



Ak.god. 2020./2021., VI. semestar

PROIZVODNE TEHNOLOGIJE (2+2, ISVU 129380)

7) Proces montaže. Vrste montažnih sustava.

Područje M O N T A Ž A

Predavanja: Prof. dr.sc. **ZORAN KUNICA**

Fakultet strojarstva i brodogradnje

Ivana Lučića 1

10002 Zagreb

telefon: +385 1 6168 324, e-pošta: zoran.kunica@fsb.hr

Vježbe: Doc. dr.sc. **PETAR ĆURKOVIĆ**

P R E D A V A N J A

-- odvijanje

V J E Ž B E

? . svibnja, prema rasporedu (tri grupe).

Materijali za vježbe – TISKATI IH I DONIJETI NA VJEŽBE:

http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/VI_PT_M/vjezbe/ .

K O L O K V I J

Četiri pitanja/zadatka.

Vrijeme i mjesto javit će se naknadno.

U slučaju pisanja kolokvija u sustavu e-učenja dat će se dodatne upute.

LITERATURA

http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/VI_PT_M

<http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/Montaza1.pdf>

G. Boothroyd; P. Dewhurst; W. Knight, *Product Design for Manufacture and Assembly*, CRC Press, 2011.

G. Boothroyd, *Assembly Automation and Product Design*, Marcel Dekker, New York, 1991.

J. A. Speck, *Mechanical Fastening, Joining, and Assembly*, Marcel Dekker, New York, 1997.

B. Vranješ, B. Jerbić, Z. Kunica, *2.14 Montaža, Inženjerski priručnik*, Školska knjiga, Zagreb (u tisku)

B. Jerbić, G. Nikolić, B. Vranješ, Z. Kunica: *Projektiranje automatskih montažnih sustava*, Kigen, Zagreb, 2009.

W. Stadler, *Analytical Robotics and Mechatronics*, McGraw-Hill, New York, 1995.

http://titan.fsb.hr/~zkunica/conf/MOTSP2010%20Kunica%20Invited_Lecture.pps

Internet (proizvođači opreme i softvera, katalogi i cad modeli)

Norme (ISO, EN i HRN) i patenti (<https://www.epo.org/searching-for-patents/technical/espacenet.html#tab1>)

SADRŽAJ

ŠTO JE MONTAŽA I GDJE SE POJAVLJUJE?

OSNOVNI POJMOVI I ZNAČAJKE MONTAŽE

STRUKTURA PROIZVODA I SASTAVNICE

OBLIKOVANJE PROIZVODA ZA SKLAPANJE

PROCES MONTAŽE

IZRADA PLANA PROCESA (PROJEKTIRANJE) RUČNE MONTAŽE

ORGANIZACIJSKE STRUKTURE I SUSTAVI U RUČNOJ MONTAŽI

HIBRIDNI MONTAŽNI SUSTAVI

AUTOMATSKI MONTAŽNI SUSTAVI

DETALJNO OBLIKOVANJE RADNIH MJESTA I SUSTAVA

SOFTVERSKI ALATI ZA OBLIKOVANJE MONTAŽNIH SUSTAVA

ŠTO JE MONTAŽA I GDJE SE POJAVLJUJE?

PROIZVODI se vrlo često sastoje od više dijelova – ugradbenih elemenata, koji se **IZRAĐUJU** u različitim vremenima i na različitim mjestima, pa ih onda treba **SKLAPATI (MONTIRATI)**.

Pojavljivanje montaže (njezinih dijelova: rukovanja i spajanja) u najrazličitijim područjima ljudskog djelovanja.



Postojeći proizvodni procesi – raspon koji pokriva sva razdoblja povijesti – od ručnog do potpuno automatskog rada.



Southwest Airlines The Making of Florida One



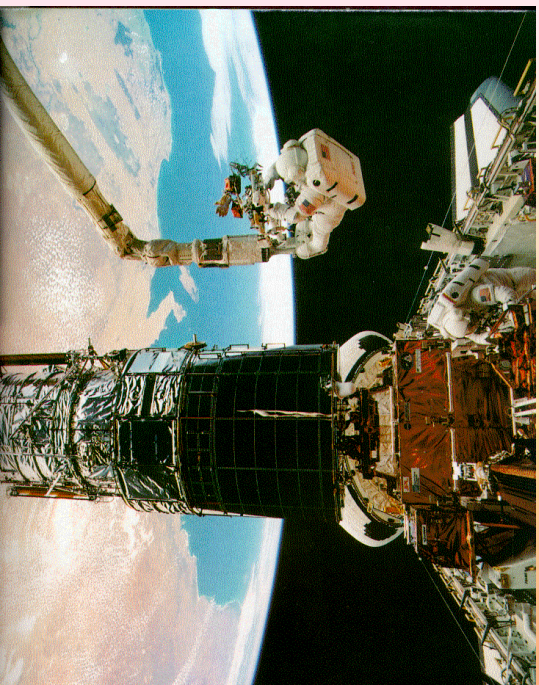
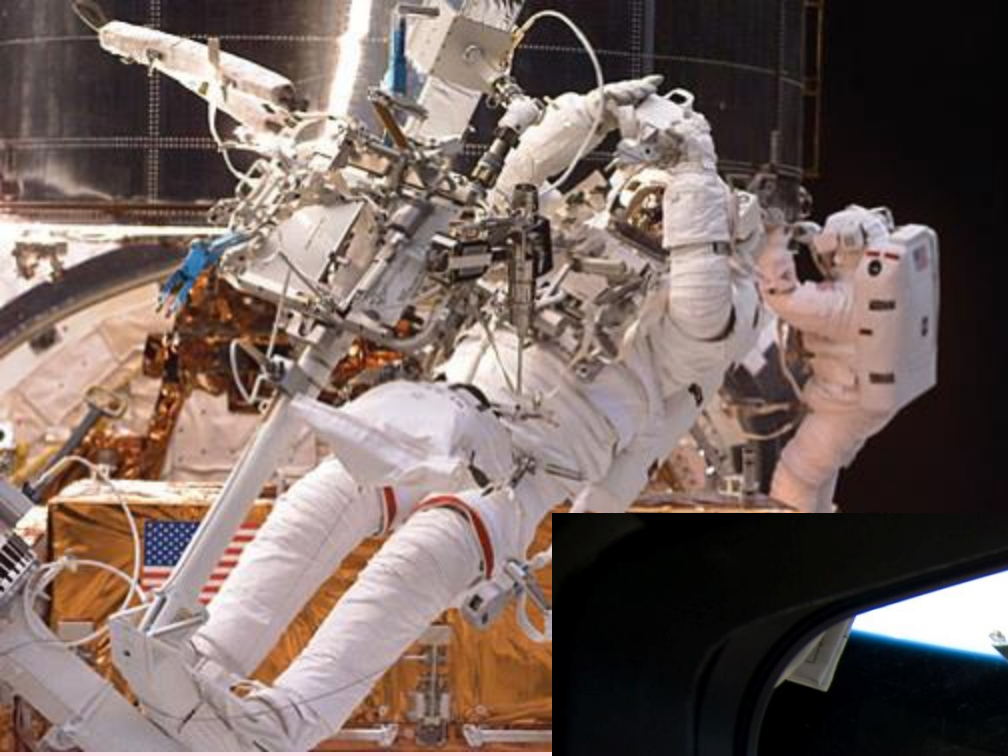
održavanje (demontaža i
montaža)



photo: zbirka Tome Bačića

© zeljeznice.net





S125E007582

The Ford Flathead Assembly Line In 1946



ZAMJENA LJUDSKOG RADA (mehanizacija i automatizacija)?



Charles C.Ebbets - Lunch atop a Skyscraper (gradnja Rockefellerovog centra u New Yorku 1932. godine)

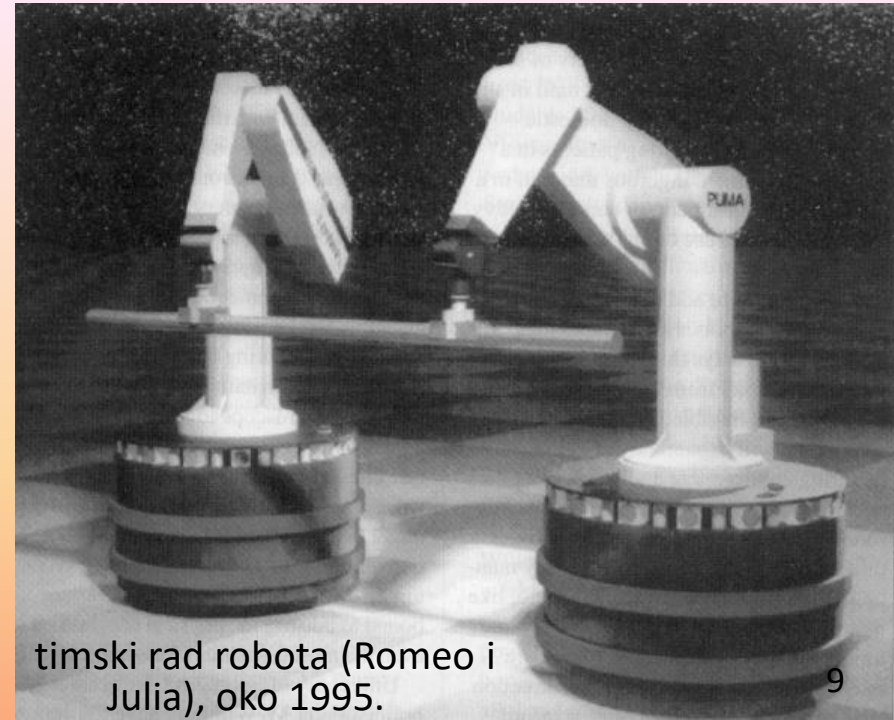


visokobrzinski
automatski
sustav:
sklapanje 220
dijelova u minuti



automatsko
rukovanje pri
kontroli
proizvoda

Robotska stanica u trgovini prirodne kozmetike



timski rad robota (Romeo i
Julia), oko 1995.

Zamjena ljudskog rada u pakiranju



[http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/v/Airline Tray Kitting divx.avi](http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/v/Airline%20Tray%20Kitting%20divx.avi)

Fold a Shirt in less than 2 Seconds!

<https://www.youtube.com/watch?v=kIDUDhpihqo>

Dvoruki robot



[http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/v/Motoman +SDA10+robot+assembly.flv](http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/v/Motoman+SDA10+robot+assembly.flv)

Folds a Shirt (Baxter Robot)

<https://www.youtube.com/watch?v=Mr7U9pQtwq8>



Bernard M. Snyder

TVOREVINA – PROIZVOD (uporabna i tržišna vrijednost)?

PROIZVODNE KOLIČINE?

JEDNONAMJENSKO ILI FLEKSIBILNO?

EKONOMIČNA PODJELA RADA (ljudi i/ili strojevi)!



AUTOMOBILSKA INDUSTRIJA – VODEĆA INDUSTRIJA U AUTOMATIZACIJI

Završna montaža automobila nije dio toga.



Oko 1915. ...



i danas...

2018 Skoda Octavia Production
Montaža: od 13.10 do 20.05

<http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/v/Production+of+the+2008+Renault+Laguna.flv>

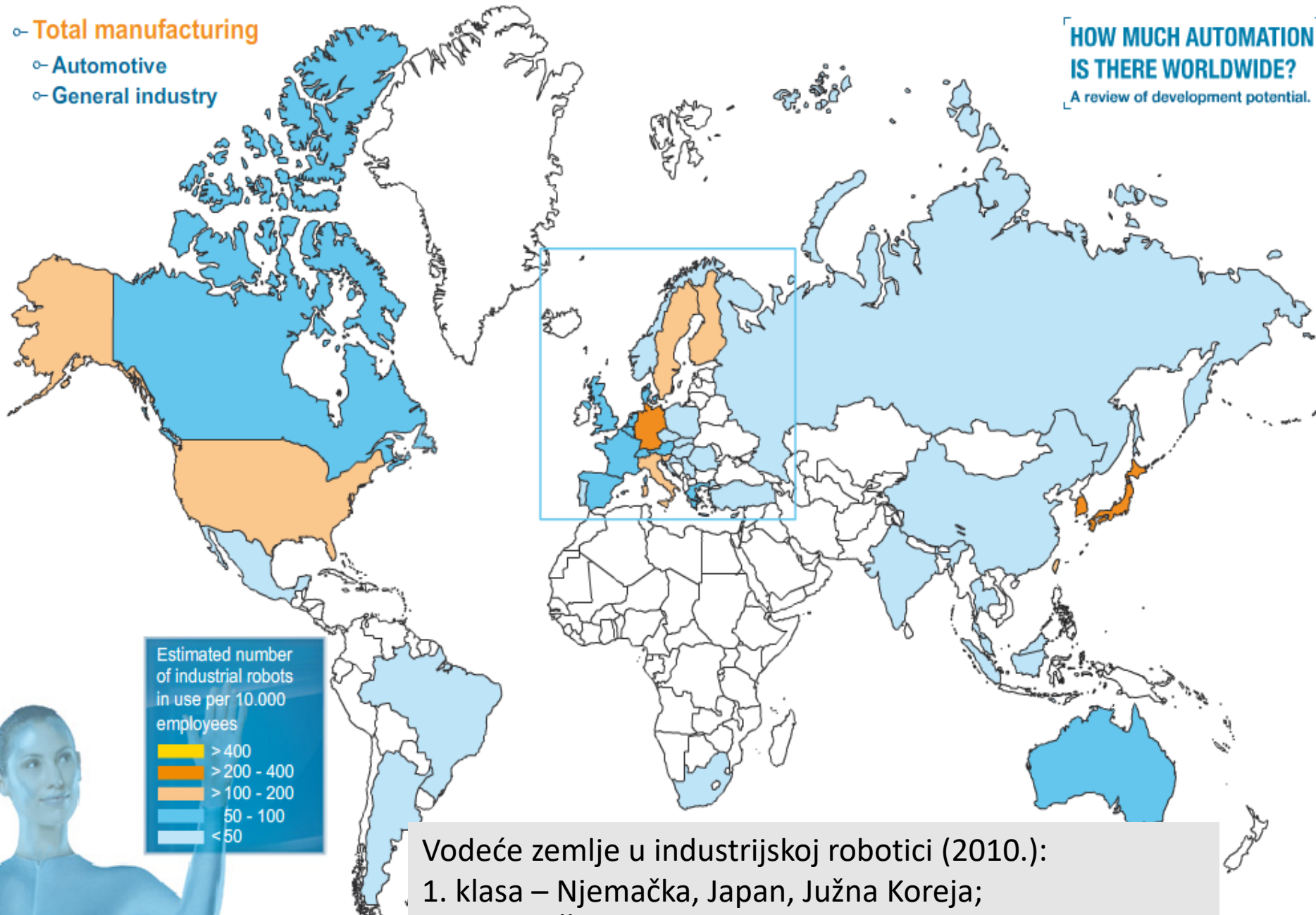


Sensors Make Robots Smarter
When Inserting Vehicle
Windshields

○ Total manufacturing

- Automotive
- General industry

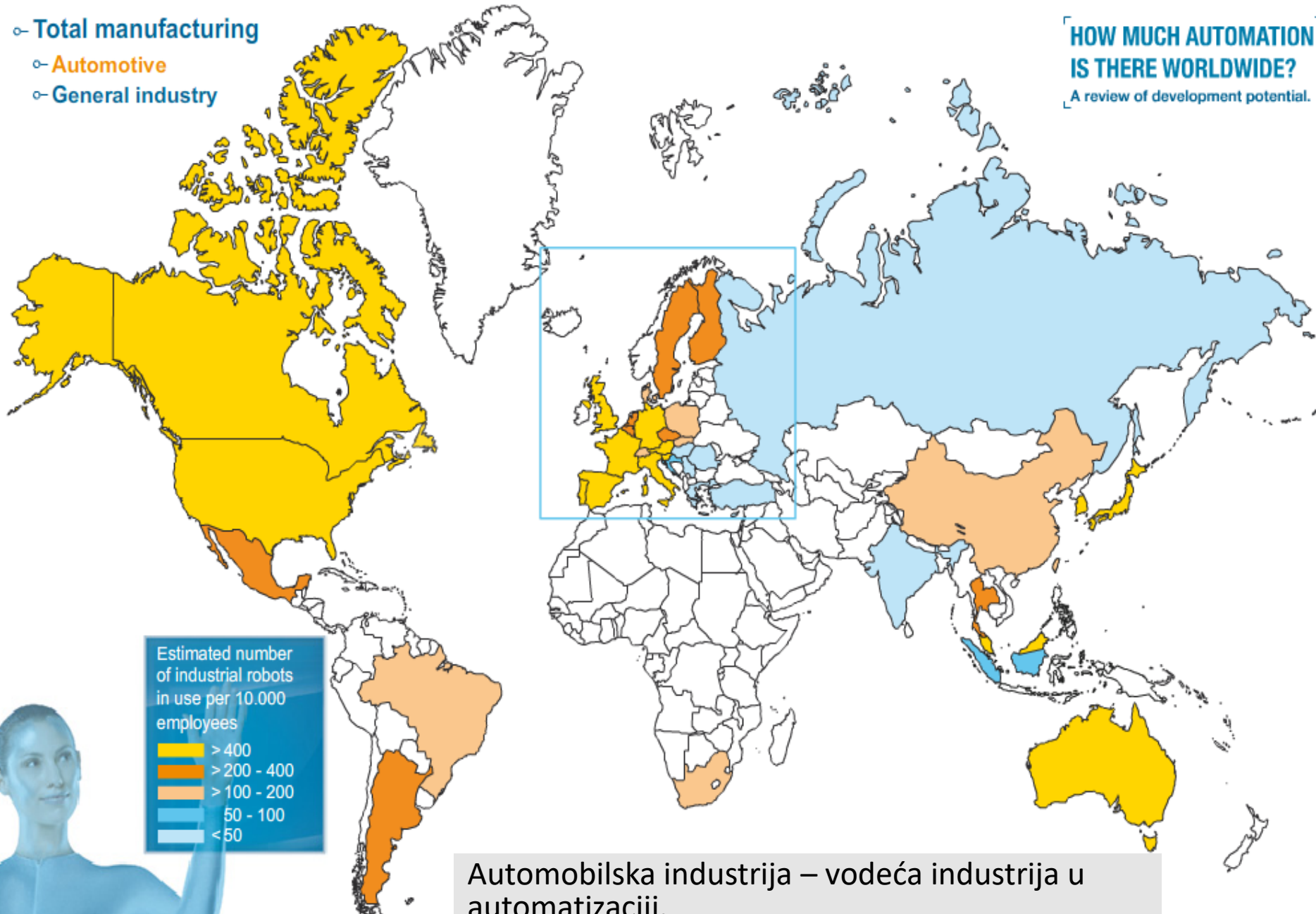
HOW MUCH AUTOMATION IS THERE WORLDWIDE?
A review of development potential.



o Total manufacturing

- o Automotive
- o General industry

HOW MUCH AUTOMATION IS THERE WORLDWIDE?
A review of development potential.



Automobilska industrija – vodeća industrija u automatizaciji.

OSNOVNI POJMOVI I ZNAČAJKE MONTAŽE

Montaža, ili sklapanje, jest svaka djelatnost kojoj je cilj spajanje dvaju ili više objekata u cjelinu, određene namjene.

Montaža je zastupljena u svim ljudskim djelatnostima, od industrije (građevinarstvo, strojarstvo, elektronika, brodogradnja...), do kućanstva. U industriji, proces proizvodnje redovito završava sklapanjem.

Objekti sklapanja, ili **ugradbeni elementi**, jesu (pojedinačni) dijelovi, sklopovi i bezoblične tvari.

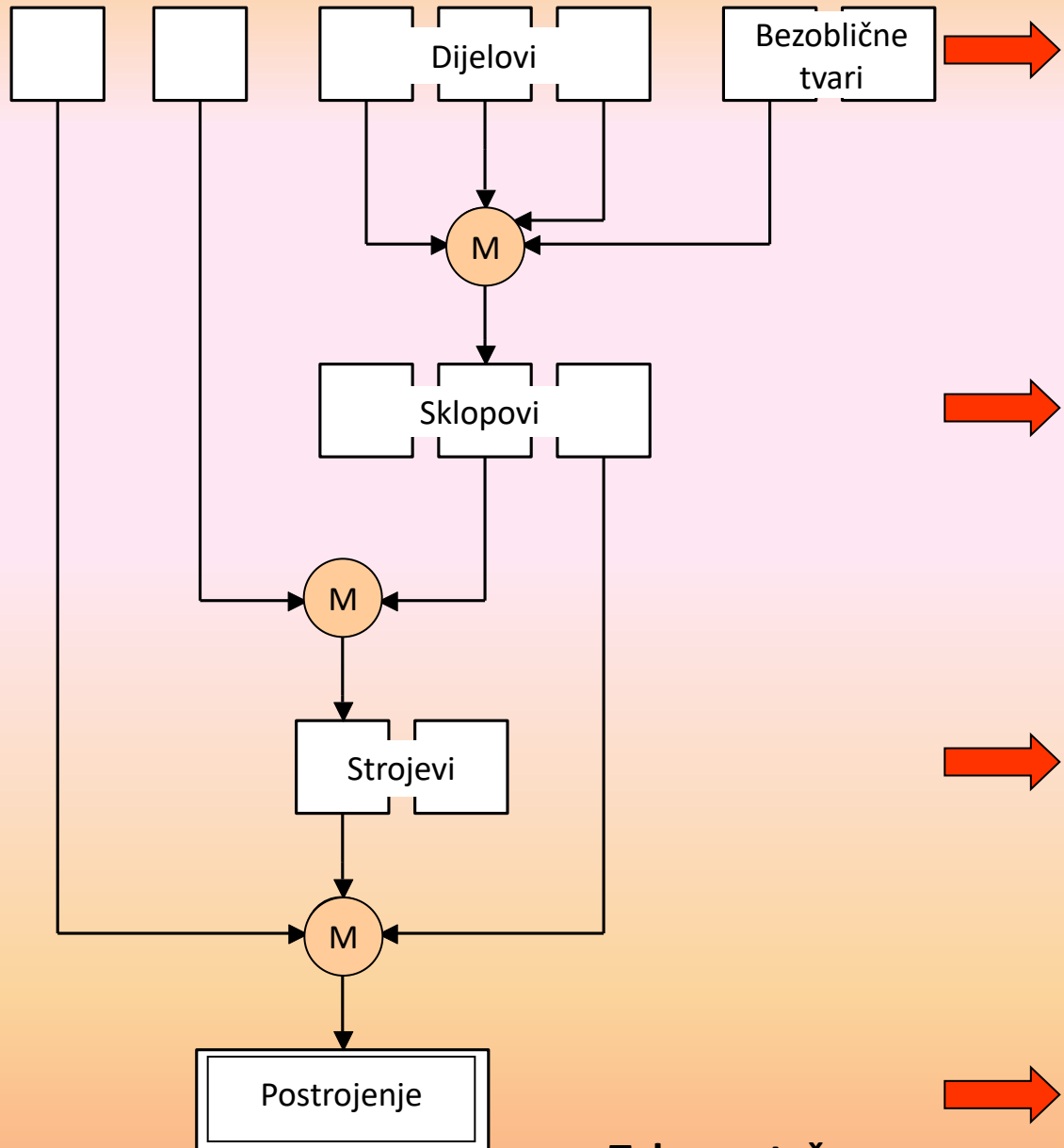
Dijelovi su geometrijski određene tvorevine nastale obradom nekog materijala, od jednoga komada.

Sklopovi su geometrijski određene tvorevine sastavljene od najmanje dva ugradbena elementa.

Bezoblične su tvari: plinovi, tekućine, praškovi i granulat.

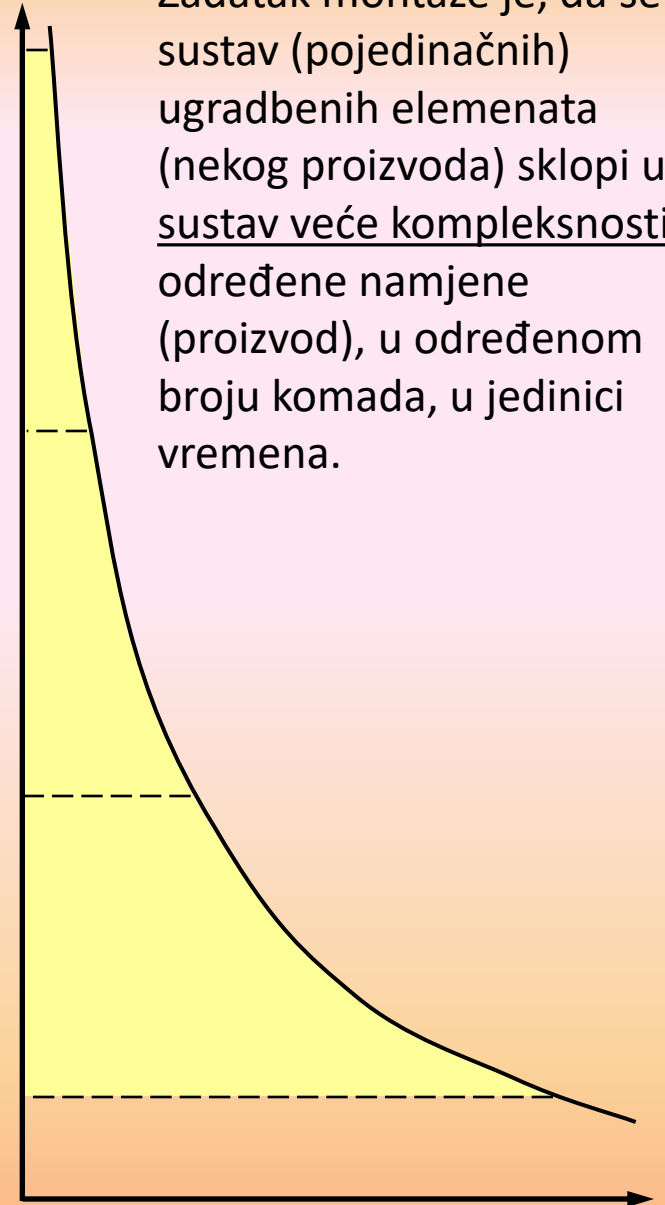
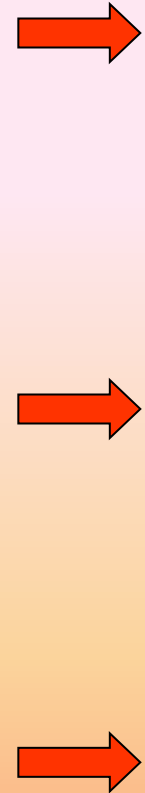
Odnosi između ugradbenih elemenata neke tvorevine ostvaruju se **spojevima**.

Završni sklop jest proizvod.



Tok montaže

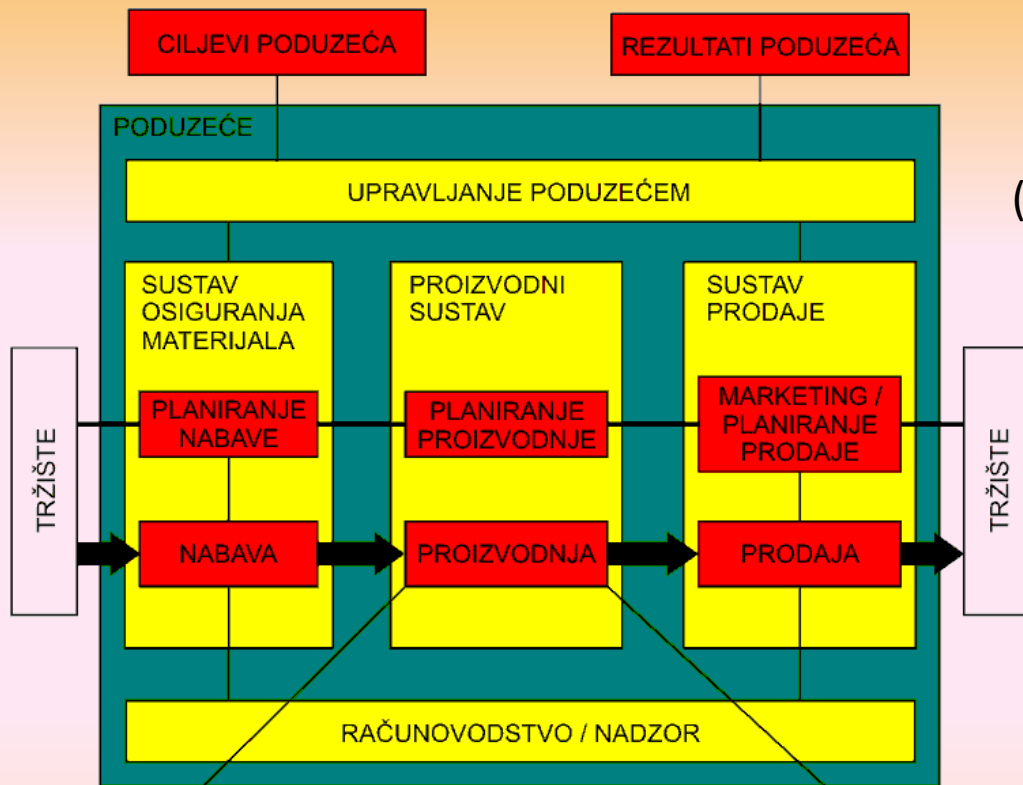
Zadatak montaže je, da se sustav (pojedinačnih) ugradbenih elemenata (nekog proizvoda) sklopi u sustav veće kompleksnosti određene namjene (proizvod), u određenom broju komada, u jedinici vremena.



složenost objekta montaže

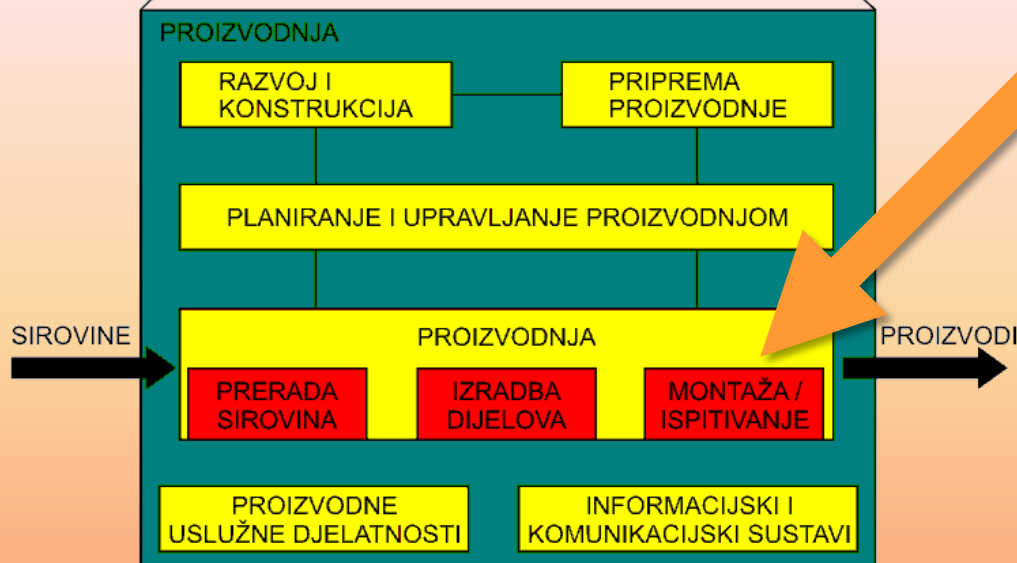
Montaža je neizbježna u slučajevima:

- a) ako se funkcija proizvoda ne može ostvariti jednim ugradbenim elementom;
- b) ako treba osigurati međusobnu pokretljivost ugradbenih elemenata;
- c) potrebe za ugradbenim elementima od različitih materijala;
- d) jeftinije izradbe dva ugradbena elementa umjesto jednoga;
- e) osiguranja demontaže ugradbenih elemenata radi snižavanja troškova transporta ili održavanja proizvoda (zamjenjivost);
- f) posebnih zahtjeva na proizvod (naprimjer estetskih).



Montaža u proizvodnom sustavu (ustroj, tokovi materijala i informacija)

Budući da je montaža završna aktivnost u proizvodnji, svi propusti, greške i nedostaci prethodnih faza proizvodnje kumuliraju se u njoj.



Stupanj složenosti montažnih radova, ovisno o proizvodu (čiji su gabariti raspona od minijaturnih elektroničkih proizvoda do tankera), ishodi **različitim izvođenjem montaže**.

Upravo **raznolikost pojavnosti proizvoda** i njihovih značajki (male količine, veliki obujmi, težine i broj ugradbenih elemenata, složeni geometrijski oblici ugradbenih elemenata...), kao i činjenica da se automatizacija montaže suočava s posebno složenom problematikom zamjene ljudskog rada, zasnovanoga na iznimnim motoričkim, osjetilnim i mentalnim sposobnostima, uvjetuju da se **montaža i danas izvodi najčešće ručno**, uz korištenje jednostavnoga alata.

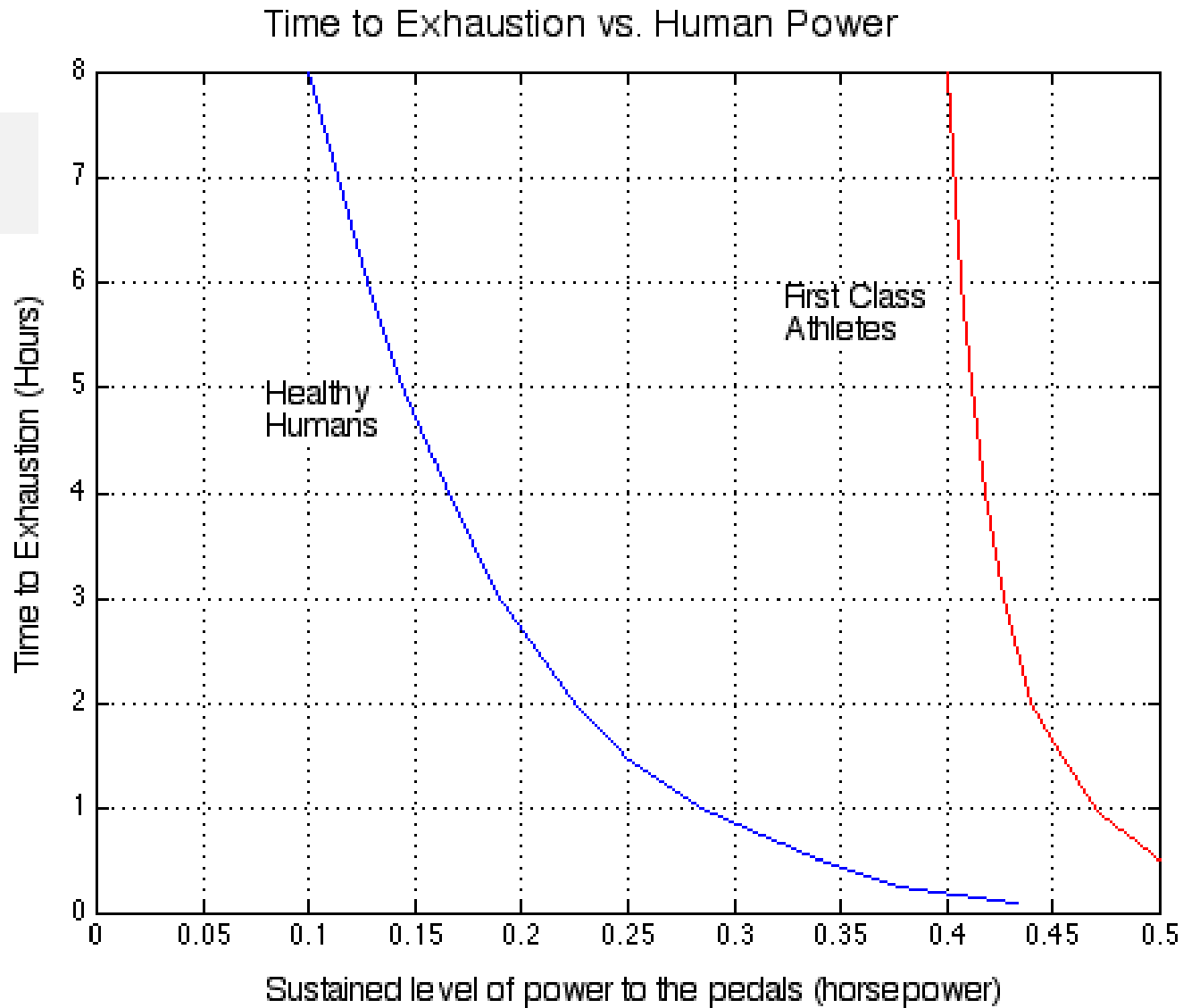
Stoga je relativan udio zaposlenih u montaži visok, krećući se u u pojedinim granama gospodarstva između 17 i 34 %.

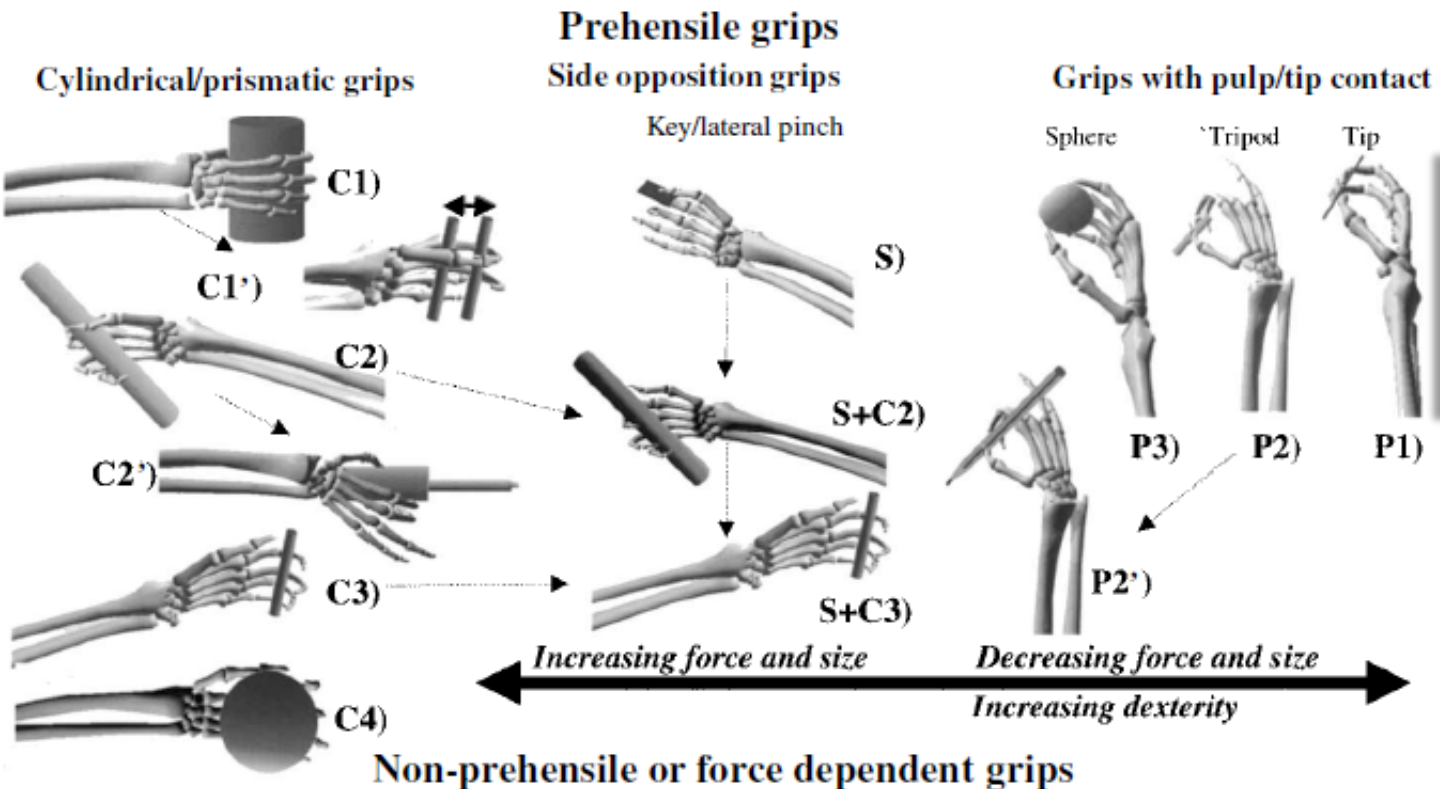
Uncrating and Field Assembly of the P-47

BIOMETRIKA

Zdrav, dobro uhranjen radnik tijekom 8 sati može održati prosječno 75 W izlazne snage.

Snaga pri pedaliranju





Non-prehensile or force dependent grips

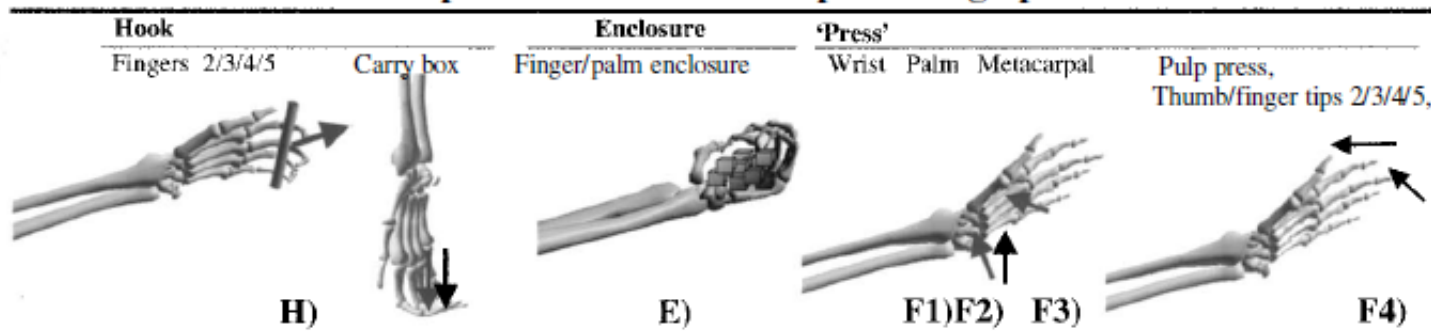


Figure 3. Grip taxonomy for use with hand wrench.

Bionička šaka

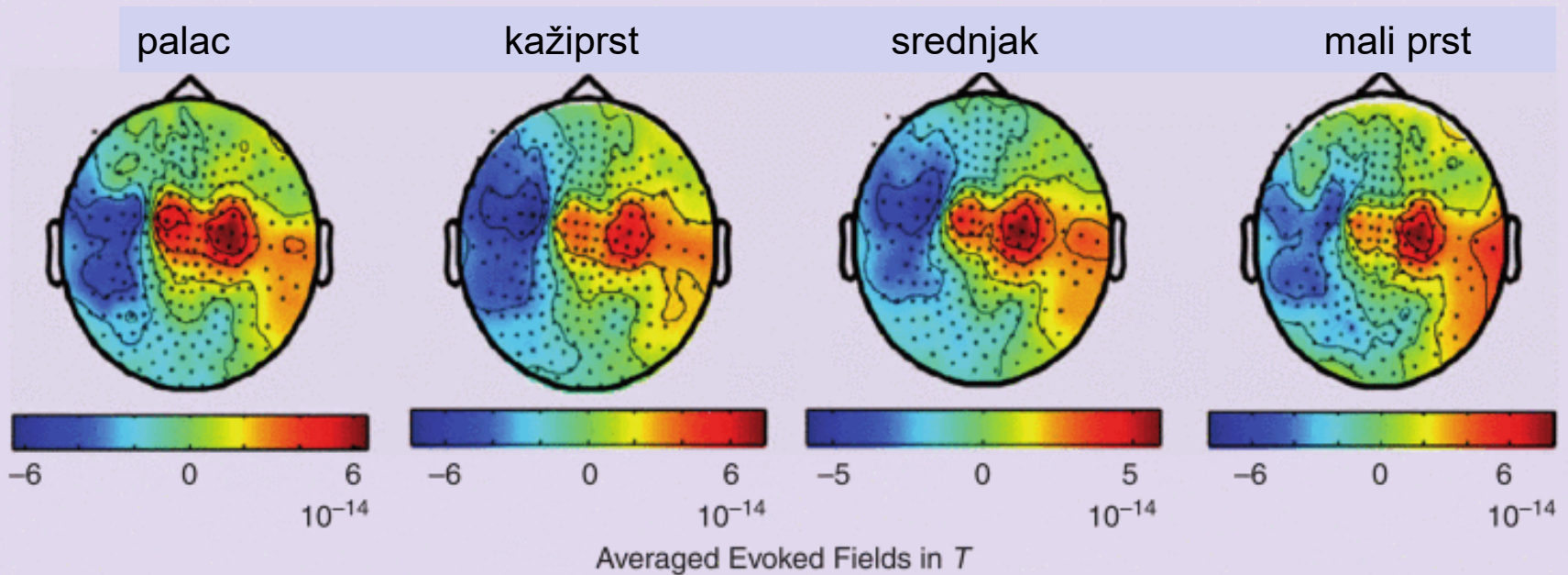


Egzoskelet Daewoo (kiborgizacija)



Istraživanje biološke povezanosti upravljanja i gibanja (izvršenja)

[N. Robinson, A. P. Vinod: **Noninvasive Brain-Computer Interface: Decoding Arm Movement Kinematics and Motor Control**]



Pobuđena magnetska polja pri gibanju pojedinih prstiju desne ruke: palca, kažiprsta, srednjaka i malog prsta [S. Weichwald, T. Meyer, B. Scholkopf, T. Ball, M. Grosse-Wentrup, "Decoding index finger position from EEG using random forests", pp. 1-6, 2014.]

Istraživanja motivacije i ponašanja (psihologija i psihijatrija, kultura)

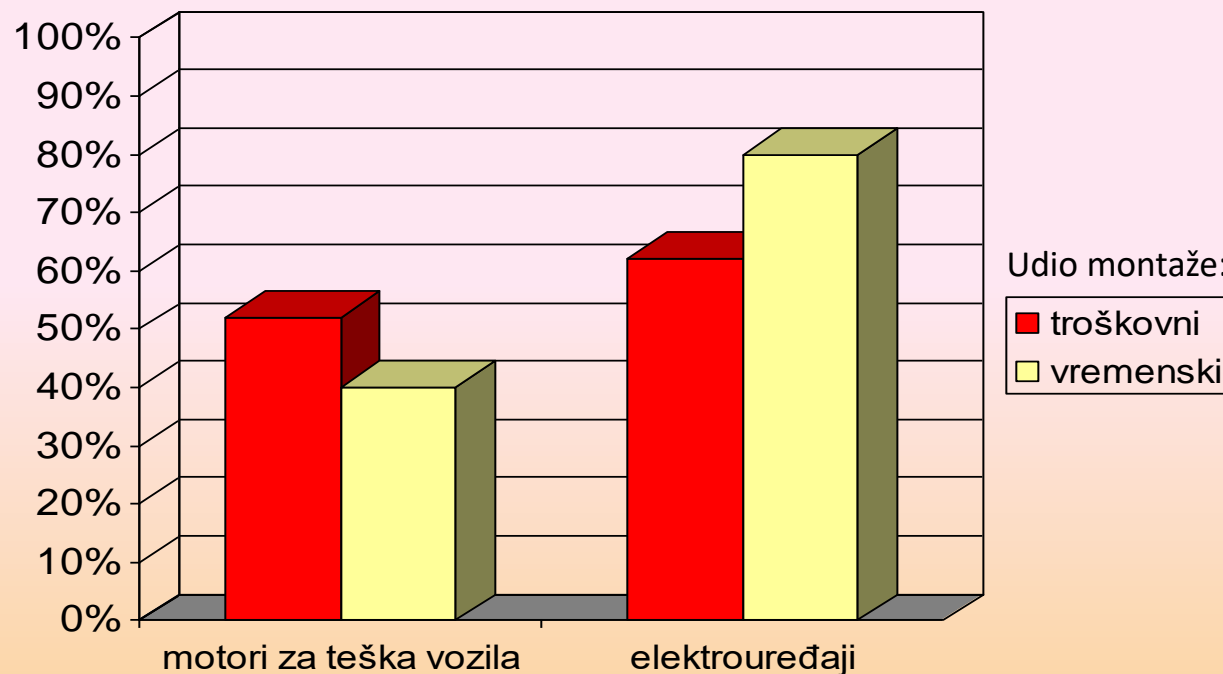
Valentino Braitenberg: **Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology**

Eric Berne (interakcija i scenariji), Mihaly Csikszentmihályi (110 bit/s, 60 bitova za dekodiranje)...

AUTOMATSKI SUSTAVI: INTELIGENTNI, AUTONOMNI I...

Nesklad između stupnjeva automatizacije u izradbi dijelova i montaži, uzrokovao je značajno povećanje vremenskog i troškovnog udjela montaže u realizaciji proizvoda.

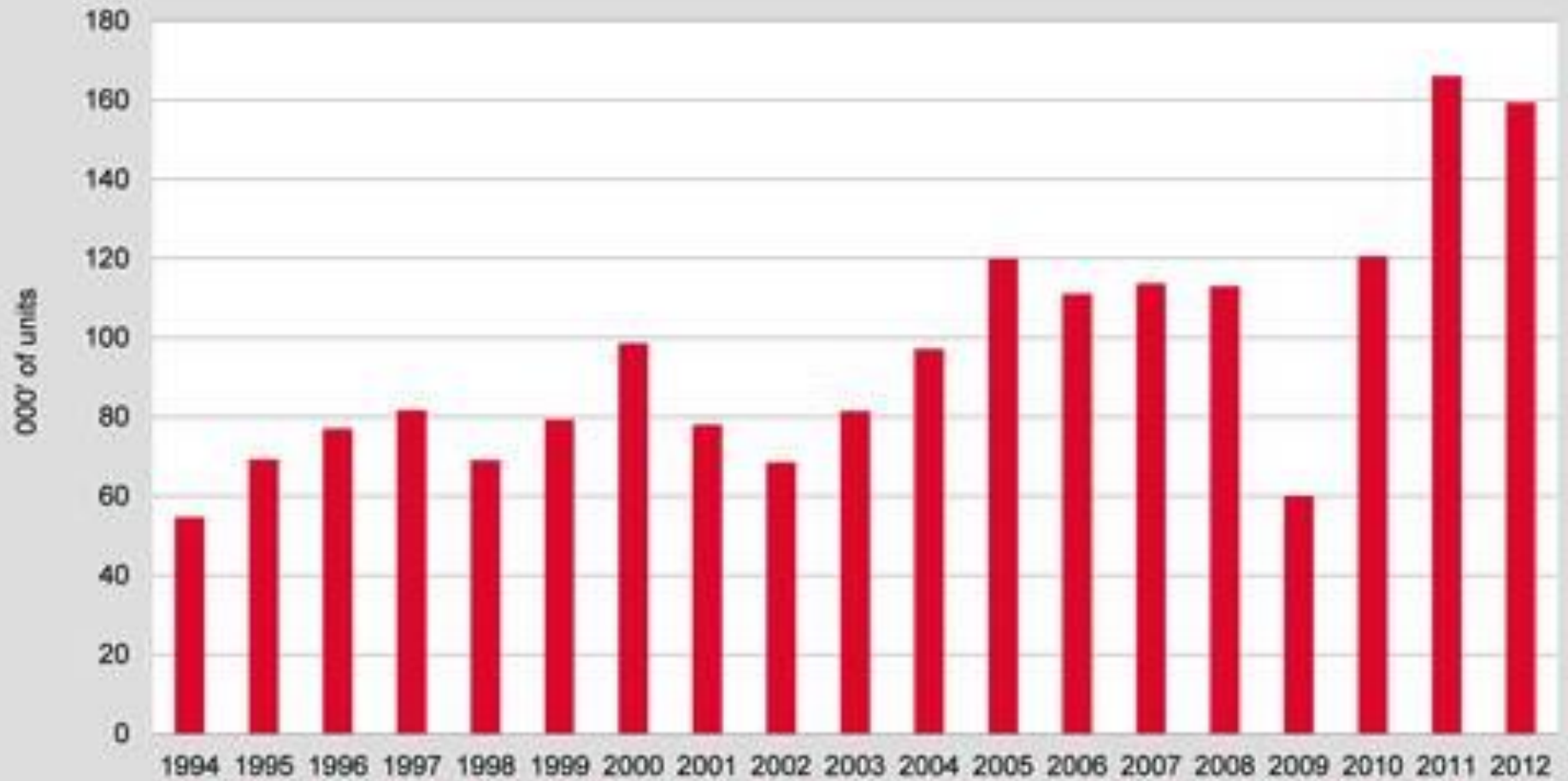
Prosječan vremenski udio montaže u ciklusu proizvodnje iznosi od 40 do 60 %, a troškovni i do 50 %.



Troškovni i vremenski udio montaže u ukupnim troškovima proizvodnje

Stoga se automatizacija montaže nameće kao tehnološki imperativ, i danas predstavlja područje strateških rezervi profita proizvođača (Investicije? Nadnice?).

Estimated worldwide annual shipments of industrial robots



Source: World Robotics 2013

Zašto je montaža dugo bila zapostavljena?

- Izradba dijelova obavlja se ekonomično opremom koja nadmašuje ljudske sposobnosti, dok je u montaži situacija obrnuta.
- Sve dok je postojao problem izradbe dijelova, problem montaže nije postojao.
- Ljudi su efikasni u montaži, jer raspolažu osjetilnim, motoričkim i mentalnim sposobnostima, superiornijim od onih u strojeva.
- Ljudi imaju instinktivnu sposobnost spajati predmete međusobno, pa se montaža ponegdje nije smatrala *ozbiljnom* tehnologijom, te se nisu definirala posebna pravila za montažu, čijom bi se uporabom unaprijedila i povećala efikasnost montaže.

Montaža je djelatnost koja ljudima predstavlja zadovoljstvo. Ljudi spoznaju montažu od najranije dobi. Najuspješnije se dječje igračke temelje na prirodnoj sklonosti ljudi k montaži (lego, puzzle, ...). Treba istaknuti da infantilna montaža i zadovoljstvo njezinom uspješnom izvedbom, impliciraju i demontažu. Naime, demontaža i montaža su fizičke i motoričke realizacije instinktivnih i vježbanih temeljnih misaonih procesa spoznavanja, analize i sinteze, koji se dešavaju vrlo rano, tako da se neki njihovog ranog podrijetla u odraslijoj dobi više i ne dosjećaju (Jedna je kolegica na nastavi u vezi strukturiranja proizvoda rekla: „To smo radili kad smo imali dvije-tri godine.“). Valentino Braitenberg veli da smo na osnovi naše opservacije skloni precjenjivati složenost funkcioniranja i građe neke tvorevine, sve dok je ne rastavimo i u potpunosti ne upoznamo njezine dijelove.

- Montaža nije skupa. **Potrebne investicije za ručnu montažu su minimalne, a glavni troškovi su troškovi ljudskog rada. Dok su oni mali, nema motivacije za unapređenjem efikasnosti montaže.**

Osobitosti montaže

Usporedba značajki montaže i izradbe dijelova

MONTAŽA	IZRADBA DIJELOVA
Više ugradbenih elemenata u procesu	Jedan izradak u procesu
Ugradbeni elementi složene geometrije	Pripremti jednostavne geometrije
Različite montažne operacije na više ugradbenih elemenata	Različite izradbene operacije na jednom izratku
Masa i obujam objekta montaže rastu	Masa i obujam izratka se smanjuju
Na istom se objektu izvodi više puta (popravci)	Obrada se na izratku izvodi samo jednom
Mnogo rukovanja ugradbenim elementom	Malo rukovanja izratkom

Više ugradbenih elemenata složene geometrije, povećava kompleksnost montažnog procesa i otežava njegovo planiranje i upravljanje.

Rješenja primijenjena u montaži nekoga proizvoda samo se rijetko i uz dodatan napor dadu uporabiti za montažu drugog proizvoda.

Montaža sklopova i proizvoda često se obavlja na istoj mikrolokaciji s izradbenim sustavom.

No, u namjeri smanjenja troškova radne snage i/ili transporta, montažni se sustavi **dislociraju u područja niskog vrednovanja radne snage ili blizu tržišta** (globalizacija, poticaji, *outsourcing* – izdvajanje/izmještanje, *contract manufacturers* – ugovorni proizvođači).

Struktura sustava montaže

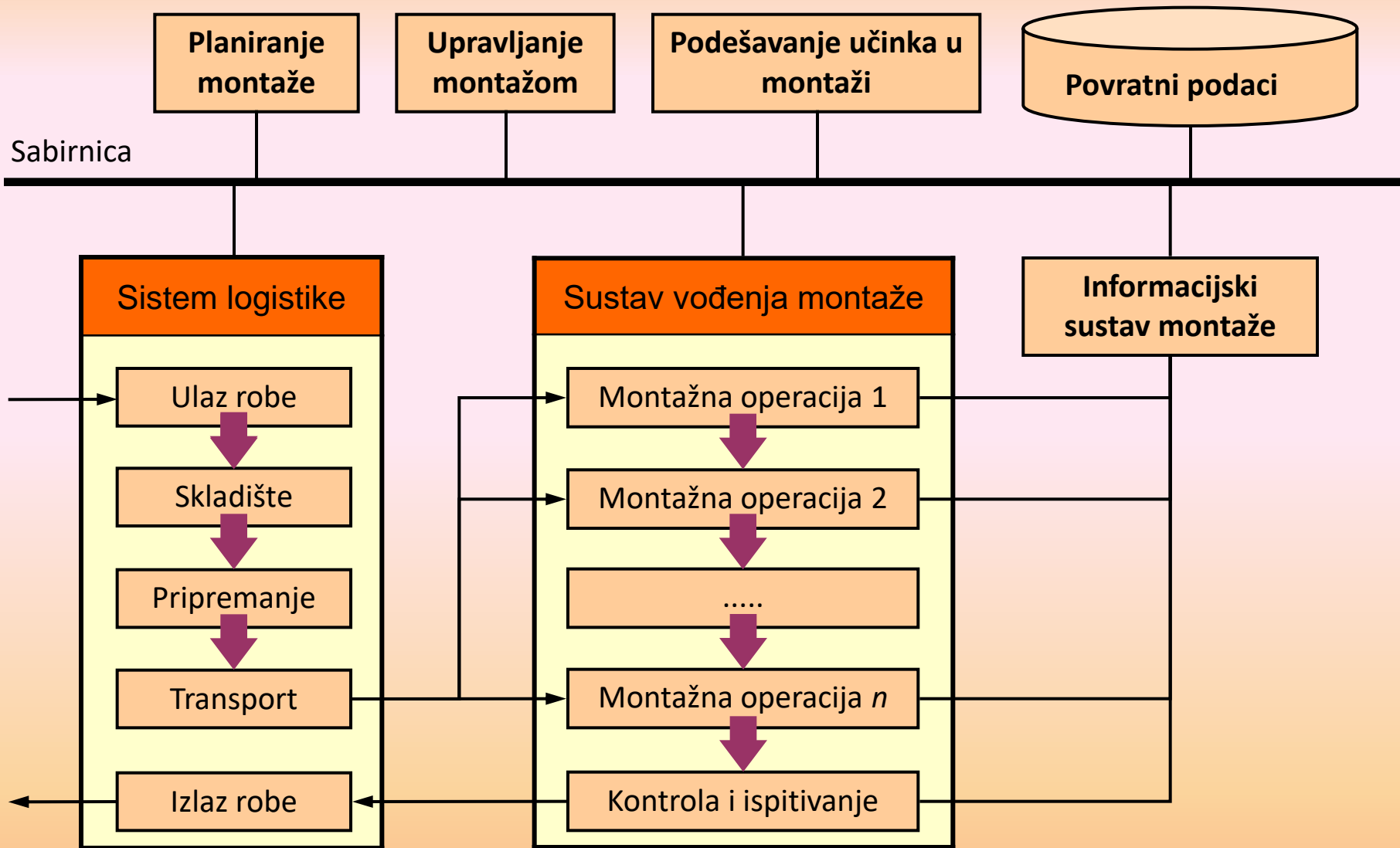
Jezgra montaže sastoji se od montažnih funkcija (operacija). Kao i kod izradbe dijelova, i kod montaže su potrebne dodatne funkcije, s kojima se tek u cjelovitosti tvori montažni sustav.

Montažna radna mjesta moraju se snabdjeti: informacijama, materijalom, alatom i napravama.

Opskrbu montaže obavlja sustav logistike pri čemu se ovdje u pravilu ne pravi razlika između materijala, alata i naprava.

Potrebne informacije i dokumenti (montažni radni nalozi, sastavnice, upute za montažu...) stvaraju se u **odjelu planiranja i vođenja montaže** i preko informacijskog sustava raspodjeljuju na pojedine **montažne stanice**. Tijek montaže odgovara onome u izradbi dijelova.

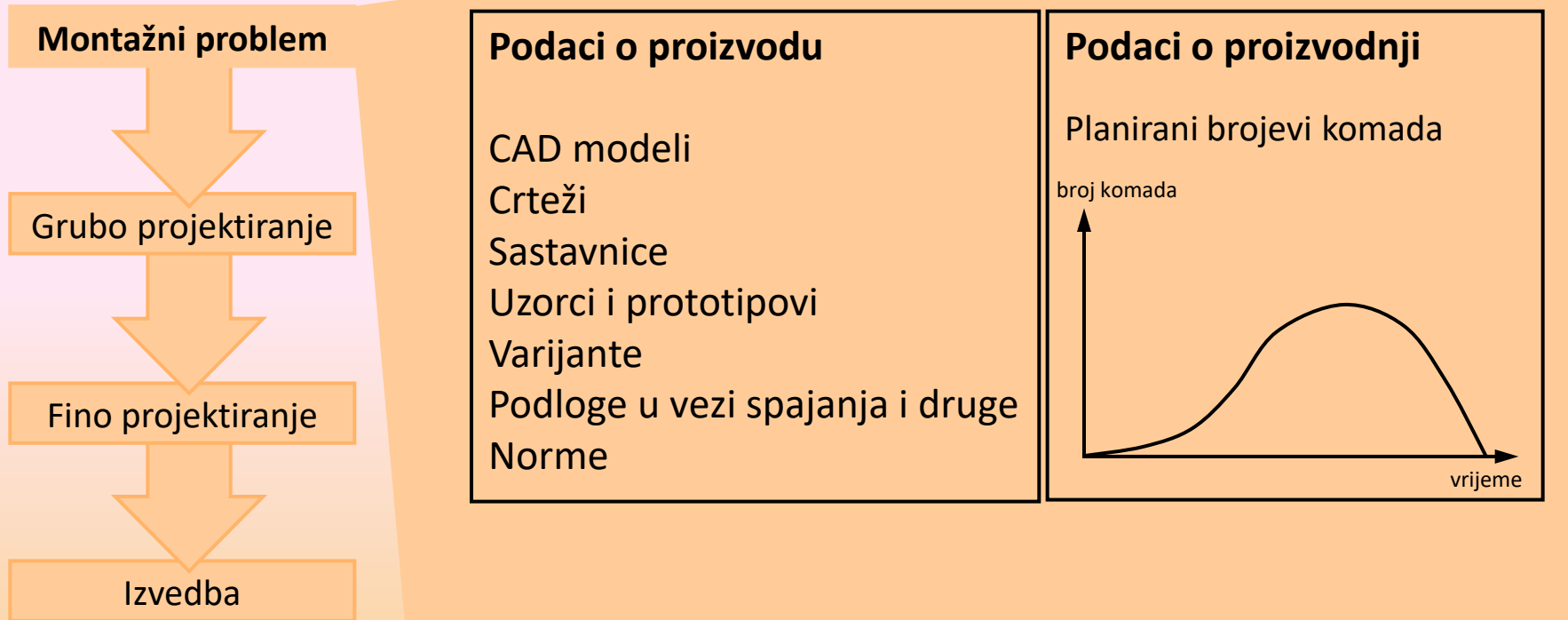
Preko povratnih podataka s montažnih stanica mogu se prikupiti pogonski podaci i podesiti učinak u montaži što daje podlogu za daljnje planiranje kapaciteta.

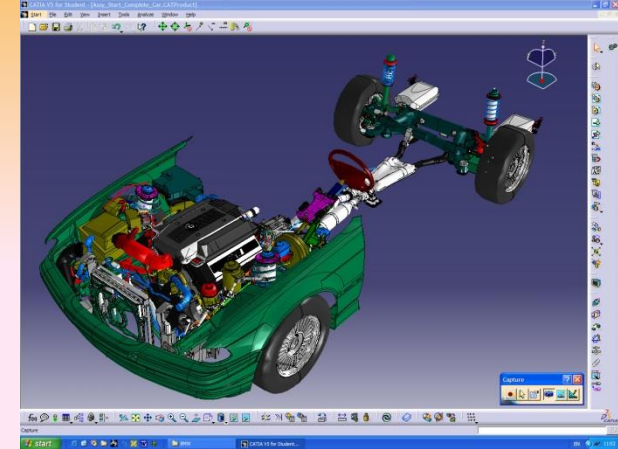
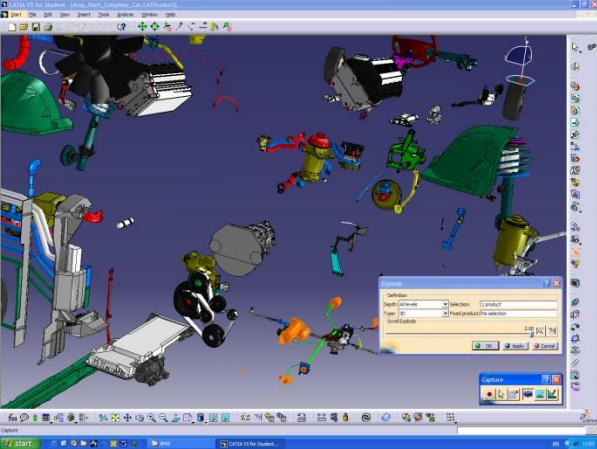


Struktura sustava montaže

Podaci o proizvodu i proizvodnji – analiza proizvoda

Za analizu montažnog problema potrebne su informacije o **proizvodu i planiranoj količini** montiranih proizvoda.





Rezultat rada konstrukcije proizvoda jest geometrijsko-funkcionalni model proizvoda koji opisuje princip rada i geometriju pojedinačnih dijelova kao i njihove međusobne relacije.

Proizvod se prikazuje računalnim **3D modelom**, odnosno tehničkim **crtežima** u mjerilu i **sastavnicama** proizvoda, uz koje se daju i odgovarajući proračuni.

Crteži dijelova (radionički crteži), predočavaju dijelove s ciljem da se daju potrebni podaci za njihovu izradu i kontrolu.

Sklopni crteži, odnosno sklopni eksplodirani crteži prikazuju sklop u stupnju detaljnosti koji je potreban za ispunjenje zadaće sklapanja proizvoda. Uza sklopne crteže uvijek se nalaze i sastavnice kojima su opisani svi ugradbeni elementi sa sklopnoga crteža.

Konstrukcijska dokumentacija definira ŠTO TREBA IZRADITI/MONTIRATI (KONSTRUKTORI).

Oblikovanje/projektiranje, planiranje te izvođenje PROCESA izradbe i montaže zahtijeva izradu tehnološke dokumentacije – KAKO IZRADITI/MONTIRATI (TEHNOLOZI).

Bitni se činitelji kod oblikovanja montažnog procesa i sustava izvode izravno iz proizvoda.

Najveći utjecaj imaju:

- ❑ veličina, oblik, težina;
- ❑ kompleksnost (broj spojeva odnosno broj ugradbenih elemenata);
- ❑ struktura;
- ❑ kvalitativni zahtjevi, te
- ❑ broj komada i broj varijanti proizvoda.

Veličina, oblik i težina proizvoda utječu na tehnološke parametre sredstava za montažu.

Kompleksnost proizvoda izražava se brojem spojeva, odnosno brojem ugradbenih elemenata. Broj, vrsta i parametri spojeva određuju broj i izvedbu sredstava za montažu, a time i kompleksnost montažnog sustava.

Struktura proizvoda ima značajan utjecaj na strukturu i stupanj automatizacije sustava montaže.

Sklopno (modularno) orijentirani proizvodi, sa sklopovima koji se nezavisno sklapaju i ispituju, montiraju se u pravilu u modularno strukturiranim sustavima. U takvim sustavima dijelovi se montažnog procesa odvijaju prostorno i vremenski usporredno – nezavisno, pozitivno utječući na dužinu ciklusa i preglednost (upravljivost) procesa.

Takve strukture sustava su *automatičnije* jer se cjelokupni obujam montaže dijeli na veći broj manjih cjelina koje se u pravilu lakše automatiziraju.

Zahtjevi kakvoće proizvoda postavljaju i kvalitativne zahtjeve na montažni sustav: visokokvalitetni dijelovi proizvoda uvjet su za primjenu automatskih sustava, a primjenom se automatskih sustava osigurava ujednačena i visoka kakvoća proizvoda.

Broj komada i broj varijanti proizvoda, utječu na stupanj automatizacije i stupanj fleksibilnosti sustava.

Kapitalom intenzivna fleksibilna automatska montažna sredstva ekonomično se iskorištavaju samo ako se sklupa dovoljno velik broj komada, uz male troškove prelaska s jedne na drugu varijantu proizvoda.



STRUKTURA PROIZVODA I SASTAVNICE

S gledišta montaže, proizvodi se dijele kako slijedi.



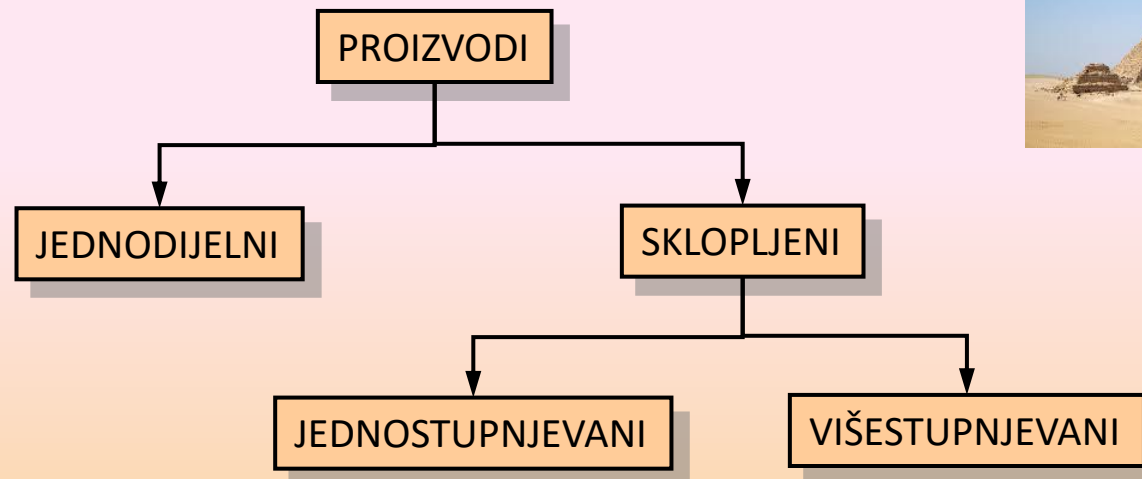
Pieter Bruegel Stariji:
Babilonska kula, 1563.



PODJELA PREMA:

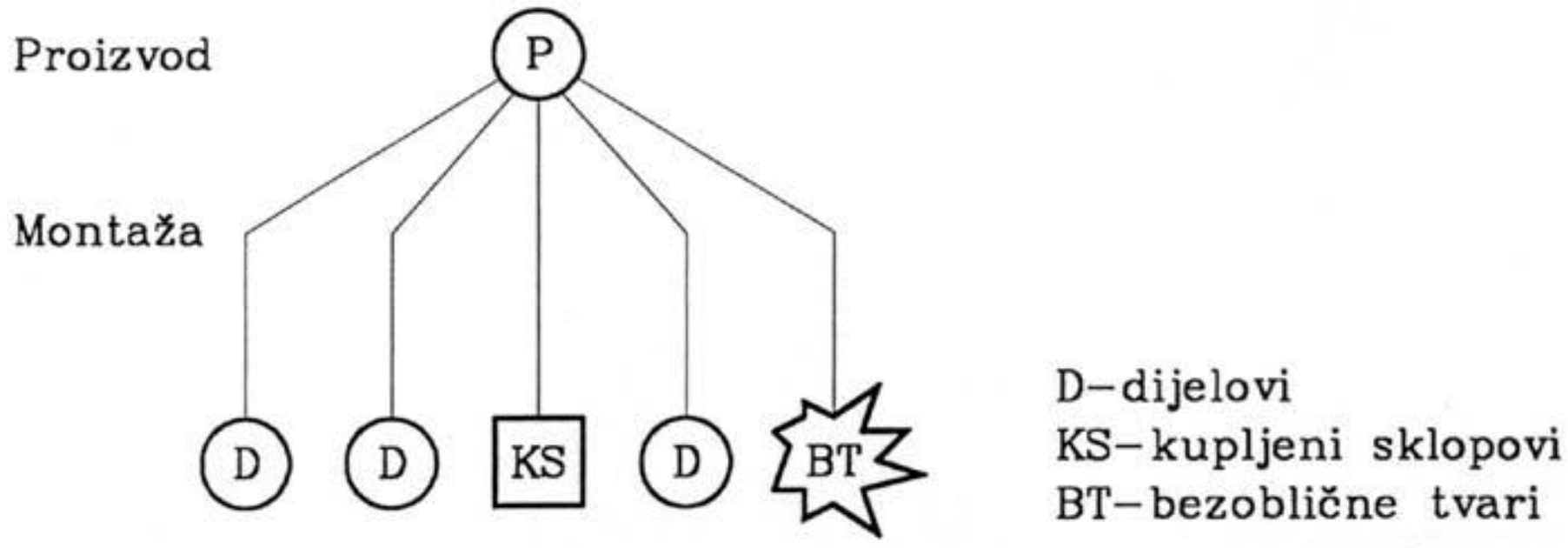
BROJU UGRADBENIH
ELEMENTATA

BROJU STUPNJEVA
UGRADNJE

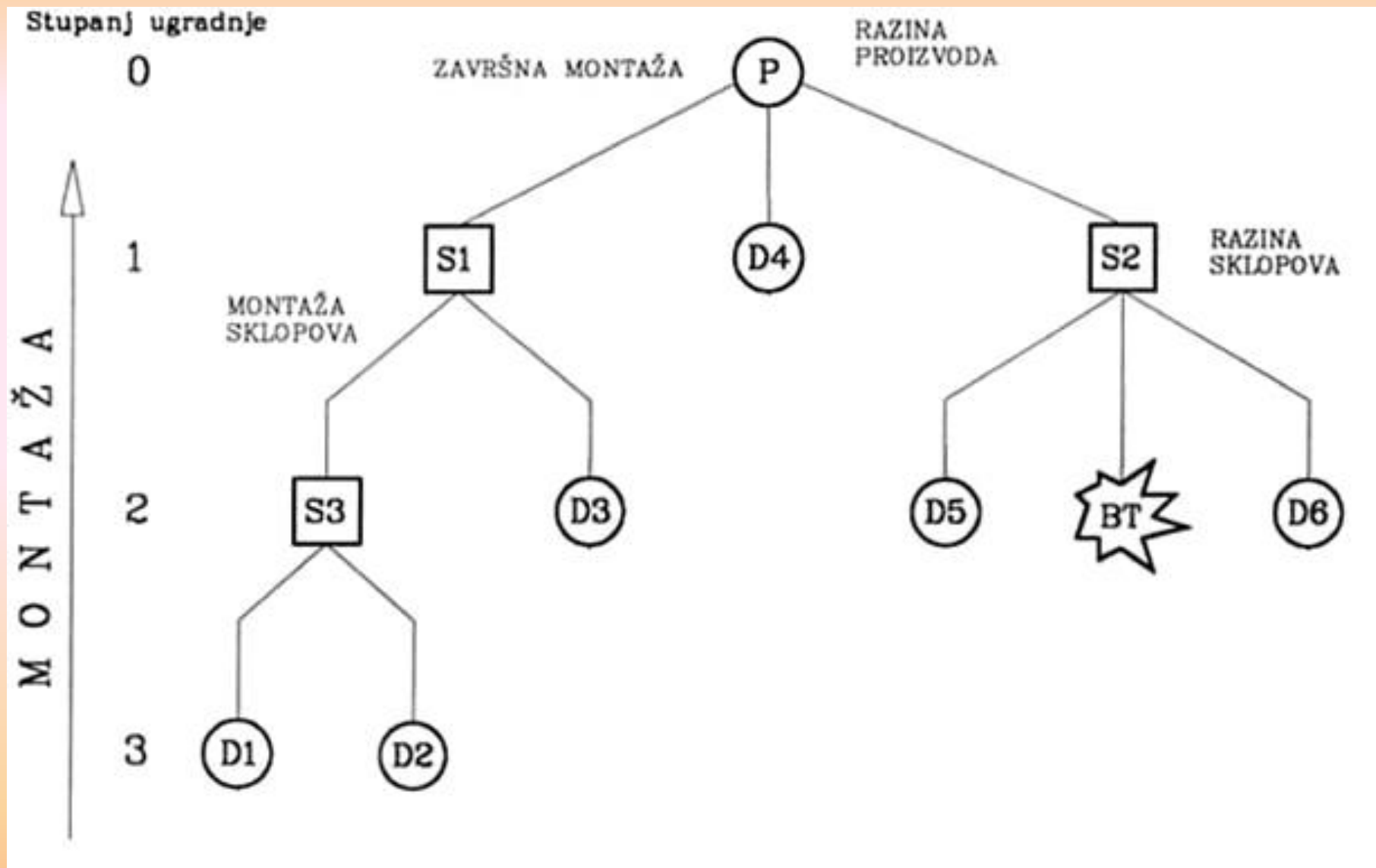


Jednostupnjevani proizvodi sastavljaju se u jednom koraku, a višestupnjevani u više koraka.

Iz slike očigledno je da jednostupnjevani proizvodi nemaju vlastitih sklopova.



Jednostupnjevani proizvodi



Višestupnjevani proizvodi

Struktura proizvoda opisuje raspored ugradbenih elemenata i njihove međusobne odnose u proizvodu.

Njome se definira dubina podjele proizvoda, mogući broj sklopova i njihova međusobna hijerarhijska zavisnost.

Strukturiranje proizvoda odnosno dodjeljivanje dijelova, sklopova i bezobličnih tvari određenim strukturnim razinama, moguće je izvršiti prema različitim kriterijima.

Kriteriji strukturiranja mogu biti:

- ❑ postojanje odnosa (spoja) između ugradbenih elemenata (dodir ploham a i bridovima)
- ❑ funkcija (mogućnost ispitivanja sklopa)
- ❑ izbjegavanje demontaže
- ❑ ekonomičnost
- ❑ održivost (stabilnost, nerastavljivost) sklopa, posebno pri transportu (pomicanju) između radnih stanica
- ❑ (trenutačna) dispozicija (raspoloživost) ugradbenih elemenata.

Ako je kriterij funkcija, proizvod se strukturira tako da se tvore sklopovi koji ispunjavaju određenu funkciju, navodeći samo potrebne ugradbene elemente bez njihove međusobne hijerarhijske zavisnosti. To vrlo često rezultira manjim brojem razina podjele proizvoda pa se tako smanjuje broj potrebnih crteža.

Praksa pokazuje, da funkciju često nije moguće ostvariti jednim predmontiranim sklopom, te da je zbog podjele rada poželjno podijeliti proizvod na više razina.

Struktura proizvoda proistekla iz faze konstruiranja tako često nije pogodna za oblikovanje montažnog procesa i sustava. **Stoga je strukturiranje proizvoda koje odgovara procesu montaže prvi korak u projektiranju montažnog procesa i sustava.**

- Strukturiranje proizvoda jest prvi korak u projektiranju montaže (ali i u oblikovanju proizvoda).
- Pri strukturiranju se posebno obraća pažnja na mogućnost tvorbe sklopova (**CILJ strukturiranja**).
- Podjela rada – vremenski i prostorno nezavisni procesi sklapanja (**SVRHA strukturiranja**) – maksimiranje profita, skraćenje ciklusa proizvodnje.
- Strukturiranjem se daje naglasak funkcijskim značajkama proizvoda (posebice kompleksnih), ili pak načelnom obliku budućeg montažnog procesa i sustava.
- Strukturiranjem se samo dijelom zadire u definiranje redoslijeda sklapanja (struktura nije isto što i redoslijed sklapanja).

Struktura se proizvoda prikazuje:

- ❑ **grafički,**
- ❑ **matrično, i**
- ❑ **tablično.**

Oba prikaza su vrlo slična i daju iskaze o sastavljanju dijelova, sklopova i bezobličnih tvari, dodjeljujući ih određenim strukturnim razinama, odnosno **stupnjevima ugradnje**.

Stupnjevi ugradnje broje se suprotno od tijeka montaže. Proizvodu se dodjeljuje stupanj ugradnje 0, dok su ugradbeni elementi stupnja ugradnje 1 dijelovi, sklopovi i bezoblične tvari za završnu montažu proizvoda.

Općenito, sklapanjem ugradbenih elemenata i -tog stupnja ugradnje, dobiva se sklop ($i-1$) stupnja ugradnje.

Često korištene termine *glavni sklopovi* (sklopovi za završnu montažu) i *podsklopovi* (sklopovi nižih stupnjeva ugradnje), treba izbjegavati zbog mogućnosti zabune.

0

P1

□ -sklop, proizvod

○ -dio

() -količina

RMx - radno
mjesto/stanica x

1

D1 (2)

S1 (1)

S2 (1)

RM1

2

S2 (2)

D1 (2)

S3 (1)

D2 (1)

D3 (4)

D4 (2)

D5 (1)

3

D3 (4)

D4 (2)

D5 (1)

D6 (1)

D7 (2)

a)

0

P1

RM1

1

D1 (2)

S1 (1)

S2 (1)

RM4

2

S2 (2)

D1 (2)

S3 (1)

D2 (1)

RM2

D3 (4)

D4 (2)

D5 (1)

RM2

3

D3 (4)

D4 (2)

D5 (1)

D6 (1)

D7 (2)

RM5

RM3

b)

**Struktura
proizvoda
prikazana
stablom i neki
mogući načelni
oblici budućeg
montažnog
procesa i
sustava:**

a) samostalno radno mjesto montaže,
b) razdioba ugradbenih elemenata (odnosno rada montaže) na više radnih mjesta

Matrični prikaz strukture proizvoda se koristi isključivo za skup sličnih proizvoda.

Po retcima matrice pokazuje se ukupna količina svih dijelova i sklopova potrebnih za proizvodnju jedne jedinice proizvoda tj. sklopa, a iz stupaca se očitava gdje se sve nalaze ugradbeni elementi (u kojima proizvodima i sklopovima).

Prikaz strukture proizvoda P1 i P2 u matričnom obliku

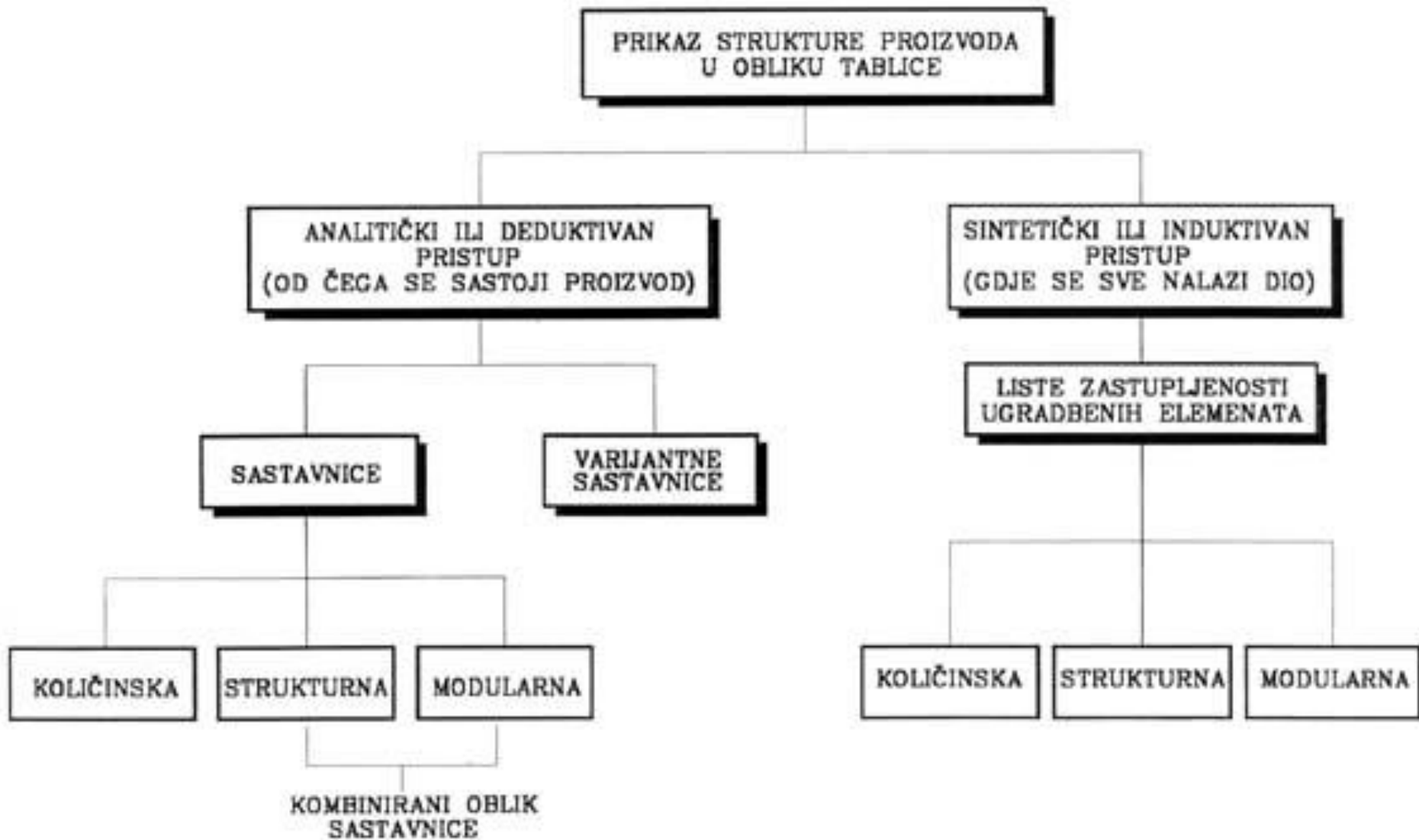
UGRADBENI ELEMENTI UPORABA	SKLOPOVI					DIJELOVI								
	S1	S2	S3	S4	S5	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
P1	1	3	1			4	1	12	6	3	1	2		
P2		1	2	1	1	1		4	2	1	2	4	1	2
S1		2	1			2	1	8	4	2	1	2		
S2								4	2	1				
S3											1	2		
S4			2		1						2	4	1	2
S5													1	2

Struktura proizvoda se najčešće prikazuje **tablično**.

Tablica može biti napravljena analitičkim ili sintetičkim pristupom.

Analitički pristup rezultira *sastavnicama*, a sintetički *listom zastupljenosti ugradbenih elemenata*.

Sastavnice nastaju tako da se utvrđuje *od čega se sastoji proizvod* prolazom kroz strukturu od sklopljenog proizvoda do dijelova i njihovih sirovaca (*top-down*). Ako se postavi obrnuto pitanje, *u kojim se sve proizvodima nalazi određeni ugradbeni element*, dobiva se lista zastupljenosti ugradbenih elemenata.



Pojavni oblici sastavnica i lista zastupljenosti ugradbenih elemenata

Sastavnice

Sastavnica je formalizirani popis jednoznačno označenih sastavnih dijelova jedne jedinice proizvoda, odnosno jednoga sklopa, s podacima o potrebnim količinama za njihovu izradbu.

Sastavnica se izravno upisuje na crtež ili se izrađuje kao poseban dokument (najčešće u formatu A4). Potonji oblik ima niz prednosti u pogledu izrade, pohrane, upravljanja i umnožavanja.

Oblici sastavnica su različiti, ali sve sastavnice sadrže dvije skupine podataka: glavu i retke sastavnice.

Glava sastavnice sadrži podatke o proizvodu odnosno sklopu (identifikacijski broj, naziv, klasifikacijski broj, stanje izmjene...) i podatke za identifikaciju i upravljanje sastavnicom (naziv tvrtke, broj sastavnice, datum izrade sastavnice...).

Retcima sastavnice opisuju se ugradbeni elementi. Svaki ugradbeni element proizvoda ima u sastavnici redak s njegovim podacima (identifikacijski broj, naziv, broj crteža, format crteža, naziv materijala, oznaku materijala, jedinicu količine...).

Oblik sastavnice ovisi o njezinoj strukturi. Prema ovom kriteriju sastavnice se dijele na: **količinske, strukturne i modularne.**

Količinska sastavnica jest popis dijelova sklopa (proizvoda) sortiranih po rastućim identifikacijskim brojevima.

Dio se unosi u sastavnicu samo jednom bez obzira na broj njegovih pojavljivanja u proizvodu, uz navođenje ukupnog broja komada potrebnih za montažu proizvoda.

U industriji se ponekad koristi količinska sastavnica koja uz dijelove sadrži i sklopove.

Podaci o količinama su i u ovoj sastavnici zbirni, te je broj komada nekog dijela u sklopu, navedenom u sastavnici, već uzet u obzir.

Količinska sastavnica je najjednostavniji oblik sastavnice. Iz nje nije vidljiva struktura proizvoda, te se ne može raspoznati koliko proizvod ima stupnjeva ugradnje i koji dijelovi tvore neki sklop, pa je nepogodna za prikaz višestupnjevanih proizvoda.

Stupanj ugradnje

0

P1

□ -sklop, proizvod

○ -dio

() -količina

1

D1 (2)

S1 (1)

S2 (1)

2

S2 (2)

D1 (2)

S3 (1)

D2 (1)

D3 (4)

D4 (2)

D5 (1)

3

D3 (4)

D4 (2)

D5 (1)

D6 (1)

D7 (2)

Shema količinske sastavnice: a) bez sklopova, b) sa sklopovima

Proizvod P1		
Redni broj	Oznaka elementa	Količina
1	D1	4
2	D2	1
3	D3	12
4	D4	6
5	D5	3
6	D6	1
7	D7	2

a) bez sklopova

Proizvod P1		
Redni broj	Oznaka elementa	Količina
1	S1	1
2	S2	3
3	S3	1
4	D1	4
5	D2	1
6	D3	12
7	D4	6
8	D5	3
9	D6	1
10	D7	2

b) sa sklopovima

Strukturalna sastavnica je višestupnjevana sastavnica u kojoj se strukturirano unose sklopovi i dijelovi proizvoda.

Vidljivost strukture proizvoda postiže se unošenjem svih ugradbenih elemenata nadređenog sklopa (nižeg stupnja ugradnje), u sastavnicu, neposredno nakon njegovog navođenja, uz grafičko ili brojčano označavanje stupnjeva ugradnje.

Podatak o količini pojedinog ugradbenog elementa, na njegovom razmatranom mjestu u strukturi, uvijek se odnosi na količinu za čitav proizvod.

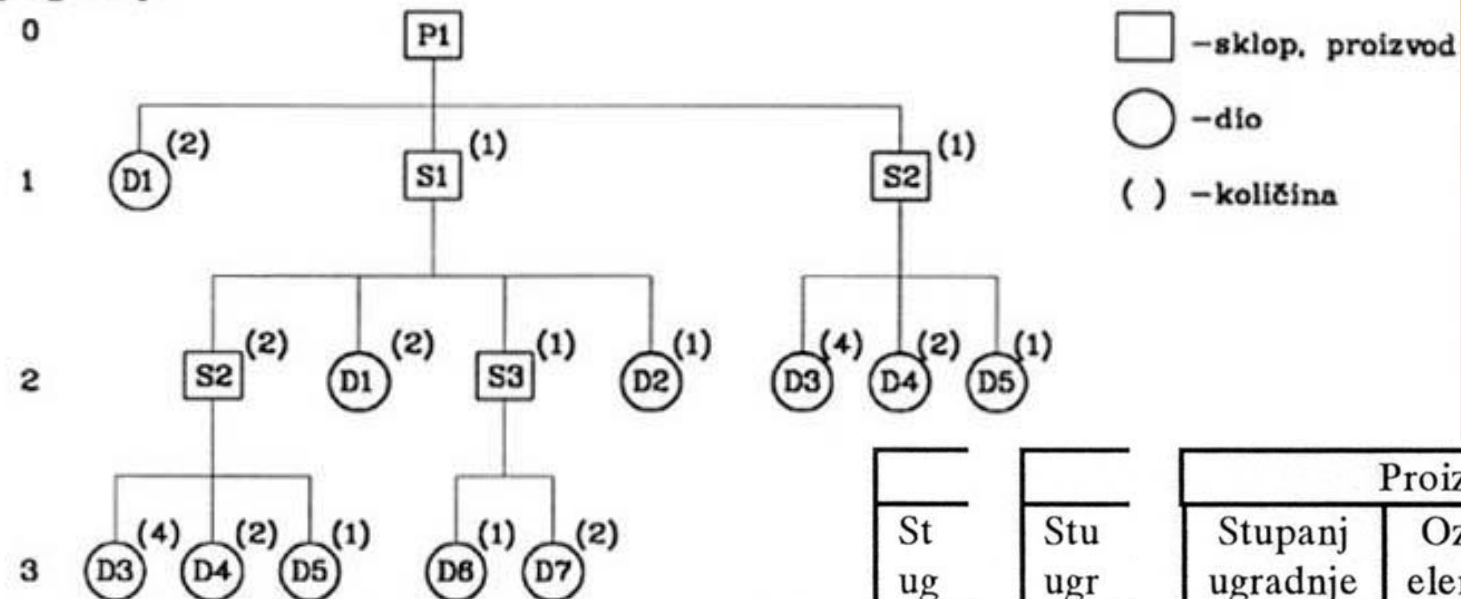
Sastavnica uključuje sirovce (poluproizvode), što omogućava određivanje potrebnih količina sirovaca.

Iz strukturne sastavnice jasno proizlazi podjela proizvoda, no kod proizvoda s velikim brojem pozicija, strukturalna sastavnica brzo postaje nepregledna i neprikladna (preopsežnost) za korištenje na radnim mjestima.

Identični ugradbeni elementi višestruko primijenjeni u proizvodu, moraju se više puta unijeti u sastavnicu, što povećava prostor za pohranu i vrijeme obrade sastavnice.

Izmjene sastavnica su dugotrajnije nego kod drugih oblika sastavnica, jer se jednaki dijelovi i sklopovi moraju tražiti na različitim razinama proizvoda.

Rastrošna je i izrada novih sastavnica, koje sadrže već primijenjene sklopove u drugim proizvodima.



Shema strukturne sastavnice, s različitim označavanjem stupnjeva ugradnje

Stug
1
1
2
3
3
3
2
2
3
3
2
1
2
2
2

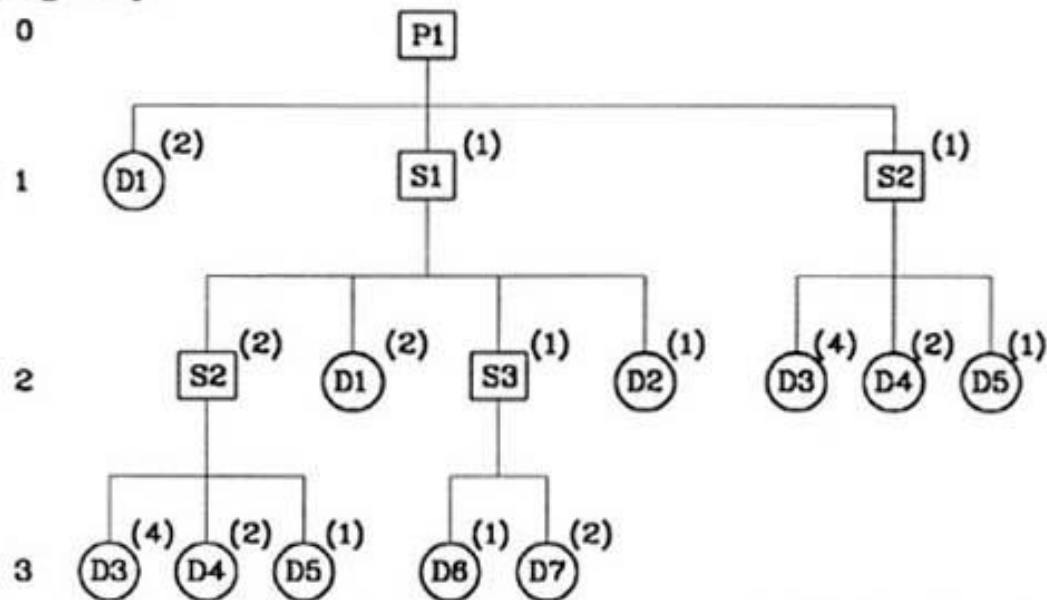
Stu ugr
x
x
xx
xxx
xxx
xxx
xx
xx
xxx
xxx
xx
x
xx
xx
xx

Proizvod P1		
Stupanj ugradnje	Oznaka elementa	Količina
1	D1	2
1	S1	1
.2	S2	2
..3	D3	8
..3	D4	4
..3	D5	2
.2	D1	2
.2	S3	1
..3	D6	1
..3	D7	2
.2	D2	1
1	S2	1
.2	D3	4
.2	D4	2
.2	D5	1

Modularna sastavnica je jednostupnjevana sastavnica proizvoda, odnosno sklopa, koja sadrži samo dijelove i sklopove prvog (narednog) višeg stupnja ugradnje.

Za prikaz višestupnjevanog proizvoda (sklopa) potreban je skup modularnih sastavnica.

Stupanj ugradnje



□ -sklop, proizvod
 ○ -dio
 () -količina

Proizvod P1		
Redni broj	Oznaka elementa	Količina
1	D1	2
2	S1	1
3	S2	1

Sklop S1		
Redni broj	Oznaka elementa	Količina
1	S2	2
2	D1	2
3	S3	1
4	D2	1

Sklop S2		
Redni broj	Oznaka elementa	Količina
1	D3	4
2	D4	2
3	D5	1

Sklop S3		
Redni broj	Oznaka elementa	Količina
1	D6	1
2	D7	2

Scheme modularnih sastavnica

Sklopovi koji se višestruko koriste u proizvodu ili u drugim proizvodima, prikazuju se samo jednom vlastitim sastavnicama, dok se u drugim sastavnicama pojavljuju samo kao pozicije.

Time se skraćuje vrijeme izrade i potreban prostor pohrane.

Izvođenje je izmjena jednostavno, jer se sastavnica sklopa nalazi pohranjena samo na jednom mjestu.

Podaci o količinama ugradbenih elemenata uvijek se odnose na montažu jednog komada proizvoda (sklopa), navedenog u zaglavlju sastavnice.

Zbog mogućnosti višestruke primjene sklopova u proizvodu, količine ugradbenih elemenata proizvoda treba posebno izračunati uzevši u obzir sve modularne sastavnice proizvoda.

Modularna sastavnica je zbog svoje preglednosti, najprikladniji oblik sastavnice za korištenje u pogonu, jer uvijek sadrži samo one podatke koji su potrebni za dotičnu montažu.

Prikladno ju je upotrijebiti za prikaz sklopno orijentiranih proizvoda i u slučaju pojavljivanja jednakih sklopova u više različitih proizvoda (okrupnjavanje količina i upravljanje skladišnim zalihama).

Glavni nedostatak kod ručno izvedenih modularnih sastavnica jest nemogućnost predočavanja cjelovite slike proizvoda: da bi se dobila, potrebno je nizati i spajati pripadajuće modularne sastavnice proizvoda.

Varijantne sastavnice

Varijantni proizvodi su proizvodi s velikim udjelom jednakih ugradbenih elemenata.

Razlike su ograničene na boju, veličinu, broj ugradbenih elemenata, strukturu i slično.

Njima proizvođači pokušavaju zadovoljiti širi krug kupaca.

Varijantni se proizvodi obično sastoje od tri grupe ugradbenih elemenata:

1. dijelova i sklopova koji se uvijek nalaze u strukturi proizvoda,
2. alternativnih dijelova i sklopova,
3. opcionalnih dijelova i sklopova koji se mogu, ali i ne moraju odabrati.

Varijante se mogu pojaviti na svakom stupnju ugradnje proizvoda, ali se zbog minimiranja troškova nastoje ostvariti u završnoj montaži.

Varijantnom sastavnicom ušteduje se rad na unošenju podataka, štedi prostor pohrane i dobiva bolji pregled o mogućnostima tipizacije i standardizacije proizvoda.

Svaka od varijanti proizvoda može se prikazati posebnom sastavnicom, ili se varijantne sastavnice generiraju na osnovi:

- sastavnice jednakih dijelova,
- sastavnice *normalne izvedbe*, ili
- kompleksne sastavnice.

Generiranje varijantne sastavnice na osnovi **sastavnice jednakih dijelova**, vrši se tako da se izradi fiktivna sastavnica jednakih dijelova, koja se u varijantnu sastavnicu unosi kao prva pozicija.

Varijantne sastavnice sadrže samo dodatne ugradbene elemente pa se nazivaju plus sastavnicama (Slika b). Kod plus-minus sastavnice osnovu čini **normalna izvedba** proizvoda. Varijantna sastavnica generira se dodavanjem (plus) ili brisanjem (minus) ugradbenih elemenata: kopira se sastavnica normalne izvedbe, pa joj se dodjeljuje novi identifikacijski broj, te brišu ili dodaju novi retci (Slika c).

Kompleksna sastavnica sadrži sve ugradbene elemente skupine varijanti proizvoda. Varijantna sastavnica generira se brisanjem nepotrebnih ugradbenih elemenata te se naziva minus sastavnica (Slika d).

Proizvodi, koji se razlikuju po broju komada pojedinih ugradbenih elemenata, prikazuju se **tipskom sastavnicom**. Tipska sastavnica je složena sastavnica sastavljena od više sastavnica u jednom obrascu (Slika e).

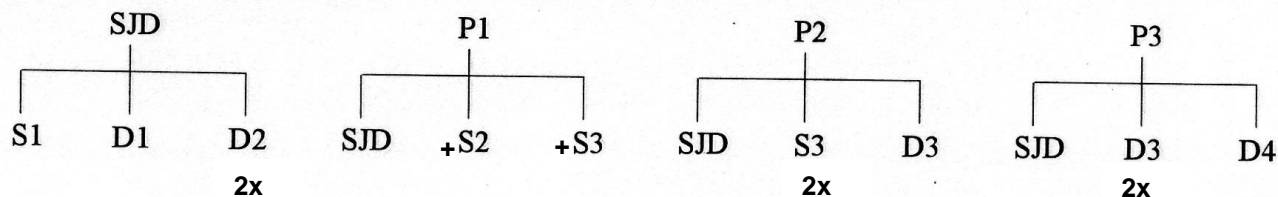
P1	
Oznaka elementa	Količina
S1	1
S2	1
S3	1
D1	1
D2	2

P2	
Oznaka elementa	Količina
S1	1
S3	2
D1	1
D2	2
D3	1

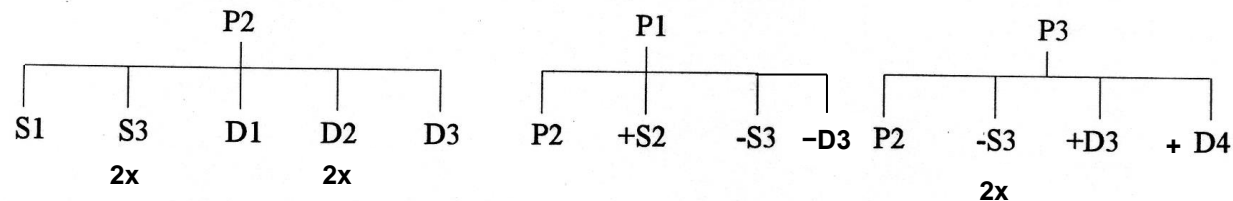
P3	
Oznaka elementa	Količina
S1	1
D1	1
D2	2
D3	2
D4	1

Sheme varijantnih sastavnica

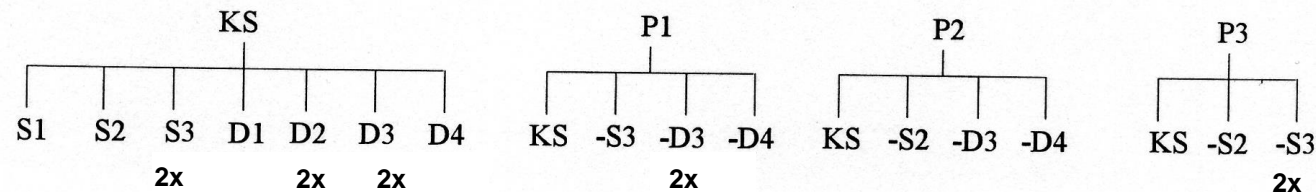
a) Sheme modularnih sastavnica varijanti proizvoda



b) Shema sastavnice jednakih dijelova (SJD) sa plus sastavnicom



c) Shema sastavnice normalne izvedbe (P2) sa plus-minus sastavnicom



d) Shema kompleksne sastavnice (KS) sa minus sastavnicom

Tipaska sastavnica proizvod P			
Oznaka elementa	Količine za varijante		
	P1	P2	P3
S1	1	1	1
S2	1	-	-
S3	1	2	-
D1	1	1	1
D2	2	2	2
D3	-	1	2
D4	-	-	1

e) Shema tipske sastavnice