$T_1 = T_{pz_1} + T_{K_1} + T_{t_1} \Rightarrow \min$$

Kvalitativan prikaz toka pojedinih vrsta troškova po komadu dat je na slici 32.



Sl. 32 Kvalitativan prikaz toka troškova po kom. proizvoda ovisno o q



Očito je da će ona veličina jedinične serije kod koje je ukupan trošak T_1 minimalan biti optimalna.

Najveći nedostatak proizvodnje u jediničnim serijama je relativno sporo kretanje proizvoda kroz proces, tako da je ciklus proizvodnje srazmjerno dugačak.

Obzirom na način vođenja proizvodnje proizlazi da svako radno mjesto u proizvodnom pogonu u bilo kojem trenutku izvodi jednu operaciju nekog procesa, pri čemu su svi procesi koji se izvode paralelno različiti. Budući da se uz pojedina radna mjesta nalaze veće količine proizvoda jasno je da je takva proizvodnja nepregledna i teško upravljiva. Najveći dio vremena proizvodi provedu u stanju međusklađenja uz strojeve. **Tehnološki ciklus kod ovog načina proizvodnje predstavlja tek mali dio ciklusa proizvodnje.**

Postoje napr. podaci, da je vrijeme međusklađenja proizvoda uz radna mjesta veće od vremena obrade odnosno tehnološkog ciklusa

- kod velikih dijelova 10 do 50 puta
- kod dijelova srednje veličine 50 do nekoliko stotina puta
- kod malih dijelova preko 1000 puta



Pored velikih vremena međuskладиštenja uz radna mjesta za vrijeme izvođenja operacija koja su posljedica čekanja na obradu (ispred radnog mjesta) i čekanja na transport (iza radnog mjesta), redovito su prisutna i čekanja na red, budući da pojedina radna mjesta u određenom vremenu učestvuju u realiziranju više paralelnih procesa. Smanjenje ove vrste čekanja jedan je od osnovnih zadataka operativnog planiranja proizvodnje.

Negativne posljedice vođenja proizvodnje prema jediničnim serijama se smanjuju smanjenjem broja operacija u procesu, o čemu treba voditi računa kod planiranja procesa.



➤ ***Besprekidna proizvodnja***

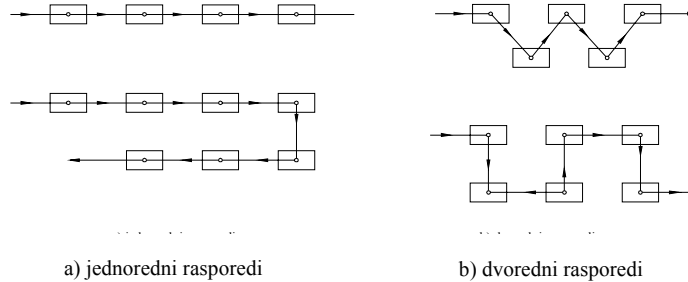
Besprekidna proizvodnja (tekuća, kontinuirana) predstavlja u odnosu na proizvodnju prema jediničnim serijama viši oblik vođenja procesa. To je organizacijski oblik odvijanja proizvodnje, kod kojega svaka jedinka proizvoda za sebe prolazi kroz proces, odnosno neposredno nakon obavljene operacije na jednom radnom mjestu, proizvod / dio proizvoda se transportira odnosno prelazi na slijedeće radno mjesto, gdje se odmah nastavlja s izvođenjem naredne operacije.

Ovaj način odvijanja količinske proizvodnje moguće je organizirati pri korištenju opreme relativno visoke ali i niske tehnološke razine. Pri tom je važan način organiziranja proizvodnih kapaciteta. U svakom slučaju, besprekidnu proizvodnju se ne može organizirati kod proizvodnih kapaciteta organiziranih prema vrsti.

Postoje određene pretpostavke sa stajališta organizacije proizvodnih kapaciteta, koje trebaju biti ispunjene za odvijanje besprekidne proizvodnje:



- 1) fizička blizina radnih mjesta pri obavljanju susjednih operacija, kako bi se osiguralo brzo i neposredno prenošenje proizvoda, sl. 33.



Sl. 33 Neki primjeri mogućeg rasporeda koji osiguravaju blizinu radnih mjesta u procesu

- 2) Ako radna mjesta za obavljanje susjednih operacija nisu u neposrednoj blizini, osigurati brzi transport svake jedinice proizvoda od radnog mjesta do radnog mjesta.



Uvjete besprekidne proizvodnje najlakše je ostvariti kod proizvodnih linija koje karakterizira upravo blizina radnih mjesta i jednosmjernan transport. No tada se redovito postavlja i dodatni zahtjev kojega treba ispuniti u što je moguće većem obimu kod planiranja procesa: balansiranje vremena trajanja operacija unutar proizvodne linije s ciljem uklapanja u "takt vođeja procesa". Pri tom mogu biti formirane:

- ručne proizvodne linije, s pretežno ručnim radnim mjestima i transportom koji može biti ručni ili mehaniziran (npr. ručne montažne linije,...) ;
- strojne mehanizirane proizvodne linije, kod kojih se operacije izvode pretežno na strojevima / uređajima različitog stupnja automatizacije, dok se transport izvodi mehanizirano ili ručno ;
- automatizirane proizvodne linije s automatiziranim radnim mjestima za izvođenje operacija i transportom koji je sinhroniziran s radom radnih mjesta i s centralnim upravljanjem

Uvjeti za odvijanje besprekidne proizvodnje mogu biti osigurani i u okviru grupa strojeva sličnog redoslijeda korištenja, ukoliko je ispunjen uvjet o relativnoj blizini susjednih radnih mjesta u procesima za pojedine proizvode / dijelove proizvoda iz tehnološke grupe za koju je sustav namijenjen. Tada se također postavlja zahtjev za što boljom balansiranošću trajanja operacija istog procesa.



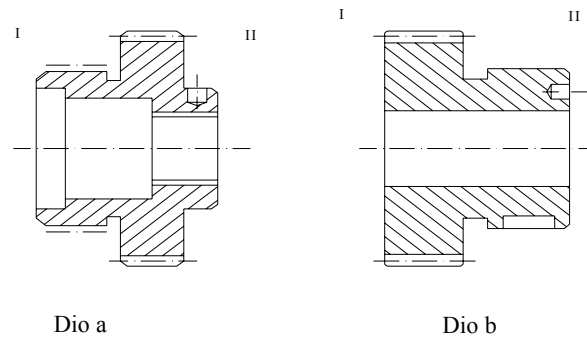
Primjer korištenja grupe strojeva za slučaj dva tehnološki slična dijela dat je na slici.

Skup svih dijelova u proizvodnom programu, P

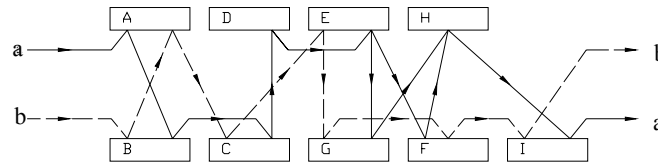
Skup svih radnih mjesta u proizvodnom pogonu, T

Podskup – **grupa tehnološki sličnih dijelova**, $S_i = \{a, b, c, \dots, n\}, S_i \subset P$

Podskup – **grupa radnih mjesta za dijelove**, $M_i = \{A, B, C, \dots, K\}, M_i \subset T$



RM br.	Naziv RM	Op	Izradak / operacija		
			a	Op	b
A	NC - tokarilica	10	Tokariti II i provrt	20	Tokariti I i provrt
B	NC - tokarilica	20	Tokariti I i provrt	10	Tokariti II i provrt
C	Odvalna glodalica	30	Glodati ozubljenje	30	Glodati ozubljenje
D	Vert.provlakačica	40	Provlačiti profil	-	-
E	Stubna bušilica	50	Bušiti	40	Bušiti
F	Radni stol	60	Skinuti ivice	60	Skidati ivice
G	Glodalica	-	-	50	Glodati utor
H	Uredaj za indukciono kaljenje	70	Kaliti vanjski Φ	-	-
I	Brusilica za okruglo brušenje	80	Brusiti vanjski Φ I	70	Brusiti vanjski Φ II



- potrebna određena fleksibilnost radnih mjesta
- moguć rad po principu besprekidne proizvodnje ili po principu jediničnih serija

Fleksibilni proizvodni sustavi prema svojim eksploatacijskim značajkama omogućuju također vođenje besprekidne proizvodnje. Iako susjedna radna mjesta u pojedinom procesu na FPS-u nisu uvijek i fizički blizu, automatizirani transportni sustav i vodeće računalo osiguravaju brzi prijenos proizvoda / dijela proizvoda na radno mjesto, na kojem će biti izvedena iduća operacija. Pri tom je zbog problema sinhronizacije pojedinih aktivnosti moguće kraće zadržavanje u stanju međuskладиštenja što produžuje ciklus proizvodnje.

Utjecaj načina odvijanja proizvodnje na brzinu protoka proizvoda kroz proces ilustriran je primjerom na slici.

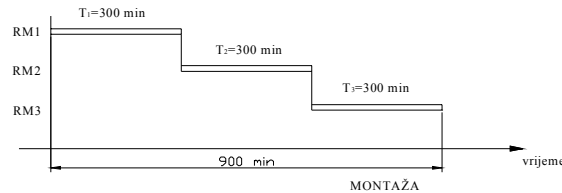


Ukupna količina $R = 300$ kom

Vremena operacije $t_{01} = t_{02} = t_{03} = 1$ min/kom

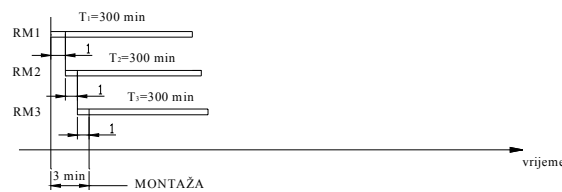
Radna mjesta : RM_1, RM_2, RM_3

a) Jedinicna serija $Q=q=300$ kom



a) jedinična serija
 $Q = q = 300$ kom

b) Besprekidna serija



b) besprekidna proizvodnja



Prema prikazanom primjeru, kod proizvodnje prema jediničnoj seriji montaža istog proizvoda može započeti nakon 900 min, a kod besprekidne proizvodnje nakon 3 min od ulaska u proizvodnju. Pri tom je uzeto samo vrijeme izvođenja operacija i vrijeme međusklađštenja na radnim mjestima. Ostala vremena (vrijeme transporta i vrijeme čekanja) su u ovom prikazu jednaka nuli, što predstavlja idealiziran slučaj.

Velika prednost besprekidne proizvodnje leži u brzom protoku proizvoda kroz proizvodni proces i rezultirajućim kratkim ciklusom proizvodnje te srazmjerno malim obrtnim sredstvima vezanim za realiziranje proizvodnje i niskim troškovima po toj osnovi. Upravo iz tog razloga nastoji se, kad god je to moguće, stvoriti uvjete za besprekidnu proizvodnju.