



UNIVERZITET U NOVOM SADU

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA



Nastavni predmet:

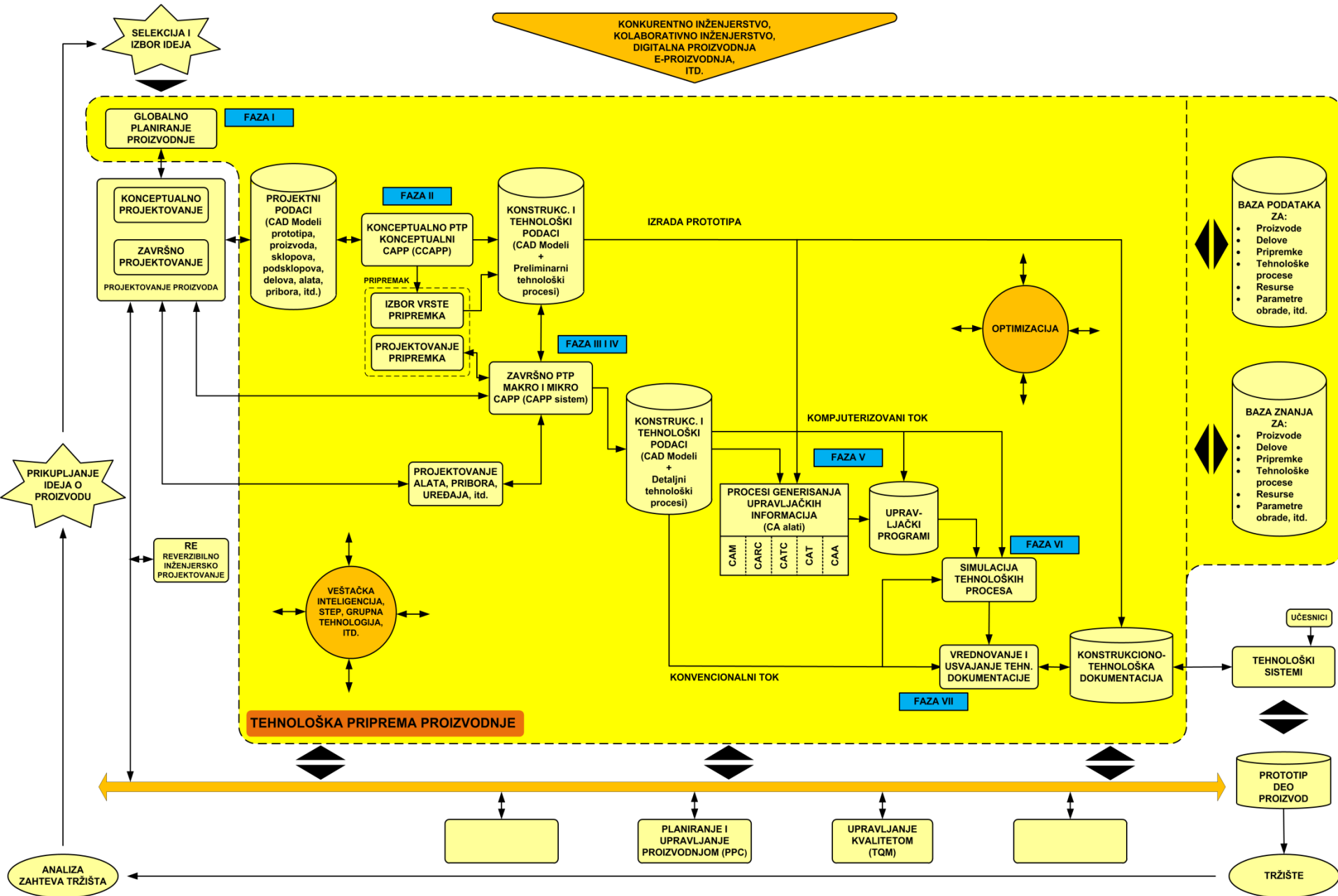
INTEGRISANI CAPP SISTEMI I TEHNOLOŠKA BAZA PODATAKA

Predavanje br. 8 i 9:

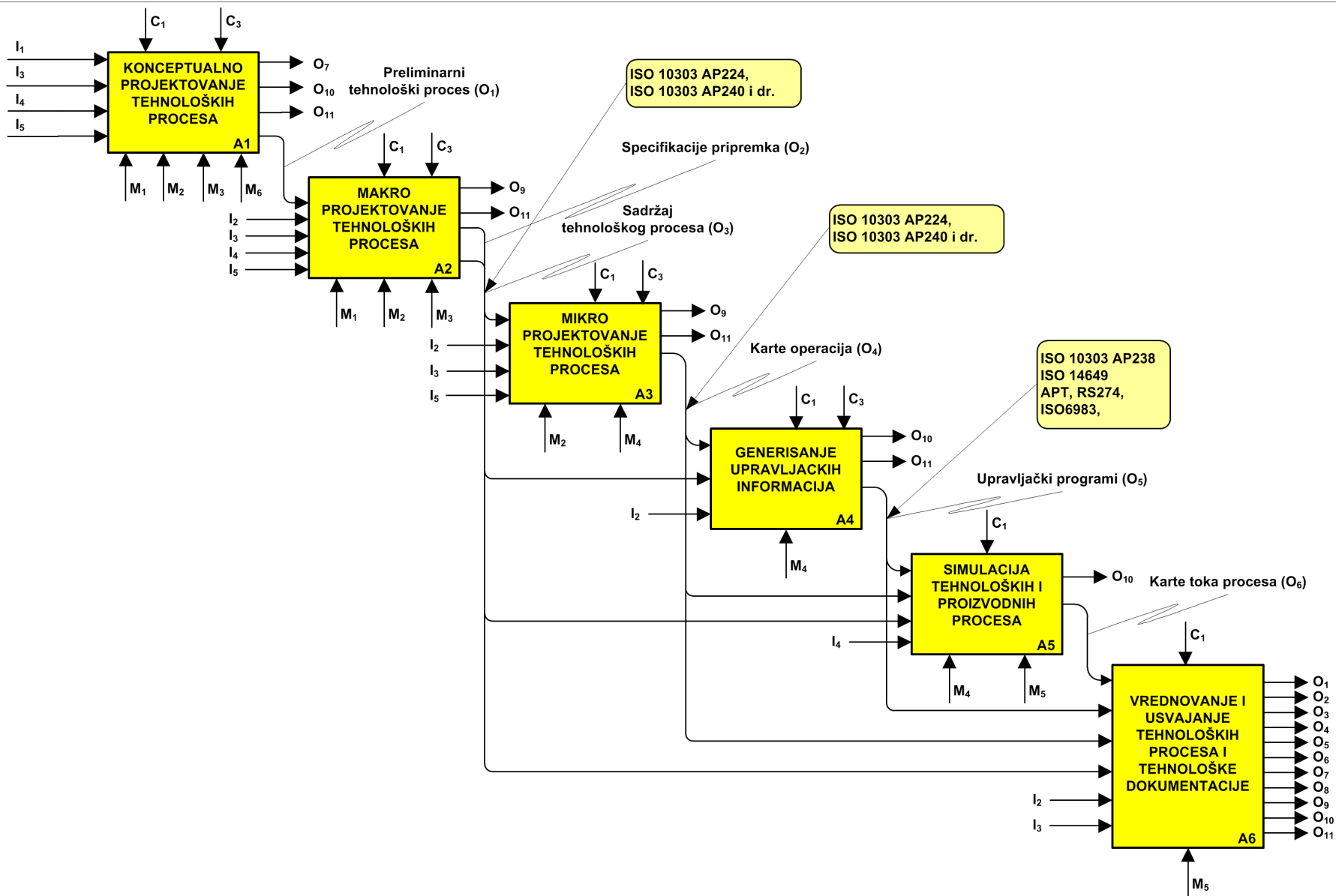
Detaljno (makro i mikro) projektovanje tehnoloških procesa-CAPP sistemi

Prof. dr Dejan Lukić

Opšti model tehnološke pripreme proizvodnje-faze III i IV



Dekompozicioni dijagrami modela tehnološke pripreme-faze III i IV



NODE: A0

TITLE:

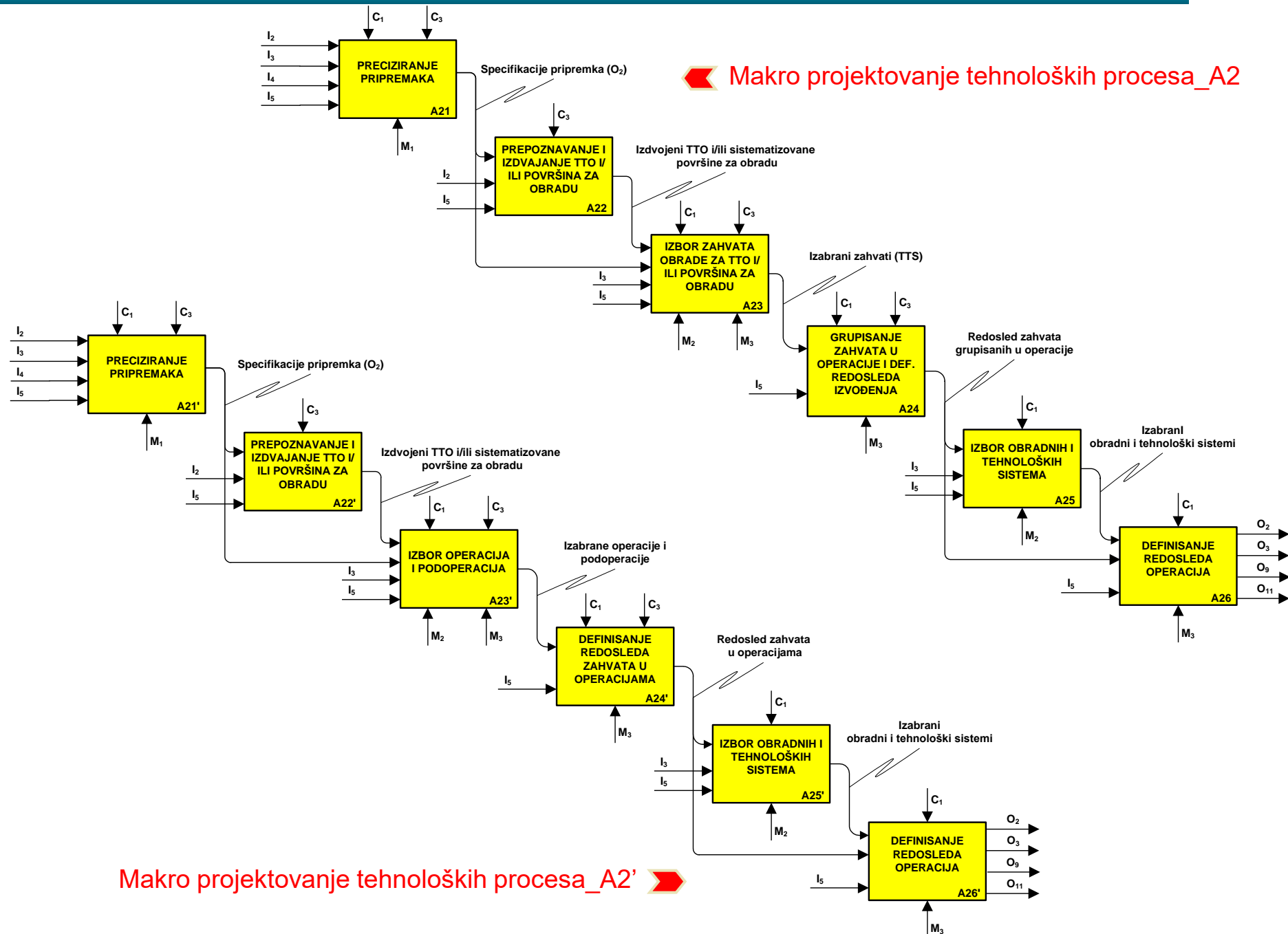
TEHNOLOŠKA PRIPREMA PROIZVODNJE

NO.:

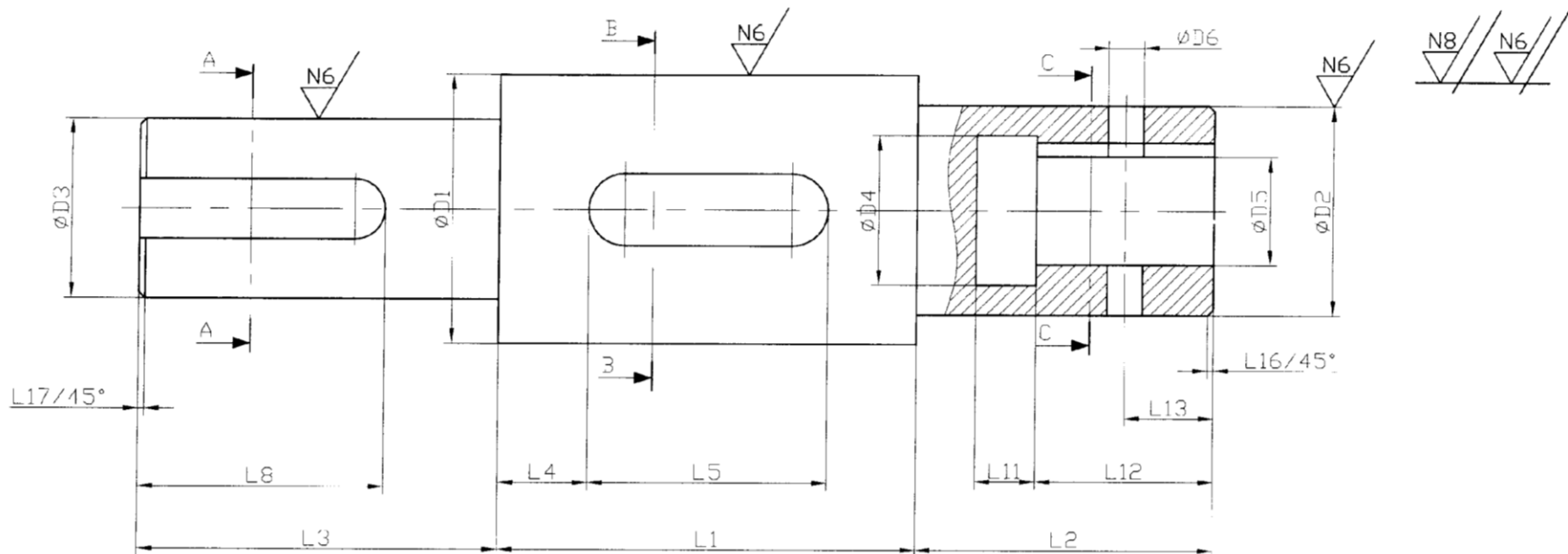
2

Dekompozicioni dijagram modela tehnološke pripreme proizvodnje_A0

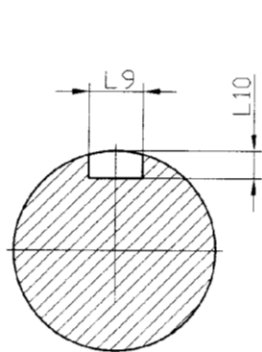
◀ Makro projektovanje tehnoloških procesa_A2



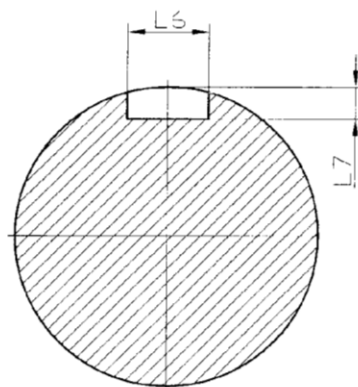
▶ Makro projektovanje tehnoloških procesa_A2'



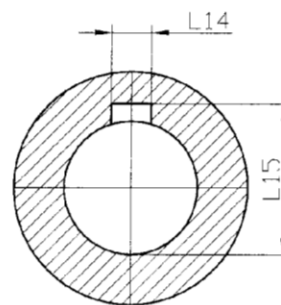
Napomena:
 Pobojsati na propisanu zateznu crvnostcu
 Obriti ostre ivice



Presek A-A



Presek B-B



Presek C-C

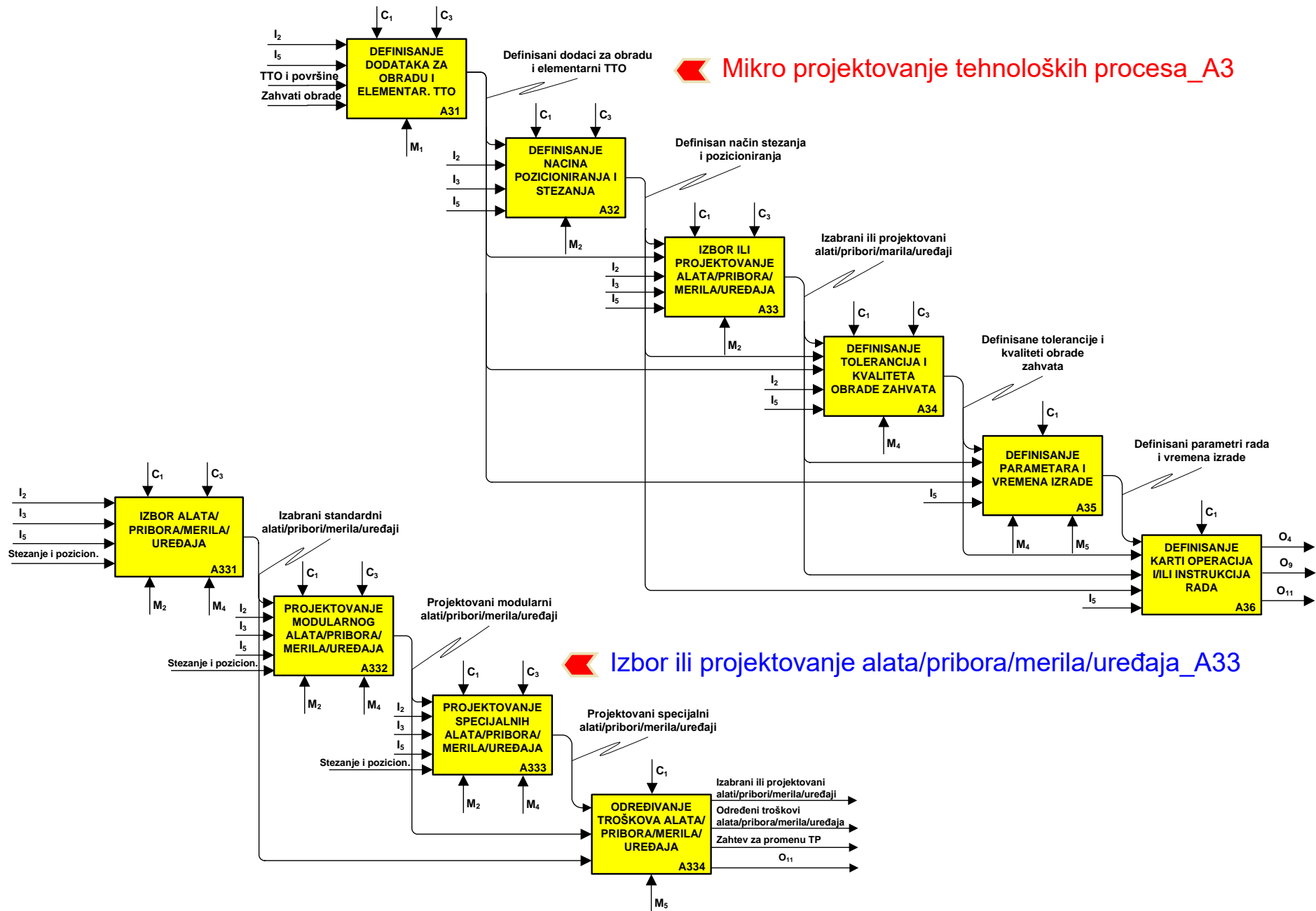
KOMPLEKSAN DEO

Elementarni tipski oblici (feature):

- 1) Cilindar $\varnothing D1$, L1
- 2) Cilindar $\varnothing D2$, L2
- 3) Cilindar $\varnothing D3$, L3
- 4) Zljeb L4, L5, L6, L7
- 5) Zljeo L8, L9, L10
- 6) Cilindar (Rupa) $\varnothing D5$, L12
- 7) Cilindar (Upust) $\varnothing D4$, L11
- 8) Cilindar (Otvor) $\varnothing D6$, L13
- 9) Zljeb L14, L15
- 10) Oborena ivica L16/45°
- 11) Oborena ivica L17/45°

Kompleksan deo tehnološke grupe TG1

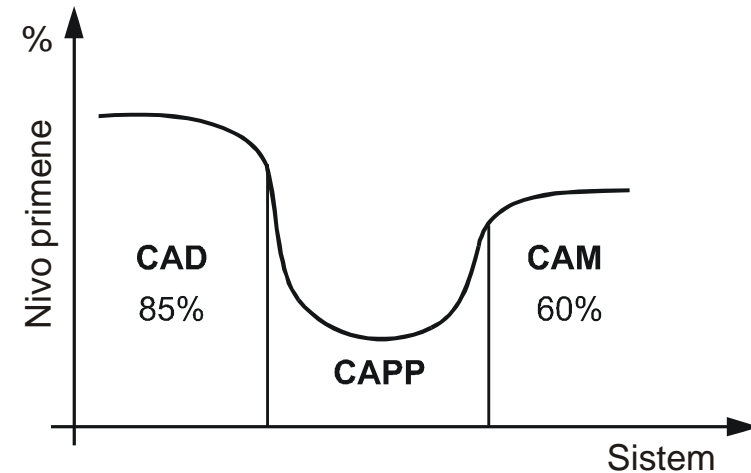
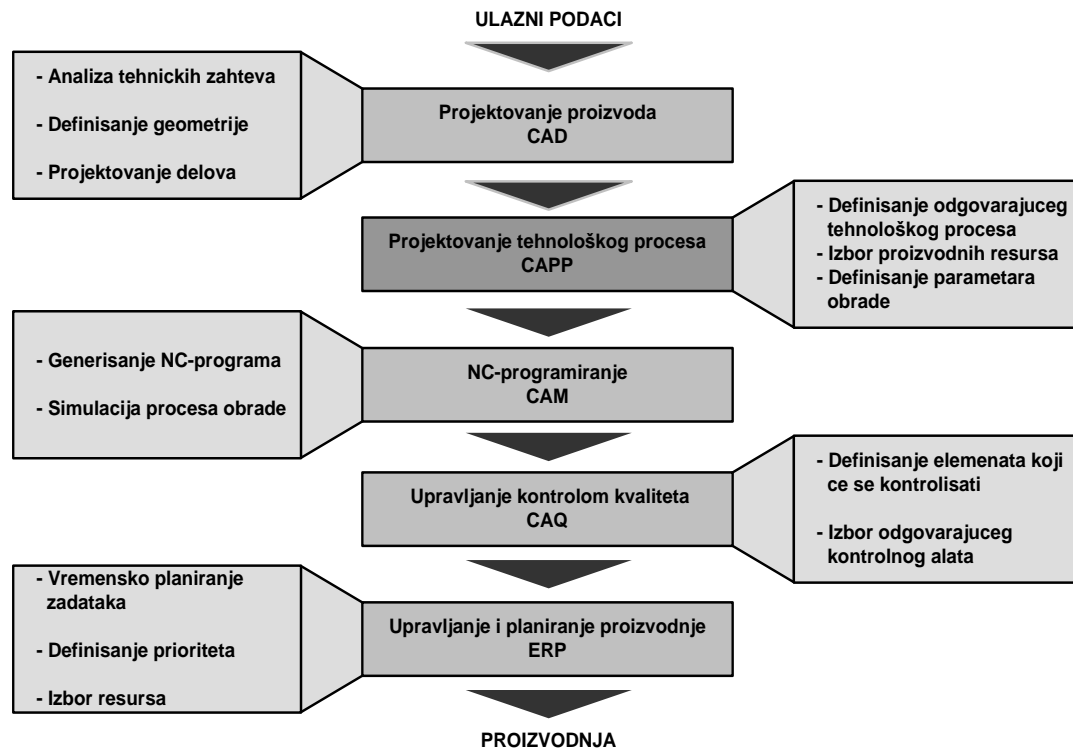
◀ Mikro projektovanje tehnoloških procesa_A3



Automatizacija projektovanja tehnoloških procesa – CAPP sistemi

Primena računara omogućila je automatizaciju projektovanja tehnoloških procesa izrade delova tj. razvoj *CAPP sistema*. To su sistemi pomoću kojih se vrši automatizacija aktivnosti koje je tehnolog obavljao manuelno uz upotrebu raznih pomoćnih sredstava i oni imaju za cilj da otklone sve nedostatke klasičnog projektovanja tehnologije.

CAPP sistemi imaju jednu od ključnih uloga u okviru CIM integracije i predstavljaju most između CAD sistema namenjenih projektovanju proizvoda i CAM sistema, odnosno obrade zasnovane na NC tehnologiji i primeni robota. Ipak, područje CAPP sistema još uvek nije tako razvijeno kao područje CAD i CAM sistema.



Nivo primene CAPP sistema

Mesto CAPP-a u užem CIM sistemu

Počeci razvoja sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa, odnosno prve ideje razvoja CAPP sistema, datiraju još od sredine 60-ih godina prošlog veka. Potom se 70-ih godina javila ideja o korišćenju CAD podataka za projektovanje tehnoloških procesa. Tokom 80-ih godina počeli su da se razvijaju CAPP sistemi u integraciji sa CAD i CAM sistemima i drugim aktivnostima proizvodnog sistema, da bi se 90-ih godina intenzivirala primena metoda veštačke inteligencije u razvoju CAPP sistema. Početak razvoja CAPP sistema se karakterisao klasičnim algoritamskim programiranjem, za razliku od današnjih CAPP sistema, koji se razvijaju na bazi savremenih naučnih disciplina, kao što su metode veštačke inteligencije, potom relacione i objektno orijentisane baza podataka, agent-bazirane tehnologije, dok se u budućnosti predviđa sve šira primena internet tehnologija i tehnologija baziranih na STEP standardima

Cilj razvoja CAPP sistema je da se omogući projektovanje kvalitetnih tehnoloških procesa iz skupa velikog broja mogućih varijanti u što kraćem vremenskom periodu. Osnovni, najvažniji zadaci koji se rešavaju primenom CAPP sistema su:

- *Prihvatanje i analiza ulaznih projektnih podataka, izdvajanje i prepoznavanje tipskih tehnoloških oblika,*
- *Izbor i definisanje pripremaka,*
- *Definisanje sadržaja tehnološkog procesa i operacija izrade,*
 - *Definisanje operacija i podoperacija izrade delova,*
 - *Izbor i definisanje zahvata i njihovog redosleda izvođenja,*
 - *Izbor i definisanje proizvodnih resursa,*
 - *Izbor i definisanje parametara i strategije obrade,*
- *Generisanje upravljačkih programa za NC obradne i tehnološke sisteme,*
- *Određivanje vremena i troškova proizvodnje i*
- *Generisanje odgovarajuće tehnološke dokumentacije.*

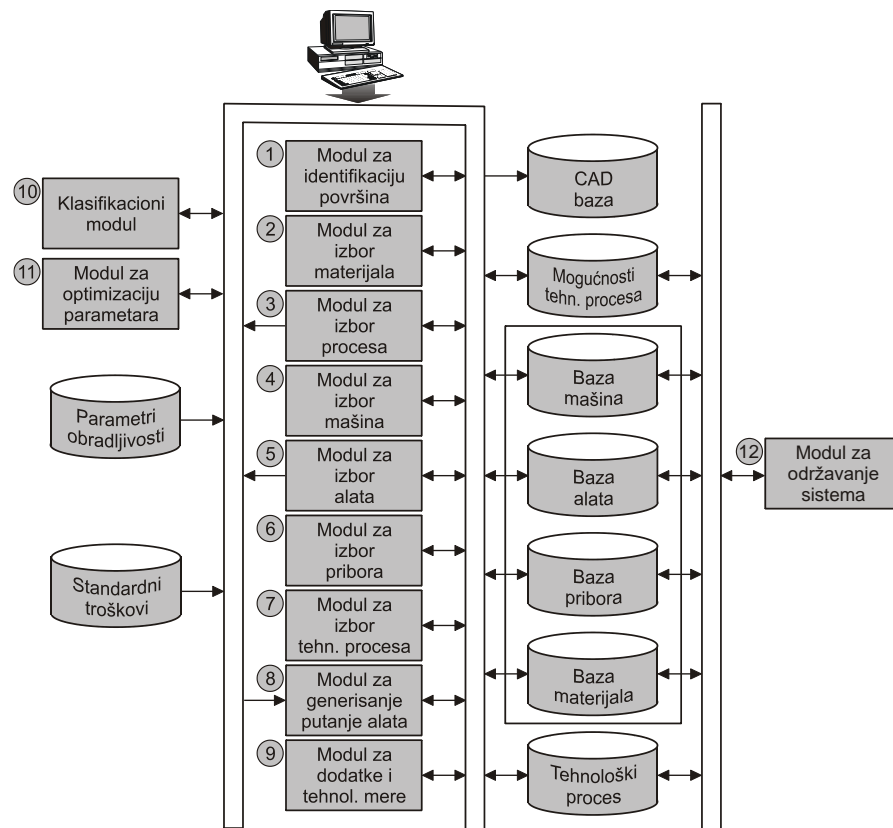
Osnove razvoja i primene CAPP sistema

Osnovni cilj CAPP sistema je otklanjanje nedostataka ručnog načina projektovanja tehnoloških procesa. Osnovna primena CAPP sistema usmerena je na:

- *Smanjenje vremena i troškova projektovanja kvalitetnih tehnoloških procesa*
- *Sistematizaciju, kategorizaciju i memorisanje znanja za projektovanje tehnoloških procesa*
- *Optimizaciju postojećih tehnoloških procesa*
- *Veću produktivnost projektanata tehnoloških procesa*
- *Mogućnost povezivanja sa ostalim CAx aktivnostima*
- *Smanjenje potrebe za visoko kvalitetnim tehnolozima, kao i lakše obrazovanje novih projektanata tehnoloških procesa, itd.*

Osnovni elementi CAPP sistema:

- *Baze podataka i Baze znanja za pojedine elemente tehnološkog procesa*
- *Logika za odlučivanje*
- *Određeni mehanizmi pomoću kojih se primenjuje i upravlja odgovarajuća baza znanja*



Struktura idealnog CAPP sistema

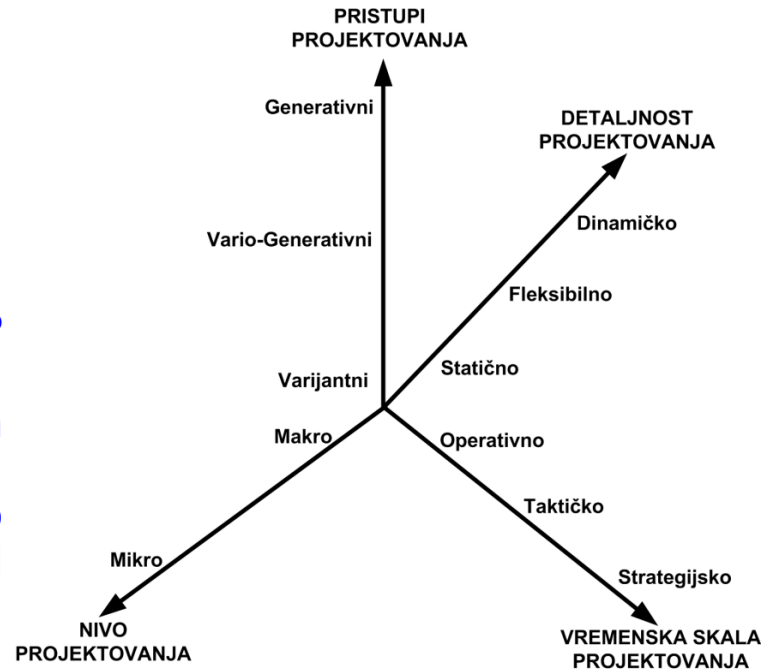
Osnova podele CAPP sistema

Prema **pristupu projektovanja** CAPP sistemi mogu biti **varijantni** i **generativni**. U literaturi se mogu naći i drugačije podele, odnosno proširenja na vario-generativne CAPP sisteme, kao kombinacije varijantnih i generativnih, nove generativne CAPP sisteme, ili CAPP sisteme zasnovane na znanju.

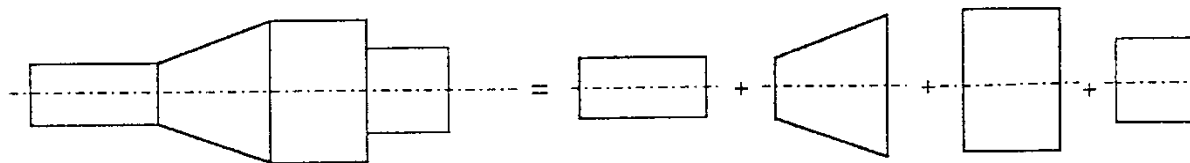
Prema **nivou projektovanja**, projektovanje tehnoloških procesa može da se izvrši na **makro** i **mikro** nivou. Makro nivo je viši nivo i uglavnom se odnosi se na nivo sadržaja tehnološkog procesa, dok se mikro nivo odnosi na nivo projektovanja operacija.

Prema **vremenskoj skali projektovanja** definiše se vreme projektovanja, od kratkoročnog do dugoročnog. **Operativno** projektovanje predstavlja kratkoročno projektovanje koje se zasniva na projektovanju tehnološkog procesa za nivo pogona i odnosi se samo na definisanje tehnološkog procesa u užem smislu bez određivanja tehnoekonomskih efekata. **Srednjeročno ili taktičko** projektovanje se, pored zadataka kratkoročnog projektovanja, odnosi i na definisanje troškova, kvaliteta, sposobnosti procesa, itd. **Dugoročno ili strategijsko** projektovanje se odnosi na nivo kompanije, odnosno planiranje svih aktivnosti proizvodnog sistema, kao što su planiranje materijala, proizvodnih tehnologija, proizvodne opreme, itd.

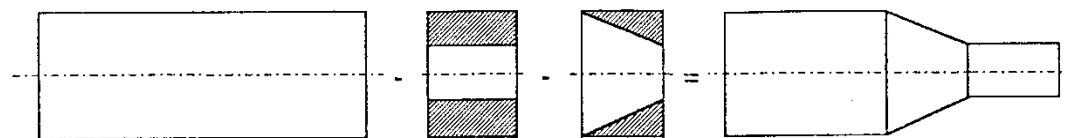
Prema **detaljnosti projektovanja**, tehnološki procesi mogu biti **statični** ili promenljivi u zavisnosti od raspoloživih proizvodnih resursa. Ako proizvodni sistem koristi statično projektovanje, tehnološki proces se ne menja u vremenu. Za **fleksibilno** projektovanje vrši se samo orijentaciono projektovanje tehnoloških procesa, dok se detaljno projektovanje vrši na nivou pogona. **Dinamičko** projektovanje podrazumeva mogućnost promena tehnoloških procesa u toku samog procesa proizvodnje s obzirom na dinamičko stanje u proizvodnom sistemu.



Projektovanje proizvoda može (u opštem slučaju) da shvati kao proces komponovanja (sklapanja) od različitih elementarnih oblika (feature), primenom raznih transformacija:

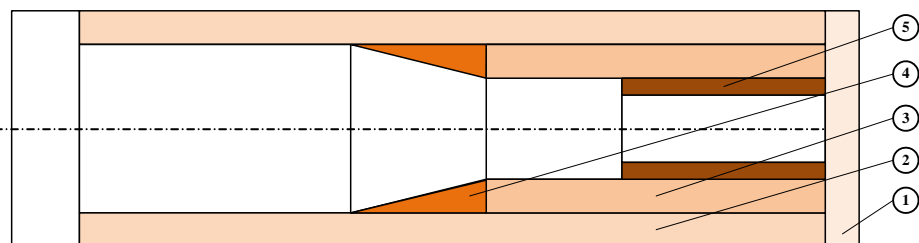


Projektovanje tehnoloških procesa izrade može se predstaviti kao proces dekomponovanja (razlaganja), gde se od polaznog oblika (priprema) uklanjaju određeni elementarni oblici-primitivi, tako da se dobija gotov deo (izradak) :

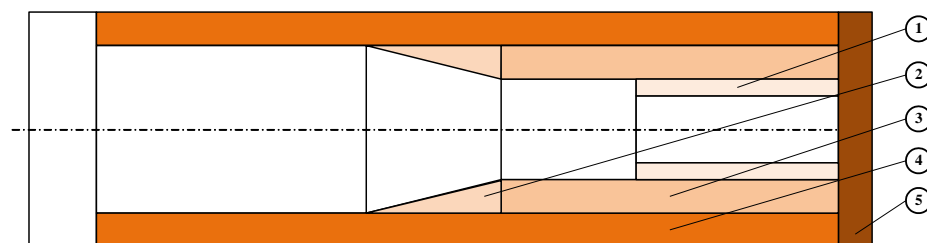


U zavisnosti od toga kakva se transformacija primenjuje, tj. šta je početno a šta krajnje stanje, logika kod CAPP sistema može da se svrsta u dve grupe:

- Projektovanje tehnoloških procesa uklanjanjem slojeva materijala (forward planning)
- Projektovanje tehnoloških procesa dodavanjem slojeva materijala (backward planning)



Forward planning:



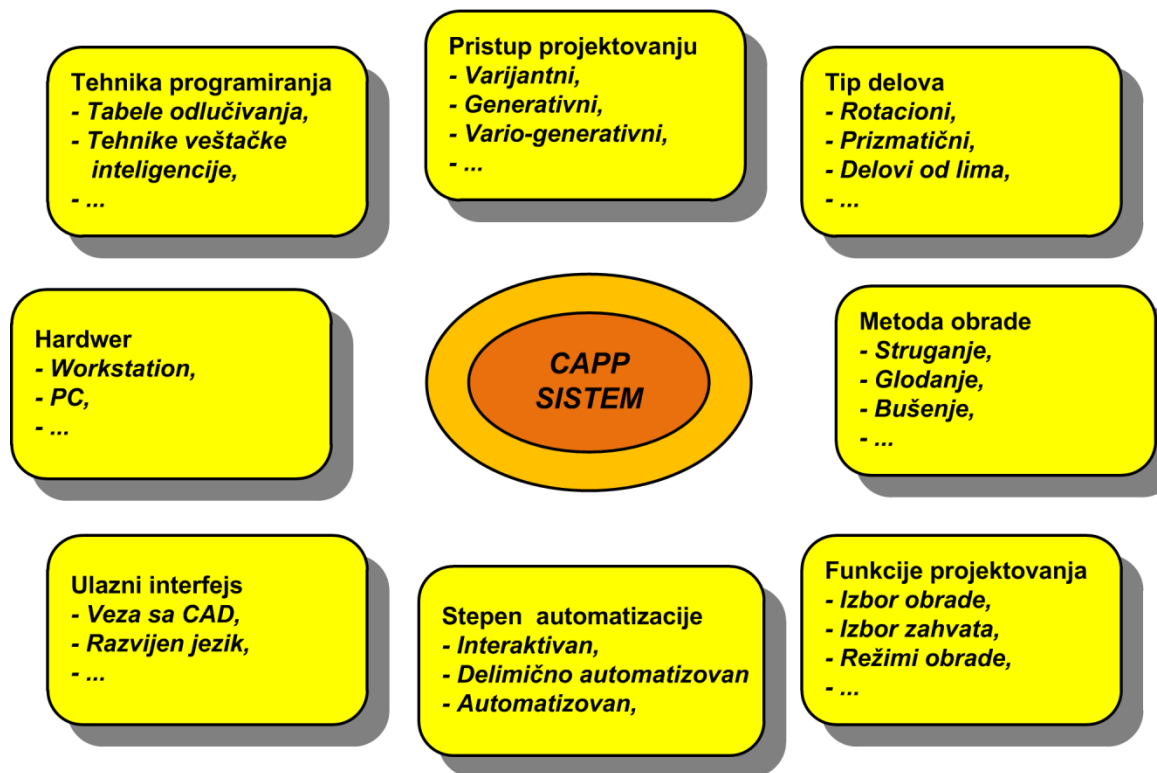
Backward planning:

Pored navedenih podela, postoji podela CAPP sistema u zavisnosti od nivoa računarske podrške, koja zavisi od složenosti samog CAPP sistema:

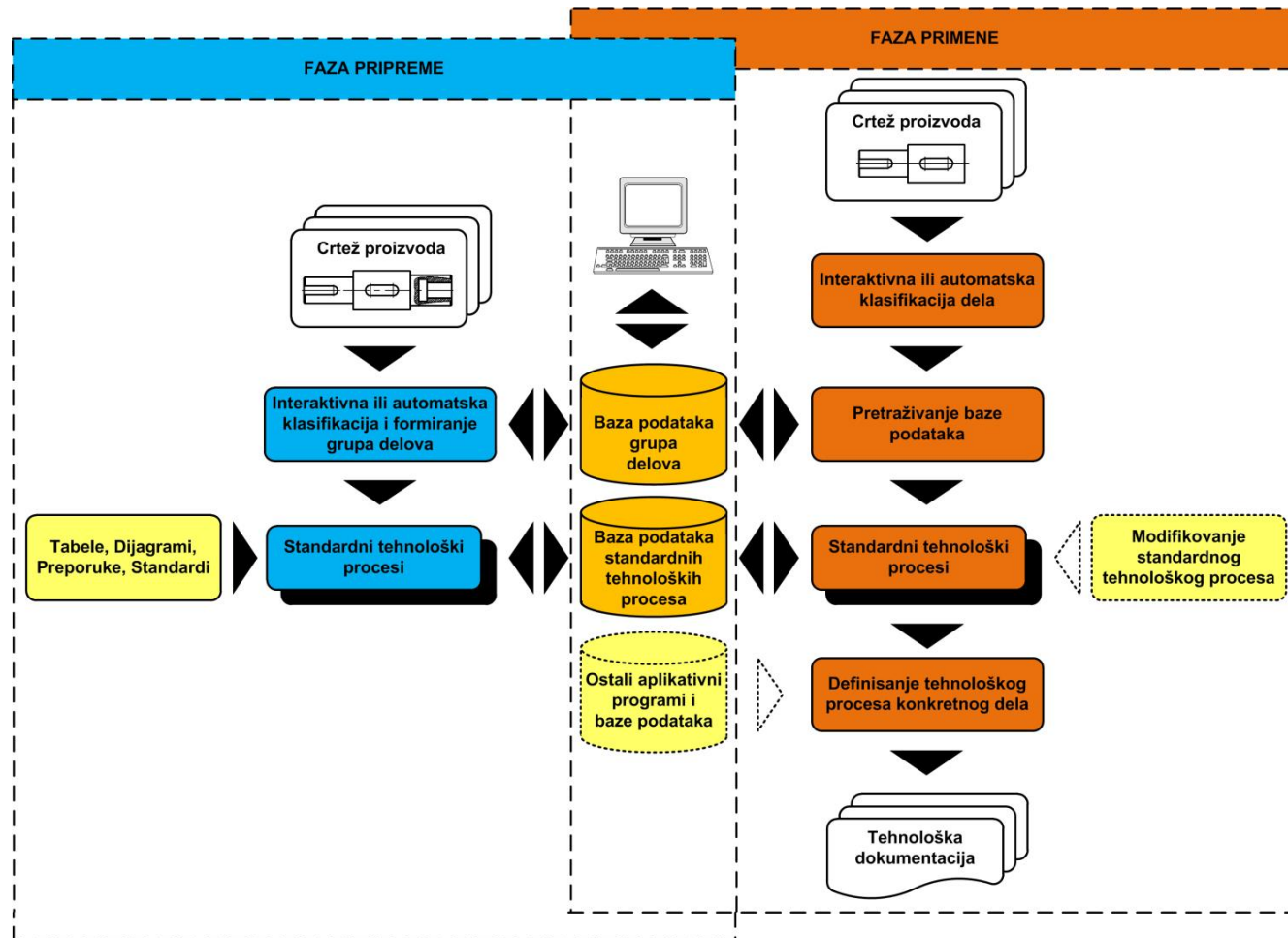
CAPP sistemi nižeg nivoa podrazumevaju primenu računara za memorisanje i pretraživanje podataka za tehnološke procese koje tehnolog ručno projektuje. Ovakvi sistemi obezbeđuju pretraživanje postojećih tehnoloških procesa koji mogu predstavljati osnovu za nove TP.

CAPP sistemi srednjeg nivoa automatizovano generišu tehnološke procese za određene delove jednostavnijeg geometrijskog oblika. U određenim slučajevima potrebno je da projektant izvrši određene izmene, kako bi se generisani TP prilagodio specifičnim uslovima proizvodnje.

CAPP sistemi visokog nivoa podrazumevaju ugradnju specifičnih znanja vezanih za projektovanje tehnološkog procesa u sistem, koji u velikoj meri preuzima ulogu projektanta tehnoloških procesa. Baze podataka i baze znanja CAPP sistema ovog nivoa su povezane sa bazama CAD, CAM i drugih CAx sistema, čime se postiže njihova potpuna integracija.



Karakteristike za podelu i vrednovanje CAPP sistema



Faza pripreme

- Analiza proizvodnog programa,
- Razvoj ili izbor sistema klasifikacije,
- Klasifikacija i grupisanje delova,
- Razvoj baze podataka delova,
- Projektovanje grupnih TP za grupe delova,
- Razvoj baze podataka za standardne TP

Faza primene

- Klasifikacija i kodiranje konkretnog dela,
- Pretraživanje baze podataka grupa delova,
- Izbor standardnog TP,
- Modifikovanje i preciziranje TP za deo,
- Generisanje tehnološke dokumentacije

Osnovni prednosti varijantnih CAPP sistema u odnosu na manuelno PTP:

- Ušteda vremena potrebnog za projektovanje tehnoloških procesa,
- Ulaganja za razvoj (hardver i softver) ovih sistema su relativno mala,
- Vreme razvoja sistema je relativno kratko, a instalisanje i primena su laki,
- Dobra pouzdanost u realnim uslovima,
- Pozitivan uticaj na standardizaciju, unifikaciju i tipizaciju proizvoda i TP
- Prikupljaju se znanja i iskustva korisna za manje iskusne tehnologe

Osnovni nedostaci varijantnih CAPP sistema su:

- Kvalitet standardnih i preciziranih tehnoloških procesa i dalje zavisi od znanja i veštine tehnologa,
- Baza podataka za proizvode i tehnološke procese vremenom postaje obimna, što usporava rad sistema i otežava rad pri klasifikaciji,
- Eventualna potreba za više informacija u klasifikacionom kodu, zahteva ponovno klasificiranje i kodiranje postojećih grupa delova i njihovih tehnoloških procesa,
- Prilično smanjena fleksibilnost u pogledu geometrije i tačnosti delova, što je naročito izraženo za tehnološke procese obrade na obradnim sistemima sa NC upravljanjem,
- Krutost sistema s obzirom na mogućnost primene istog CAPP sistema u više proizvodnih sistema (preduzeća)

U novije vreme varijantni CAPP sistemi se razvijaju i primenom savremenih prilaza, kao što su tipski oblici, metode veštačke inteligencije i dr., što je dalo novu dimenziju ovom prilazu i značajno je uticalo na kombinovanje varijantnog i generativnog prilaza, odnosno razvoj vario-generativnih CAPP sistema.

Varijantni CAPP sistemi su posebno pogodni za primenu u malim i srednjim proizvodnim sistemima sa relativno stabilnim programom proizvodnje, koji nemaju sopstvene razvojno-istraživačke timove.

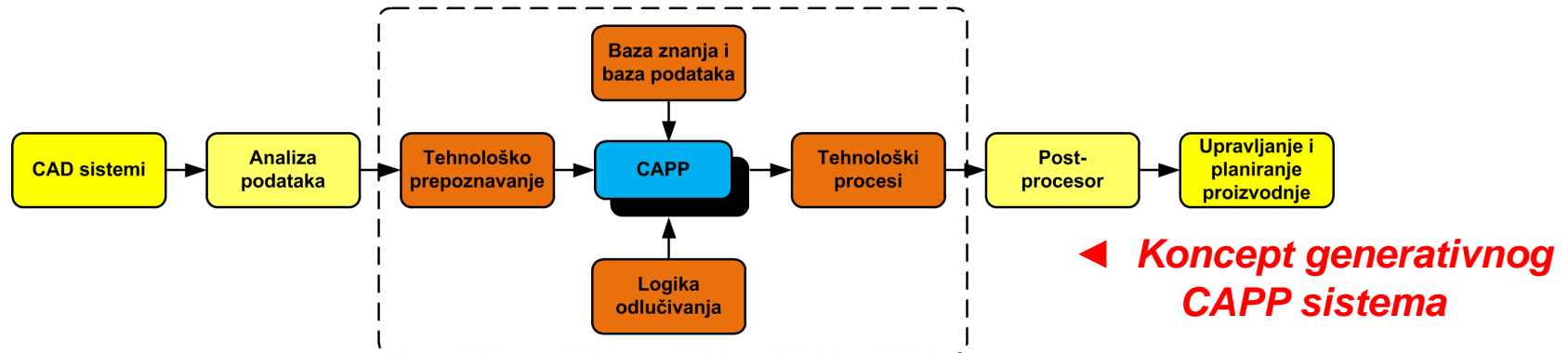
Generativni CAPP sistemi

Generativni CAPP sistem su bazirani na nezavisnom projektovanju tehnološkog procesa za svaki proizvod ili deo, bez razvrstavanja u određene grupe ili modifikovanje postojećih standardnih tehnoloških procesa, uz minimalno učešće tehnologa.

Sistem generiše tehnološki proces na osnovu ugrađenog logičkog algoritma, koji u sebi sadrži odgovarajuću bazu znanja (knowledge base) o projektovanju tehnoloških procesa i bazu podataka raspoloživih proizvodnih resursa.

Za razvoj generativnog CAPP sistema je neophodno:

- Identifikovanje i prikupljanje znanja potrebnih za projektovanje tehnoloških procesa,
- Jasno i tačno opisati deo u formatu prihvatljivom za računar,
- Prikupljeno znanje za projektovanje i podaci o proizvodu moraju da budu ugrađeni u jedinstvenu tehnološku bazu podataka i bazu znanja.



Osnovni model generativnog CAPP sadrži tri bazna modula:

- Modul za opis dela i prepoznavanje oblika
- Modul tehnološke baze podataka i baze znanja
- Logiku za odlučivanje i odgovarajuće algoritme

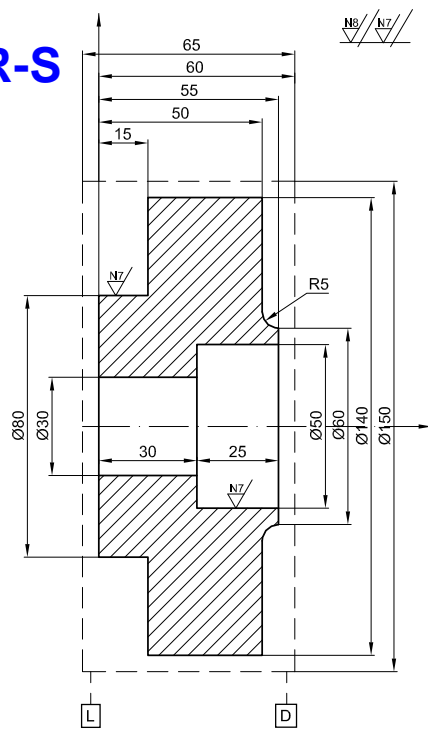
CAPP sistemi koriste različite načine za opis delova:

- **Klasifikacioni brojevi (Codes)**
- **Specijalni jezici za lingvističko opisivanje (Specijal Descriptive Languages)**
- **CAD modeli (CAD models)**

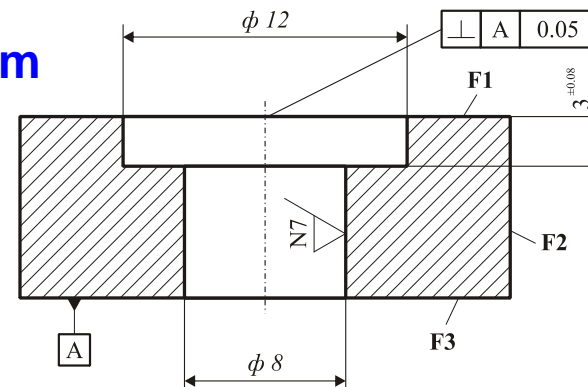
Prve generacije generativnih CAPP sistema su koristile klasifikacione brojeve za opis delova primenom konstrukciono-tehnoloških klasifikatora. Takav opis je relativno siromašan i vrlo teško može da obuhvati sve neophodne podatke, naročito podatke o tehnološkim karakteristikama.

U sledećoj fazi razvoja počeli su se primenjivati specijalni jezici za opisivanje geometrijskih i tehnoloških karakteristika dela. Ovi jezici su najčešće simbolički, jer se povezivanje geometrijskih i tehnoloških karakteristika vrši posredstvom simbola (npr. AUTAP ili SAPOR-S). Posebnu grupu jezika za opisivanje delova čine jezici prilagođeni za primenu kod ekspertnih sistema, koji koriste veštačku inteligenciju za definisanje tehnološkog procesa. Jedan od takvih sistema je GARI, u okviru koga se deo opisuje pomoću tipskih tehnoloških oblika korišćenjem sistemskih reči.

SAPOR-S



GARI sistem



NAZV/IZVOR.PROGR.ZA DEO BR.5
KOMT/TEHNOLOŠKE INFORM.
MATR/Č.0545
BKOM/200
KOMT/GEOMETR.INFORMAC.
POGE
GAPO/150,65
GAME/140,55,30
SOSD/70,5
SODU/50Q7,25
TOSD/R,70,0,5,60,5,70
SOSL/80Q7,15
ZAGE
KRAJ

SN (tip otvora sa upuštenim ulazom)
(počinje od F1)(završetak na F3)
(prečnik 8)(prečnik upuštenog dela 12)
(kvalitet površine 7)(rastojanje HF2 19)
(dubina upuštenog dela HF1 3 +-80)
(normalnost HF3 +-50)

Razvoj generativnih CAPP sistema od sredine 80-ih godina fokusiran je na direktnu primenu CAD modela proizvoda, odnosno povezivanjem sa CAD sistemom. Podatke iz CAD modela proizvoda je potrebno prilagoditi tehnološkim zahtevima, odnosno izvršiti tehnološko prepoznavanje proizvoda kroz prepoznavanje i definisanje odgovarajućih tipskih tehnoloških oblika. U novije vreme se sve više razvijaju standardi za razmenu i deljenje podataka o proizvodu, gde se posebno izdvaja STEP.

U tehnološkoj bazi podataka CAPP sistema čuvaju se podaci o mašinama, alatima, priborima, merilima, režimima obrade, i drugi neophodni podaci za projektovanje tehnoloških procesa. Logika donošenja odluka predstavlja jednu od osnovnih komponenti CAPP sistema koja oponaša način rada tehnologa i njegovo znanje koje je potrebno za projektovanje tehnoloških procesa.

Za razvoj logike za donošenje odluka najviše se koriste:

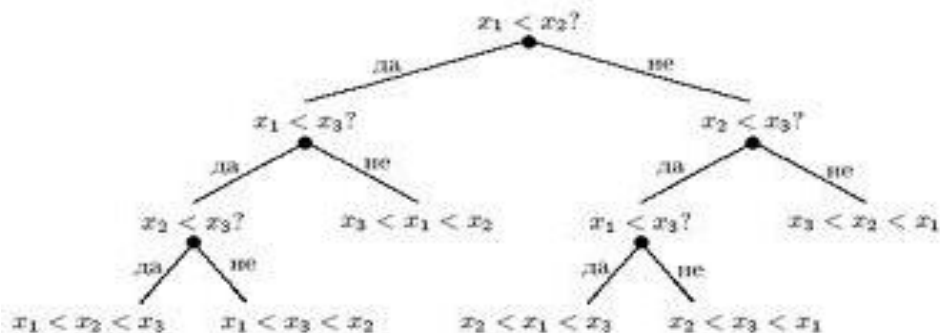
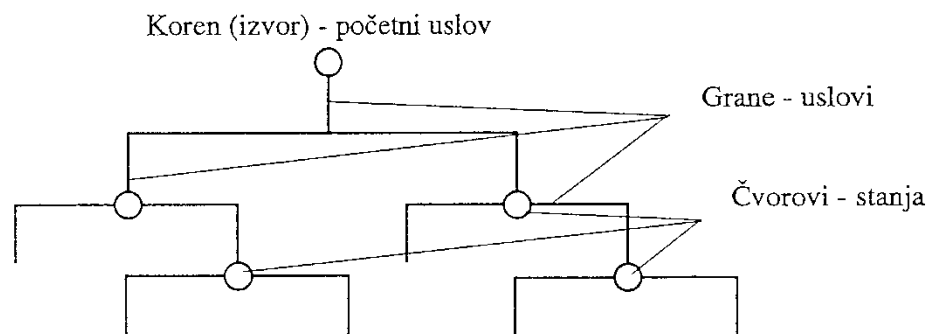
- **Stabla za odlučivanje**
- **Tabele za odlučivanje**
- **Metode veštačke inteligencije (ekspertni sistemi, neuronske mreže, genetički algoritmi, fuzzy logika)**

Prvi i drugi način se uglavnom primenjuju kod CAPP sistema koji su kreirani algoritamskim programiranjem primenom programskih jezika. Kod trećeg načina primenjuju se metode veštačke inteligencije, koje imaju niz prednosti u odnosu na prethodne i sve više CAPP sistema nove generacije se bazira na njihovoj primeni.

Jedan od najefikasnijih načina za prikazivanje tehnoloških mogućnosti pogona, a i tehnoloških znanja se odnosi na produkciona pravila: **IF (uslov) THEN (akcija-zaključak)**

Ovakve i slične iskaze treba na neki način implementirati u CAPP sistem. Oni prikazuju znanje o elementima koji učestvuju u procesu kreiranja tehnoloških procesa. To znanje se nalazi u raznim priručnicima, preporukama, kao i glavama iskusnih tehnologa-eksperata. To znanje se pre implementacije u program mora na neki način šematski predstaviti da bi bilo razumljivo i lako se implementiralo u program, kao i da posluži kao dokumentacija o programu.

Stablo odlučivanja predstavlja grafički prikaz mogućih akcija (stanja) u zavisnosti od početnih (ulaznih) uslova, sa istovremenim prikazivanjem prelaznih stanja između početnog i krajnjeg stanja. Sastoji se od korena (jedinствен), čvorova i grana.

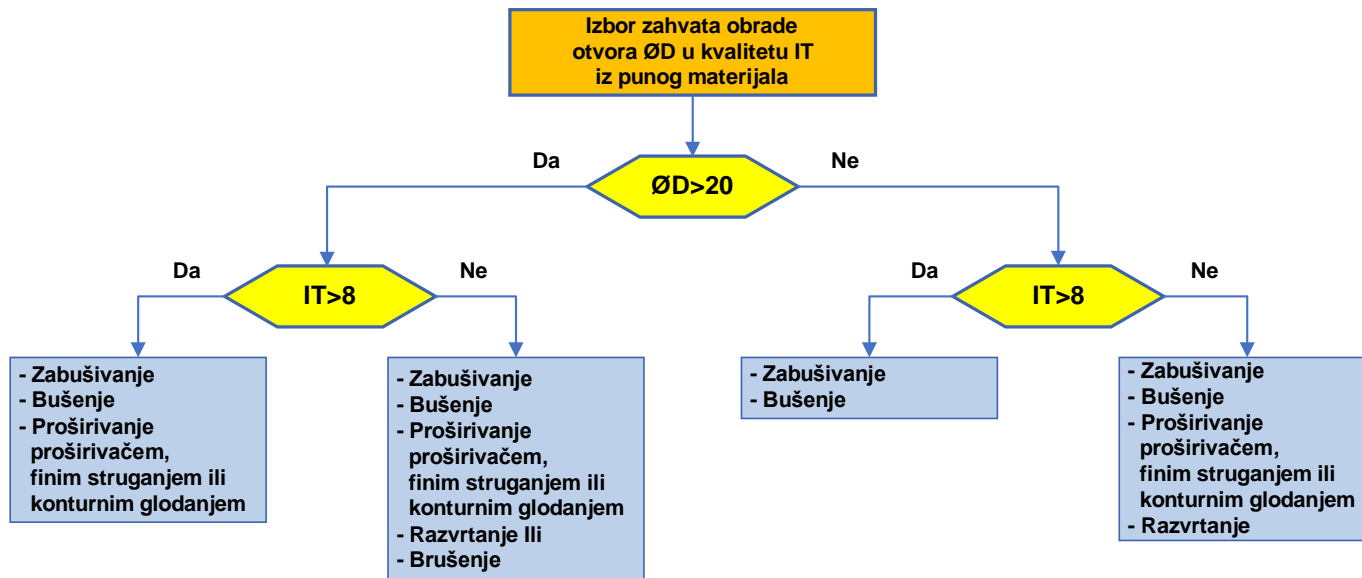


KVALITET > 8	T		
KVALITET < 8		T	T
DIM > 20		T	
DIM < 20	T		T
BUŠENJE	X	1	1
RAZVRTANJE		3	2
PROŠIRIVANJE		2	

Primeri tabele odlučivanja i stabla odlučivanja za obradu otvora prečnika ØD kvaliteta N (IT)?

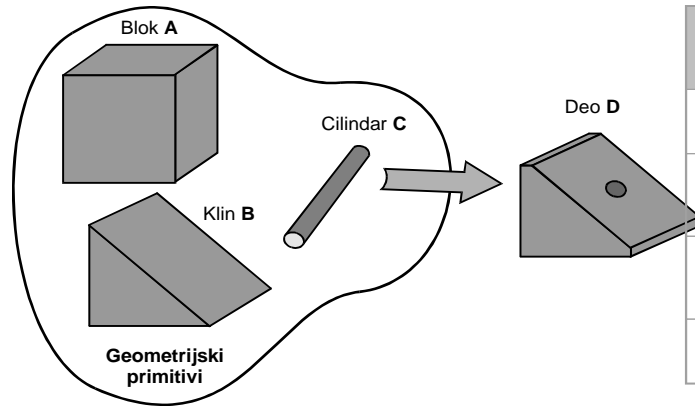
Izbor zahvata obrade otvora ØD u kvalitetu obrade IT, iz punog materijala					
Uslovi	Prečnik ØD>20mm		T		T
	Prečnik ØD≤20mm	T		T	
	Kvalitet obrade IT>8	T			T
	Kvalitet obrade IT≤8		T	T	
Zahvati obrade	Zabušivanje	1	1	1	1
	Bušenje	2	2	2	2
	Proširivanje proširivačem		3	3	3
	Proširivanje finim struganjem		3`		3`
	Proširivanje konturnim glodanjem		3''		3''
	Razvrtanje		4	4	
	Brušenje		4`		

Tabela odlučivanja



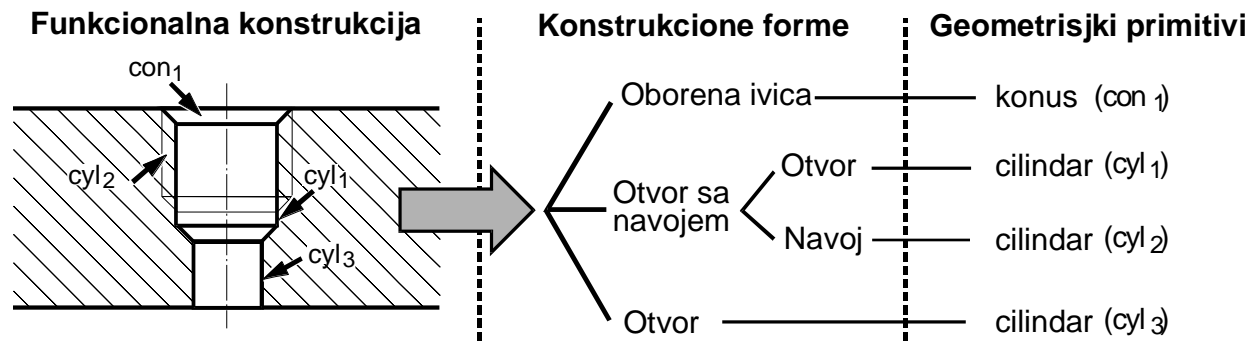
Stablo odlučivanja

Primer transformacije geometrijskih primitiva u gotov deo primenom bulovih operacija:



Br.	Bulova jednačina	Način komponovanja geometrijskih primitiva
1.	$D = (A \cdot B) \cdot \bar{C}$	Na zasečenom bloku bušiti otvor
2.	$D = A \cdot (B \cdot \bar{C})$	Na kvadratnom bloku odseći nagib i bušiti otvor
3.	$D = (A \cdot \bar{C}) \cdot B$	Na kvadratnom bloku bušiti otvor pa odseći nagib
4.	$D = (\bar{C+B}) \cdot A$	Izraditi kalup i napuniti materijalom

Primer transformacije funkcionalne konstrukcije u geometrijske primitive:

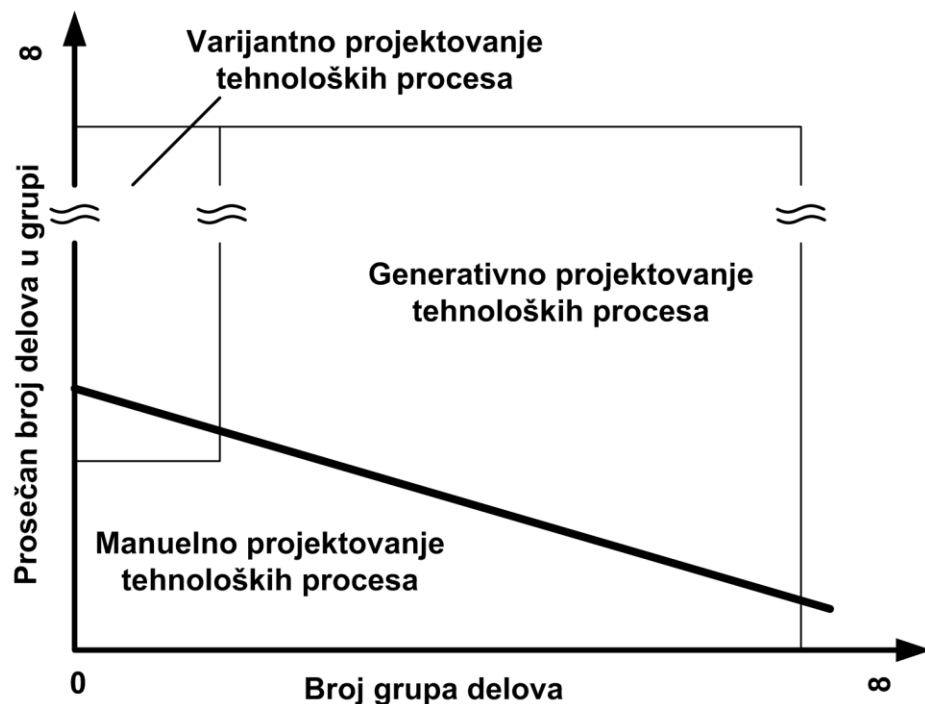


Osnovne prednosti generativnih CAPP sistema u odnosu na varijantne:

- Brže generisanje tehnoloških procesa,
- Svaki deo je ulaz sam za sebe,
- Brzo prilagođavanje promeni asortimana proizvodnog programa,
- Omogućuje se povezivanje sa drugim delovima CIM sistema,
- Laka akvizicija podataka.

Upporedni prikaz CAPP sistema

Tip CAPP sistema	Predstavljanje proizvoda	Način unošenja ulaznih podataka	Način generisanja tehnoloških procesa	Razvijena baza podataka
Varijantni	Na principima grupne tehnologije	Manuelni ulaz	Manuelni, modifikacijom standardnih TP	Baza standardnih tehnoloških procesa
Generativni	Na bazi jezika za opis dela	Manuelni ulaz	Stablo odluke, Tablične odluke, Ekspertni sistemi	Baza znanja i tehnološka baza podataka
Novi generativni	CAD model	Automatski CAD interfejs	Stablo odluke, Tablične odluke, Metode veštačke inteligencije	Baza znanja i tehnološka baza podataka



Ne postoji tačno definisana granica primene pojedinih metoda PTP, ali se mogu grubo definisati ekonomična područja njihove primene.

Ekonomična područja primene pojedinih pristupa projektovanja tehnoloških procesa (CAPP sistema)

