

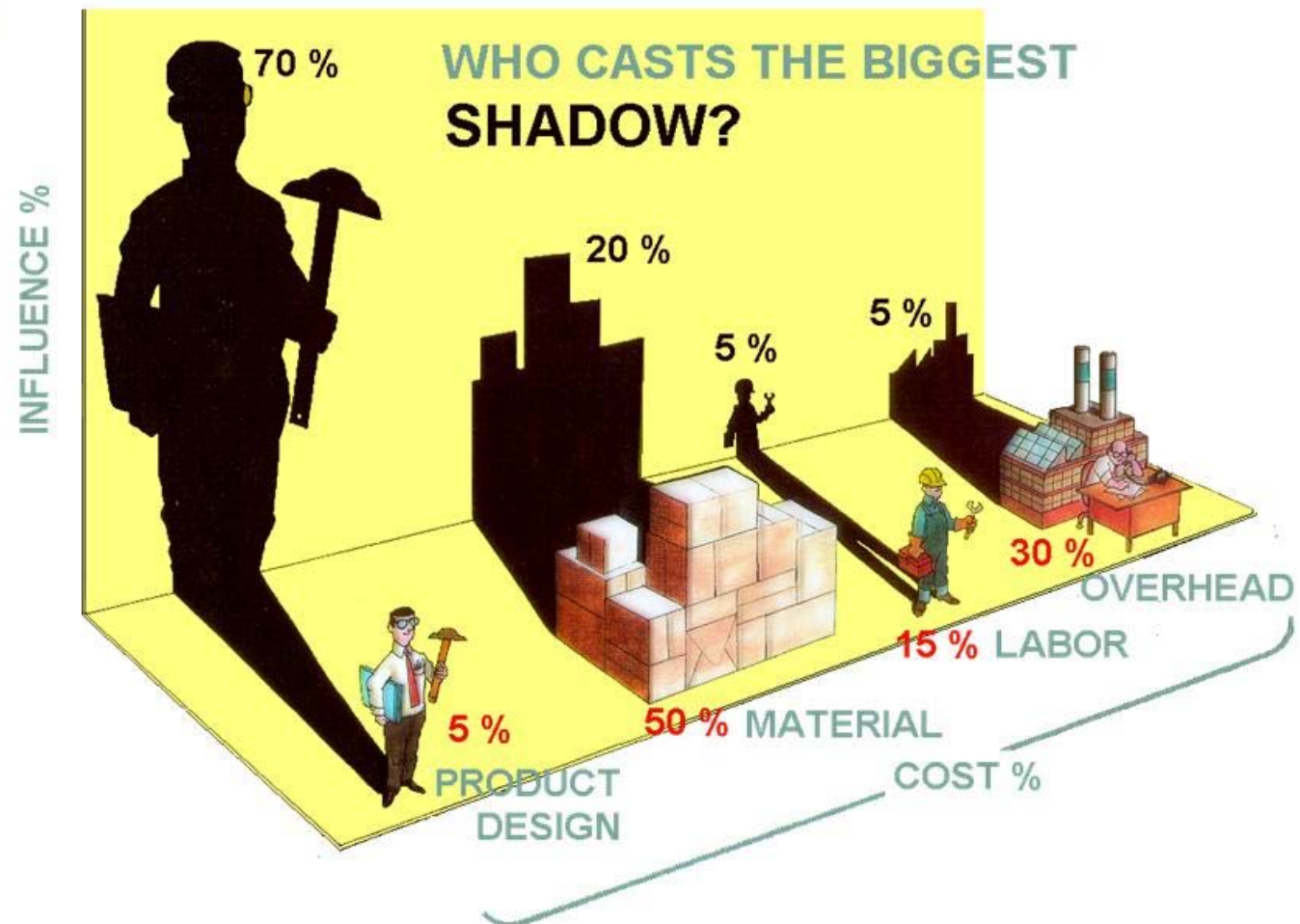
Brza izrada prototipova i alata

Nastavnik:
Doc. dr Mladomir Milutinović

Asistent:
Dejan Movrin

Način izvođenja nastave, ispitne i predispitne obaveze

- Maksimalan broj poena 100 (ocena 10)
- Struktura bodovanja:
 - Prisustvo na predavanjima: max 5 poena.
 - Prisustvo na vežbama (obavezno): max 5 poena.
 - Seminarski rad: max 20 poena.
 - Ispit: max 70 poena



Source: Ford Motor Company

INTEGRISANI RAZVOJ PROIZVODA I PROCESA

Zašto?

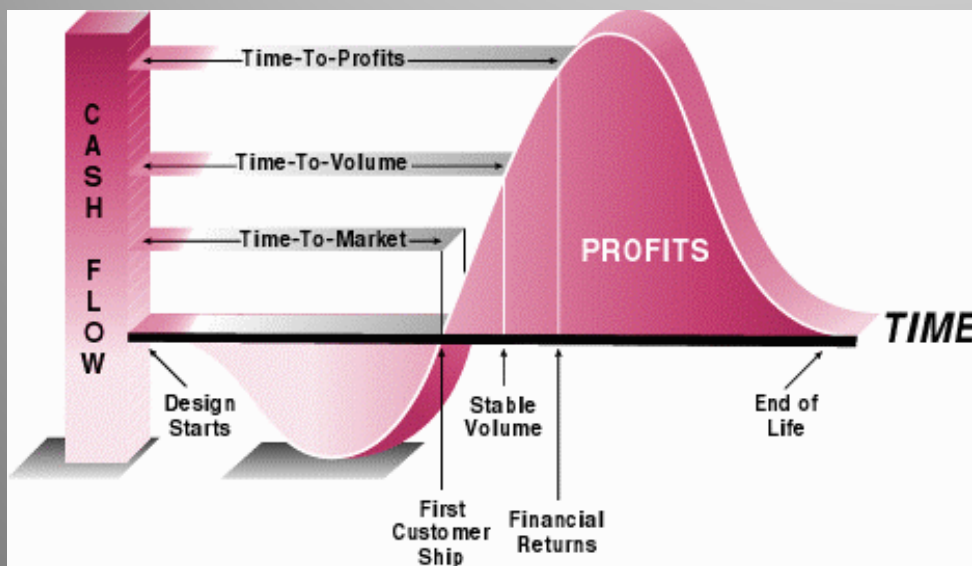
- Sve oštrija konkurencija na globalnom tržištu
- Individualizacija proizvoda
- Skraćenje vremena plasmana proizvoda na tržište ("Time to market")
- Smanjenje vremena razvoja
- Kraći životni ciklus proizvoda
- Visoki zahtevi u pogledu kvaliteta proizvoda
- Zahtevi u pouzdanosti isporuke (rokovi)
- **80% cene proizvoda određeno je u ranoj fazi njegovog životnog ciklusa**
- Brzo reagovanje i donošenje odluka
- Optimizacija proizvoda sa aspekta kvaliteta i pouzdanosti, u najkraćem mogućem vremenu, i sa minimalnom cenom.
- Uslovi zaštite čovekove okoline



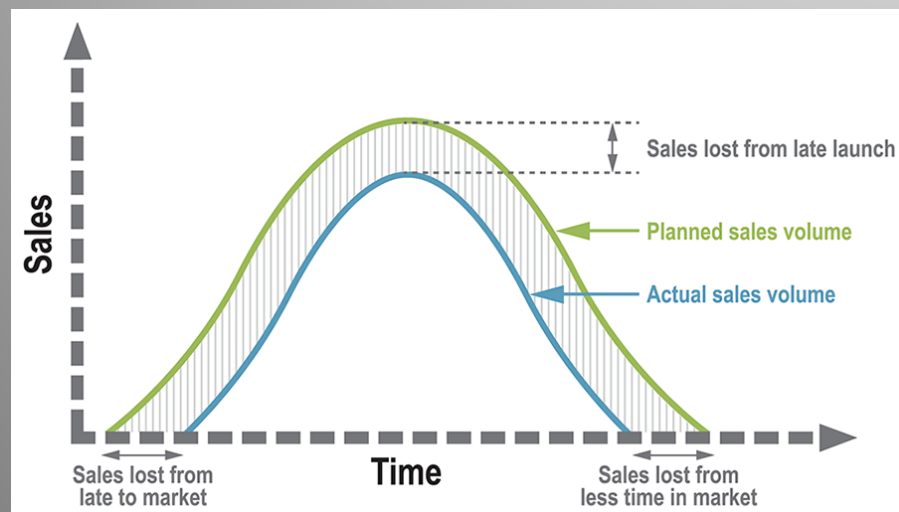
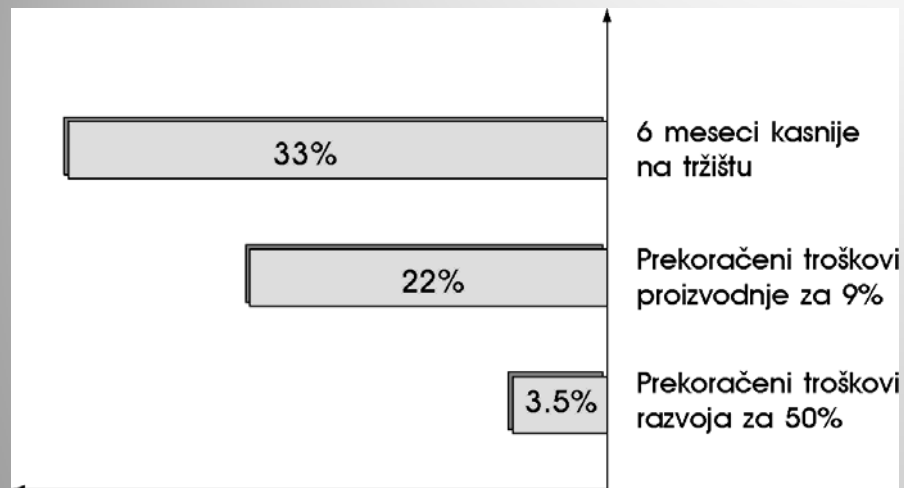
Idealni proces projektovanja za dostizanje ovakvih ciljeva mora funkcionisati u okruženju za virtuelni razvoj proizvoda, gde projektni timovi, celo proizvodno preduzeće, i dobavljači komponenata i usluga, sarađuju i imaju brzi pristup kompletnim i ažuriranim projektnim informacijama.

Time to market

- Vreme od prve ideje za jedan proizvod pa do pojave prve serije.
- Odlučujući faktor u nemilosrdnoj konkurenciji na tržištu.
- Skraćenje "time to market-a" postaje jedan od glavnih zadataka u razvoju jednog proizvoda.
- Ni na jednom mestu u proizvodnom lancu ne mogu postići takve uštede ukupnih troškova kao minimiziranjem "time to market-a,,.



Time to market



Analiza gubitaka



Reducing time to market to :

save money

1

Optimizing efficiency in production processes helps to cut down on cycle time. Refinement and removal of ineffective steps saves money spent on labor, equipment and utilities

benefit from high margins

2

Manufacturers and retailers benefit from high margins on niche markets due to their ability to apply premium prices

3

increase sales volume

By reducing time to market, product life cycle is longer. Overall profits are greater and ROI higher

lead competition

4

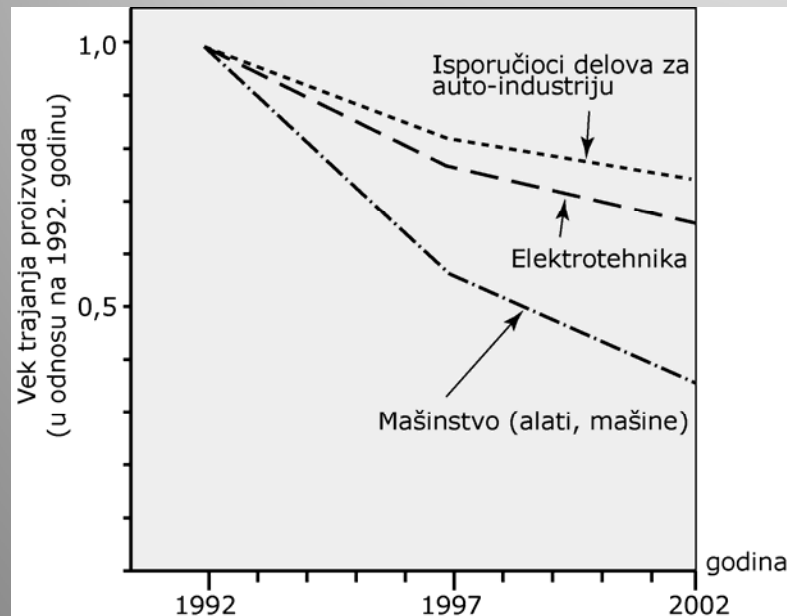
The faster companies get on the market, the more likely they are to set up a long term relationship with customer and be seen as a bearer

Nove paradigme u razvoju proizvoda

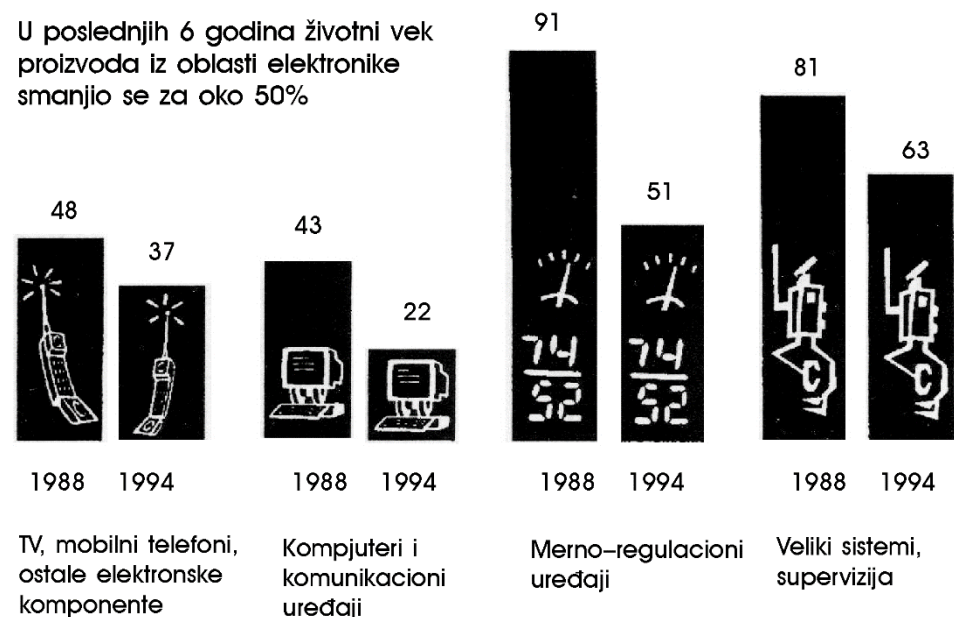
Zahtevi tržišta su drastično promenjeni u odnosu na period od pre dvadeset-trideset godina i mogu se sažeti u nekoliko grupa.

Najuočljivija je u oblasti kompjuterske tehnike, mobilne telefonije, automatike, auto-industrije.

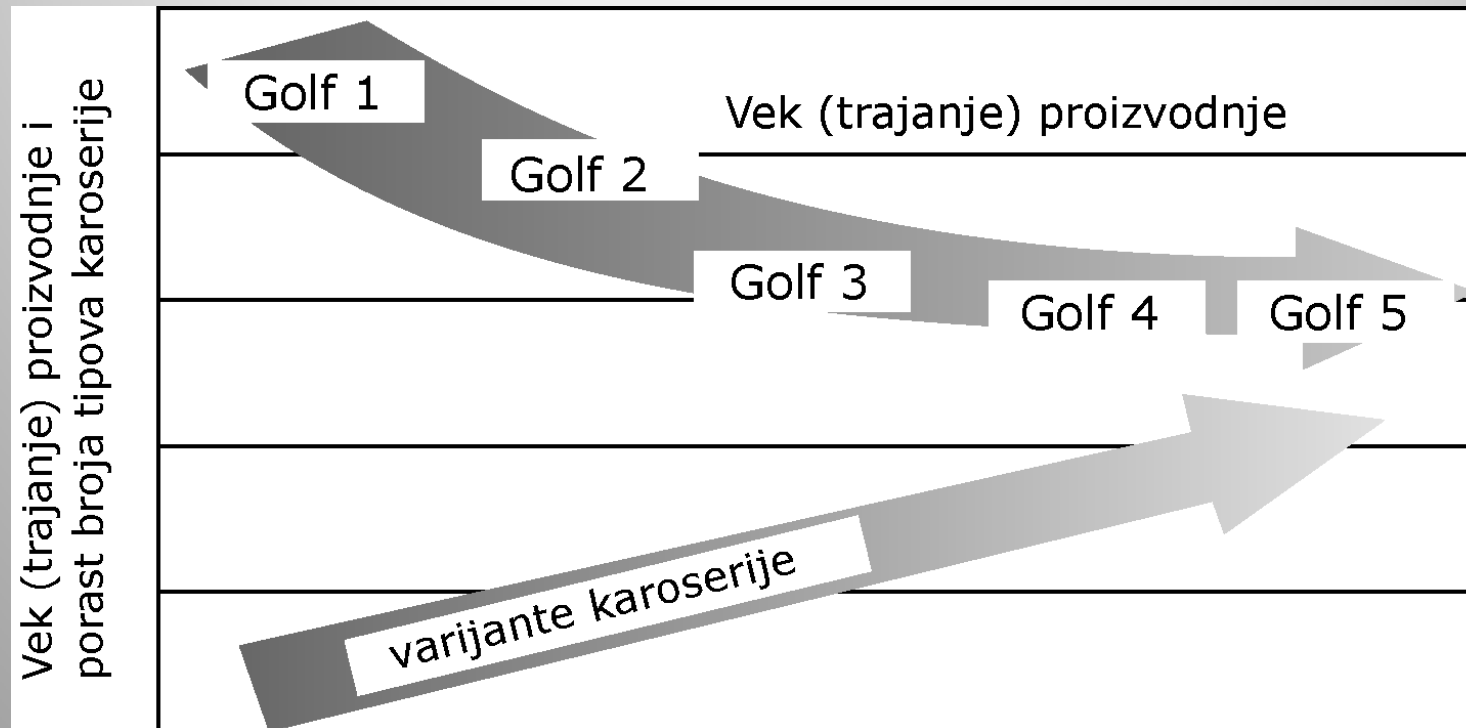
- **Smanjenje veka trajanja proizvoda**



U poslednjih 6 godina životni vek proizvoda iz oblasti elektronike smanjio se za oko 50%



- Smanjenje veka trajanja proizvoda



Vek proizvodnje pojedinih tipova automobila
VW – Golf

- **Individualizacija proizvoda**

- Jedan proizvod nudi se tržištu u više varijanti kako bi kupac imao utisak da kupuje svoj "individualni" proizvod.
- Tipičan primer je auto-industrija gde se jedan tip automobila može isporučiti u više različitih verzija



VOLVO

THEY'RE ALL DIFFERENT.

No. Your eyes don't deceive you. Not one of these cars from the Volvo 400 series is the same.

Upon closer inspection you'll find variations in engine size, specification or body type.

But that shouldn't really surprise you. Volvo offers you a wider choice than any other manufacturer in this sector.

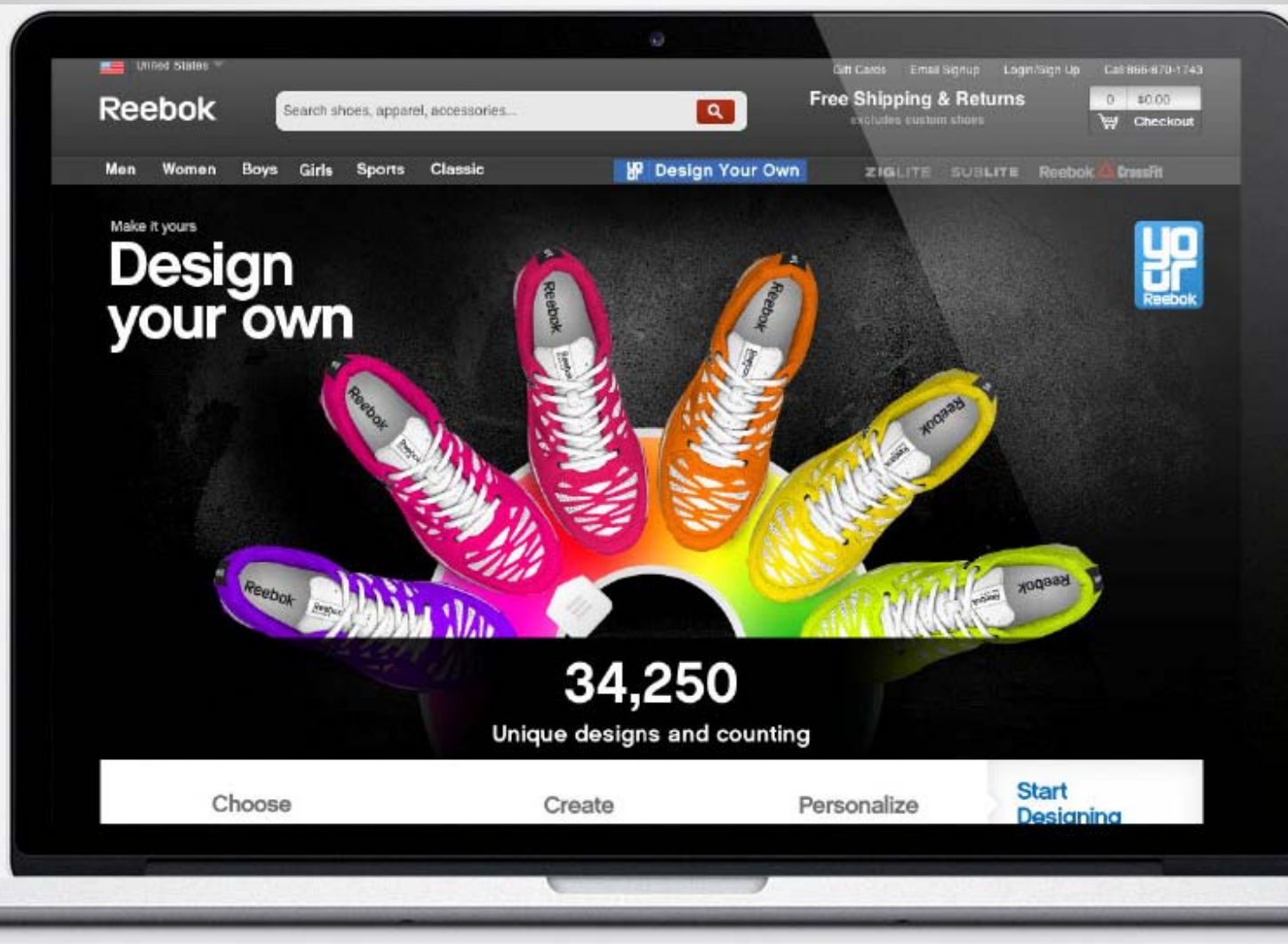
Which means that you decide exactly where your money goes.

If you'd like a 1.6 engine with a luxury package there's a Volvo for you two along in the eighth row.

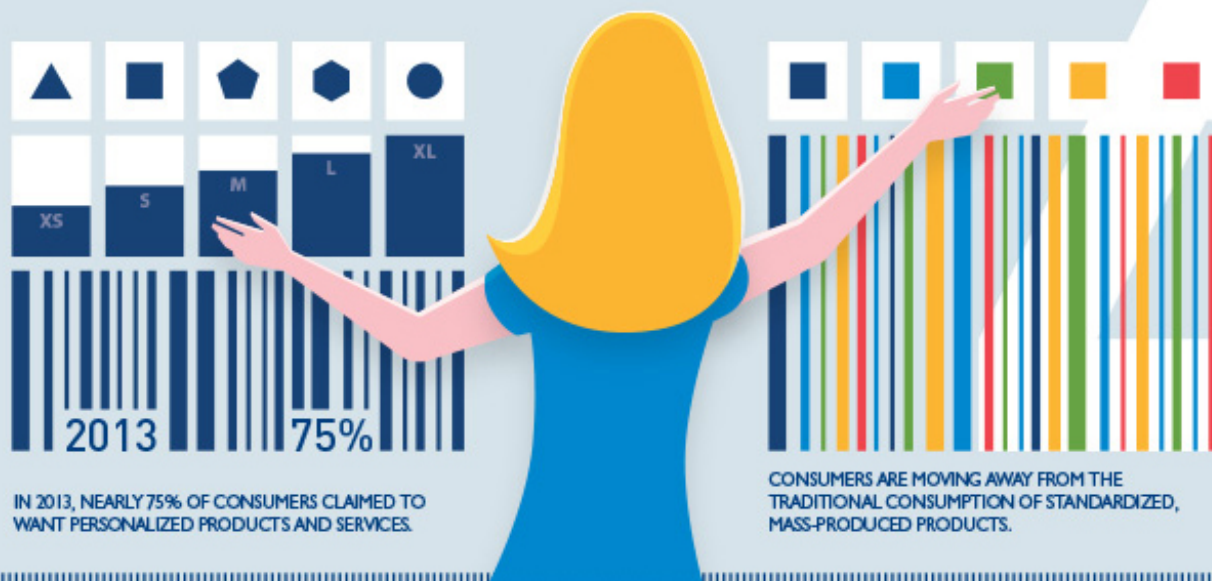
And if you're looking for a 1.8 engine with sports package go for the fifth Volvo along in row eleven.

“Svi su međusobno različiti” – Individualizacija proizvoda, primer automobila Volvo

Individualizacija proizvoda



CUSTOMIZATION IS KING



Excessive variety

Companies are diversifying their product lines to respond to almost every consumer taste.

Mass customization

By delivering made-to-order products, companies are able to increase their margins and minimize risk.



Only 1 in 3

consumers consider the brand a key deciding factor.



Nearly 75%

of consumers want personalized products and services.

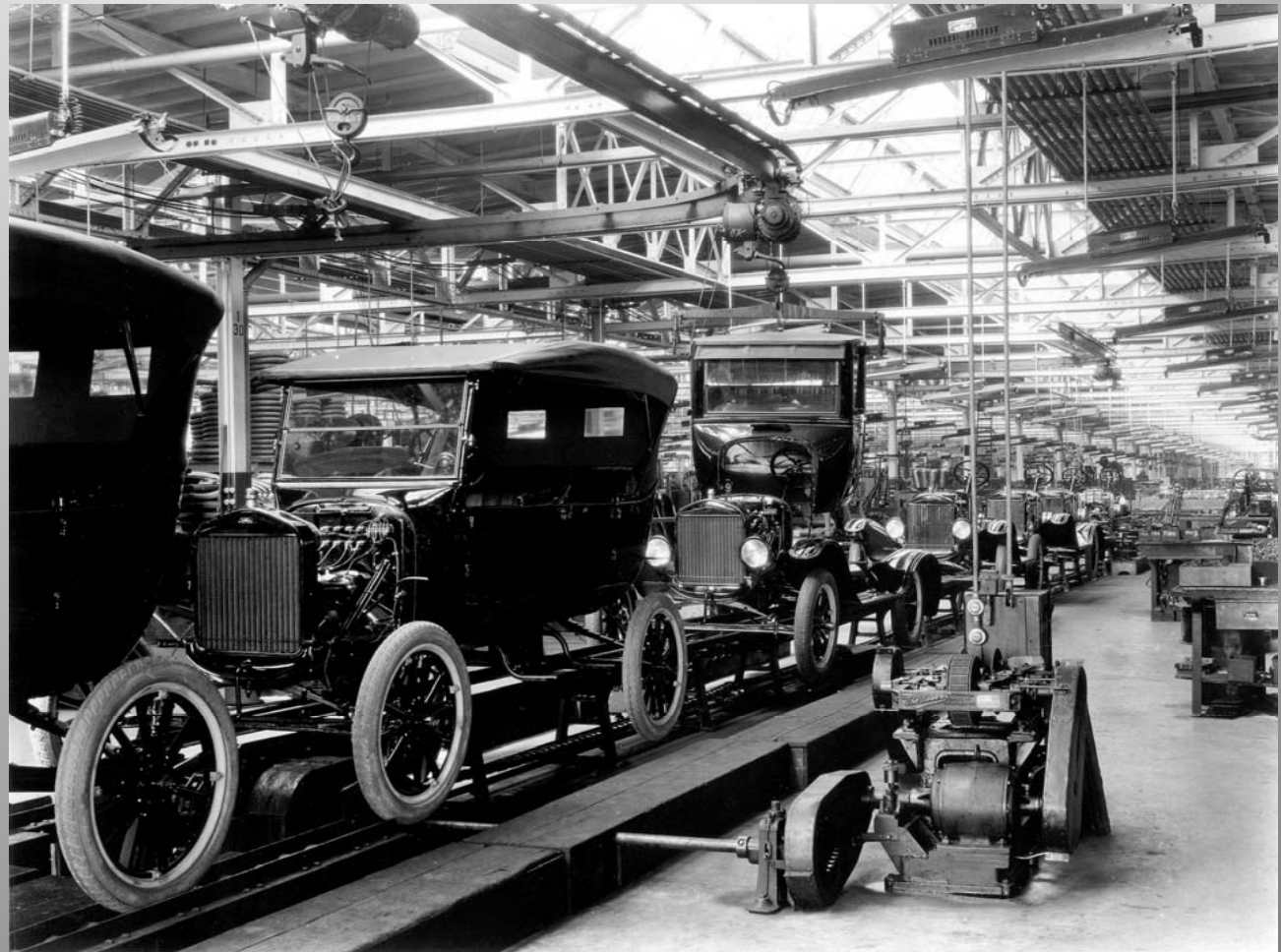


Up to 20% increase

in average order sizes as a result of mass customization of products.

“Any Customer can have a car painted
any colour that he wants so long as it is
black”

Henry Ford's Remark on the Model T, 1909



The world has changed!

Pre-Industrial Age

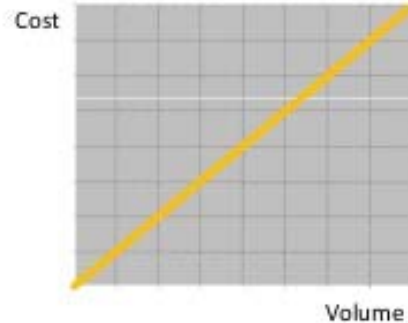
Industrial Age

Post-Industrial Age

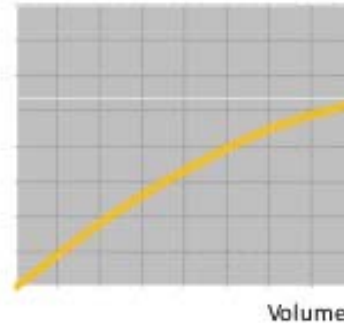
"Individual productivity"

"Economies of Scale"

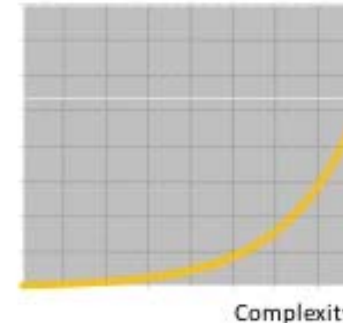
"Complexity"



Dominated by
variable costs



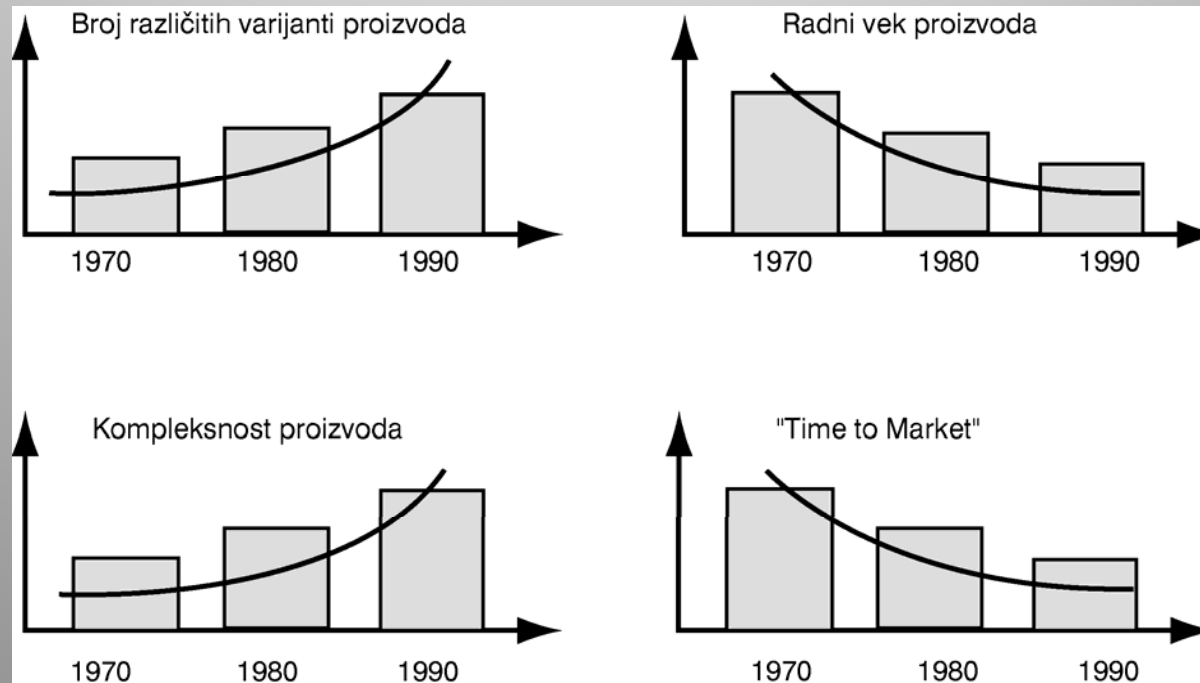
Dominated by
fixed costs



Dominated by
complexity costs

- **Uslovi zaštite čovekove okoline**
 - Produkcija i sam proizvod u eksploataciji moraju ispunjavati stroge uslove zaštite čovekove okoline.
- **Dizajn**
 - vrlo relevantan faktor koji odlučujuće utiče na uspeh proizvoda na tržištu.
- **Smanjenje vremena razvoja**

➤ Glavni trendovi razvoja u oblasti proizvodnog mašinstva



- Zahtevi koji se postavljaju u vezi sa savremenim postupcima razvoja proizvoda:

- kvalitetan proizvod → što kraće vreme → minimalni troškovi

SERIJSKA PROIZVODNJA

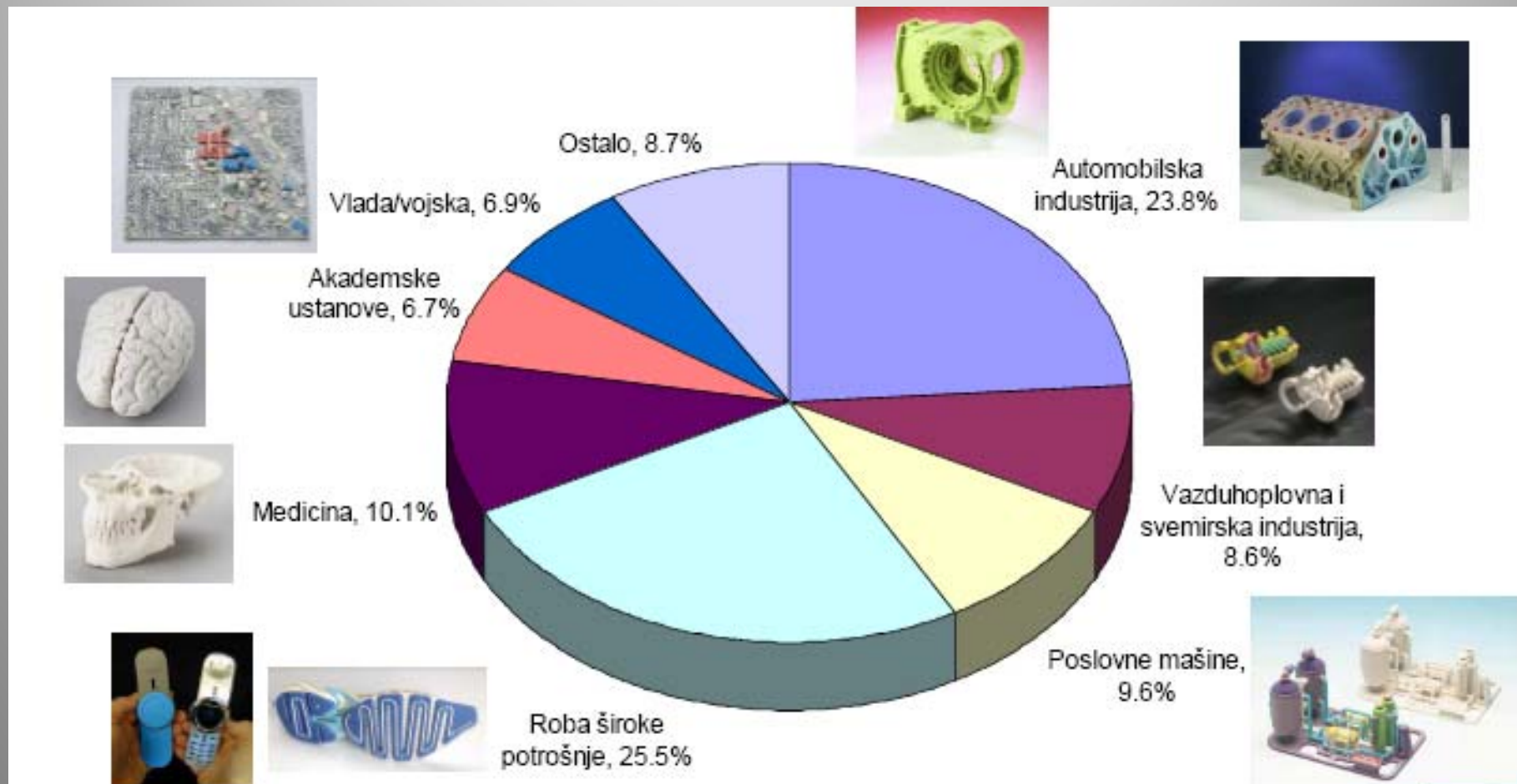
- Vek trajanja jednog proizvoda drastično je skraćen - postaje uobičajeno da je kraći od vremena potrebnog za njegov razvoj.
- Skraćenje vremena potrebnog za razvoj proizvoda – korišćenje Rapid Prototyping (RP) i Rapid Tooling (RT) tehnologija (BRZA IZRADA PROTOTIPOVA I BRZA IZRADA ALATA).



- U procesu savremenog i brzog razvoja proizvoda tehnologije Rapid Prototyping (Brza izrada prototipova) i Rapid Tooling (Brza izrada alata) predstavljaju novo, veoma efikasno sredstvo.
- Na bazi 3D modela, u roku od samo nekoliko sati može generisati potpuno novi fizički model/prototip, što utiče na veoma brz razvoj i proširenje primene ovih tehnologija, i to ne samo u oblasti mašinstva nego i u arhitekturi, medicini, građevini i dr.
- Razvoj ovih tehnologija još nije završen i u skoroj budućnosti treba očekivati dalja poboljšanja i proširenja mogućnosti primene.



- Brza izrada prototipova i brza izrada alata - aditivni procesi dobijanja modela sukcesivnim generisanjem tankih slojeva na bazi prethodno kreiranog 3D CAD modela.



3D PRINTING

REVOLUTIONISING

the

CLASSROOM

Biology students can study cross-sections of hearts or other organs.



Chemistry students can print out complex molecules to study.



Engineering students can print modified car or robot parts.

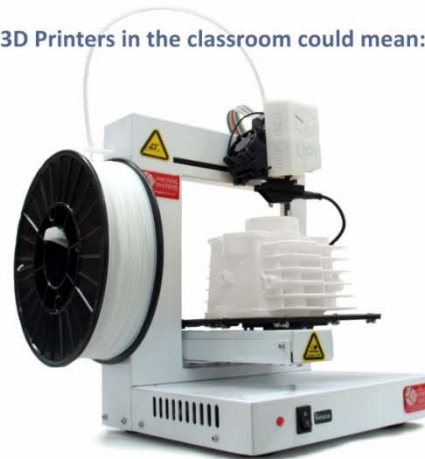


Geography students can print out topography, population or demographics of an area.

3D Printers have actually been around for about 25 years. Barriers like costs are breaking down, so they are now very affordable and easy to use.

3D Printing has caught the attention of educators who are looking into ways to incorporate it into the classroom.

Using 3D Printers in the classroom could mean:



Graphic design students can create prototypes of product designs



Food Technology students can design molds and cookie cutter templates



Design and Engineering students can make prototypes of their creations.



Architectural students can print new or existing designs.



History classes can print artifacts for closer examination

Procedure

X-RAY



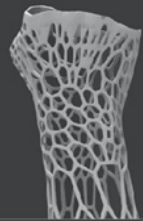
Limb is X-Rayed in order to identify the break and its exact position.

3D SCAN



Arm is 3D scanned in order to define the exact dimension of the limb.

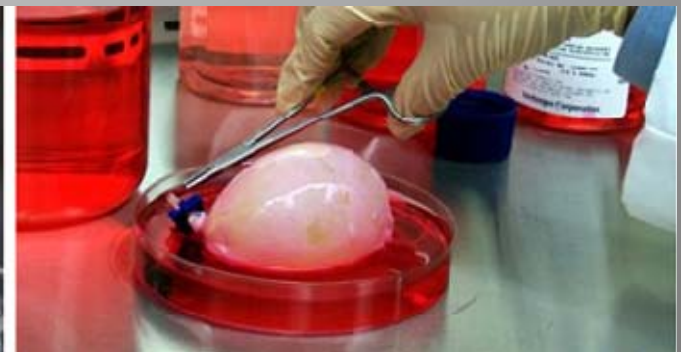
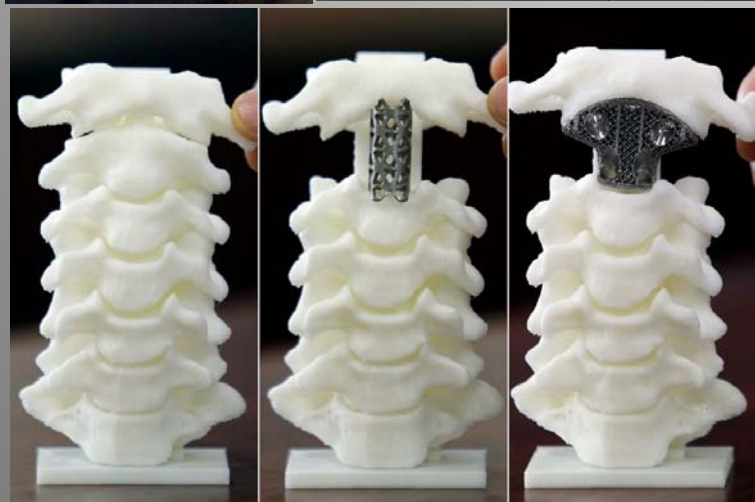
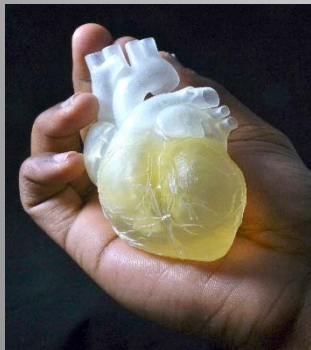
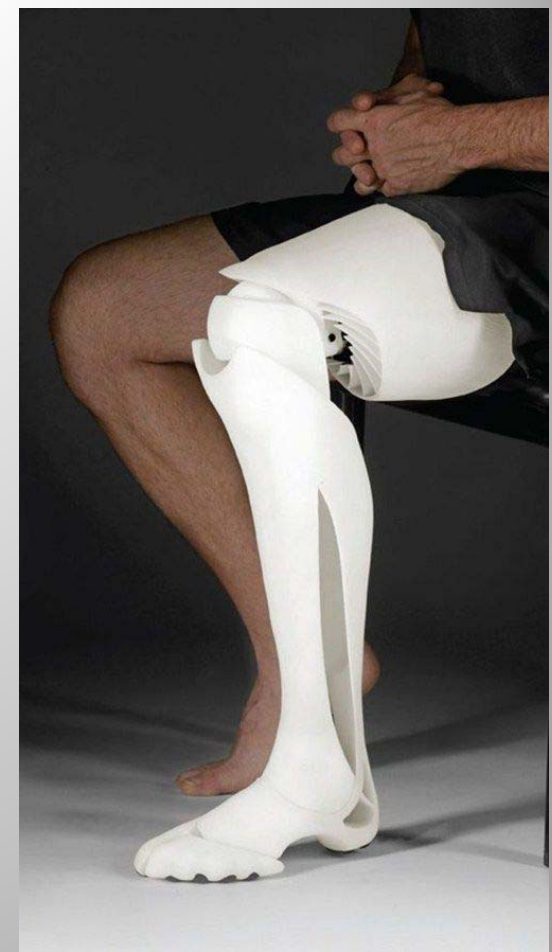
3D PRINT



Dimensions and data are fed into the computer. Cast is generated with optimal support for vulnerable areas and to the exact limb size for a snug fit.



sample illustration, not actual prototype



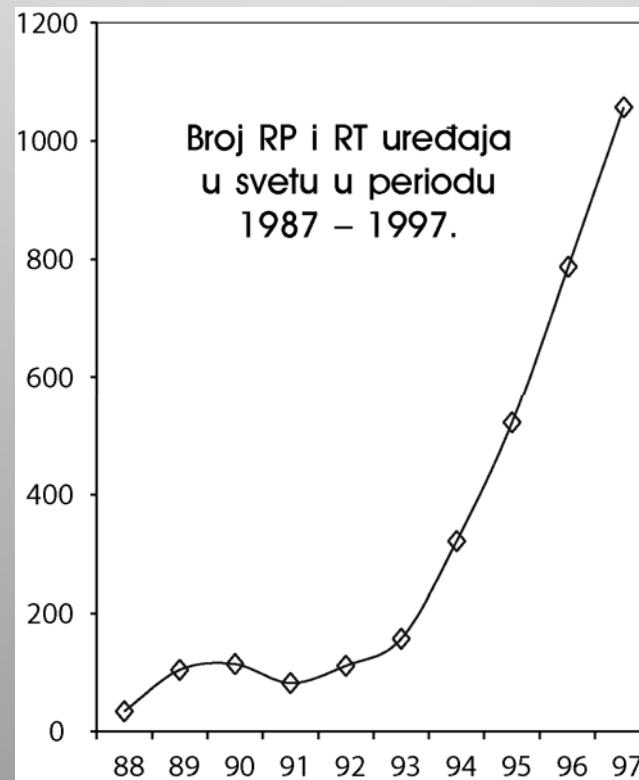
3D Printing
freedom of form



Multi-material 3D Printing
freedom of composition



- Prvi rezultati primene RP (SL) objavljeni su 1982. a prva industrijska primena počela je 1989. godine (firma 3-D Systems, SAD koja je i sad lider na tržištu sistema za RP).
- Broj prodatih postrojenja za RP i RT u periodu od 1988. do 1997. godine



- U početku proces je bio skup i komplikovan.
- Danas je jedan efikasan postupak koji je odlučujući u lancu brzog i savremenog razvoja novog proizvoda.
- Od svih vrsta RP i RT najviše su u primeni :
 - *stereolitografija (26%)*
 - *Fused deposition modeling (25%)*
 - *Ink-jet printing (26%)*
 - *LOM (9%)*
 - *Selective laser sintering (7%)*
 - *Ostalo (6%)*

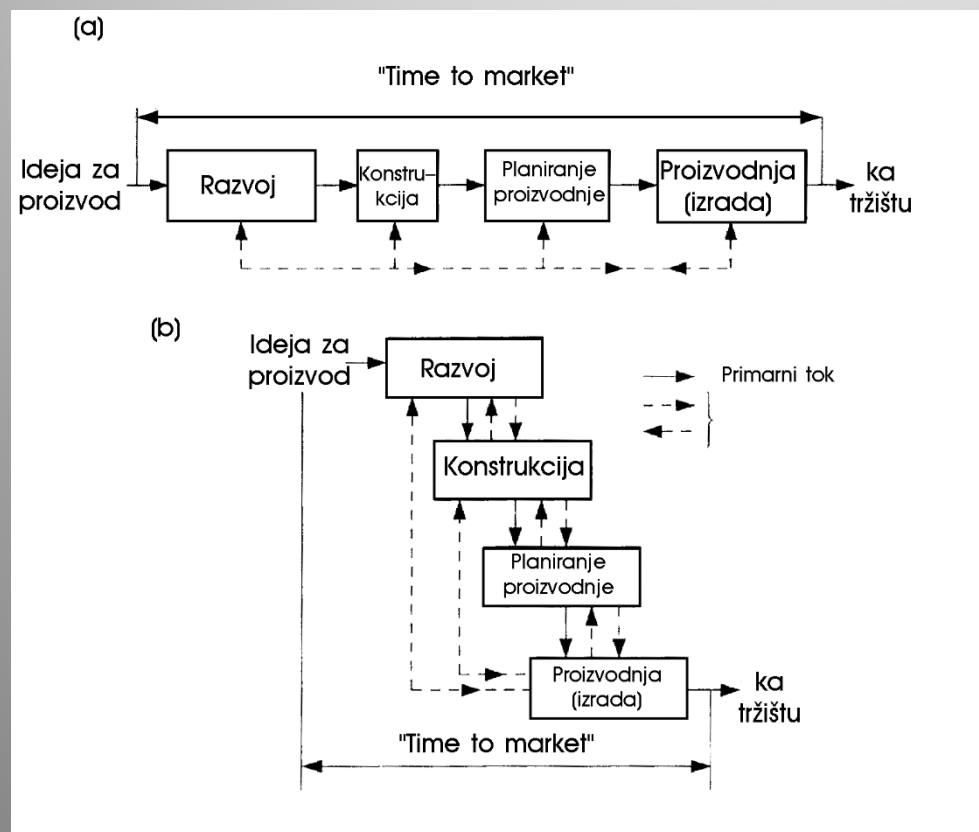
Koristi od upotrebe RP tehnologija

- eksperimentisanje sa fizičkim objektima proizvoljne kompleksnosti uz relativno mali utrošak vremena
- zavisno od obima serijske proizvodnje, uštede u vremenu i ceni mogu biti od 50% do 90% ukoliko se koriste RP sistemi
- dizajneri mogu stvarati kompleksnije delove bez značajnih utrošaka vremena i novca
- smanjuje se i fizički rad u proizvodnji i pojednostavljuje se nabavka
- znatno se umanjuje vreme do plasiranja proizvoda na tržište

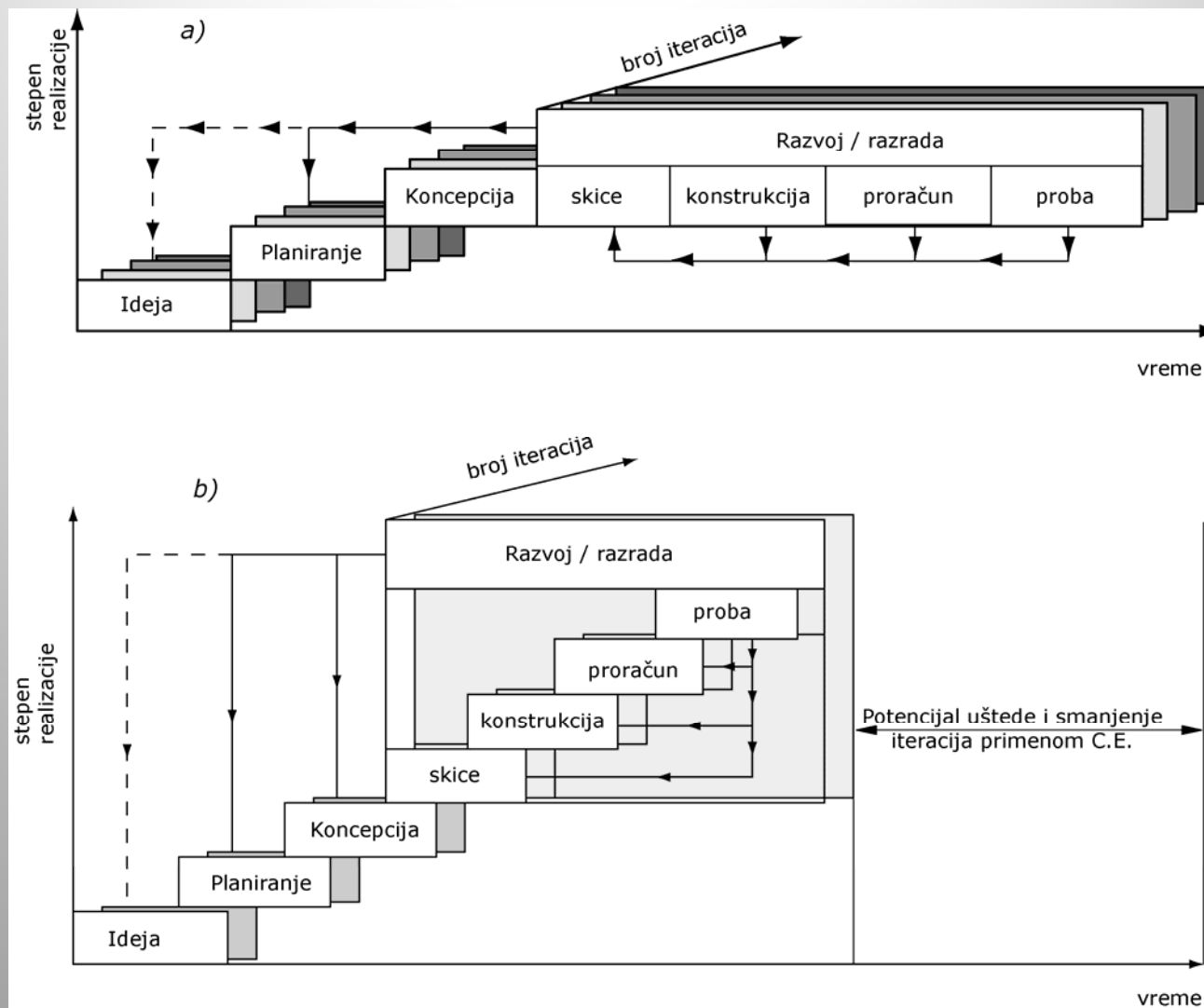
- Prema nemačkoj VDI – Normi 2221, razvoj proizvoda sadrži sledeće korake:
- kreiranje ideje,
 - planiranje/definicija,
 - koncepcija,
 - razvoj/razrada.

| Idea | Planiranje definicije | Konceptcija | Razvoj / razrada | | | |
|-------------------------------------|--|--------------------------|---|--------------|----------|--|
| | | | Skica | Konstrukcija | Proračun | Isprobavanje |
| Osnovna koncepcija, osnovne osobine | Definicija zadatka, utvrđivanje funkcija, priprema rešenja | Ocena, definisanje cilja | Grubo i detaljno generisanje, proračun, ocena | | | Ispitivanje, generisanje podloga za izradu |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

- Sekvencijalni (klasični) postupak (korak po korak) odvijanja procesa razvoja proizvoda povezan sa iterativnom procedurom (jer je izmena jednog obavljenog koraka omogućena tek kada je završena razrada sledećeg koraka),
- Osnovna zamisao SE-a je da se uvede paralelno ostvarivanje pojedinih koraka u razvoju proizvoda.



Komparacija: klasičan postupak proizvodnje novog proizvoda (a) i Simultaneous Engineering (SE) tj. Concurrent Engineeringa (b)



Detaljnija komparacija: klasičan postupak
 proizvodnje novog proizvoda (a) i
 Simultaneous Engineering (SE) tj. Concurrent
 Engineeringa (b)

Concurrent engineering (Simultaneous engineering – SE)

- Osnovne karakteristike procesa SE-a:
 - Visoki stepen paralelnog odvijanja sekvenci razvoja proizvoda.
 - Postojanje jedne baze podataka koja je na raspolaganju svim učesnicima procesa.

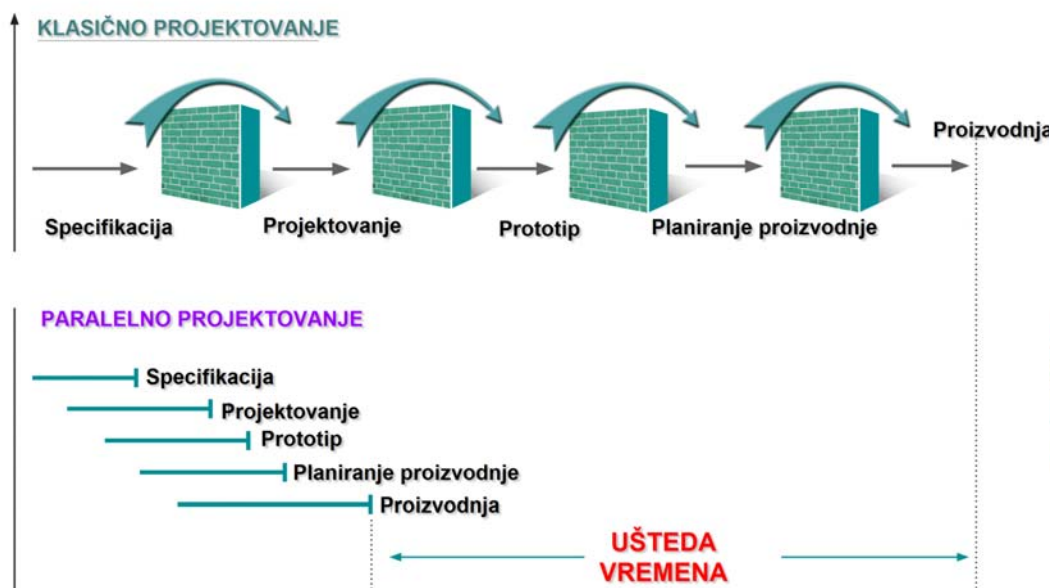
- Pojam „razvoj proizvoda” uključuje ne samo konkretni razvoj dotičnog proizvoda nego i razvoj alata i mašina (uređaja) i tehnologije izrade tog proizvoda.

KONKURENTNI INŽENJERING

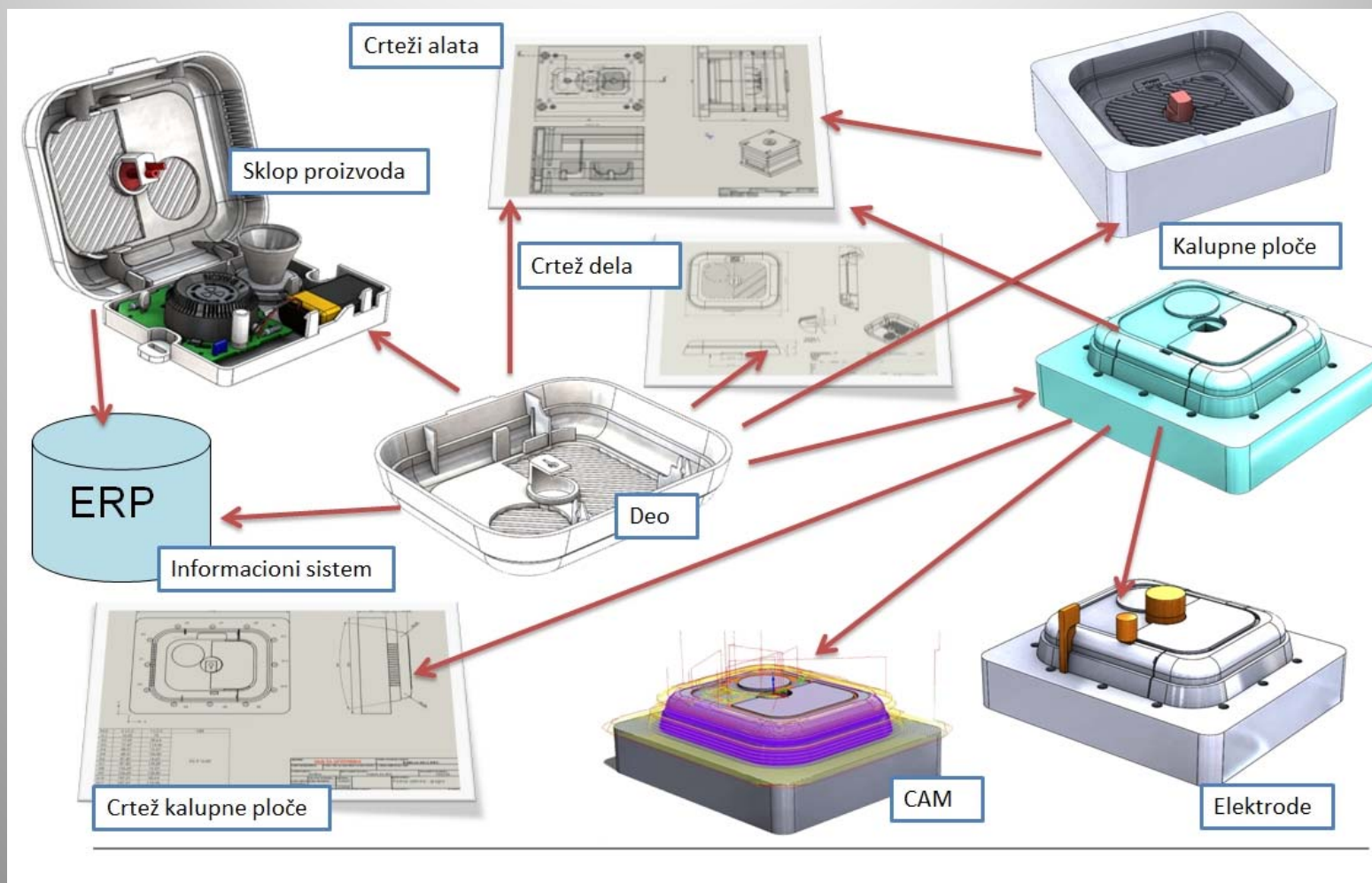
(CE – Concurrent Engineering, SE-simultaneous engineering)

Konkurentni inženjering je poslovna strategija koja zamenjuje tradicionalni razvoj proizvoda i procesa novim pristupom u kojem se projektne i ostale aktivnosti izvode paralelno, uzimajući u razmatranje sve relevantne parametre procesa, koji imaju uticaja na razvoj proizvoda, u ranoj fazi, pre same proizvodnje.

- Visoki stepen paralelnog odvijanja sekvenci razvoja proizvoda.
- Postojanje jedne baze podataka koja je na raspolaganju svim učesnicima procesa.



KONKURENTNI INŽENJERING - CE



KONKURENTNI INŽENJERING - CE

BENEFITI PRIMENE

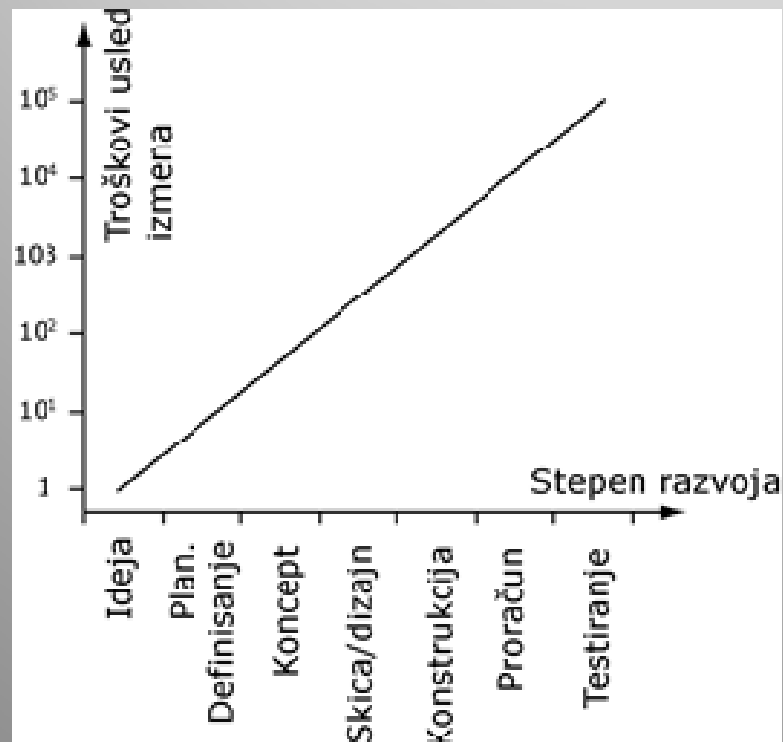
Postoje brojne koristi koje CE donosi kompanijama, i veoma je teško kvantifikovati ih i nabrojati sve. Nisu to samo koristi za kompanije koje ga primenjuju već i za krajnje korisnike i potrošače

30% do 70% manje vreme razvoja,
65% do 90% manje inženjerskih izmena,
20% to 90% kraće vreme plasmana proizvoda,
200% to 600% viši kvalitet, i
20% to 110% veću produktivnost.

Izvor: National Institute of Standards & Technology,
Thomas Group Inc., and Institute for Defense Analysis,

- ✓ Brže plasiranje proizvoda na tržište
- ✓ **Manji troškovi proizvodnje**
- ✓ **Poboljšanje kvaliteta proizvoda**
- ✓ Bolje pozicioniranje na zahtevnom svetskom tržištu
- ✓ Povećanje efikasnosti
- ✓ **Smanjenje škarta i otkaza**
- ✓ Povećanje efikasnosti u transferu tehnologija
- ✓ **Zadovoljniji potrošači**
- ✓ Realizacija poslova sa minimalnim teškoćama
- ✓ **Skraćenje procesa razvoja i projektovanja**
- ✓ Smanjenje ili eliminacija projektnih izmena i modifikacija u kasnijoj fazi projektovanja
- ✓ Povećanje inovacija
- ✓ **Poboljšana komunikaciju među zaposlenima**
- ✓ Smanjenje rizika u implementaciji
- ✓ **Smanjenje troškova razvoja i projektovanja**
- ✓ Brže reagovanje na tržišne promene ...

- U procesu razvoja dolazi i do potrebe naknadnih promena – izmena na proizvodu
- Zbog smanjenja troškova veoma je bitno da se eventualne naknadne izmene obave u što ranijoj fazi razvoja.
- Troškovi koji nastaju usled izmena na proizvodu u toku njegovog razvoja utoliko su veći ukoliko se te izmene izvrše u kasnijim fazama razvoja.

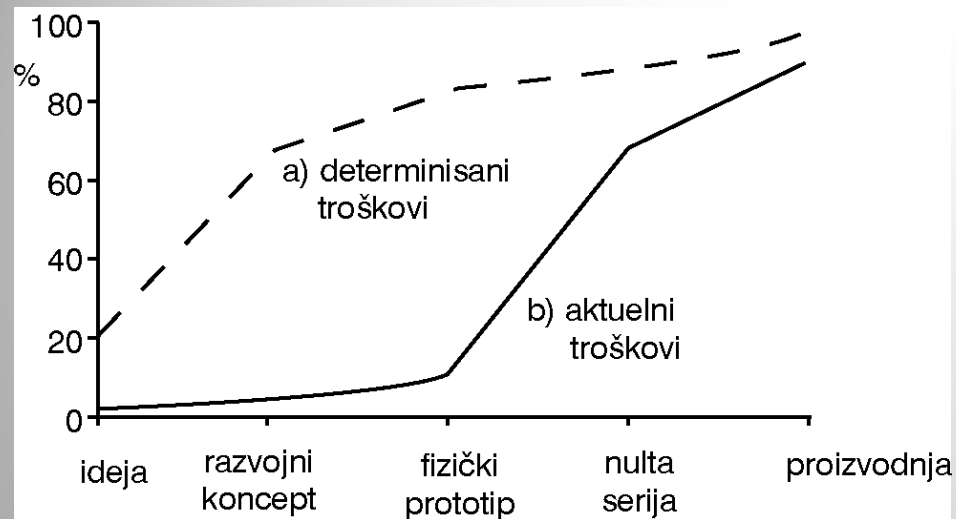


Porast troškova usled naknadnih izmena u fazi razvoja, a u funkciji vremenskog trenutka izmene

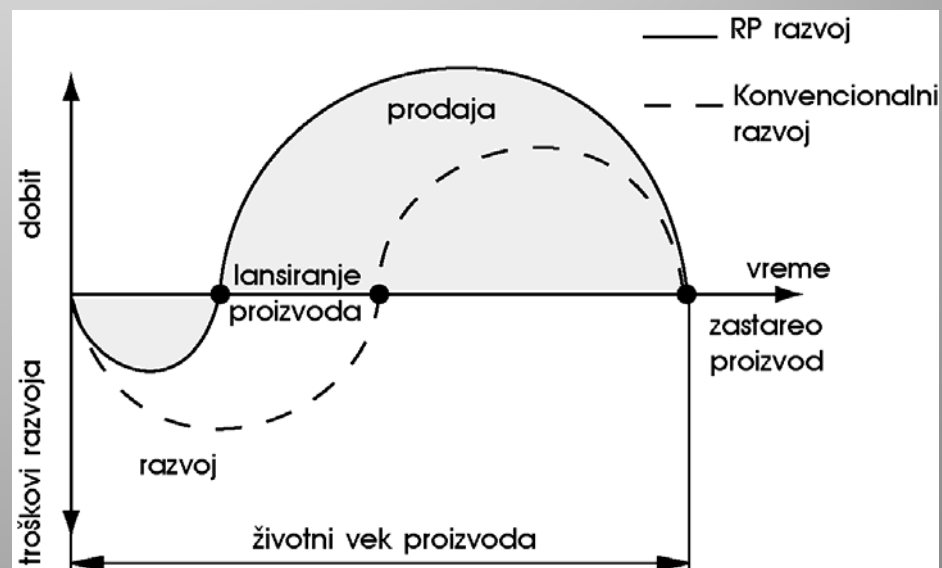
The Road to Product Development

Rework Costs



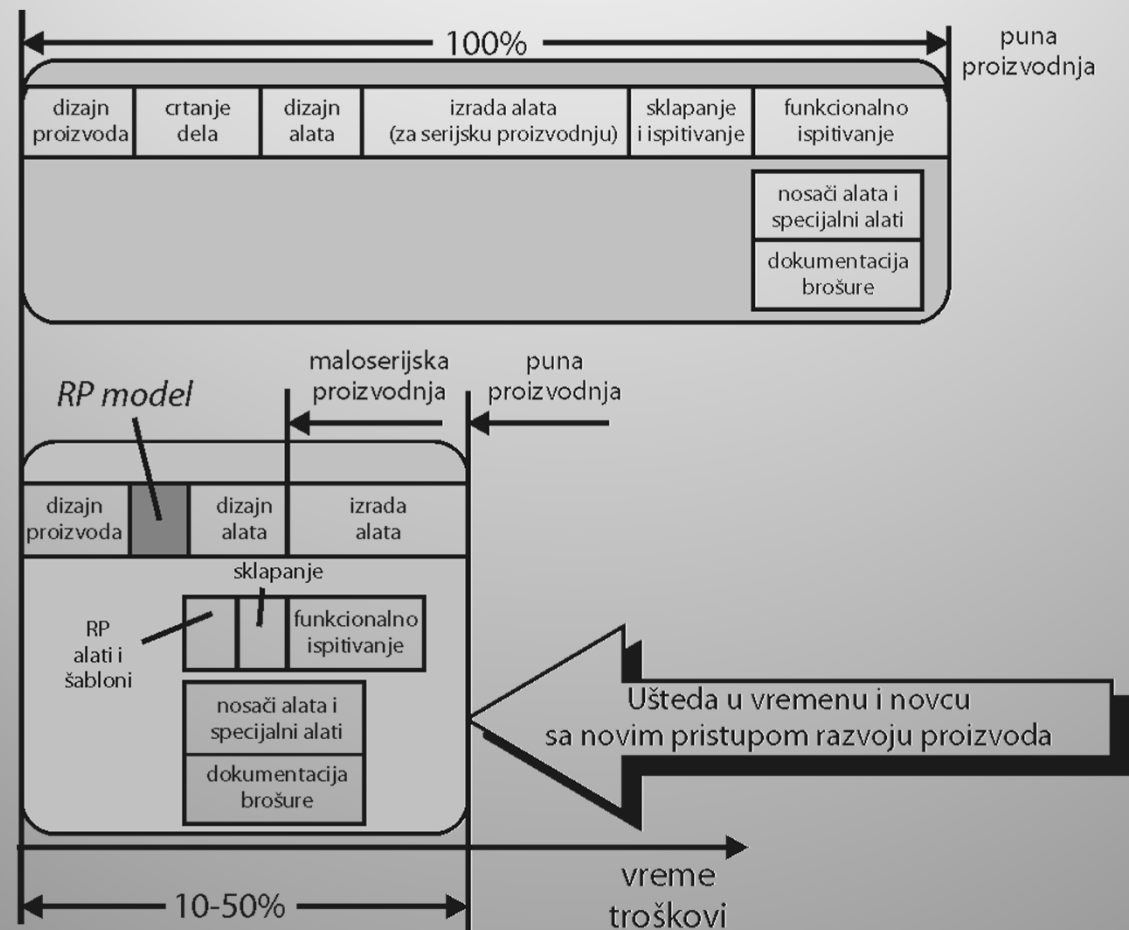


Aktuelni i determinisani
troškovi za jedan konkretan
proizvod

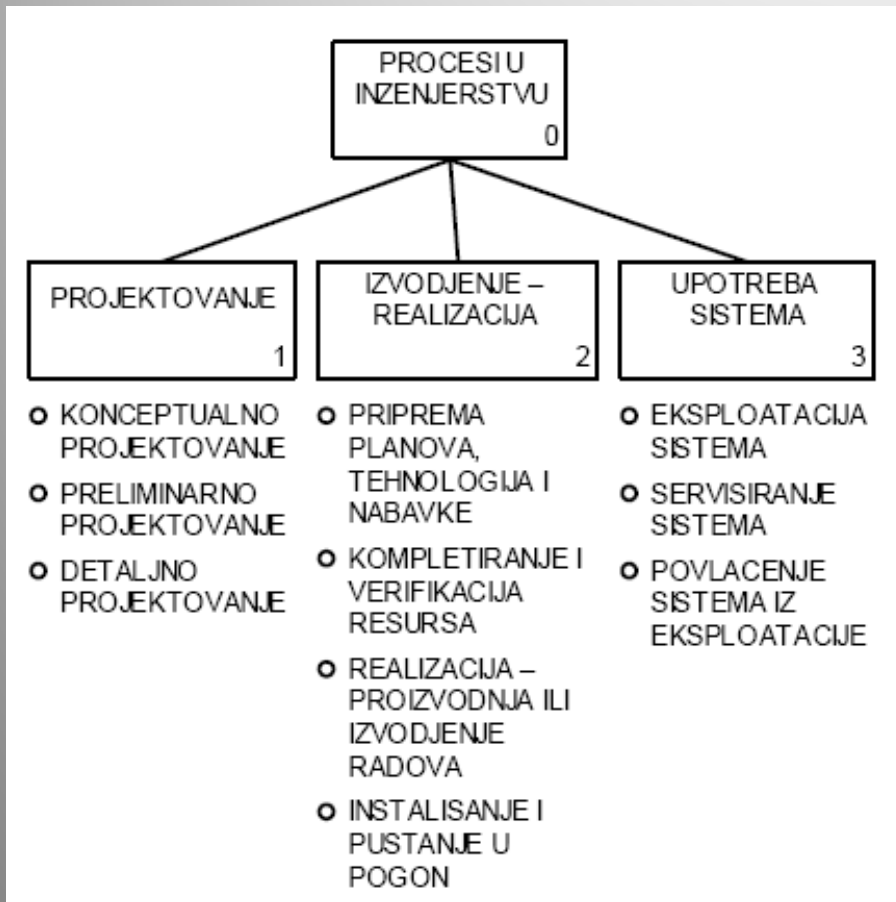


Životni vek proizvoda

Efekti RP tehnologija na vreme i ulaganja potrebna za serijsku proizvodnju



Inženjersko projektovanje



Konceptualno projektovanje gde se identifikuju potrebe, izradi studija izvodljivosti i izradi koncept sistema a kao izlaz dobija se funkcionalni koncept sistema,

Preliminarno projektovanje gde se izvodi funkcionalna analiza i alokacija performansi sistema, sistemska analiza balans zahteva performansi i rešenja i izranuje idejni projekat i

Detaljno projektovanje gde se izrađuje projektna dokumentacija sa detaljnom specifikacijom koja uključuje definisanje i razvoj opreme i softvera, definisanje fizičkih ili virtuelnih modela i pripremu tehnološke dokumentacije.

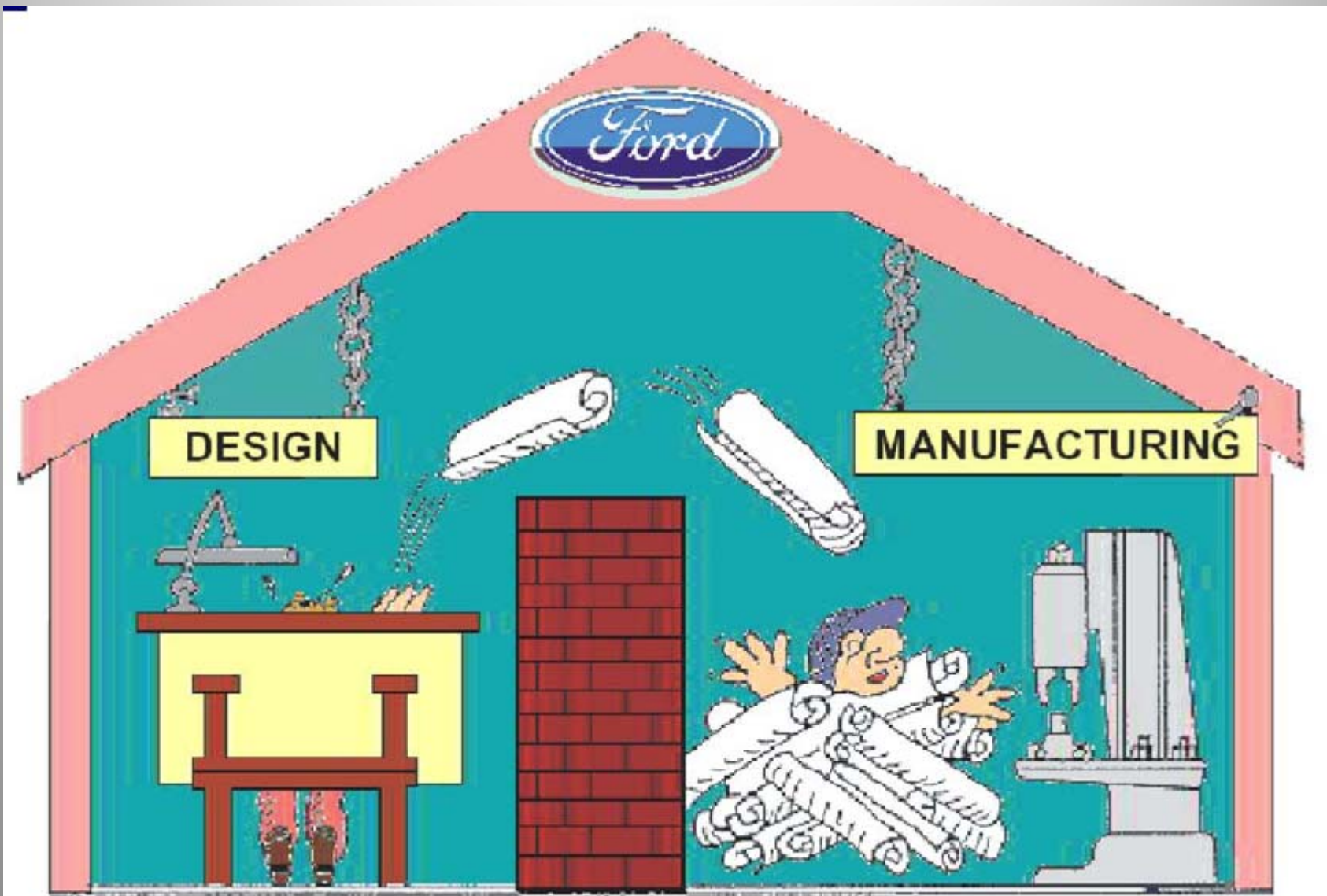
Uloga i vrsta modela/prototipova

- U međusobnoj komunikaciji službi razvoja, marketinga i menadžmenta firme, veliku pomoć pružaju fizički modeli budućeg proizvoda, a sve u cilju smanjenja „time to market-a“.
- Odeljenje marketinga najbolje je upoznato sa potrebama i zahtevima tržišta i sa ponudom konkurencije.

osoblje marketinga i
menadžmenta često
nije tehnički dovoljno
obrazovano da može
razumeti
dvodimenzionalne
tehničke crteže



FIZIČKI MODEL



- U nekim slučajevima grafički prikaz (2D, 3D) nije dovoljan da pruži kompletnu sliku o jednom proizvodu.

MODEL

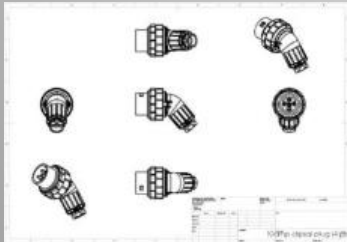


GOTOV PROIZVOD

Project: **VOLVO** Car Corporation

Volan automobila Volvo

Communicate with Color



5 Prong 10 Amp Plug



Words

Picture

Model

A picture may be worth a thousand words, but how much money is a full color 3D model worth?

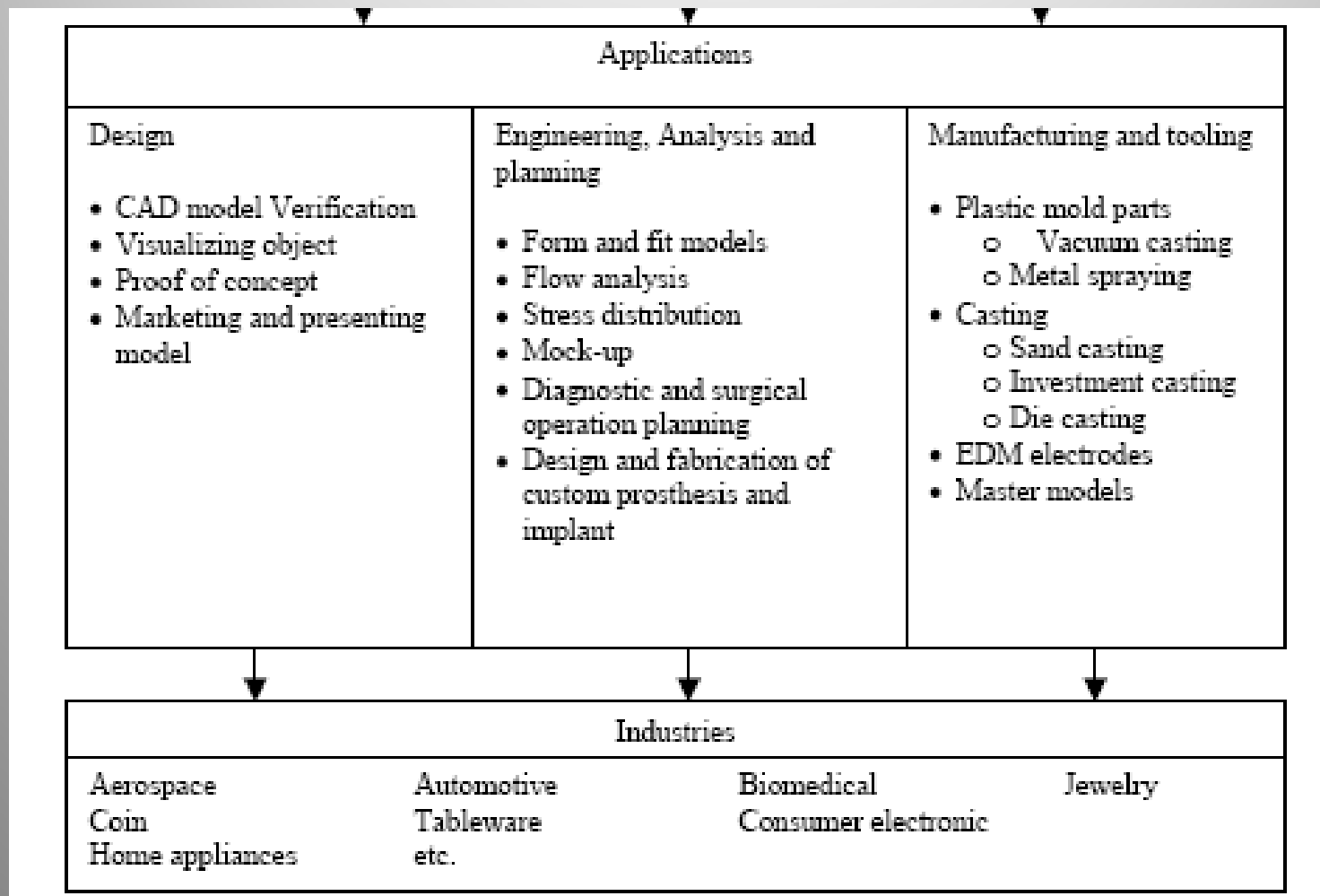
➤ Primer - mobilni telefon.

- Pored čisto tehničkih performansi, prodaja mobilnih telefona zavisi i od estetskih kriterijuma ali i od toga kako telefon „leži“ u ruci.



Model je opis realnog sistema sa svim onim karakteristikama koje su relevantne iz našeg ugla posmatranja.

Modelovanje predstavlja isplativo (u smislu troškova) korišćenje nečega (model) umesto nečega drugog (realni sistem) sa ciljem da se dođe do određenog saznanja



➤ Vrste modela:

- **Proporcionalni model;** Pokazuje spoljašnji oblik i najglavnije proporcije (odnose). Služi komunikaciji i motivaciji, podstiče konsultacije o karakteristikama proizvoda, omogućava brzo usaglašavanje o ideji proizvoda. Mora biti urađen brzo, jednostavno i jeftino.
 - Stepen detalja: nizak.
- **Ergonomski model;** Pokazuje bitne detalje o mogućnosti rukovanja i korišćenja, po potrebi i najvažnije funkcije. Potpomaže donošenje brze odluke o tome da li je ideja o proizvodu sprovodljiva (da li se može i da li treba proizvod razvijati?).
 - Stepen detalja: srednji.
- **Dizajn model;** po spoljašnjem obliku u potpunosti odgovara budućem proizvodu. Kvalitet spoljnih površina je završnog kvaliteta. Potpomaže donošenje brze odluke o metodama konstrukcije i izrade. Omogućava već u ranijoj fazi razvoja ocenu treće strane: kupac, prodaja, javnost, novine, TV reklamiranje.
 - Stepen detalja: visok

- **Funkcionalni model;** omogućava blagovremeno ispitivanje pojedinih funkcija: mogućnost montaže, pogodnost za servisiranje i opravke, kinematiku. Pokazuje pojedine ili sve funkcije čak (ako je to potrebno) i po ceni da spoljni oblik modela nema finalnu formu. Čini osnovu za potražnju od strane kupaca i isporučilaca. Definiše granične uslove za ugradnju alata i pribora kao i za konstrukciju i izradu pomoćnih sredstava.
 - Stepen detalja: visok.
- **Prototip;** odgovara u velikoj meri realnom komadu, ponekad i potpuno; razlikuje se od prvog realnog komada samo po načinu izrade. Omogućava blagovremeno testiranje pojedinih ili više karakteristika proizvodnje (na primer pogodnost za montažu). Omogućava izradu alata. Omogućava korake montaže preko informacionih sredstava.
 - Stepen detalja: visok.
- **Muster** (prvi realni produkt); potiče već iz serije, pilot serije, nulte serije, predserije ili glavne serije i omogućava potpuni test svih osobina proizvoda. Potpomaže školovanje personala koji učestvuje u izradi i servisu, potpomaže početak glavne serije. Potpomaže detaljno planiranje u vezi s kupcima i isporučiocima.

| Vrsta modela/prototipova | Koncepcio-nalni | Dizajn – model | Prototip dimenzija | Prototip funkcija | Pred-serijski prototip |
|--------------------------|-----------------|----------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| Makrogeo-metrija | s | s | s | s | s |
| OSObine: | | | | | |
| ▪ površina | u | s | u | u/s | s |
| ▪ čvrstoća | u | u | u | s | s |
| ▪ tačnost | u | u | s | s | s |
| Materijal | u | u | u | s | s |
| Veličina serije | 1 | 1 | 1-5 | 3-20 | <500 |
| Postupak izrade | u | u | u | s | s |


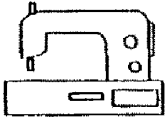
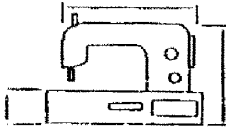
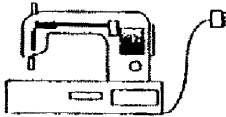
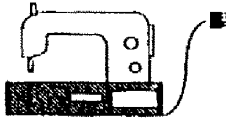
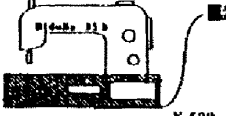
U – nebitno

S – kao kod izrade u seriji

➤ Za potrebe prakse često koristi i podela prema kojoj se svi modeli/prototipovi dela na:

- **konceptualne modele** (omogućuju vizuelizaciju proporcija kao i generalno sagledavanje izgleda proizvoda)
- **geometrijski prototip** (služi za proveru mogućnosti manipulacije, posluživanja i korišćenja proizvoda; omogućuje preciznu vizuelizaciju, uključujući i željeni kvalitet spoljne površine)
- **funkcionalni prototip** (služi za proveru jedne ili više funkcija budućeg proizvoda)
- **tehnički prototip** (odgovara serijskom modelu i izrađuje se na osnovu kompletne dokumentacije, manja odstupanja moguća su u korišćenim materijalima kao i u majim, nebitnim geometrijskim detaljima; principijelno, od serijskog proizvoda se razlikuje samo po načinu izrade)

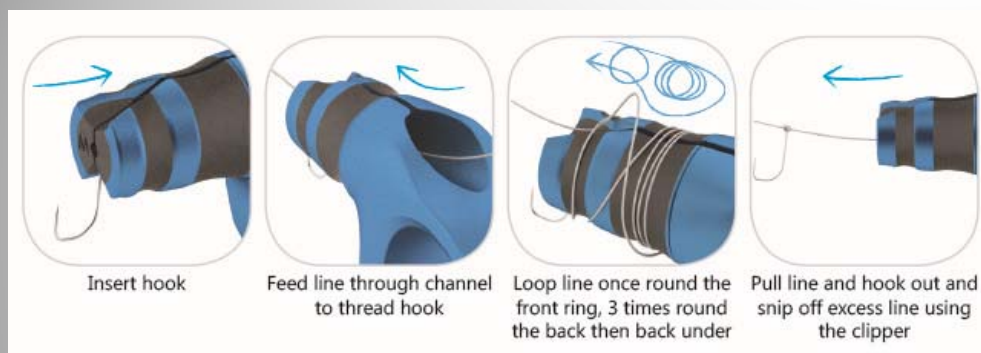
Prikaz pojedinih modela na primeru razvoja šivaće mašine

| Tip modela | | Karakteristike modela |
|---|---|--|
| 3D CAD model Virtuelni model Virtuelni prototip |  | Ekranski prikaz sa svim geometrijskim podacima Kolor – kopija na papiru |
| Dizajn model |  | Dobar kvalitet spoljne površine Tačne globalne mere (gabariti) |
| Geometrijski model |  | Tačne sve geometrijske mere |
| Funkcionalni model |  | Probližan materijal izrade |
| Prototip |  | Originalan materijal izrade Približan proces izrade |
| Nulta serija |  | Originalan materijal Originalan proces |

Primer upotrebe modela u razvoju proizvoda



Motorola Bluetooth scanner – ergonomski modeli

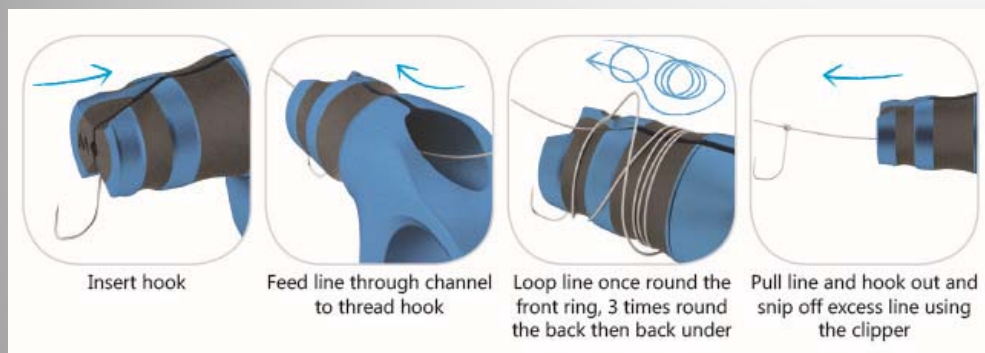


Pomoćni pribor za vezivanje pecaroških udica - proporcionalni model i prototip

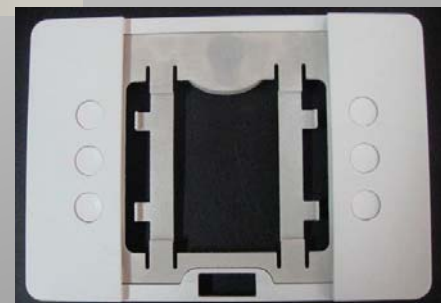
Primeri upotrebe modela u razvoju proizvoda



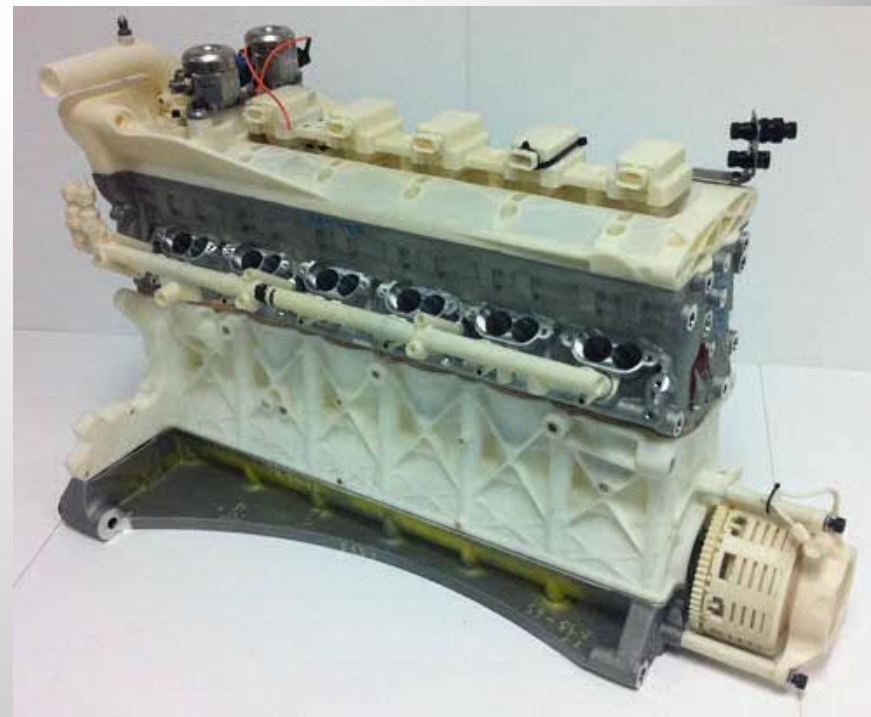
Ergonomski modeli



Proporcionalni modeli



Funkcionalni model



Dizajn i konceptualni modeli

AESTHETIC/ERGONOMIC DESIGN OF POWER TOOLS

Courtesy of Black and Decker, USA

**“While a design may look good on the computer screen,
there is really no substitute for actually holding
something in your hand.”**

**- John Reed, Black & Decker Master Prototype
Specialist**



Concept model
of sensor
housing and
actual product



Painted model of a DeWALT
auto leveling transit

INDUSTRIAL DESIGN EVALUATION MODELS

Courtesy of Fuse, USA

- Quickly move projects through the product development process



Test models to aid in design and development for a construction project

ENGINEERING COMMUNICATION MODELS

Courtesy of Pratt & Miller, USA

- Evaluation models to match timeline and quality standards
- Marketing models for more effective decision making

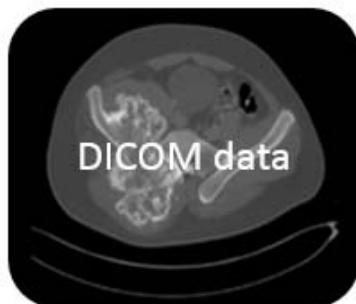


Finite Element Result -
Corvette GT2 Spindle Stress
Colored and Deformation
x1000

PATIENT COMMUNICATION MODELS

Courtesy of Maimonides Bone and Joint Center, USA

- 3D color bone model quickly and accurately created in Bespoke Modeling from CT scan
- Affordable 50% scale printed model helps patient communication and assists surgery practice sessions



"I found the 3D model invaluable in patient education, surgical planning, and physician training."
— *Dr. Howard Goodman*

DYNAMIC DESIGN – RAPID FORM AND FIT TESTING ITERATION

“[3D printing] allows giant, lumbering industrial concerns like General Motors to quickly adapt to consumer tastes.”

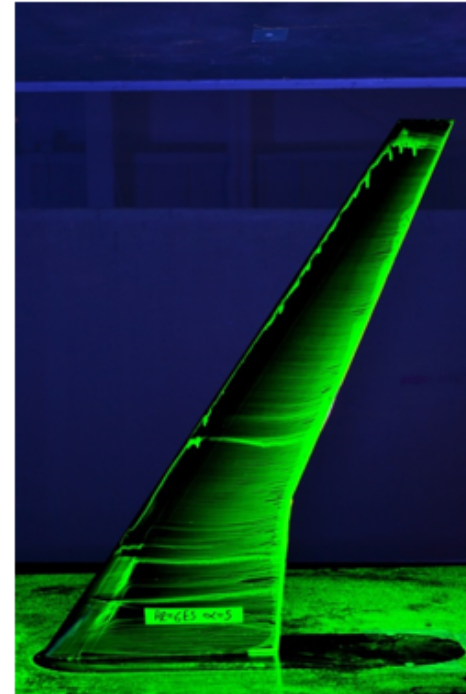
- *Autoweek*

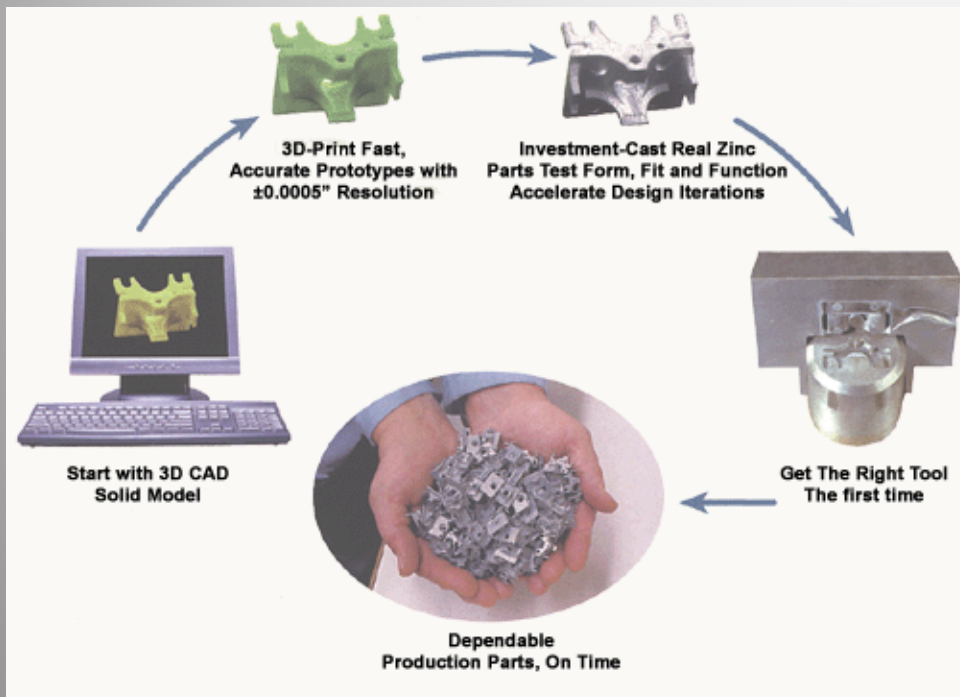
- It's easier and cheaper for stylists to take chances
- Skips the high cost of tooling to test new designs
- Better products that more closely match consumer tastes



AERODYNAMIC MODELS WITH PRESSURE TAPPINGS

Courtesy of the Federal Aerospace Administration, USA





| Pattern Tree | Shell-Making | Investment Casting | Casting |
|--------------|--------------|--------------------|---------|
|--------------|--------------|--------------------|---------|

