

Radionica “Inovacije u inženjerskom projektovanju”

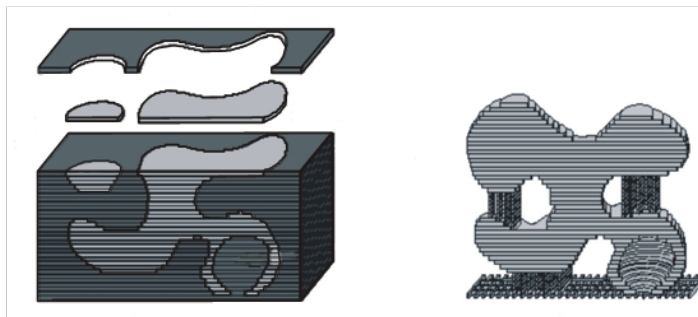
27-28. siječanj 2011, Rijeka

Brza izrada prototipova i reverzni inženjering

Prof. Dr Vesna Mandić

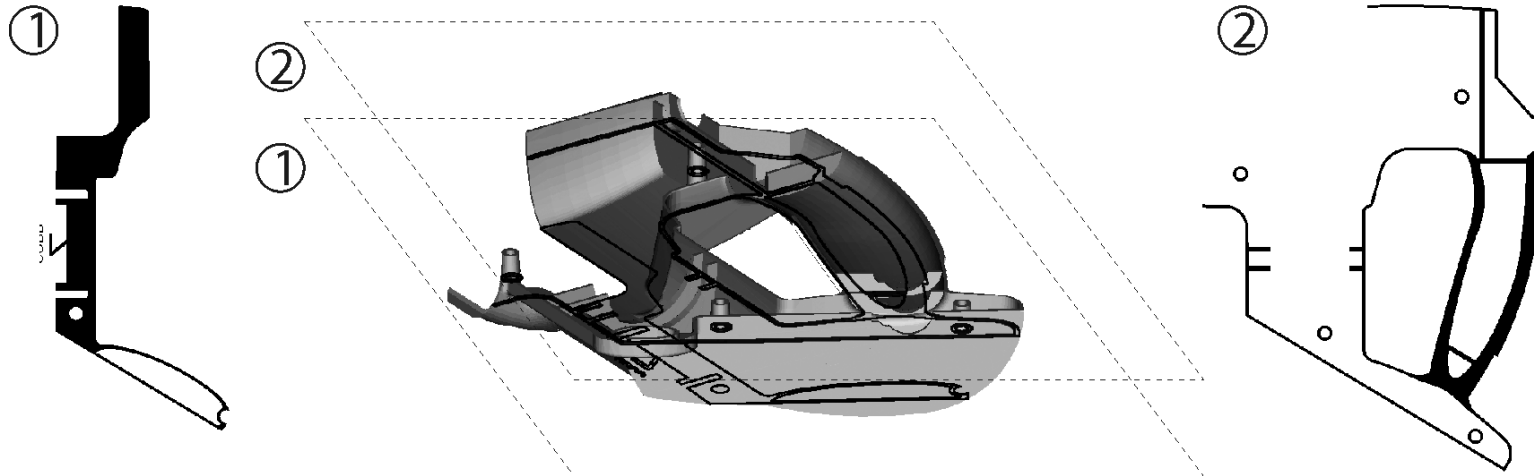
mandic@kg.ac.rs

- **RP tehnologije su skup povezanih tehnologija koje se koriste za izradu fizičkih objekata direktno iz 3D CAD modela.**
- Ulazni podaci se u obliku STL (*Stereolithography*) fajlova učitavaju u operativni softver mašine za brzu izradu prototipova.
- Fajl je ASCII ili binarnog tipa i predstavlja listu trougaonih površina koje opisuju kompjuterski generisani prostorni model.
- Podaci se procesiraju na taj način što se virtuelni model deli u slojeve debljine od 0.05 mm do 0.3 mm.
- Mašina dalje ovakav model koristi za formiranje modela sloj po sloj, pri čemu se svaki sloj vezuje sa onim pre i onim posle njega





Proces obrade podataka o 3D modelu u RP tehnologijama

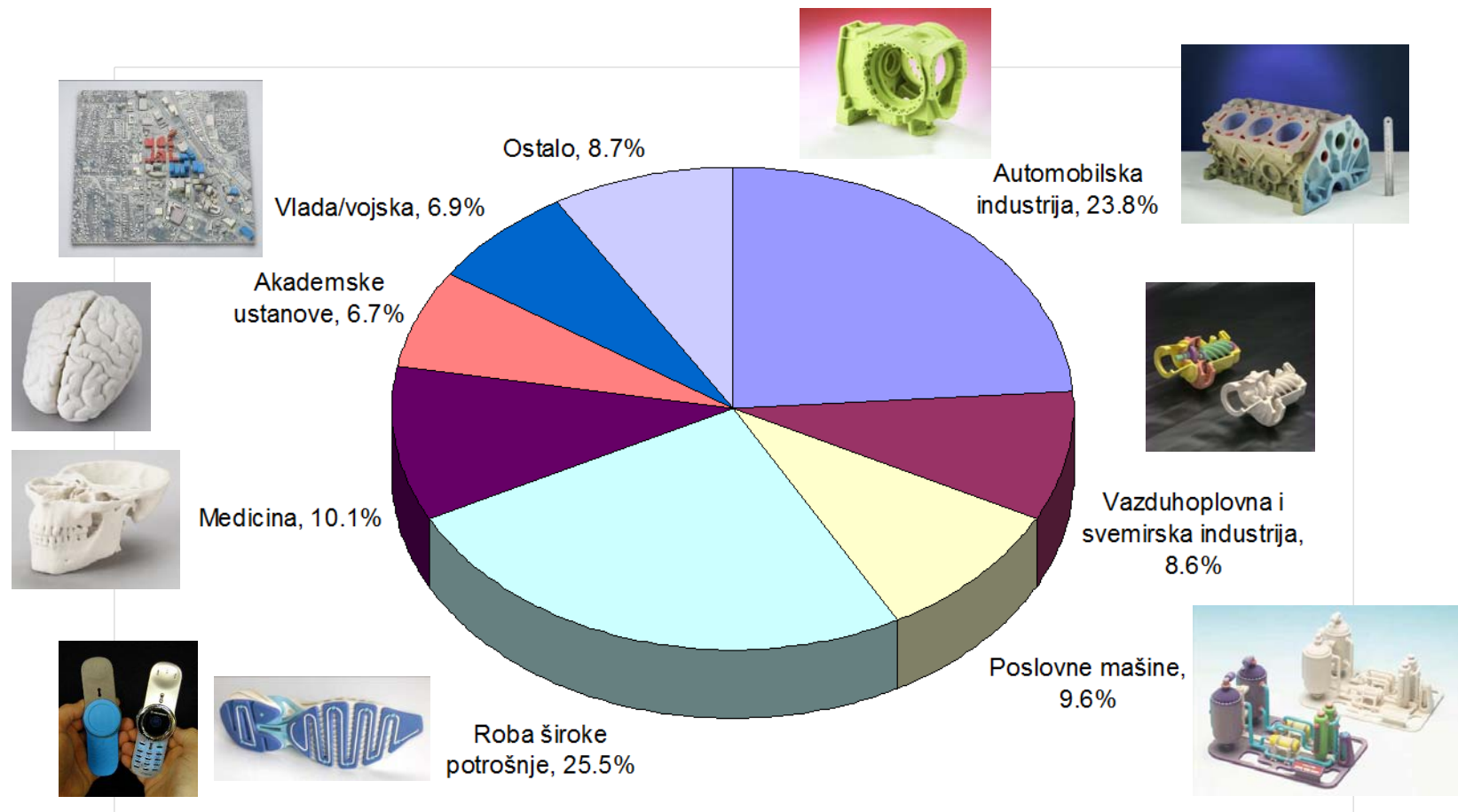


Prikaz slojeva od kojih se sastavlja prototip

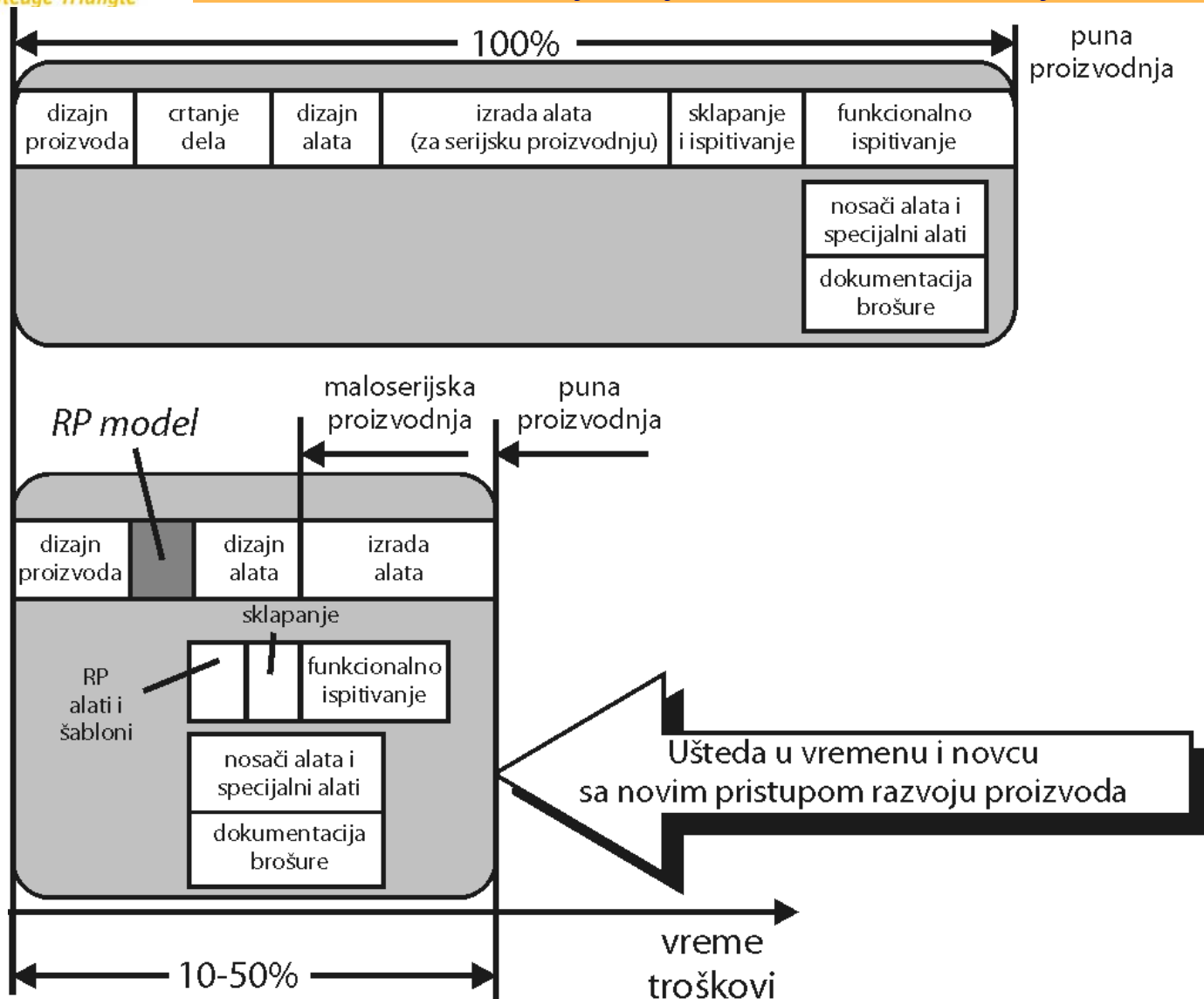
Brza izrada prototipova

Ulaz				Materijal			
CAD Model: Površinski ili solid		Fizički objekat		Laminati, granulati, žice	Prah	Tečnost	
STL, IGES, CLI, itd.		Podaci iz digitalizatora		Papir, smole, najlon, ABS, vosak, metali, keramike, itd			
Podaci o slojevima							
Metod				Primene			
Lepljenje/ vezivanje	Topljenje i očvršćavanje	Sečenje i spajanje	Fotoočvršćavanje	Dizajn	Inženjering i analiza	Proizvodnja i izrada alata	
			Maskirna lampa	Vazduhoplovna, automobilska, biomedicinska, potrošačka industrija i dr.			
			Dva laserska zraka				
			Jednostruki laserski zrak				

Četiri glavna aspekta RP tehnologija



Primena RP tehnologija u različitim oblastima



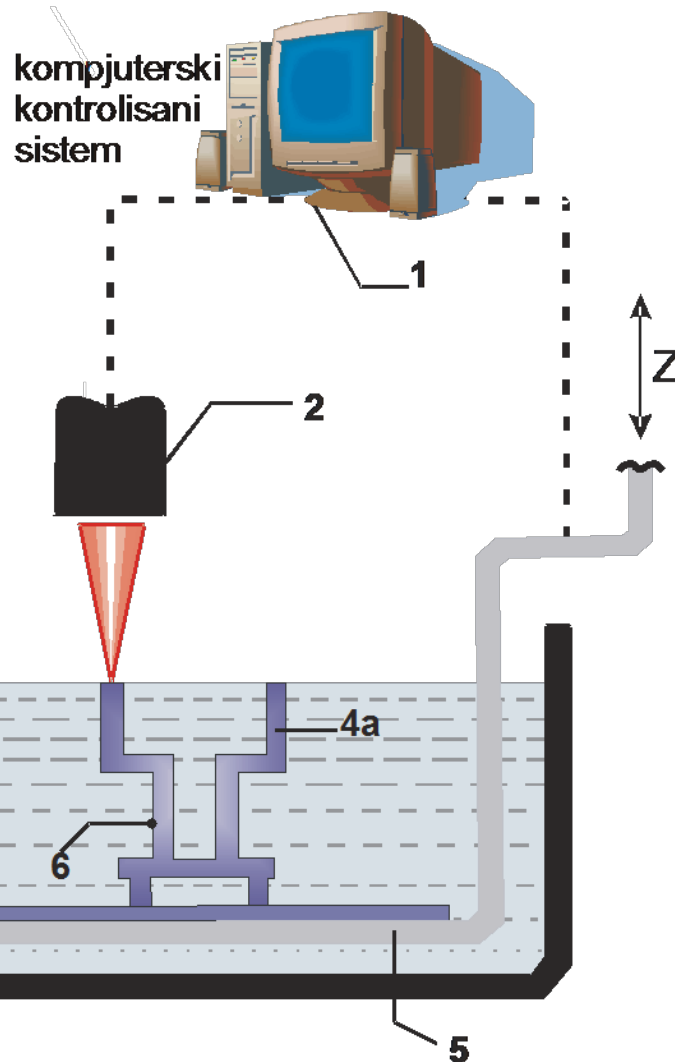
- RP omogućava izradu modela namenjenih istraživanju tržišta, marketinga i dizajna ambalaže;
- smanjenje vremena do pojave novog proizvoda na tržištu;
- zadovoljenje zahteva korisnika u pogledu kvaliteta proizvoda;
- povećanje asortimana proizvoda;
- smanjenje rizika u plasmanu novog proizvoda;
- u fazi konceptualnog dizajna, omogućava uočavanje projektnih grešaka;
- prototipovi izrađeni od različitih nemetalnih i metalnih materijala se mogu proučavati s obzirom na funkcionalne, tehničke i estetske aspekte



Mogu se posmatrati dve opšte grupe tehnika za brzu izradu prototipova:

- I) Tehnike dodavanja materijala koje fizički model grade sloj po sloj. U okviru ove grupe postoji veliki broj primenjenih tehnika, a najčešće primenjene u praksi su:
- Stereolitografija – **SLA** (*Stereolithography Apparatus*),
 - Selektivno lasersko sinterovanje – **SLS** (*Selective Laser Sintering*),
 - Modeliranje deponovanjem topljenog materijala – **FDM** (*Fused Deposition Modelling*)
 - 3D štampa – **3DP** (*3D Printing*)
 - *PolyJet* tehnologija
- II) Procesi skidanja materijala kao što je, na primer, glodanje kojim se skida višak materijala sa bloka prostornog modela čime se proizvodi željeni fizički model.

Stereolitografija



- 1 – računar
- 2 - laser
- 3 – fotoreaktivni fluid
- 4a– dvodimenzionalna litografija
- 5 – platforma
- 6 – 3D objekat

Stereolitografija

Prednosti SLA

- Non-stop rad
- Dobra podrška korisniku
- Moguće razne radne zapremine
- Dobra preciznost
- Kvalitet površine
- Širok izbor materijala

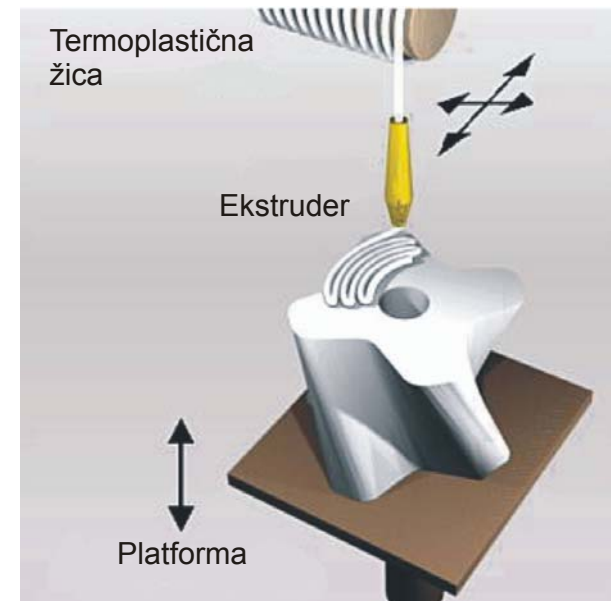
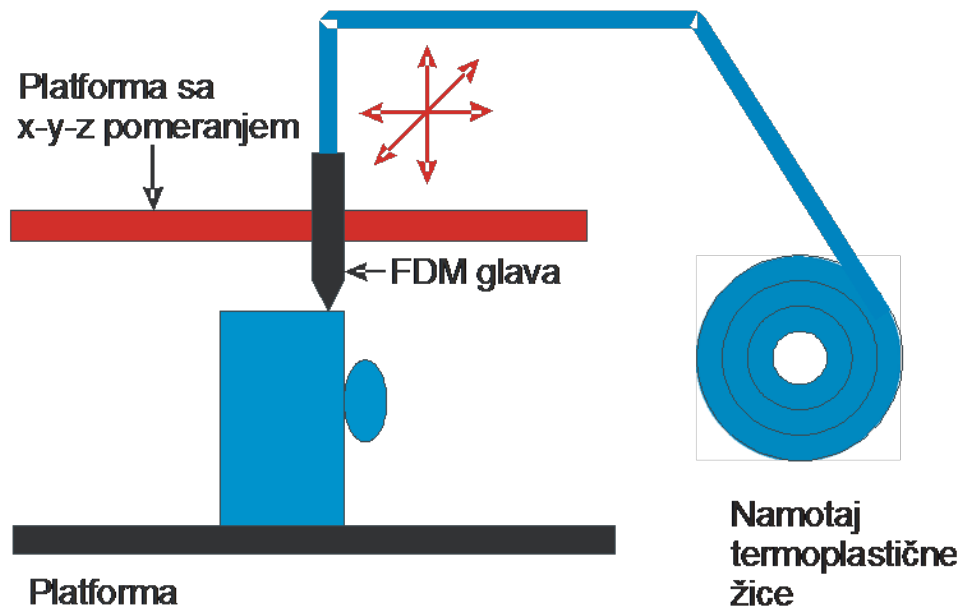
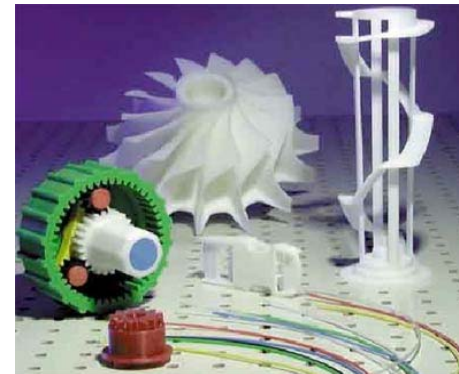
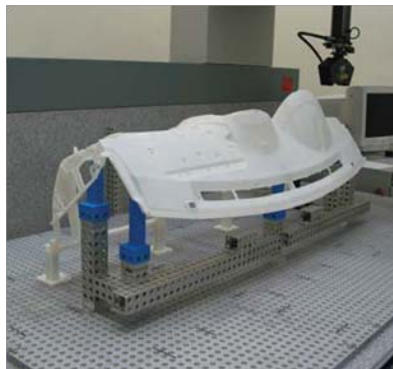
Mane SLA

- Zahteva oslonce
- Zahteva postprocesiranje
- Zahteva naknadno očvršćavanje
- Toksičan materijal

Primena SLA

- Modeli za konceptualizaciju, pakovanje i prezentaciju
- Prototipovi za dizajn, analizu, verifikaciju i funkcionalna ispitivanja
- Delovi za prototipove alata i alate za maloserijsku proizvodnju
- Kalupi i mustre za precizno livenje i livenje u pesku
- Alati za stege i mašinsku obradu.

Modeliranje deponovanjem topljenog materijala



Modeliranje deponovanjem topljenog materijala

Prednosti FDM

- Izrada funkcionalnih delova
- Minimum otpada
- Lakoća uklanjanja oslonaca
- Lakoća promene materijala

Mane FDM

- Ograničena tačnost
- Sporost procesa
- Nepredvidivo skupljanje

Primena FDM

- **Modeli za konceptualizaciju i prezentaciju.** Modeli se mogu peskariti, bojiti, etiketirati i bušiti pa se može dobiti izgled krajnjeg proizvoda.
- **Prototipovi za dizajn, analizu i funkcionalna ispitivanja.** Mogu se proizvesti potpuno funkcionalni prototipovi od ABS plastike. Takvi delovi imaju 85% čvrstoće krajnjeg proizvoda. Zato se mogu sprovoditi testiranja u eksploataciji, posebno za proizvode široke potrošnje.
- **Šabloni i master modeli za izradu alata.** Modeli se mogu koristiti za precizno livenje, livenje u pesku i livenje pod pritiskom

Selektivno lasersko sinterovanje

Prednosti SLS

- Dobra postojanost delova
- Veliki izbor materijala
- Nema potrebe za osloncima
- Nije potrebno puno postprocesiranja
- Nije potrebno naknadno očvršćavanje

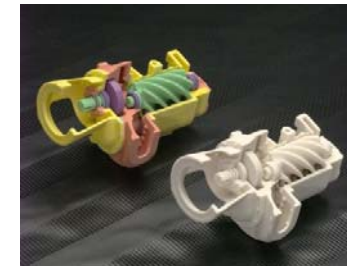
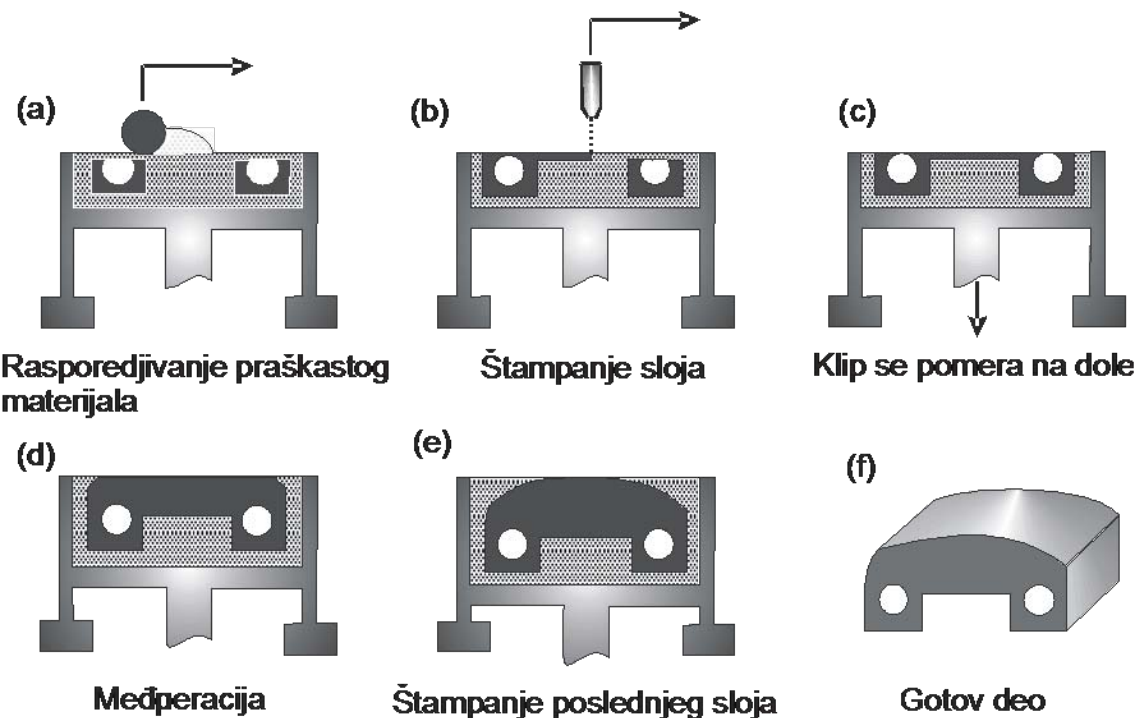
Mane SLS

- Velike dimenzije sistema
- Visoka potrošnja energije
- Slab kvalitet površine gotovog dela

Primena SLS

- **Koncepcijski modeli.** Mogu se izrađivati fizičke predstave dizajna koje se koriste za reviziju ideja, oblika i stila dizajna.
- **Funkcionalni modeli i prototipovi.** Delovi izrađeni SLS postupkom mogu podneti ograničena funkcionalna testiranja, ili se ugraditi i eksploatisati u sklopovima.
- **Polikarbonatni šabloni za livenje.** Šabloni se proizvode od polikarbonata, zatim se postupkom preciznog livenja lije metal po želji. Izrađuju se brže od voštanih modela i idealni su za livove sa tankim zidovima i finim detaljima.
- **Metalni alati.** Moguća je direktna izrada alata za male serije.

3D štampa



3D štampa

Prednosti 3DP

- Velika brzina
- Svestranost
- Jednostavnost upotrebe
- Nema otpadnog materijala
- Pun kolor

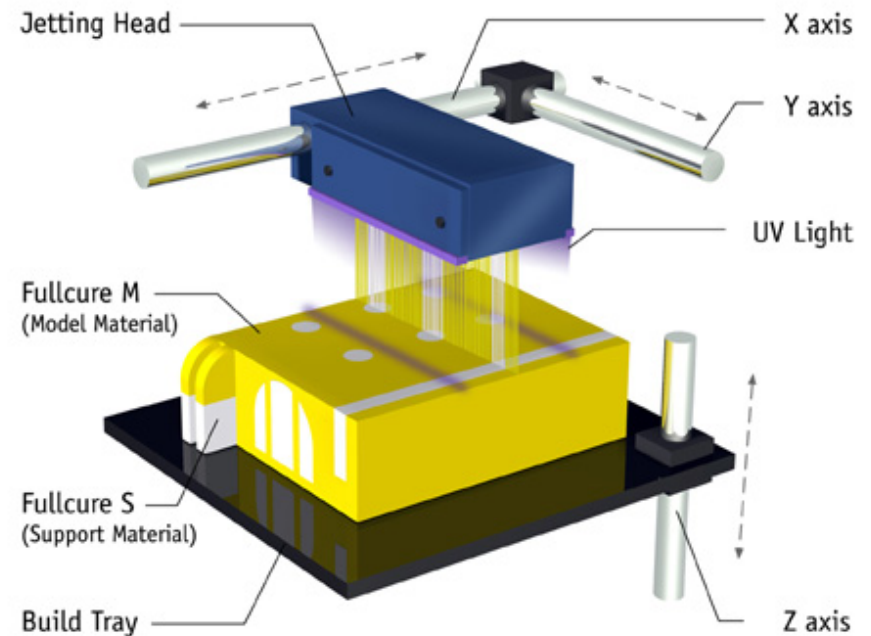
Primena 3DP

- Konceptijski modeli
- Funkcionalni modeli i prototipovi
- Šabloni za livenje
- Direktno livenje obojenih metala

Mane 3DP

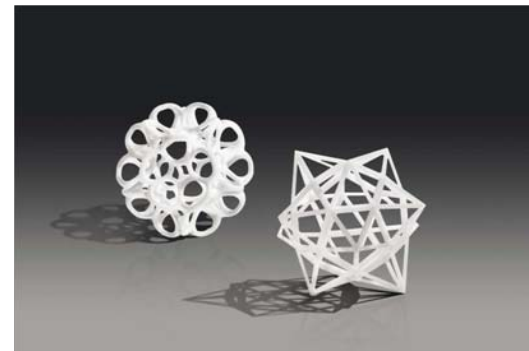
- Ograničena funkcionalnost delova
- Ograničen izbor materijala
- Slab kvalitet površine

PolyJet tehnologija



The Objet PolyJet Process

- Odlikuje se štampanjem izuzetno finih detalja visokog kvaliteta, nanošenjem tankih slojeva od **28 μm** i trenutnim fotoočvršćavanjem;
- Posедуje visoko kvalitetnu rezoluciju od **600x600x900 dpi**;
- Precizno štampanje **složene** geometrije modela, malih **pokretnih** elemenata, i finih detalja sa tankim zidovima do **0.6 mm**;
- Visoka tačnost izrade modela i oblika od **0.1** do **0.2 mm**;
- Izuzetno glatko štampanje **sitnih detalja** na modelu koji se jasno vide (tekst, oznake, brojevi...);
- **Brza** izrada 3D modela, sa mogućnošću istovremenog štampanja **više** modela;
- Pogodan za **kancelarijsku** upotrebu.



Široka primena u različitim oblastima:

- Medicini;
- Elektronici;
- Automobilskoj industriji;
- Proizvodnji robe široke potrošnje;
- Arhitekturi;
- Obrazovanju;
- Zabavi;
- Itd...





- Provera uklapanja finih detalja u sklopu, provera oblika;
- Funkcionalna testiranja i kinematike pokretnih delova;
- Markentiške prezentacije – obojeni delovi, sa prevlakama;
- Fine površine omogućavaju direktni RT za silikonske delove, vakum forming aplikacije.



Livenje u pesku



Metalne prevlake



Bojenje RPmodela



Livenje silikonske gume



Vakum metalizacija



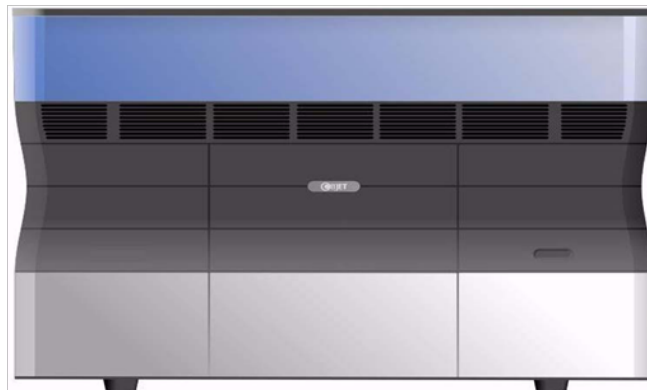
Površine sa teksturama



Vakum forming

ALARIS 30 OBJET 3D printer

- Koristi **PolyJet tehnologiju** za štampanje prototipova od plastike slične ABS, pantetiranu od strane Objet-a;
- Izradjuje modele za **funkcionalna testiranja, proveru oblika i uklapanja**;
- Posедуje visoku preciznost štampanja sa izuzetno glatkim površinama i finim detaljima;
- Štampač je dizajniran da bude jednostavan za korišćenje, i u svom softveru omogućava lako rukovanje 3D modelima.



Specifikacija	Osobine
Veličina radnog stola (x,y,z)	300x200x150 mm
Max. veličina 3D modela	294x196x150 mm
Debljina sloja	28 µm
Rezolucija (x,y,z)	600x600x900dpi
Materijali	Materijal modela: VeroWhite FullCure 830
	Support materijal: FullCure705 gel-like
Težina ketridža	1kg
Broj ketridža u mašini	2 za model & 2 za suport
Broj glava za štampanje	2
Dimenzije mašine	825x620x590mm
Težina mašine	83kg
Ulazni format fajla	STL i SLC fajl



Tehničke karakteristike šampača

VeroWhite FullCure830

Osobine	ASTM	Metričke jedinice
Zatezna čvrstoća	D-638-03	49.8 MPa
Modul elastičnosti	D-638-04	2495 MPa
Izduženje pri lomu	D-638-05	20 %
Savojna čvrstoća	D-790-03	74.6 MPa
Modul savijanja	D-790-04	2137 MPa
HDT u 0.45 MPa	D-648-06	43°C

ABSplus plastika

Osobine	Metričke jedinice
Zatezna čvrstoća	36 MPa
Modul elastičnosti	2265 MPa
Izduženje pri lomu	4 %
Savojna čvrstoća	52 MPa
Modul savijanja	2198 MPa
HDT u 0.46 MPa	96°C

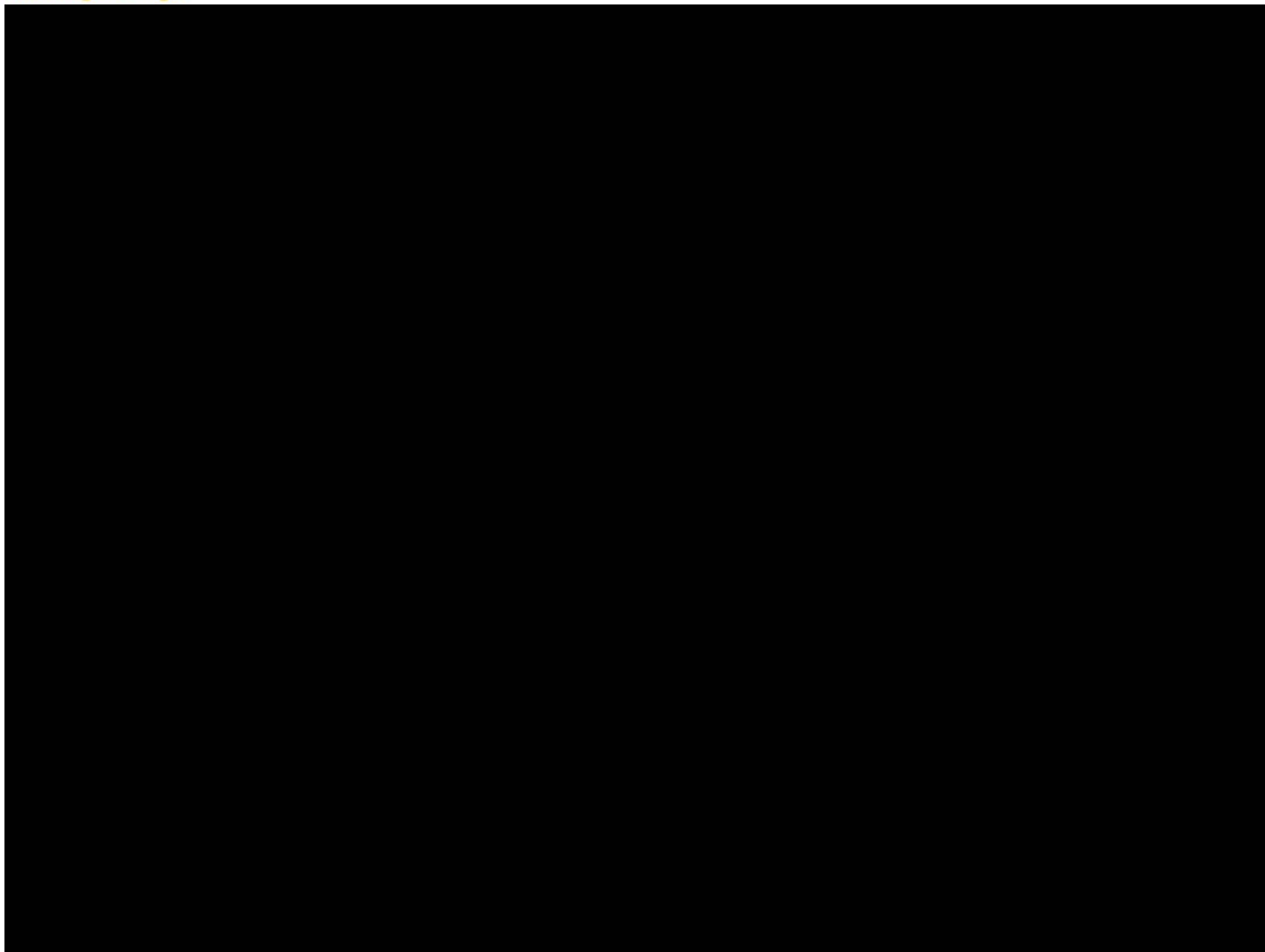
~

ASTM - American Society for Testing Materials

HDT – Heat Distortion Temperature, °C



VeroWhite FullCure830



Rapid tooling – silikonski deo

Prof. Dr Vesna Mandić

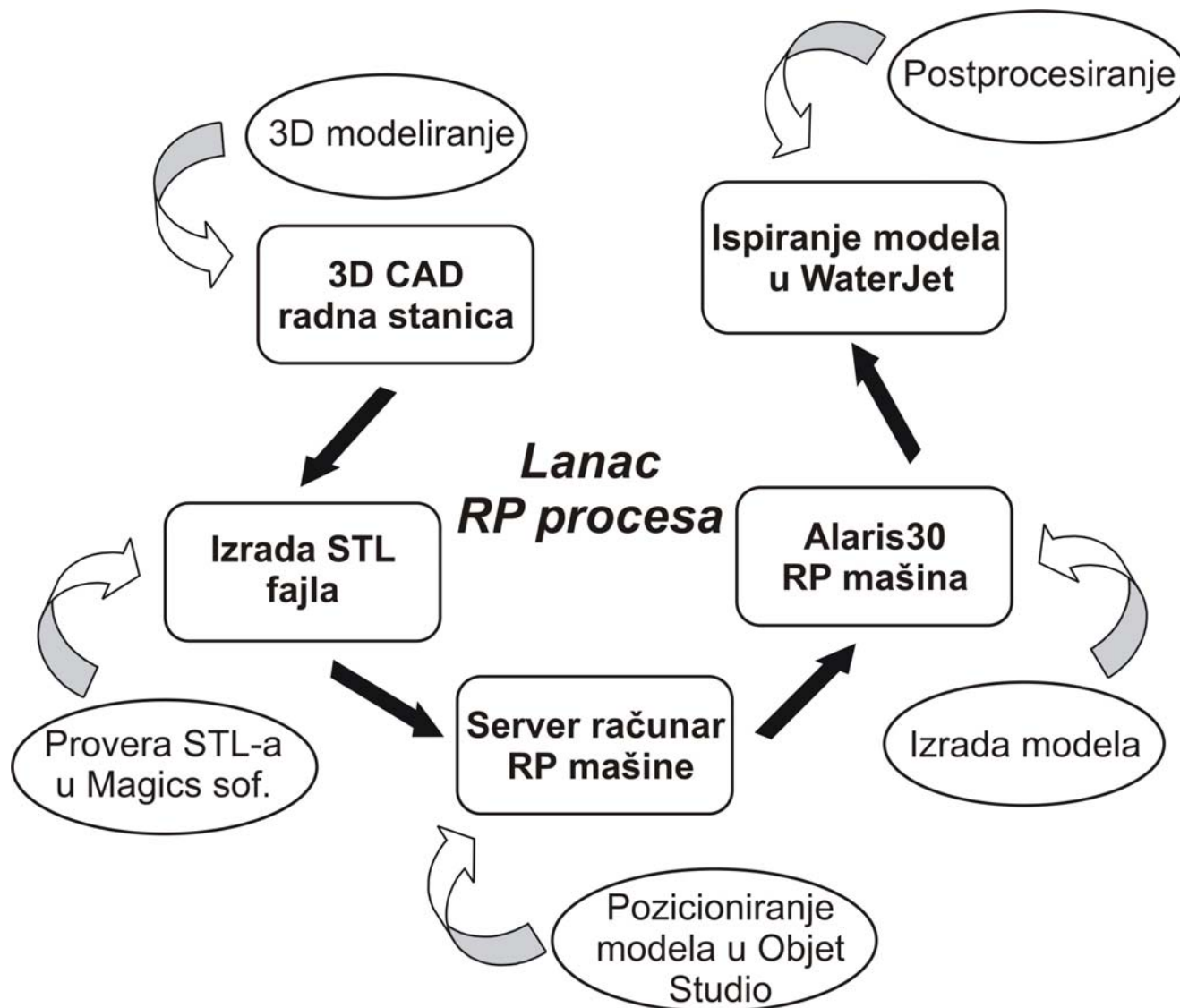
This project has been funded with support from the European Commission

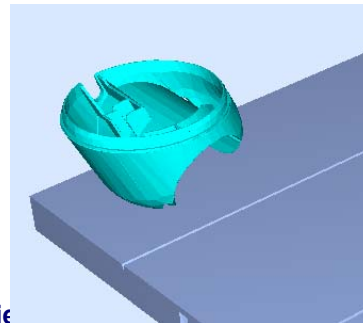
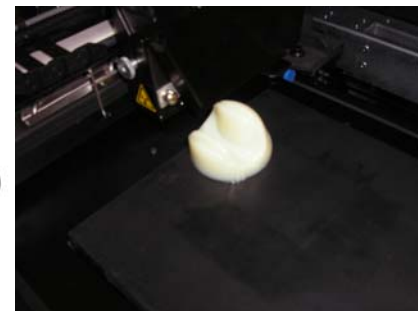
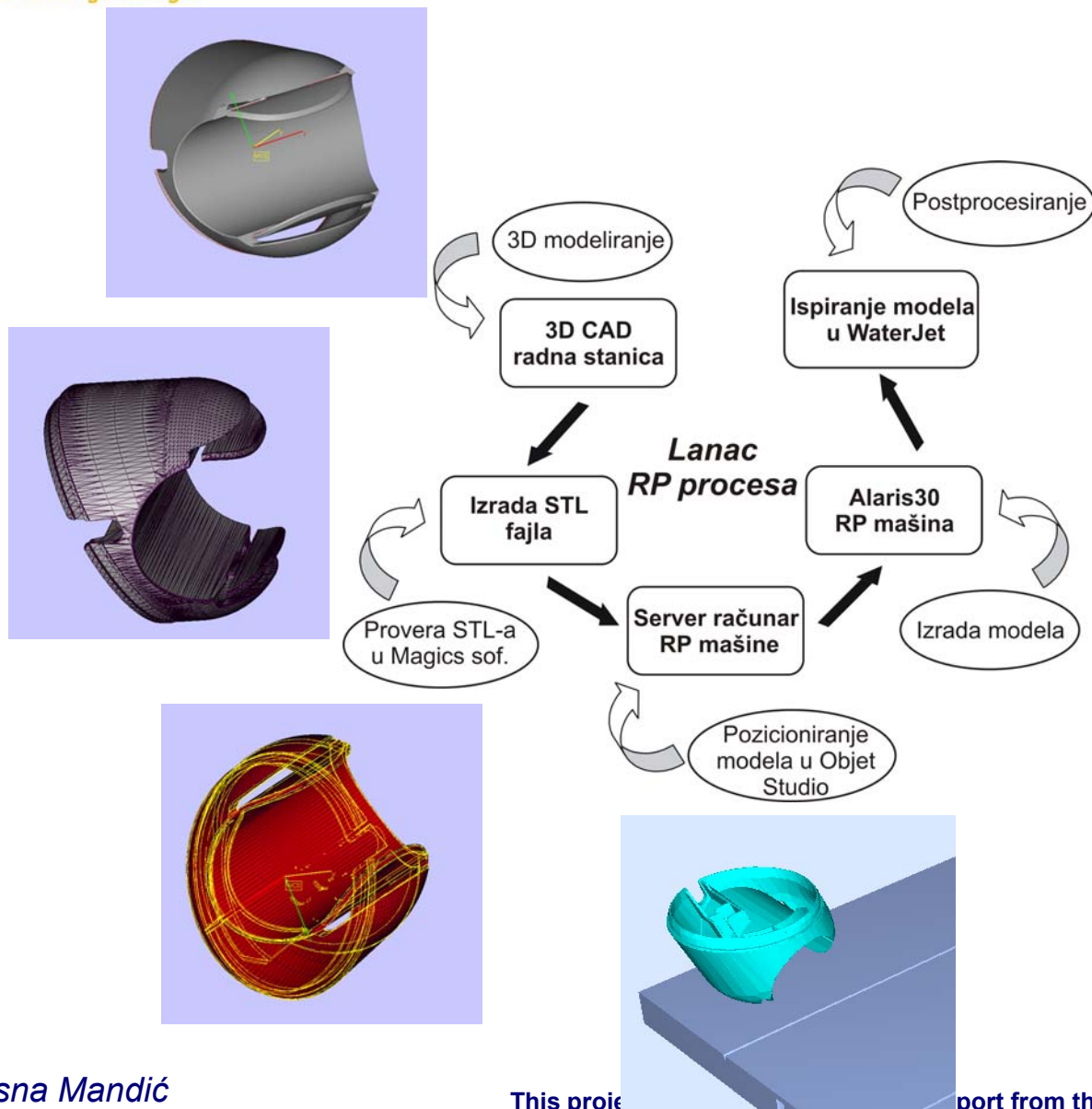


European Commission
TEMPUS

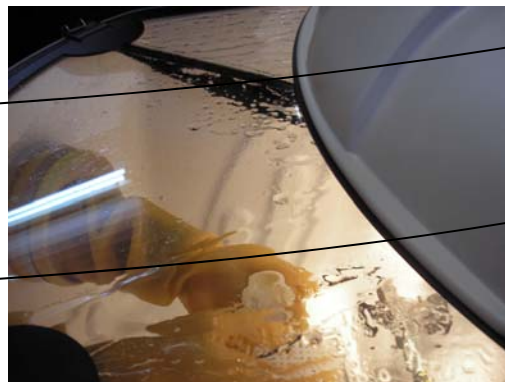
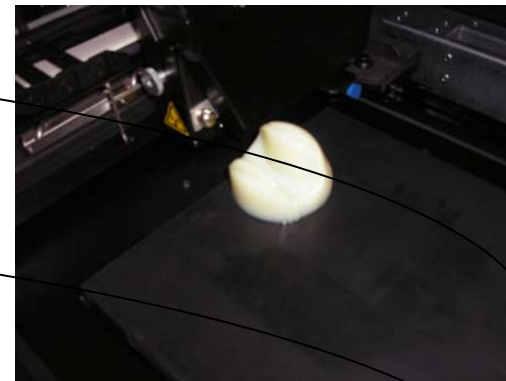
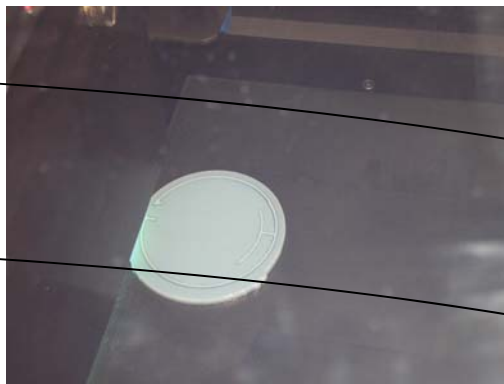
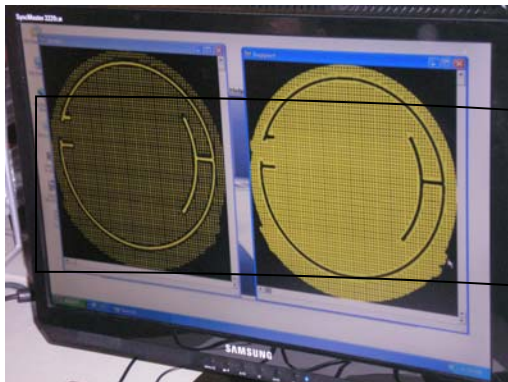


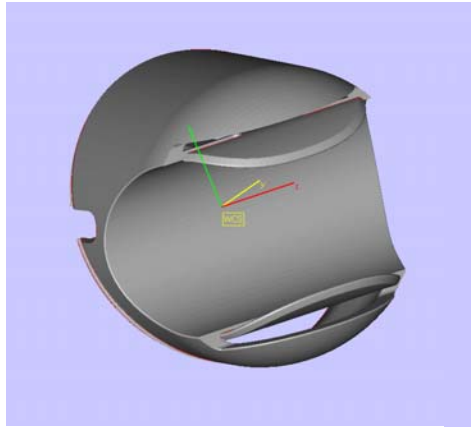
Vacum forming aplikacije



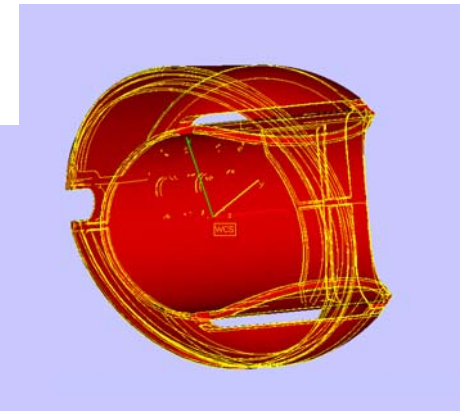
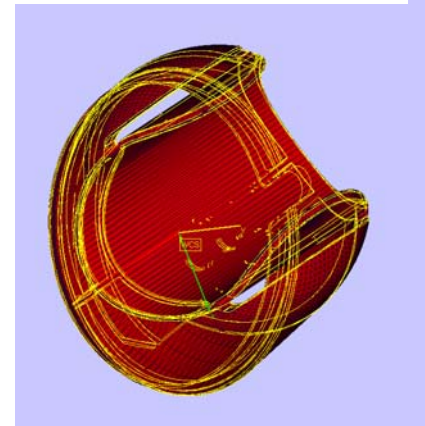
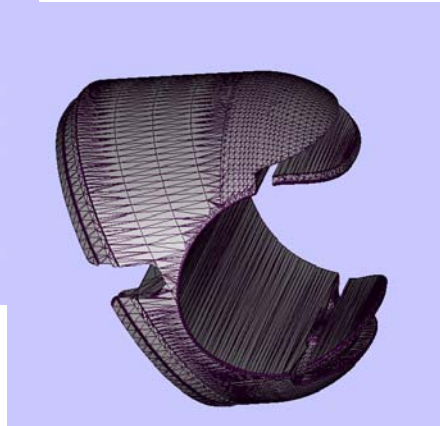


Printanje modela na Alari30 štampaču





Dobar STL

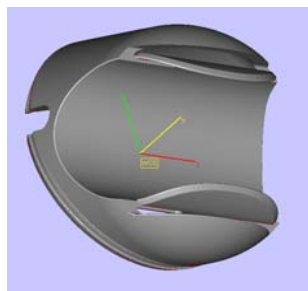
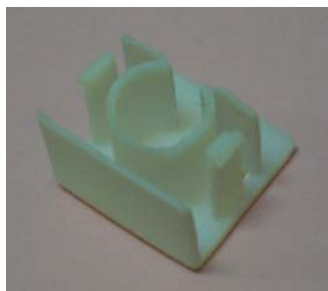
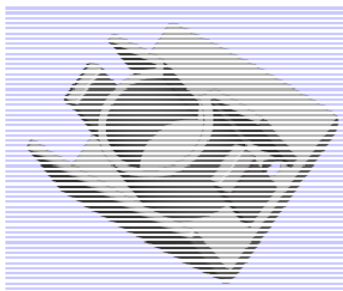


Loš STL

- Za izradu 3D modela na Alaris30 štampaču, potrebno je CAD modele dostaviti u **STEP** i **IGES** formatu;
- Ukoliko pripremate STL za slanje, tolerancija STL fajla treba da bude **0.01mm**.

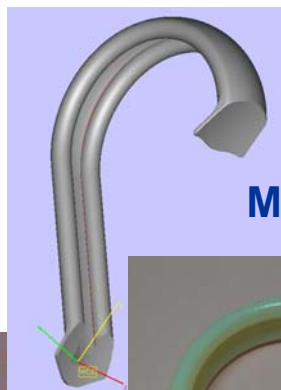
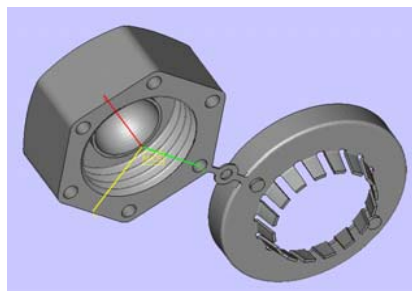
ZA DODATNE INFORMACIJE pozovite na 034 501 201
ili pošaljite e-mail na ctc@kg.ac.rs

Neke reference



Topy company

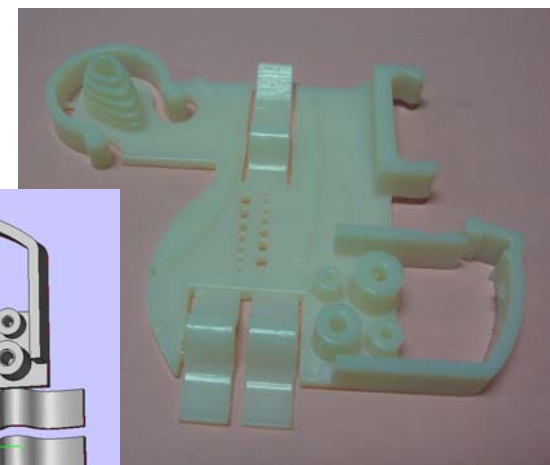
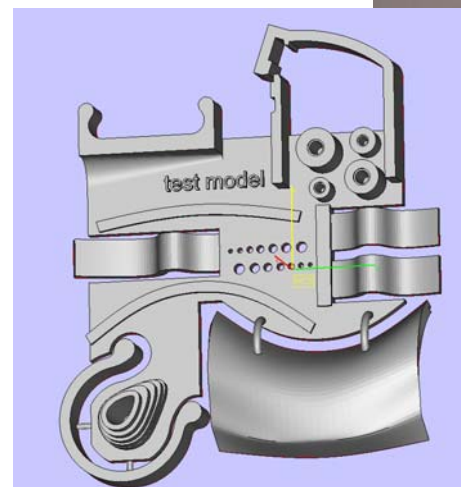
SCGM d.o.o.



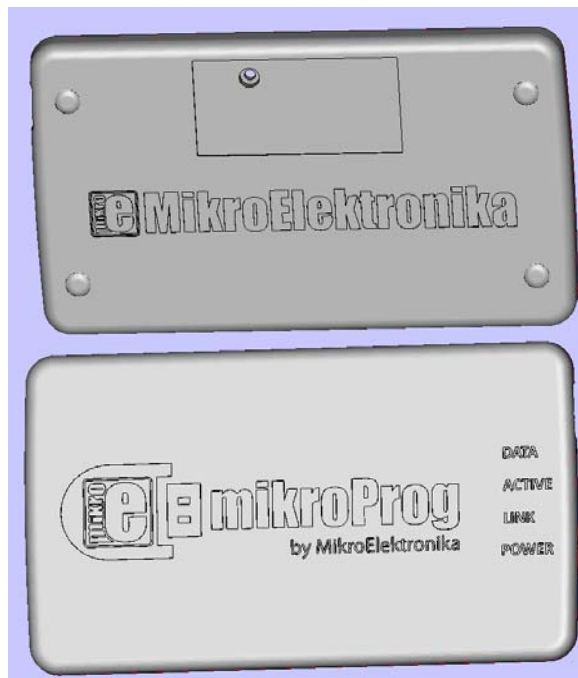
Metalac



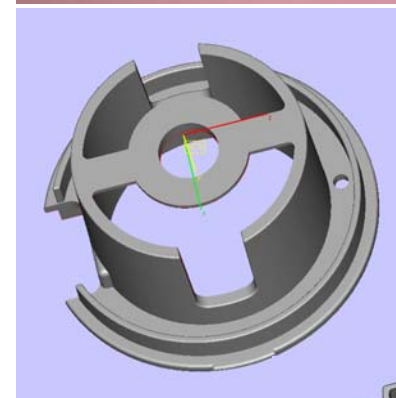
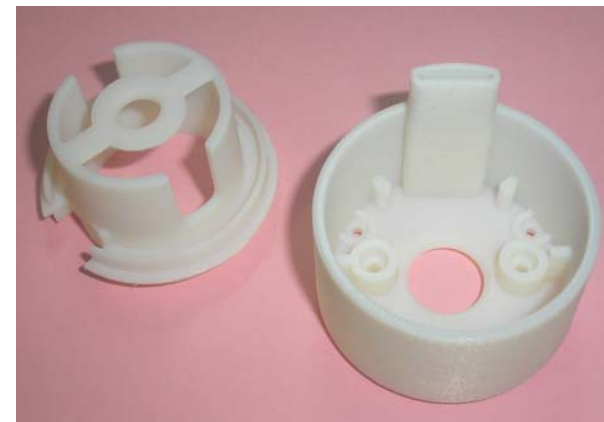
Mitres



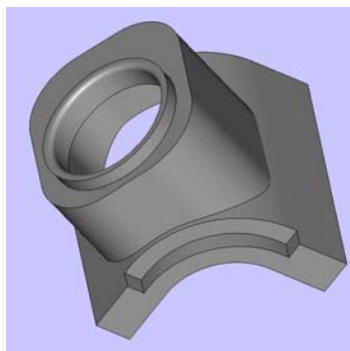
Vlatakorn



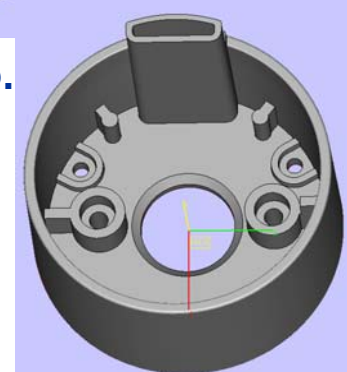
MikroElektronika d.o.o.



Prizma d.o.o.

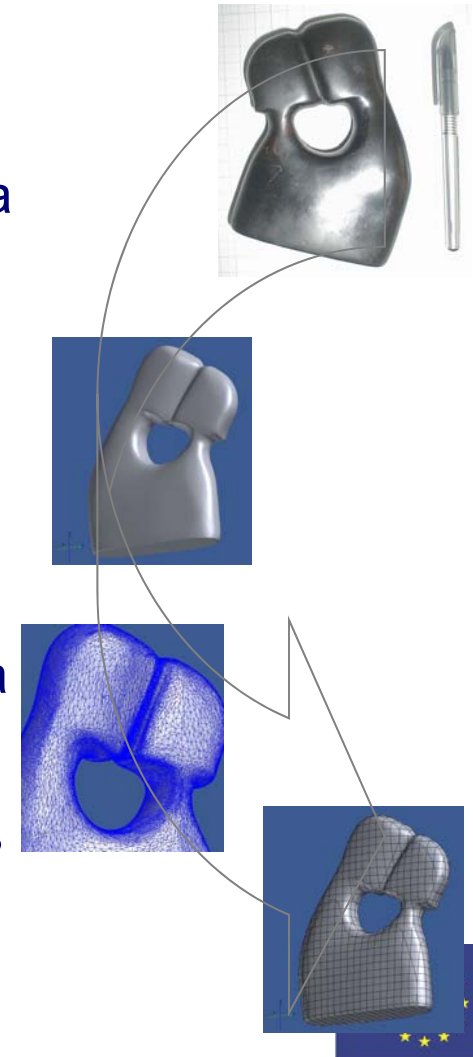


Prizma d.o.o.



Reverzni inženjering

- Reverzni inženjering – RE objedinjuje procese kojima se od fizičkog modela, pomoću neke vrste 3D skeniranja ili digitalizacije, prikupljaju 3D podaci o geometriji objekta.
- Razlikuju se dve faze RE procesa:
 - prva koju čini digitalizovanje podataka ili merenje posmatranog objekta, i
 - druga, u okviru koje se vrši 3D modeliranje objekta na osnovu prikupljenih podataka u prvoj fazi.
- Izlaz iz prve faze RE procesa predstavlja digitalni opis objekta u trodimenzio-nalnom prostoru, koji se naziva oblak tačaka.



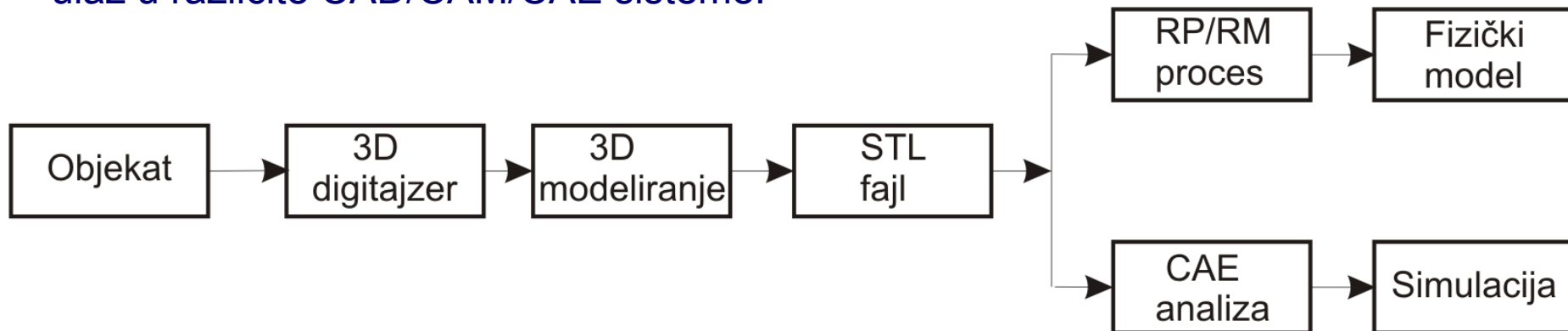
Reverzni inženjering

U praksi se RE dela ili proizvoda sprovodi iz jednog od sledećih razloga:

- ❖ originalni proizvođač više ne proizvodi, ne želi ili nije sposoban da proizvede određeni proizvod, odnosno zahteva visoke cene za pojedinačne delove,
- ❖ neadekvatna, nepotpuna ili izgubljena tehnička dokumentacija o proizvodu,
- ❖ originalni CAD model nije pogodan za modifikacije,
- ❖ radi ažuriranja zastarelih materijala ili zastarelih proizvodnih procesa modernijom opremom i jeftinijim tehnologijama,
- ❖ potreba za redizajniranjem proizvoda radi otklanjanja loših karakteristika proizvoda,
- ❖ analiziranja dobrih i loših karakteristika konkurentskog proizvoda i istraživanja novih prilaza za poboljšanje performansi i karakteristika proizvoda,
- ❖ osvajanja metoda za ispitivanje proizvoda u cilju razumevanja konkurentskih proizvoda i razvoja boljih proizvoda

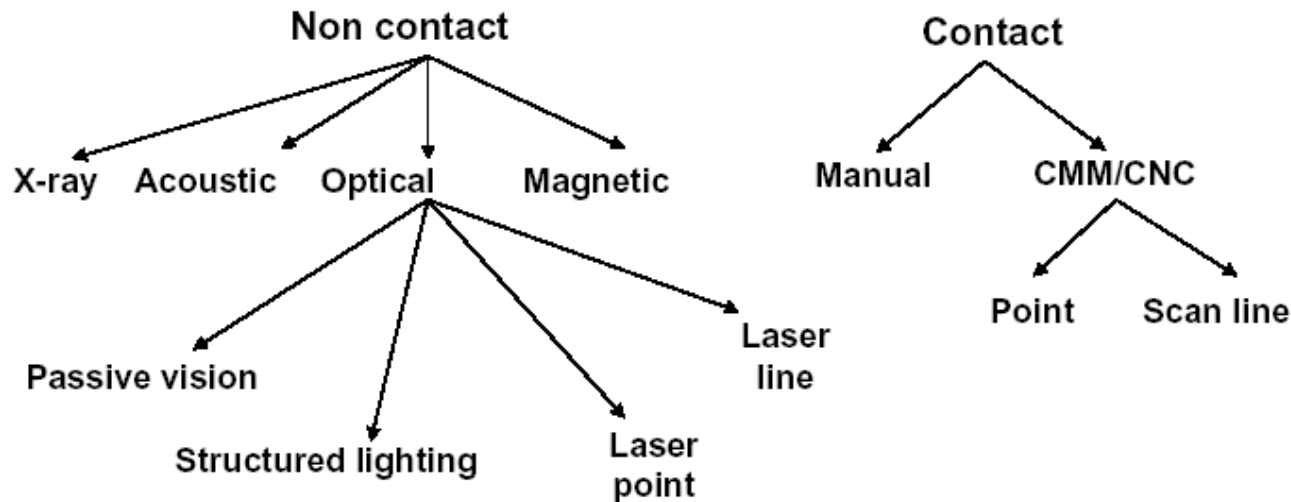
Reverzni inženjering

- Najčešće je korisno izraditi brzi prototip od skeniranog objekta, pa se digitalni model dobijen RE tehnikom, prevodi u STL format, koji predstavlja standardnu formu ulaznih podataka za bilo koji RP proces.
- Pošto se STL fajl učitava u operativni sistem mašine za RP proces, izrađuje se replika skeniranog fizičkog objekta.
- Sa razvojem CAD tehnologija, reverzni inženjering postaje održivi metod za kreiranje 3D virtualnog modela postojećeg fizičkog objekta, koji se dalje koristi kao ulaz u različite CAD/CAM/CAE sisteme.



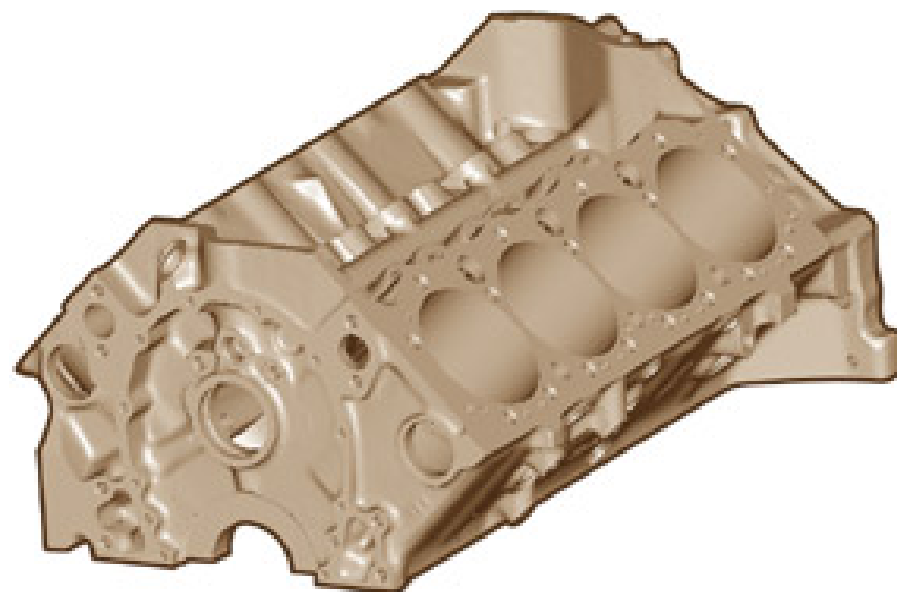
Reverzni inženjering

- Kao najzastupljenije tehnike digitalizacije u okviru primenjenih tehnika mogu se izdvojiti **optički sistemi** (bezkontaktne metode – laserski sistemi) i **mehanički sistemi** (kontaktne metode – CMM uređaji).
- Ako se one međusobno uporede optički sistemi su značajno brži u akviziciji podataka od mehaničkih ali je zato tačnost kod njih manja od one kod mehaničkih sistema, koji su sporiji, ali precizniji sistemi.
- Ipak, koji će se sistem primeniti zavisi od krajnje svrhe traženog modela.

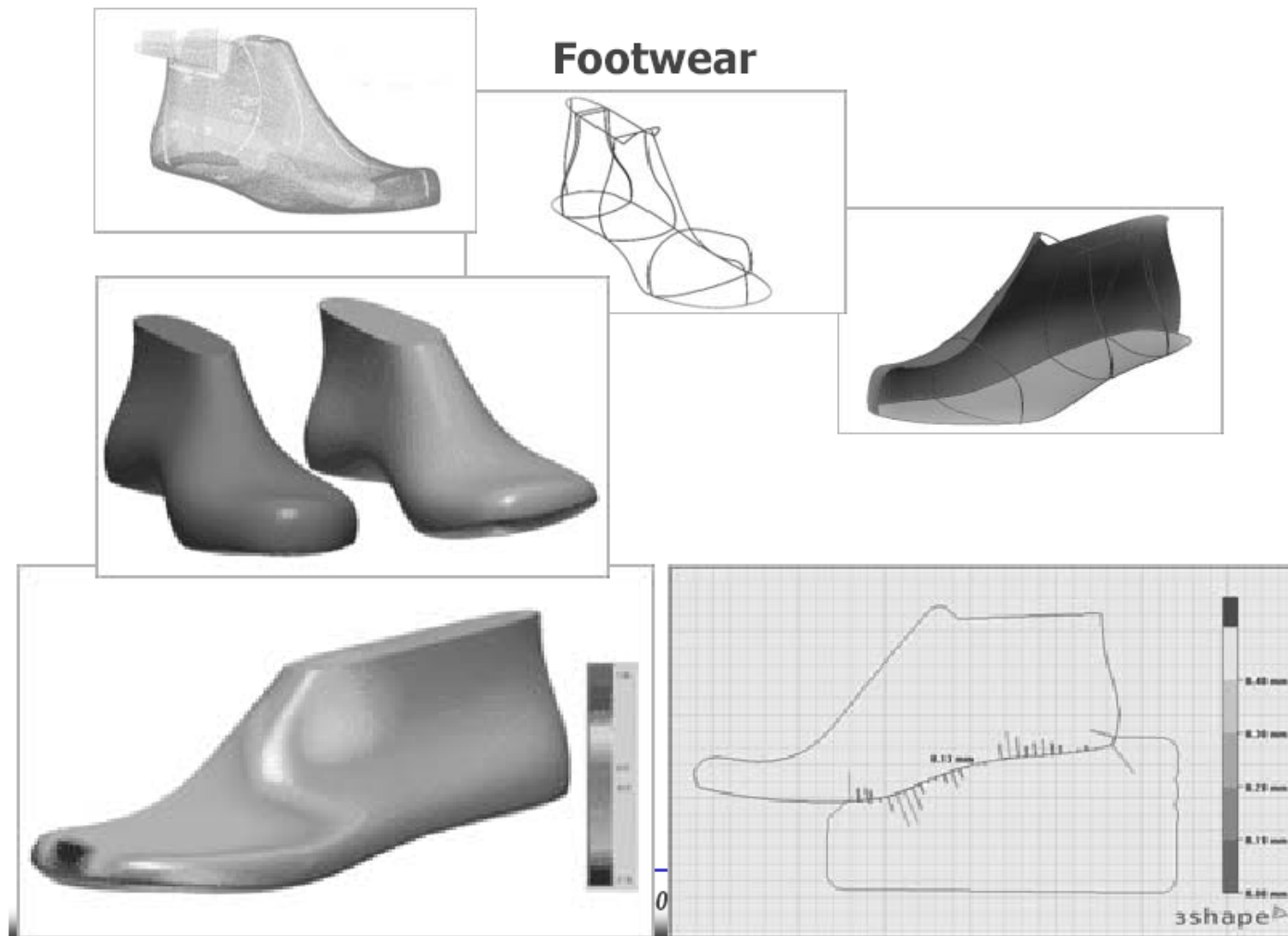


Reverzni inženjering – neki primeri primene

Inženjeri u kompaniji Richard Childress Racing (RCR) su digitalizovali standardni blok motora firme General Motors (GM) koji je specijalno izrađen za trkačke automobile

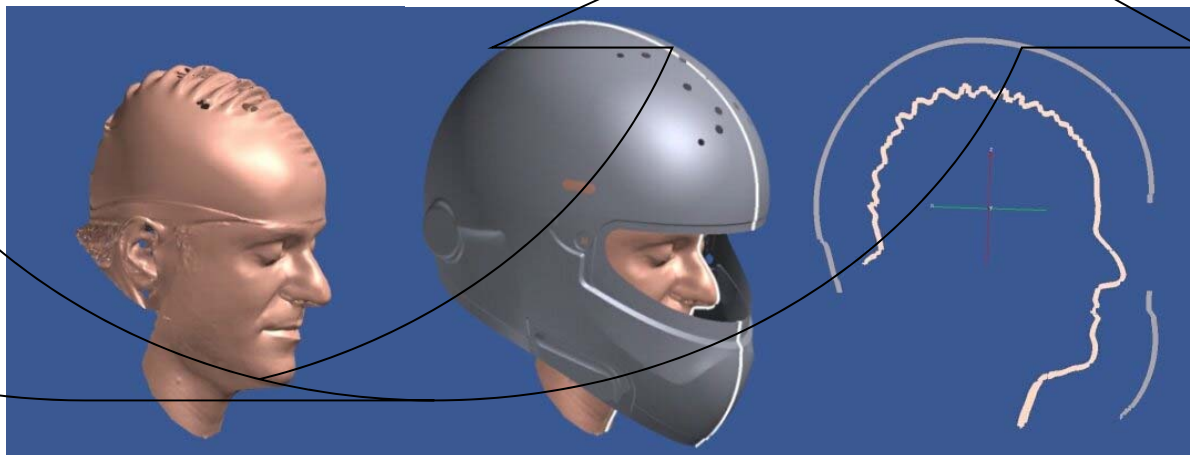


Reverzni inženjering – neki primeri primene

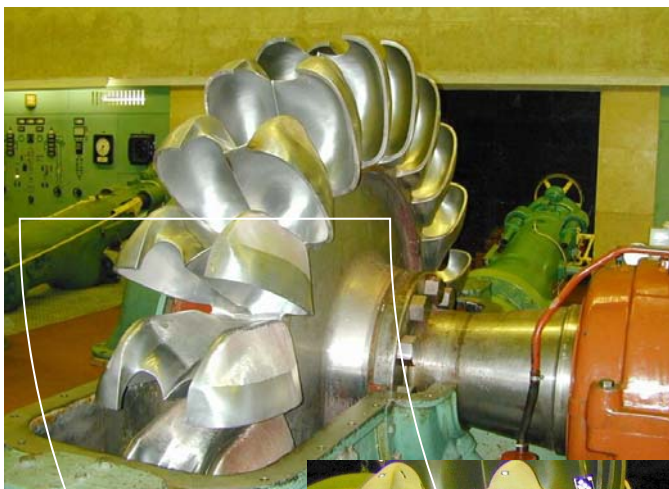


Reverzni inženjering – neki primeri primene

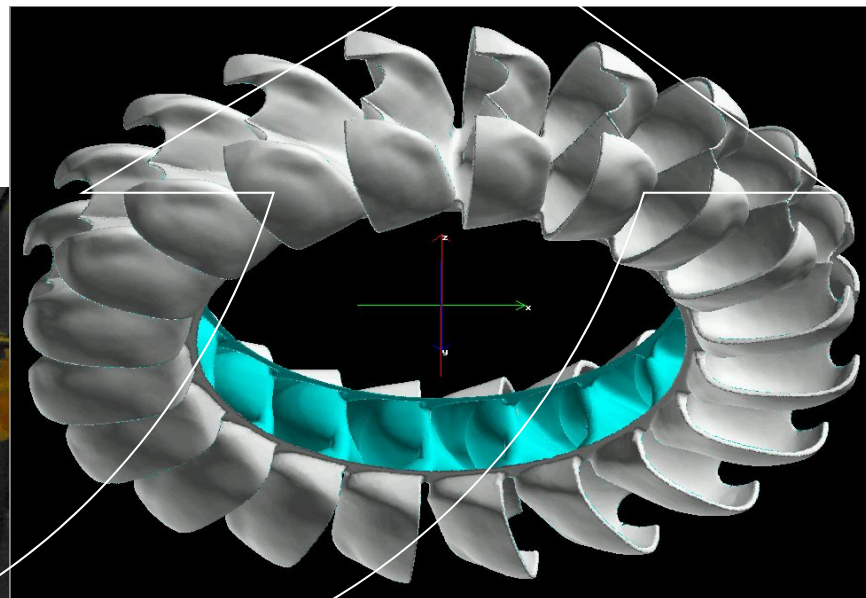
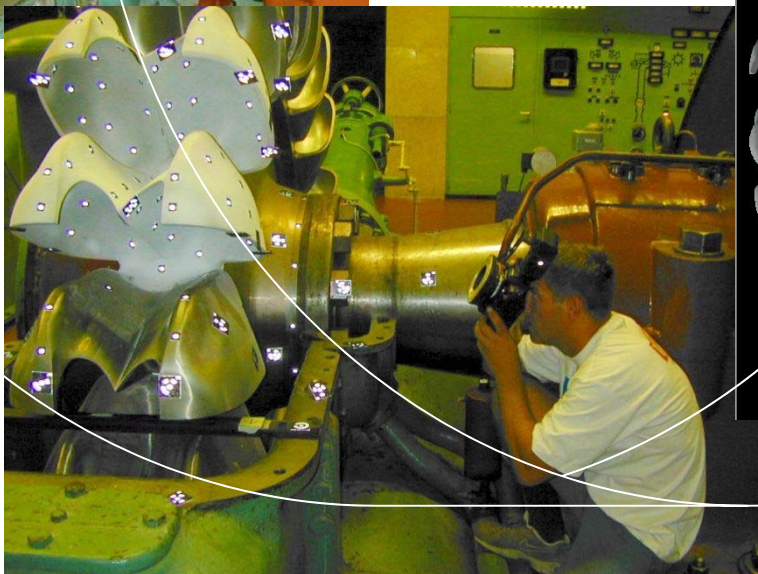
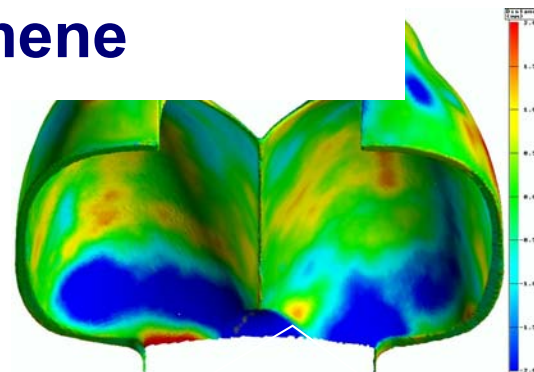
Savršena kaciga za vozače



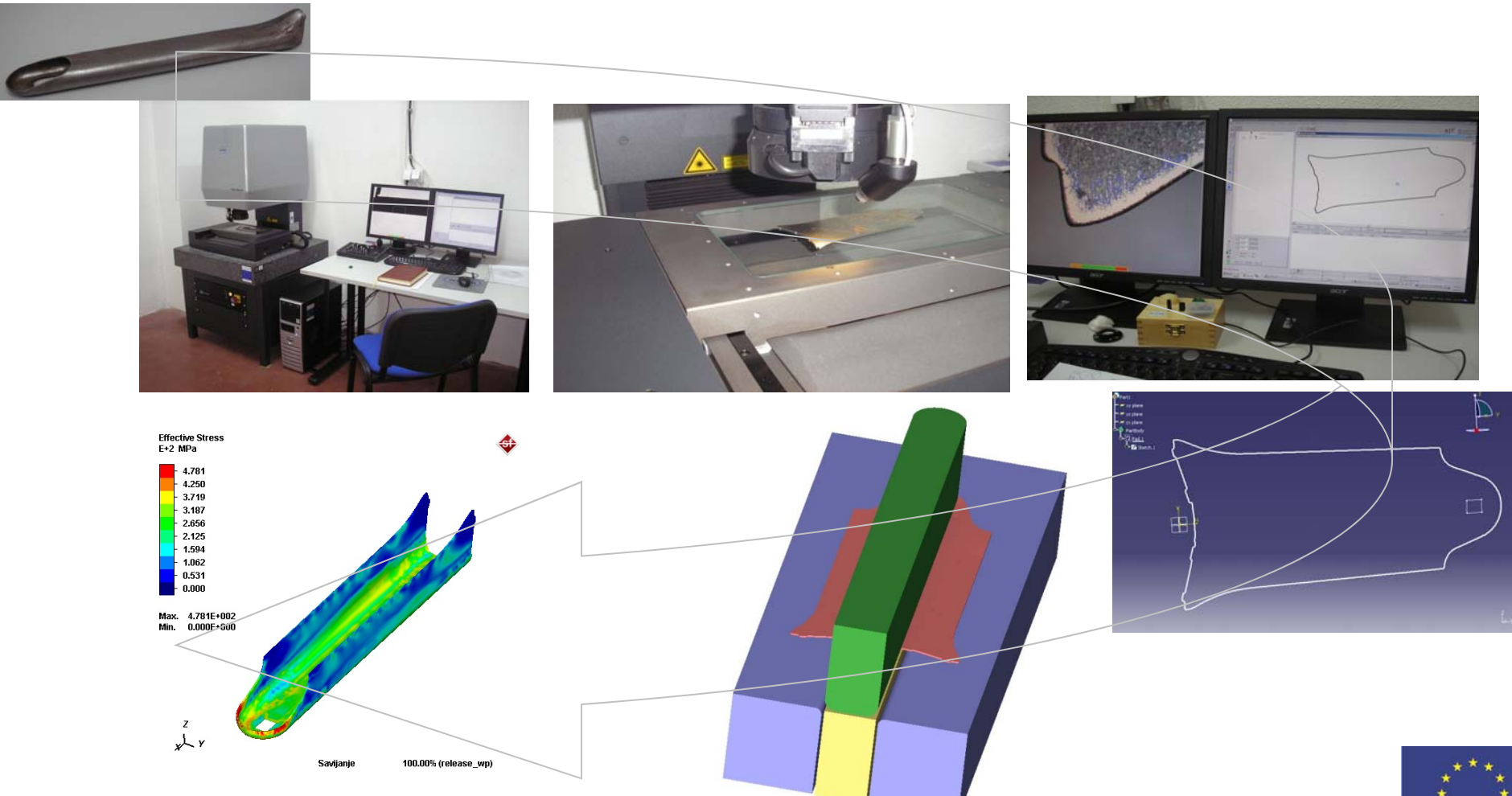
Reverzni inženjering – neki primeri primene



3D digitalizacija
rotora peltonove
turbine



Reverzni inženjering – neki primeri primene

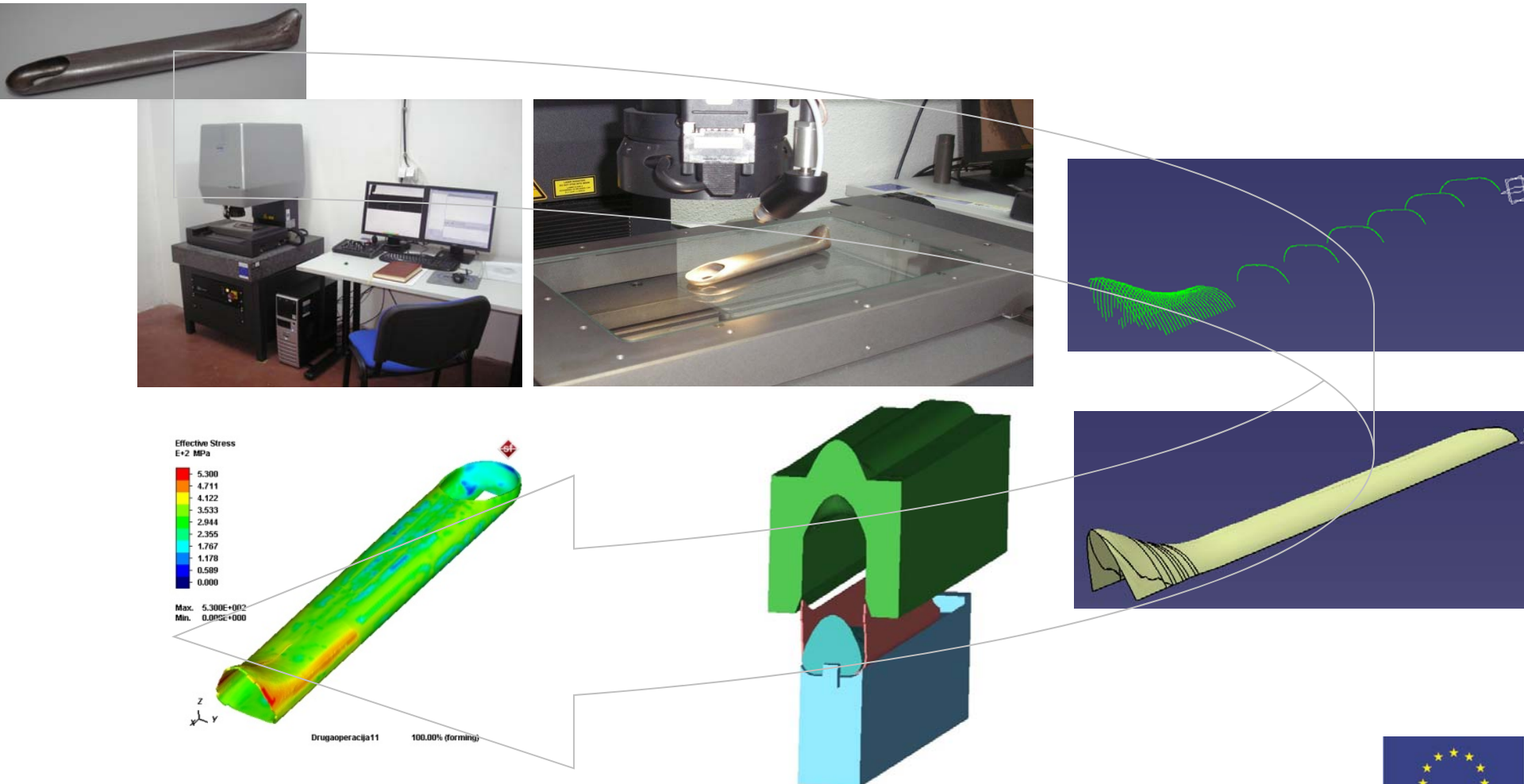


Reinženjering izrade ručice, CMM - WERTH VC-IP250

Prof. Dr Vesna Mandić

This project has been funded with support from the European Commission

Reverzni inženjering – neki primeri primene



Reinženjering izrade ručice, CMM - WERTH VC-IP250

Prof. Dr Vesna Mandić

This project has been funded with support from the European Commission

HVALA NA PAŽNJI



CTC Kragujevac

Univerzitet u Kragujevcu

Prof. Dr Vesna Mandić

Sestre Janjić 6

Kragujevac

Tel. 034 501 201

Fax. 034 501 901

E-mail: ctc@kg.ac.rs

www.ctc.kg.ac.rs