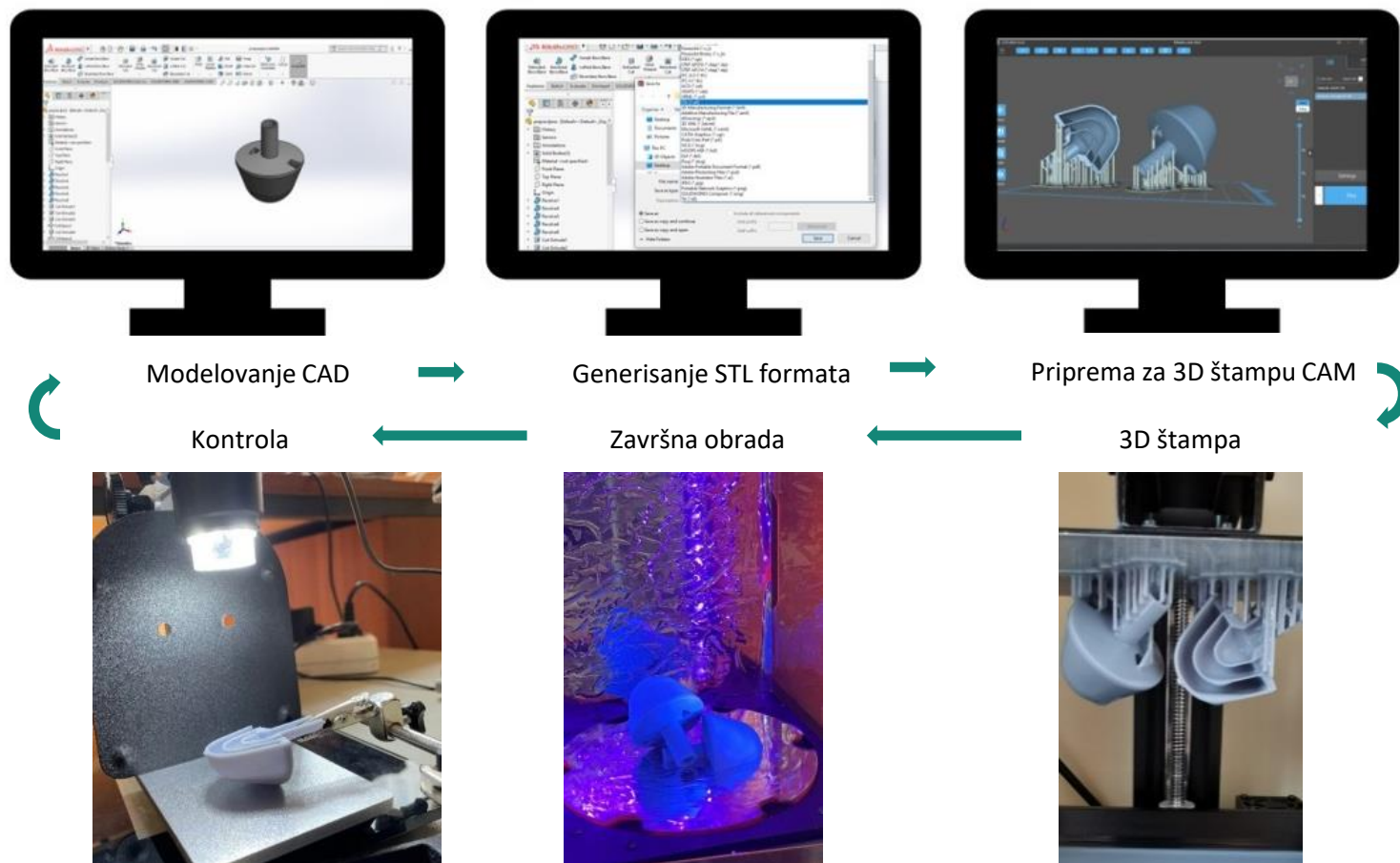


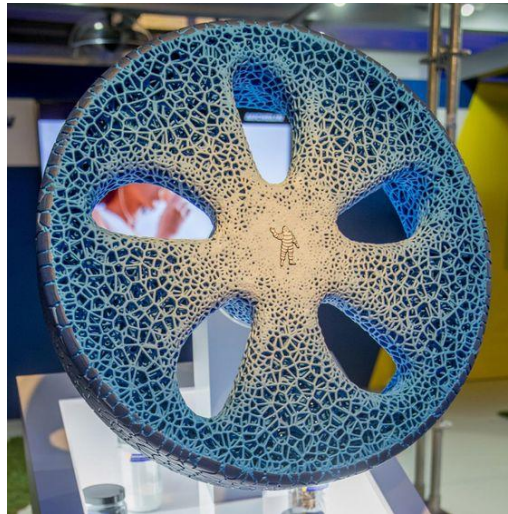
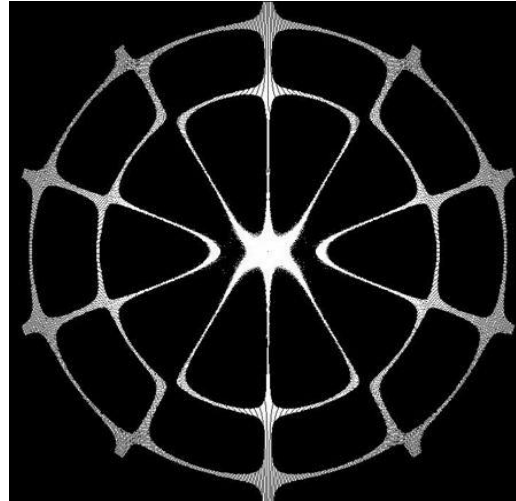
POSTUPAK POJEKTOVANJA

- Uspešnost 3D štampe LCD metodom umnogome zavisi toga kako je projektovan deo.
- Prilikom projektovanja je neophodno znati proces izrade.



IDEJNO REŠENJE

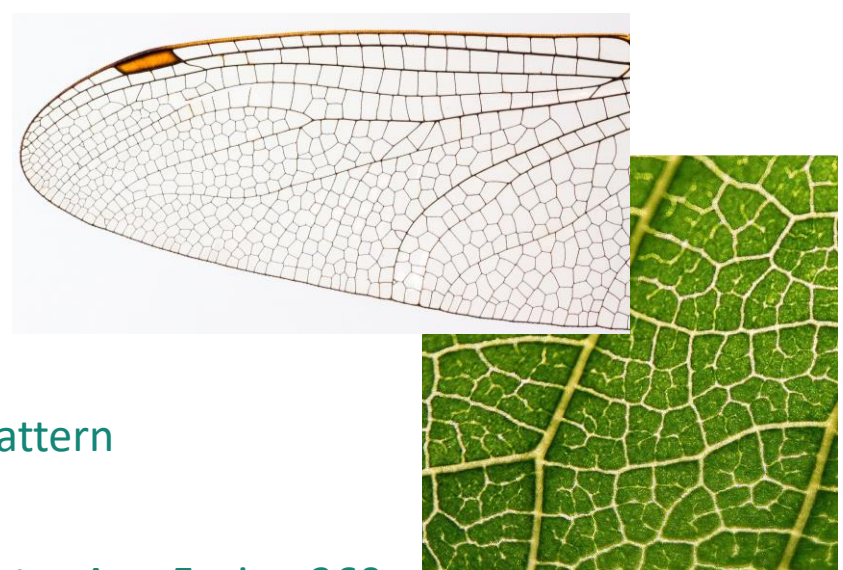
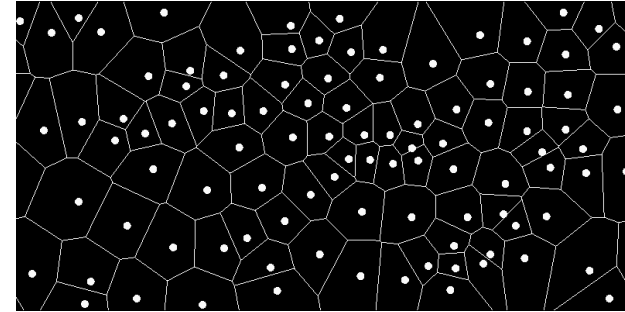
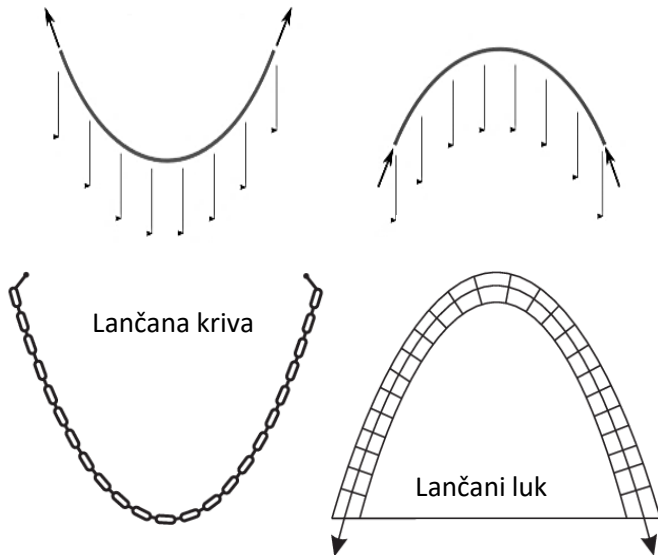
- Kimatski zapis
- Polen
- Točak
- Kupola



MODELOVANJE CAD

- ORGANSKE STRUKTURE SE LAKŠE 3D ŠTAMPAJU JER SU SUŠTINSKI SAMO-NOSEĆE
- Lančana kriva
- Voronojeva struktura

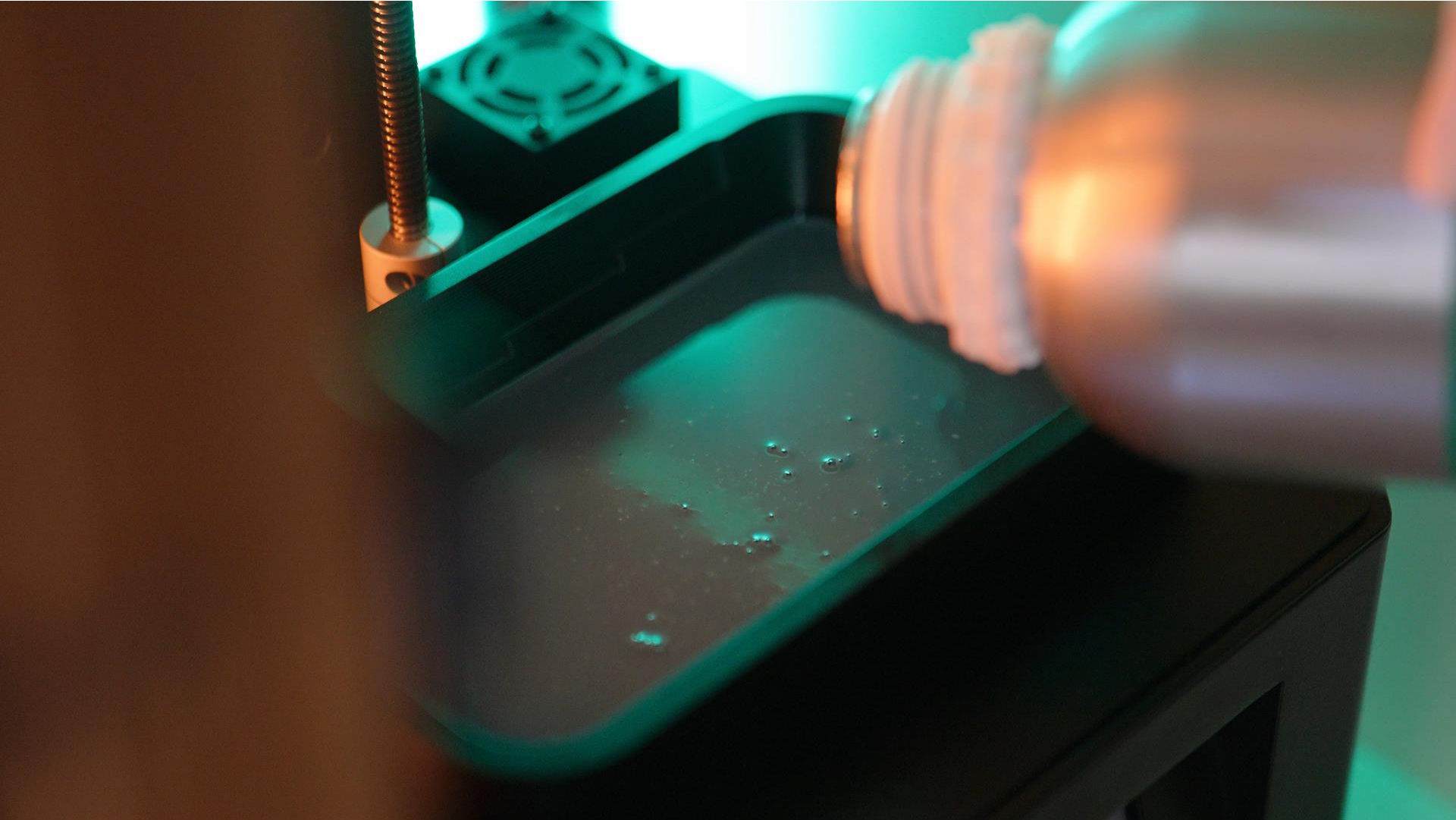
Generisanje STL formata



SolidWorks Voronoi pattern

Grasshopper Voronoi

Voronoi Sketch generator App Fusion 360



PRIPREMA ZA 3D ŠTAMPU

Creality LD002R:

- Slajser: ChiTu DLP Slicer
- Tehnologija štampe: LCD Display Photocuring
- Dimenzije štampe: 119 x 65 x 160mm
- Visina sloja: 0.02 – 0.05 mm
- Preciznost na XY osi: 0.075 mm
- Format ulaznog/izlaznog fajla: STL/CTB

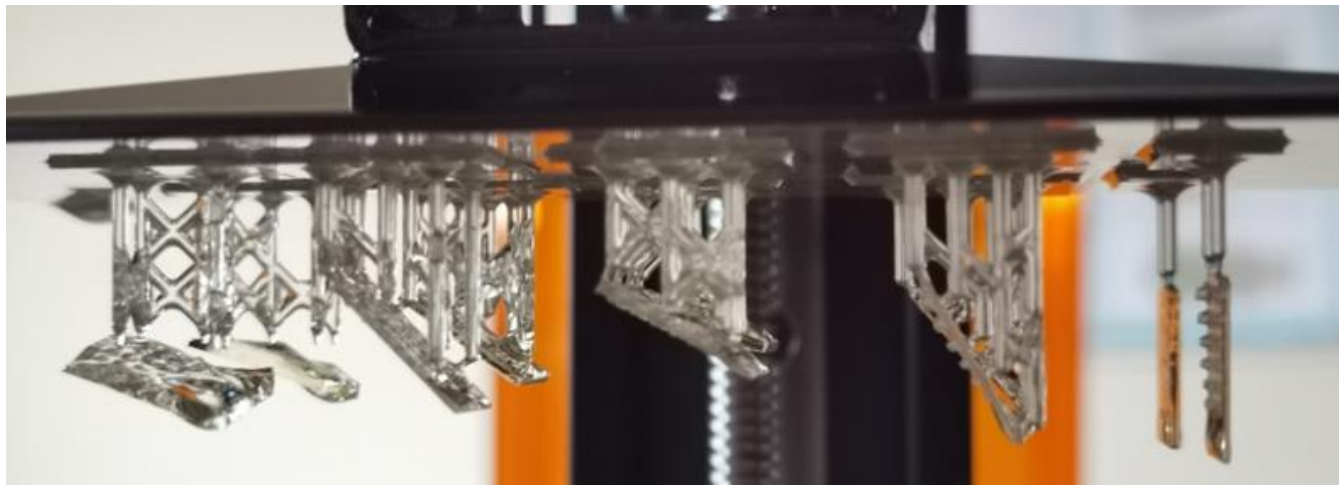
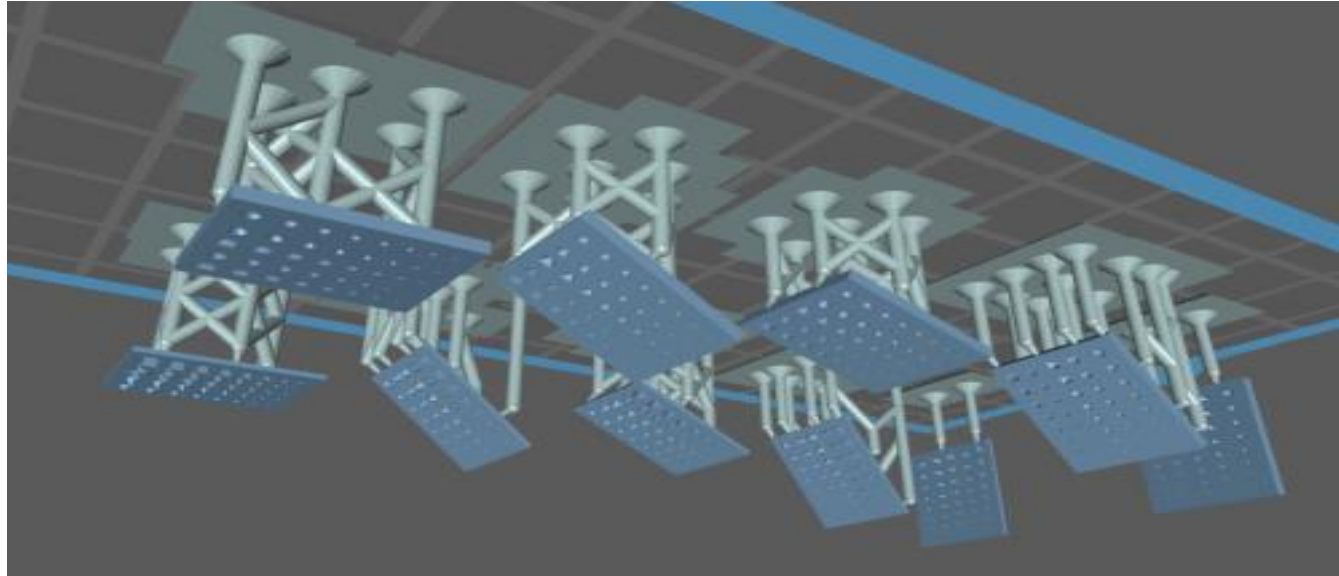


Priprema LCD štampača:

- Okruženje u kom se nalazi štampač mora biti stabilne temperature i vlažnosti.
- Fotopolimer koji se koristi za štampu treba da bude čist i homogen
- Očistiti radu površinu LCD štampača od prašine ili ostataka materijala
- Kalibrisati platformu LCD štampača
- Sipati dovoljno smole u posudu za proces štampe
- Parametri štampe - podešavanje visine sloja, brzine štampanja, temperature platforme, vreme izlaganja svetlosti, i dr.

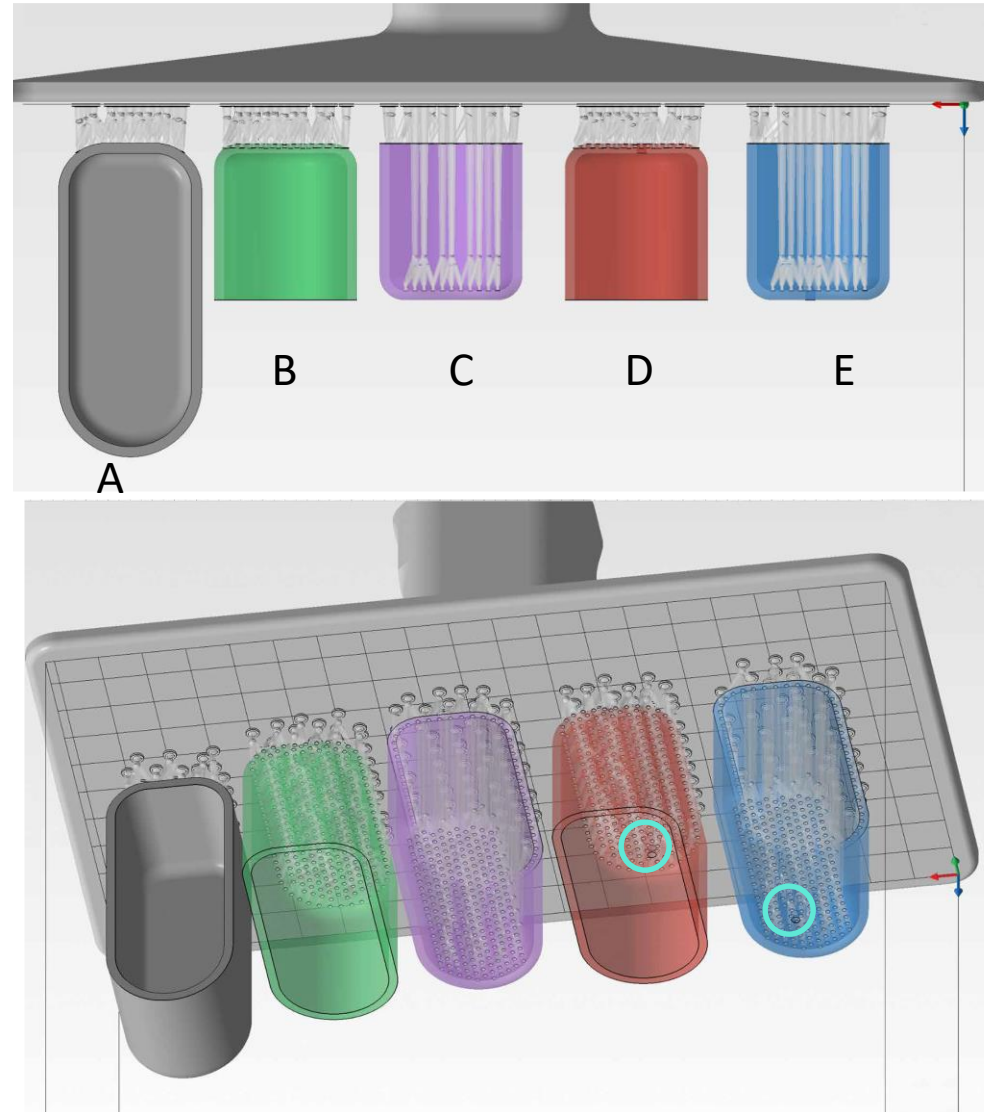
ORJENTACIJA

- Deo je moguće štampati u različitim položajima koji zaklapaju određeni ugao u odnosu na vertikalnu ravan.
- Deo koji se štampa u kadi mora biti orijentisan najčešće pod nagibom da bi se smanjila površina na koju deluje sila otpora koja nastaje prilikom izvlačenja platforme iz smole u kadi.
- Postavljanje pod nagibom umanjuje mogućnost odvajanja dela od potpore tokom 3D štampe, što je poželjno i često neophodno radi ostvarenja kvaliteta izrade.



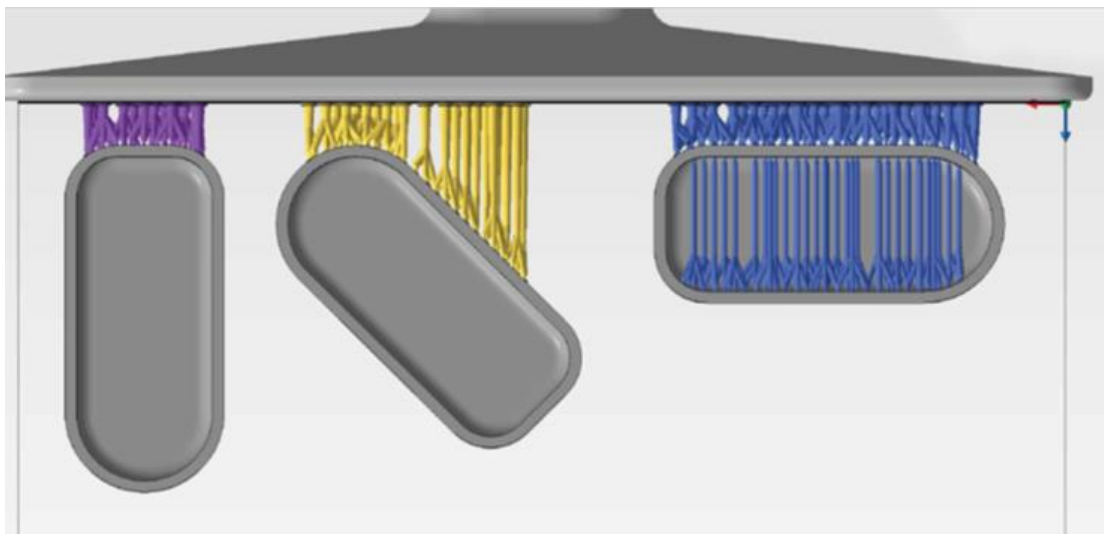
ORJENTACIJA

- Pri odabiru odgovarajuće orijentacije treba imati u vidu stabilnost dela tokom štampe, vreme štampe, neophodnu količinu potpora, završnu obradu, ograničenja štampača i sl.
- Orijetacija olakšava isticanje smole iz konveksnih segmenata izratka, pogotovo kada je stavljanje otvora za isticanje nepoželjno.
- Deo A je loše orjentisan jer zahteva najduže 3D štampanje.
- Deo B može imati problema sa vakuumom jer nema otvor za isticanje i teškoće prilikom odvajanja od kadice.
- Deo C je orjentisan tako da zadržava smolu unutar sebe nakon formiranja poslednjeg sloja, što može dovesti do odvajanja dela od potpore i platforme usled prevelike težine.
- Delovi D i E imaju otvor za isticanje vazduha (D) i smole (E)



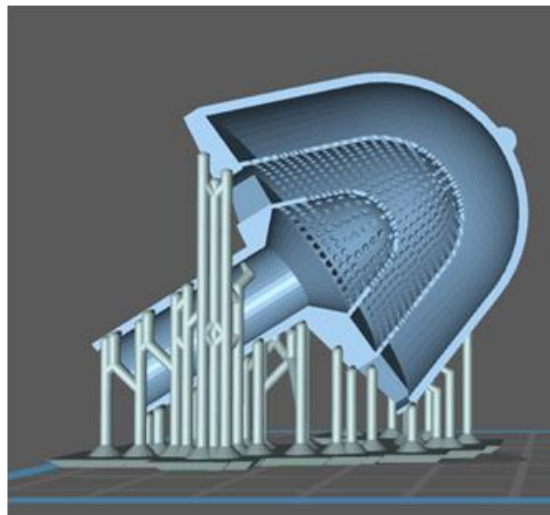
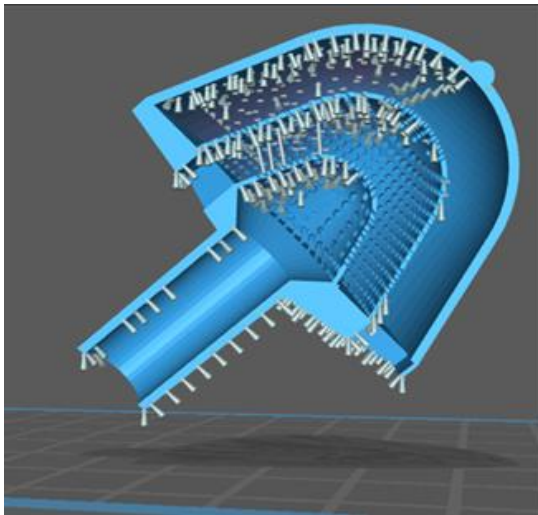
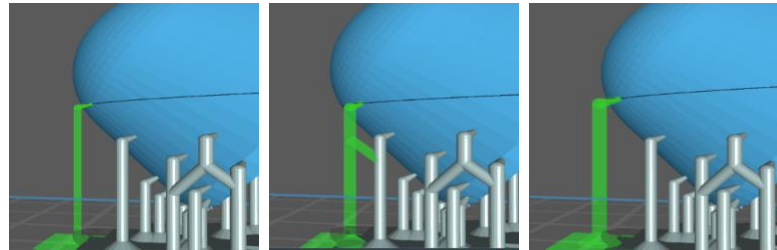
POSTAVLJANJE POTPORE

- Potporne konstrukcije se koriste kao skele za podršku tokom 3D štampe onih komponenata koje imaju prepuste i geometrijske primitive koji „vise u prostoru“.
- Potpora i deo se mogu izrađivati od različitih materijala, ali se u slučaju fotopolimerizacije izrađuju od istog materijala.
- Pošto se potporne strukture proizvode kao neodvojivi deo celog 3D štampanog dela, neophodna je naknadna obrada da bi se nakon odvajanja potpore uklonili i tragovi spajanja potpore i dela, koji su ostali vidljivi na delu. Ključni faktor koji se uzima u razmatranje je smanjenje količine potpore da bi se izbeglo oštećenje površina dela pri skidanju potpora kao i skraćivanje procesa završne obrade.



POTPORA

- Većina dostupnih softvera ima dve opcije za dodavanje potpora: ručno dodavanje i automatsko računanje i postavljanje.



Z Lift Height(mm) 5.00

Support Setting: Light Medium Heavy

Top Middle Bottom Raft

Contact Shape None

Contact Diameter(mm) 0.80

Contact Depth(mm) 0.40

Connection Shape Cone

Upper Diameter(mm) 0.40

Lower Diameter(mm) 1.20

Connection Length(mm) 2.00

Auto/Manual Support: Cross Width(mm) 4.00

Cross Start Height(mm) 9.00

Density(%) 82.00

Angle(°) 45.00

+ Platform + All

Remove All

PARAMETRI 3D ŠTAMPE

- Zavise od 3D štampača i od materijala
- Tri ključna parametra u određivanju balansa između vremena štampanja i kvaliteta izratka na LCD printerima.

Settings ✕

CREALITY ABS like

Machine Resin **Print** Advanced

Default
CREALITY LD-002R

Layer Height:	0.050	mm	Bottom Lift Distance:	5.000	+	0.000	mm
Bottom Layer Count:	10		Lifting Distance:	5.000	+	0.000	mm
Exposure Time:	8.000	s	Bottom Retract Distance:	5.000	+	0.000	mm
Bottom Exposure Time:	80.000	s	Retract Distance:	5.000	+	0.000	mm
Waiting Mode During Printing:	Light ...	▼	Bottom Lift Speed:	100.000	&	0.000	mm/min
Light-off Delay:	8.000	s	Lifting Speed:	100.000	&	0.000	mm/min
Bottom Light-off Delay:	11.000	s	Bottom Retract Speed:	100.000	&	0.000	mm/min
			Retract Speed:	100.000	&	0.000	mm/min

Visina sloja (Layer Height)

- Predstavlja visinu svakog individualnog sloja koji se štampa. Manja visina sloja omogućava precizniju reprodukciju detalja vidljivih u smeru z-ose (po visini) modela i glatku površinu dela. Što je visina sloja manja znači da će biti potrebno više vremena za izradu dela.

Vreme ekspozicije svetlosti (Exposure time)

- Predstavlja vremenski period tokom kojeg svetlosni izvor deluje na svaki individualni sloj materijala. Utiče na to kako se slojevi materijala očvršćuju i spajaju tokom procesa štampanja.
- Vreme ekspozicije na dnu (Bottom Exposure Time) se preporučuje da bude oko 8-12 puta duže od normalnog vremena očvršćavanja sloja da bi se osiguralo dobro prijanjanje za ploču što može biti korisno za stabilnost tokom štampe.

Brzina podizanja (Lifting speed)

- Predstavlja brzinu kojom se ploča podiže iznad nivoa smole između štampanja pojedinačnih slojeva. Ova vrednost je važna jer utiče na stabilnost modela tokom štampanja. Ako je brzina podizanja previše velika, model može biti nestabilan i sklon lomljenju, što može dovesti do neuspešnog štampanja. S druge strane, niža brzina podizanja može produžiti vreme štampanja, ali često doprinosi boljoj stabilnosti i kvalitetu izrade.

Preporučene vrednosti

- Kod proizvođača smole
- Kod proizvođača 3D štampača

Priprema izlaznog fajla za 3D štampanje

- Ekstenzija .chitubox

Projekat kod koga se mogu uvoziti stl objekti, menjati potpore i setovanja za materijal

- Ekstenzija .ctb

Izvršni fajl koji se učitava u 3D štampač preko USB porta

Performance Parameters

Density : 1.10-1.20g/cm³ @25°C
Viscosity : 200-300cps @25°C
Tensile Strength : 55Mpa
Elongation at Break: 12%
Bending Strength : 92.381Mpa
Flexural Modulus : 2490.178Mpa
Charpy Impact Strength : 35J/m
Heat deflection temperature : 60°C
Hardness Shore D : 83D

Print Parameters

Printing exposure : 1.8s
Light-off delay : 4s
Motor speed : 2mm/s
Printing rise height : 8mm
Initial exposure : 30s
Bottom exposure layers : 3 layers

Product Name : High Precision UV Curable Resin

POSTPROCESIRANJE

Jedna ili više metoda završne obrade može se izvršiti da bi se:

- Uklonila tečna smola sa površine dela
- Uklonila podrška
- Polirala površina da bi se dobila glatka površina
- Postigla željena čvrstoća dela.

Hemijska obrada koja podrazumeva korišćenje alkohola se najčešće obavlja po skidanju platforme iz 3D štampača sa ciljem da se što pre ukloni smola koja je osetljiva i na UV zračenje iz prirodne svetlosti. Raspršivač mlazom može ukloniti smolu iz zazora i tako očistiti teško pristupačne delove.

Mehanička obrada podrazumeva odvajanje izratka sa potporom od platforme, uklanjanje potpora i njenih ostataka na obratku. Ovim načinom obrade površina dela se može dovesti do željene glatkoće i smanjiti vidljivost zaostale potpore.

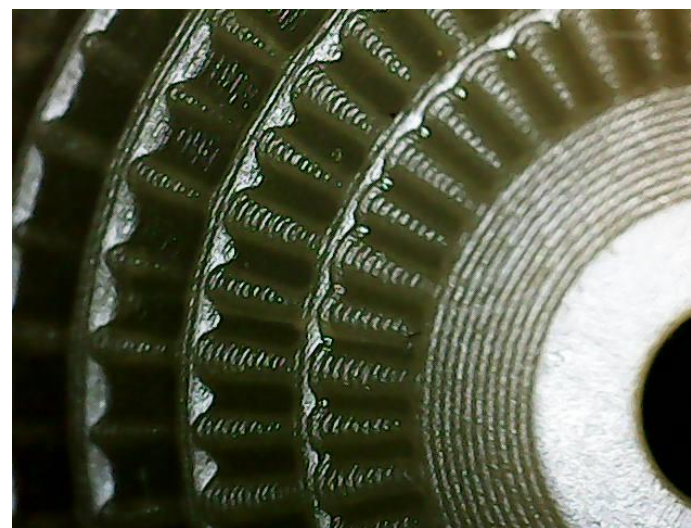
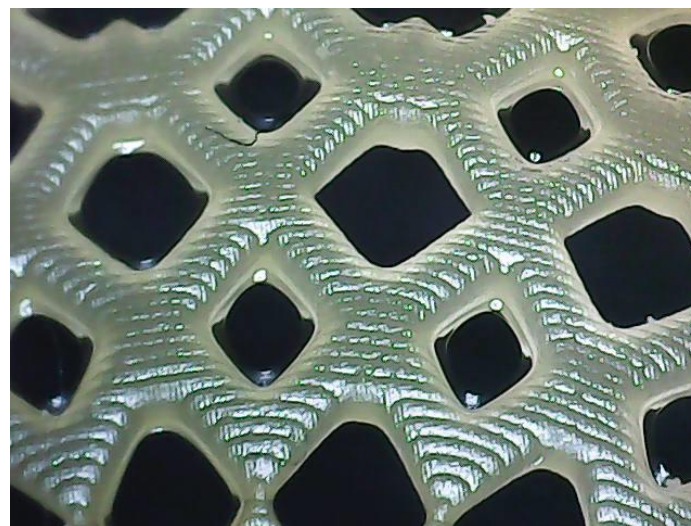
Kompresorom se dodatno izduvava zaostala smola i u ultrazvučnoj kadici se dodatno uklanja zaostala smola. U suprotnom bi se naknadno fotopolimerizovala zaostala smola i narušila oblik i funkcionalnost izratka.

Očvršćavanje UV svetlošću je postupak fotopolimerizacije koji se sprovodi radi dobijanja željenih mehaničkih svojstava i trajnosti izratka. Očvršćavanje se obavlja u zatvorenoj komori u kojoj se deo obrće radi ravnomernog izlaganja UV zracima, koji potiču od LED lampicama na 405 nm talasne dužine.



MERENJE MIKROPRIMITIVA

Optički mikroskop MustoolG600 Digital



MERENJE MIKROPRIMITIVA

Softver za obradu slike Digimizer 6.4.3

Prenos slike u softver

Kalibrisanje korišćenjem etalona

The screenshot displays the Digimizer 6.4.3 software interface. The main window shows a microscopic image of a metal specimen with a vertical crack. A pink line is drawn across the crack. A 'Unit' dialog box is open in the center, with the following text and controls:

Unit

Unit line corresponds with:

180 micrometer (µm)

Use this as the default calibration

OK Cancel

The interface also features a 'Measurements list' table on the right and a 'Statistics' table at the bottom right.

Measurem...	Area	Perime...	Length	Angle	Radius	Unit

Tool	Measure	n	Mean	SD	Median	Min	Max

MERENJE MIKROPRIMITIVA

Softver za obradu slike Digimizer 6.4.3 Merenje primitiva

The screenshot displays the Digimizer 6.4.3 software interface. The main window shows a microscope image of a stent with several green measurement lines overlaid on it. The software's menu bar includes File, Edit, View, Format, Image, Binary, Tools, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations, editing, and measurement. The status bar at the bottom indicates the current tool is 'Length' and the zoom level is 288%.

The 'Measurements list' table is as follows:

Measur...	Area	Perime...	Length	Angle	Radius	Unit
Unit			19.913			pixels
Length			399.060			µm
Length			397.371			µm
Length			384.402			µm
Length			399.393			µm
Length			402.077			µm

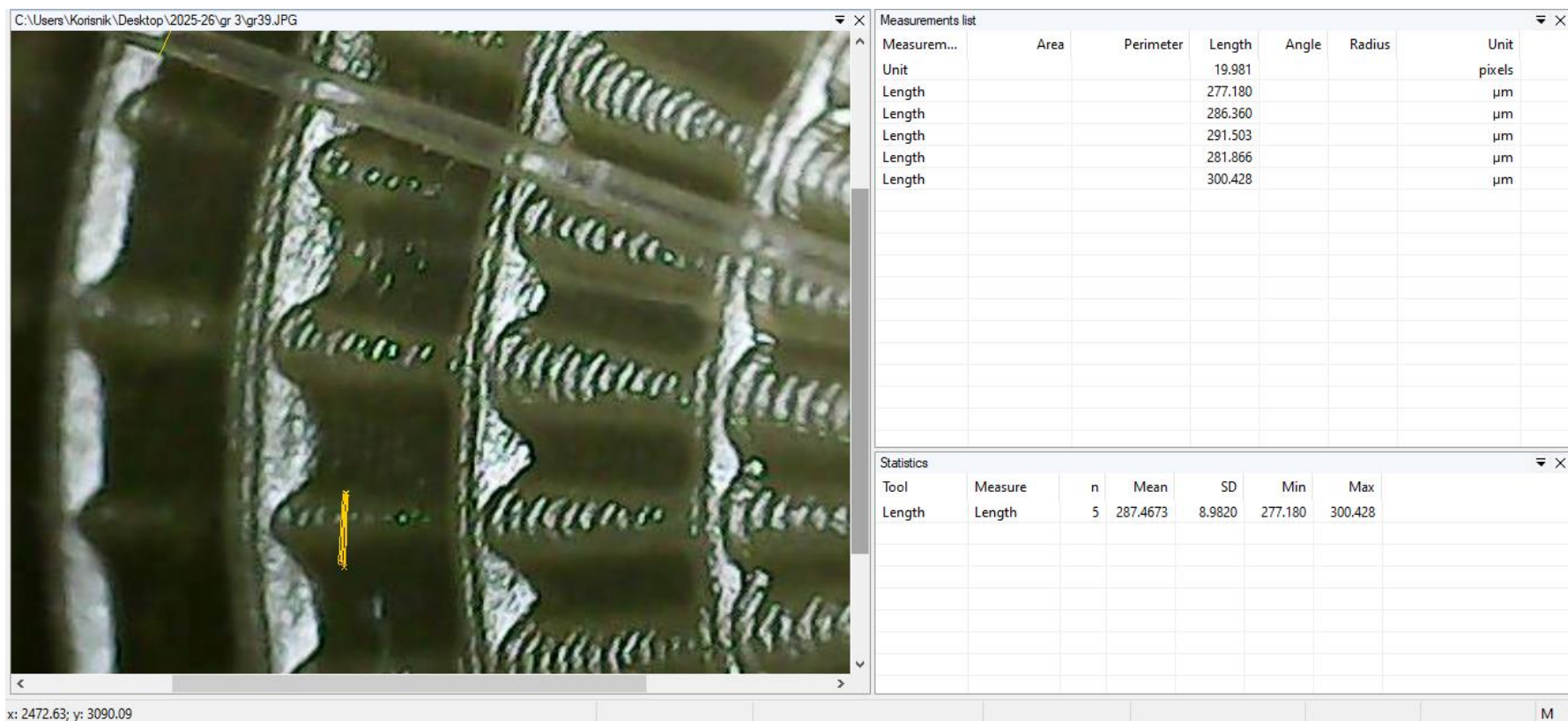
The 'Statistics' table is as follows:

Tool	Measure	n	Mean	SD	Median	Min	Max
Length	Length	5	396.4605	6.9488	399.0604	384.402	402.077

MERENJE MIKROPRIMITIVA

Softver za obradu slike Digimizer 6.4.3

Merenje primitiva



The screenshot displays the Digimizer 6.4.3 software interface. The main window shows a grayscale image of a microstructure with a yellow line measurement. The 'Measurements list' panel on the right contains the following data:

Measurem...	Area	Perimeter	Length	Angle	Radius	Unit
Unit			19.981			pixels
Length			277.180			µm
Length			286.360			µm
Length			291.503			µm
Length			281.866			µm
Length			300.428			µm

The 'Statistics' panel at the bottom right contains the following data:

Tool	Measure	n	Mean	SD	Min	Max
Length	Length	5	287.4673	8.9820	277.180	300.428

At the bottom left of the software window, the coordinates are displayed as: x: 2472.63; y: 3090.09. The bottom right corner of the software window shows the letter 'M'.

MERENJE MIKROPRIMITIVA

Softver za obradu slike Digimizer 6.4.3

Merenje primitiva

The screenshot displays the Digimizer 6.4.3 software interface. The main window shows a micrograph of a textured surface with a circular primitive highlighted in red. A red line indicates the radius of the circle, and a red dot marks its center. The software's menu bar includes File, Edit, View, Format, Image, Binary, Tools, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations, editing, and measurement. The 'Measurements list' table on the right provides detailed data for the selected circle, and the 'Statistics' table below it summarizes the measurement results.

Measurem...	Area	Perimeter	Length	Angle	Radius	Unit
Unit			21.967			pixels
Circle	824812.886	3219.457			512.393	µm

Tool	Measure	n	Mean	SD	Min	Max
Circle	Area	1	824812....		824812....	824812....
	Perimeter	1	3219.45...		3219.457	3219.457
	Radius	1	512.3925		512.393	512.393