

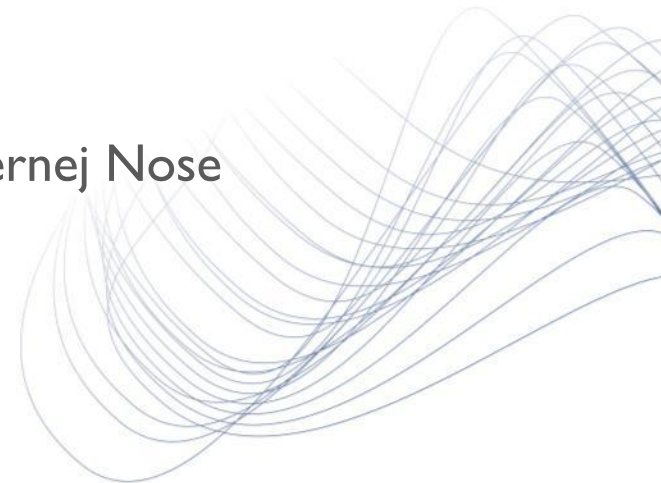


Predstavitev raziskovalne tematike

# Laserska karbonizacija papirja

Jernej Grčar, Marko Krasnik, Jernej Nose

Ljubljana, 3. 6. 2020



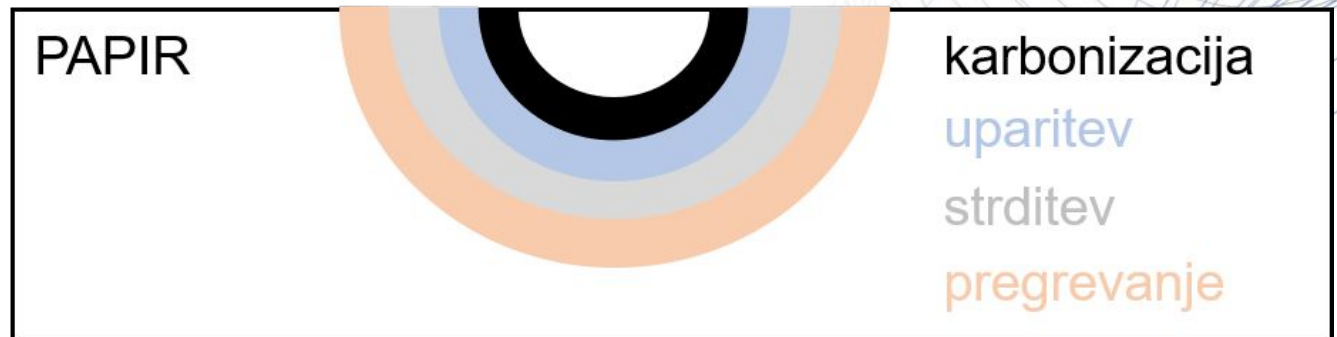
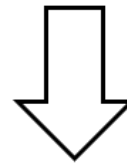


# I. Izbrana tema

- Laserska karbonizacija se nanaša na t. i. lasersko tiskanje brez črnila.
- Najbližja prispodoba bi bila fokusiranje sončne svetlobe na papir z uporabo povečevalnega stekla.
- Z laserskim žarkom v papir vnesemo ravno toliko energije, da ta potemni
- S krmiljenjem žarka lahko tako na papir tiskamo poljubne oblike, slike, besedila...

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

LASERSKI ŽAREK





## 2. Motiv in cilji

---

### Motiv

- Tiskanje brez uporabe črnila, ki je okolju bolj prijazno.
- Zmanjšanje stroškov.
- Doseganje natančnega tiska.
- Daljši obstoj tiska.

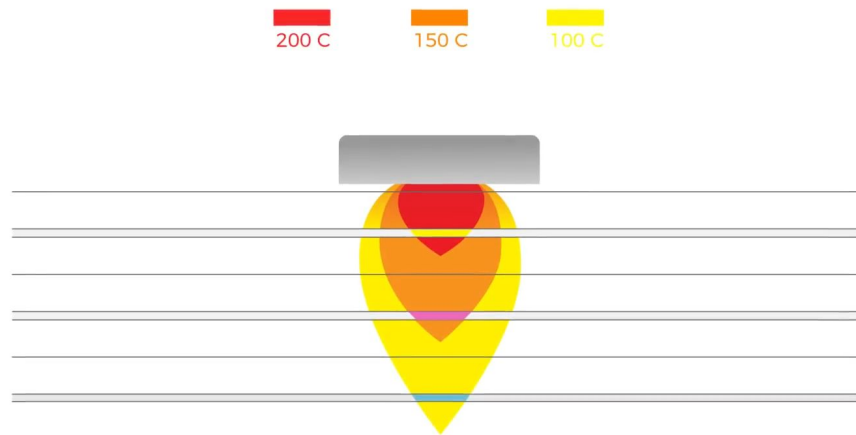
### Cilji

- Določiti primeren laser za postopek.
- Določiti parametre laserja, s katerimi dobimo obstojen tisk.
- Določiti vrsto papirja, s katerim dobimo obstojen tisk.
- Izdelati tisk enostavnih oblik ali krajšega besedila.

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura




## 3. Pregled obstoječega stanja



Vir: [1], [2]

**One-step process for direct laser writing carbonization of  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  treated cellulose paper and its use for facile fabrication of multifunctional force sensors with corrugated structures**

**Yanbo Yao · Xiaoshuang Duan · Muchuan Niu · Jiangjiang Luo · Rui Wang · Tao Liu **

Vir: [3]

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



## 3. Pregled obstoječega stanja

---

### Concept of heat-induced inkless eco-printing

Jinxiang Chen<sup>a,\*</sup>, Yong Wang<sup>b</sup>, Juan Xie<sup>a</sup>, Chuang Meng<sup>c</sup>, Gang Wu<sup>a</sup>, Qiao Zu<sup>a</sup>

Vir: [4]

### Optimization of Paper Discoloration via Pyrolysis Using Lasers for Inkless Monochrome Printing

Thesis by

Mayadah Mahmoud Alhashem

Vir: [5]

**Inkless**<sup>®</sup>  
REVOLUTIONARY PRINTING TECHNOLOGY  
BY **TOCANO.**



Vir: [6]

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



# 4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev

---

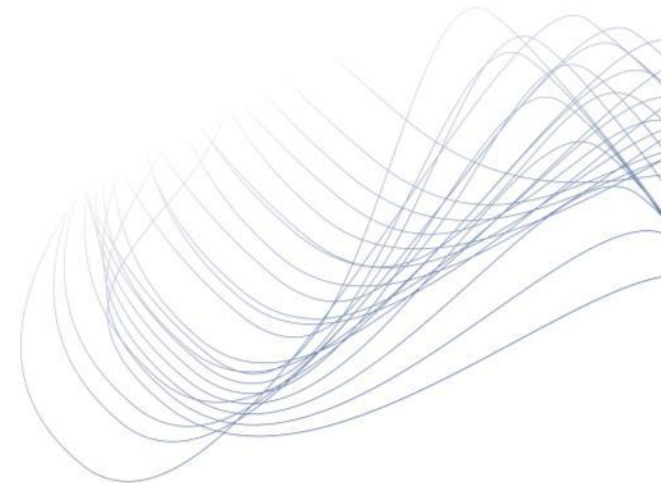
## Laser

- Bliskovni CO<sub>2</sub> laser DIAMOND J-2, COHERENT.
- Parametri:
  - frekvenca bliskov
  - obratovalni cikel (duty cycle)

## Skenirna glava

- General Scanning + SCAPS USC-I
- Parametri:
  - Hitrost premikanja žarka

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura







## 4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

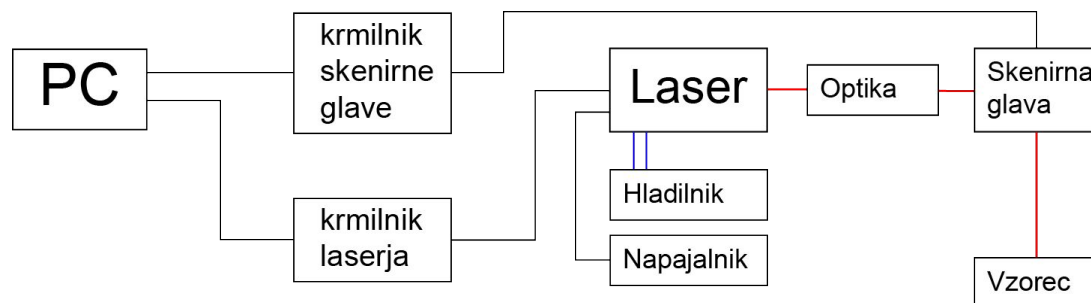
Karakteristike sistema	CO <sub>2</sub> laser DIAMOND J-2, COHERENT
Valovna dolžina [ $\mu\text{m}$ ]	10,6 ± 0,4
Izhodna moč <sup>1</sup> [W]	≥180
Razpon moči <sup>2</sup> [W]	15 do 180
Nominalna vršna moč <sup>3</sup> [W]	≥450
Stabilnost izhodne moči <sup>1,4</sup> [%]	±6
Kvaliteta žarka (M <sup>2</sup> )	<1,2
Širina pasu izstopnega žarka <sup>5,6</sup> na razdalji 1/e <sup>2</sup> [mm]	8,5 ± 1,0
Divergenca žarka (polni kot) [mrad]	≤ 2,0
Polarizacija (paralelno na osnovno ploščo sistema)	linearnost ≥ 100:1
Eliptičnost žarka <sup>5,6</sup>	≥0,83; ≤ 1,2
Frekvenca pulziranja [kHz]	1 do 200
Razpon dolžine bliskov RF vzbujanja laserja [ $\mu\text{s}$ ]	2 do 1000
Maksimalni obratovalni cikel (ang. duty cycle) [%]	≤ 70
Čas upada <sup>3</sup> [ $\mu\text{s}$ ]	≤ 60
Masa [kg]	35
Gabariti (dolžina x širina x višina) [mm]	830,5 x 198,1 x 227,6

Vir: [7]

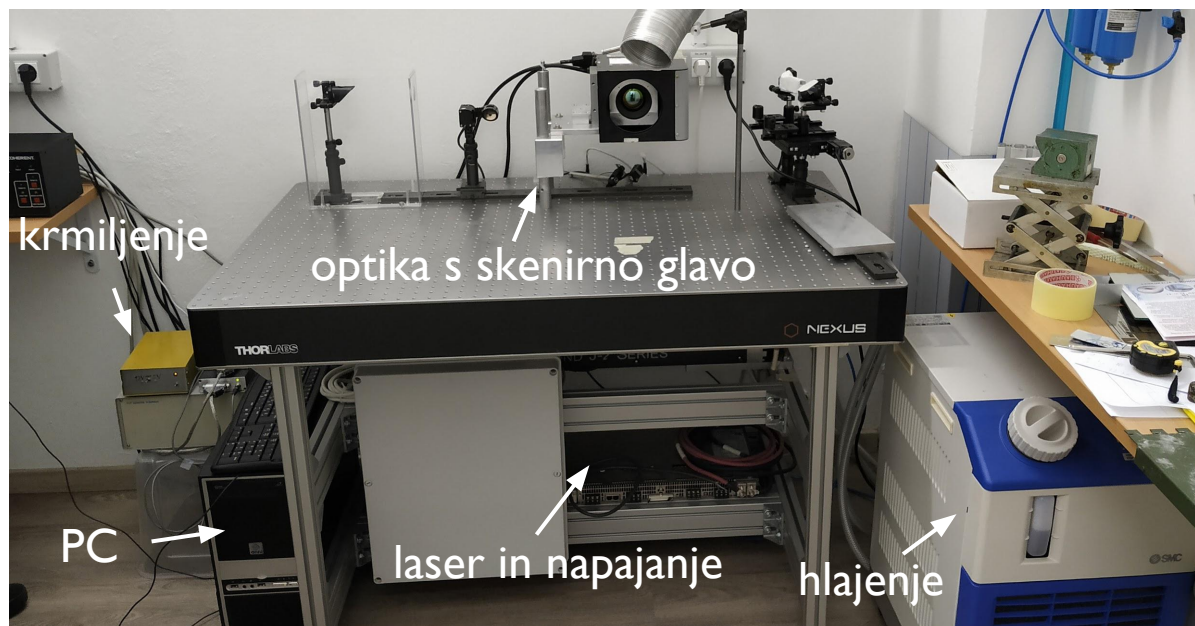


# 4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev

## Eksperimentalni sistem



1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

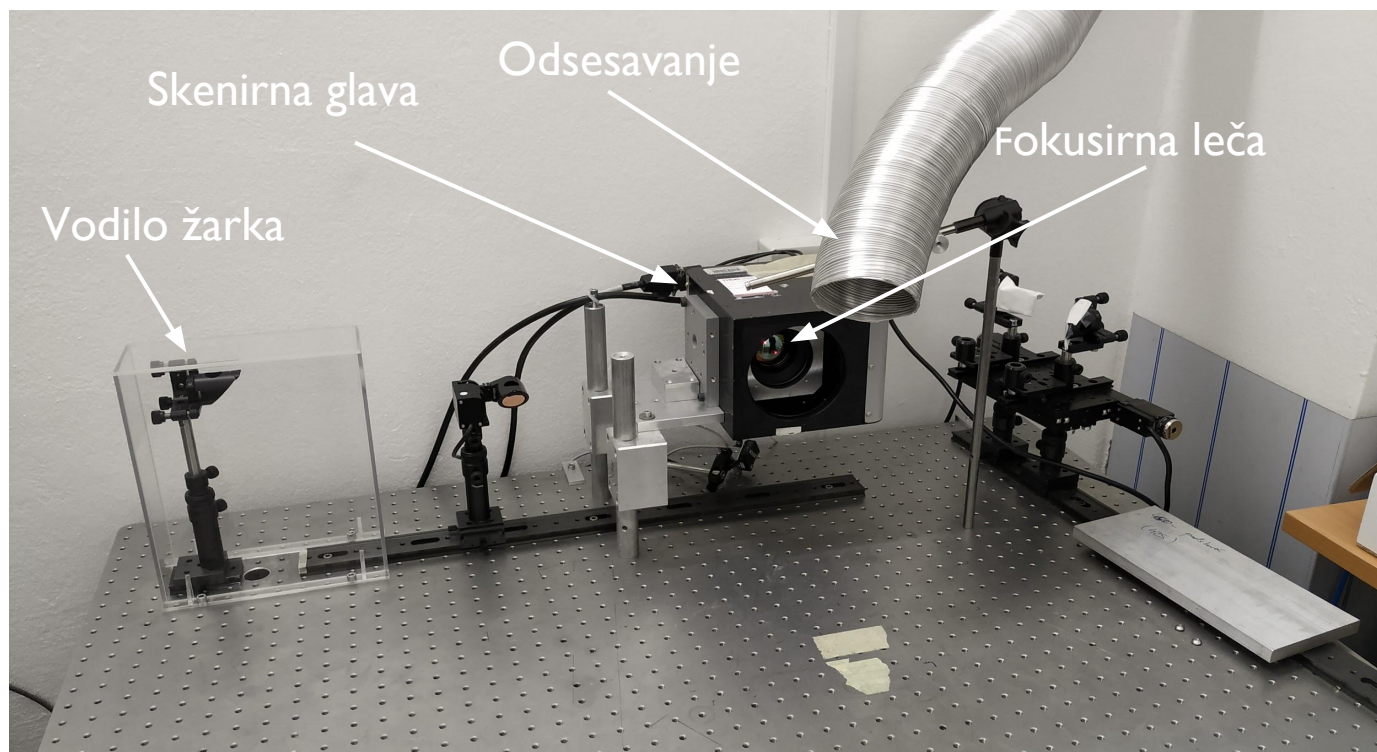






## 4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev

### Eksperimentalni sistem



1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
- 4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev**
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



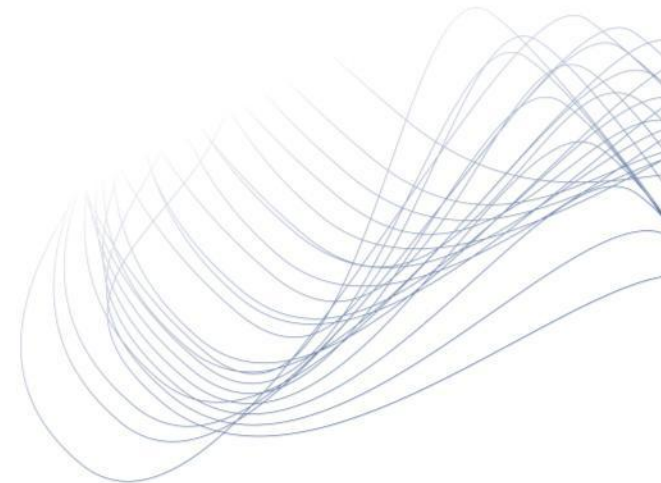
## 4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev

---

### Uporabljeni vzorci

- Navaden pisarniški papir znamke Plano Speed.
  - Bele barve.
  - DIN A4 (210 x 297 mm).
  - Debelina 0.1 mm.
  - Teža papirja 80 g/m<sup>2</sup>.
- Troslojni karton.
  - Rjave barve.
  - Debelina 2.5 mm.

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura





## 5. Izvedba eksperimentov

---

### Opis izvedbe

- List papirja smo fiksirali na ravno ploščo pred skenirno glavo.
- Parametre in oblike ki jih laser izriše smo spreminjali preko računalnika z ustrezno programsko opremo.
- Narejenih je več serij eksperimentov, kjer se spreminja en parameter, ostali pa so fiksni ali pa varirajo med vrednostmi določenimi v prejšnjih poskusih
- Iz vsake serije je bil izločen en ali več parametrov, kjer so rezultati najboljši, te uporabimo v nadaljnjih eksperimentih.
- Poleg že naštetih parametrov smo preverili tudi vpliv oddaljenosti od gorišča.
- Sprva smo poiskali optimalne parametre za primer kjer laser nariše ravno črto, nato pa te parametre uporabili še za izpis kratkega besedila.

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



## 5. Izvedba eksperimentov

### Spreminjanje obratovalnega cikla

Hitrost premikanja žarka	Obratovalni cikel	Frekvenca bliskanja
-----------------------------	----------------------	------------------------

500 mm/s	5%	10 kHz
----------	----	--------

500 mm/s	10%	10 kHz
----------	-----	--------

500 mm/s	15%	10 kHz
----------	-----	--------

500 mm/s	20%	10 kHz
----------	-----	--------

500 mm/s	25%	10 kHz
----------	-----	--------

500 mm/s	30%	10 kHz
----------	-----	--------

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled  
obstoječega stanja
4. Popis  
eksperimentalne  
opreme in  
uporabljenih  
vzorcev
5. Izvedba  
eksperimentov
6. Predstavitev  
rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



## 5. Izvedba eksperimentov

### Spreminjanje frekvence bliskov

Iz prejšnjih eksperimentov smo za nadaljevanje izbrali obratovalne cikle 5%, 10% in 15%.

Hitrost premikanja žarka [mm/s]	Obratovalni cikel [%]	Frekvenca bliskanja [kHz]
500	5, 10, 15	20
500	5, 10, 15	30
500	5, 10, 15	40
500	5, 10, 15	50
500	5, 10, 15	60
500	5, 10, 15	70
500	5, 10, 15	80
500	5, 10, 15	90
500	5, 10, 15	100

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura





## 5. Izvedba eksperimentov

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
- 5. Izvedba eksperimentov**
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

500 mm/s 5% 20 kHz

500 mm/s 10% 20 kHz

500 mm/s 15% 20 kHz

500 mm/s 5% 40 kHz

500 mm/s 10% 40 kHz

500 mm/s 15% 40 kHz

500 mm/s 5% 50 kHz

500 mm/s 10% 50 kHz

500 mm/s 15% 50 kHz





## 5. Izvedba eksperimentov

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
- 5. Izvedba eksperimentov**
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

500 mm/s 5% 50 kHz

500 mm/s 10% 50 kHz

---

500 mm/s 15% 50 kHz

---

500 mm/s 5% 80 kHz

500 mm/s 10% 80 kHz

---

500 mm/s 15% 80 kHz

---

500 mm/s 5% 100 kHz

500 mm/s 10% 100 kHz

---

500 mm/s 15% 100 kHz

---



## 5. Izvedba eksperimentov

### Spreminjanje hitrosti

Za to serijo smo izbrali frekvence 10 kHz, 50 kHz, 80 kHz in 100 kHz ter obratovalni cikel 10%.

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Opis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

Hitrost premikanja žarka [mm/s]	Obratovalni cikel [%]	Frekvenca bliskanja [kHz]
300	10	10, 50, 80, 100
400	10	10, 50, 80, 100
500	10	10, 50, 80, 100
600	10	10, 50, 80, 100
700	10	10, 50, 80, 100
800	10	10, 50, 80, 100
900	10	10, 50, 80, 100
1000	10	10, 50, 80, 100



## 5. Izvedba eksperimentov

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
- 5. Izvedba eksperimentov**
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

300 mm/s	10%	10 kHz
400 mm/s	10%	10 kHz
500 mm/s	10%	10 kHz
600 mm/s	10%	10 kHz
700 mm/s	10%	10 kHz
800 mm/s	10%	10 kHz
900 mm/s	10%	10 kHz
1000 mm/s	10%	10 kHz



## 5. Izvedba eksperimentov

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
- 5. Izvedba eksperimentov**
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

300 mm/s	10%	50 kHz
400 mm/s	10%	50 kHz
500 mm/s	10%	50 kHz
600 mm/s	10%	50 kHz
700 mm/s	10%	50 kHz
800 mm/s	10%	50 kHz
900 mm/s	10%	50 kHz
1000 mm/s	10%	50 kHz



## 5. Izvedba eksperimentov

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
- 5. Izvedba eksperimentov**
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

300 mm/s	10%	80 kHz
400 mm/s	10%	80 kHz
500 mm/s	10%	80 kHz
600 mm/s	10%	80 kHz
700 mm/s	10%	80 kHz
800 mm/s	10%	80 kHz
900 mm/s	10%	80 kHz
1000 mm/s	10%	80 kHz





## 5. Izvedba eksperimentov

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
- 5. Izvedba eksperimentov**
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

300 mm/s	10%	100 kHz
400 mm/s	10%	100 kHz
500 mm/s	10%	100 kHz
600 mm/s	10%	100 kHz
700 mm/s	10%	100 kHz
800 mm/s	10%	100 kHz
900 mm/s	10%	100 kHz
1000 mm/s	10%	100 kHz





## 5. Izvedba eksperimentov

### Vpliv oddaljenosti od gorišča

Eksperiment je bil izveden pri hitrostih 600 in 700 mm/s ter pri oddaljenostih od gorišča: 0.2 cm, 0.5 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm in 4 cm. Pri večji oddaljenosti sled ni več vidna.

600 mm/s 10% 50 kHz f+0.2cm

700 mm/s 10% 50 kHz f+0.2cm

600 mm/s 10% 50 kHz f+0.5cm

700 mm/s 10% 50 kHz f+0.5cm

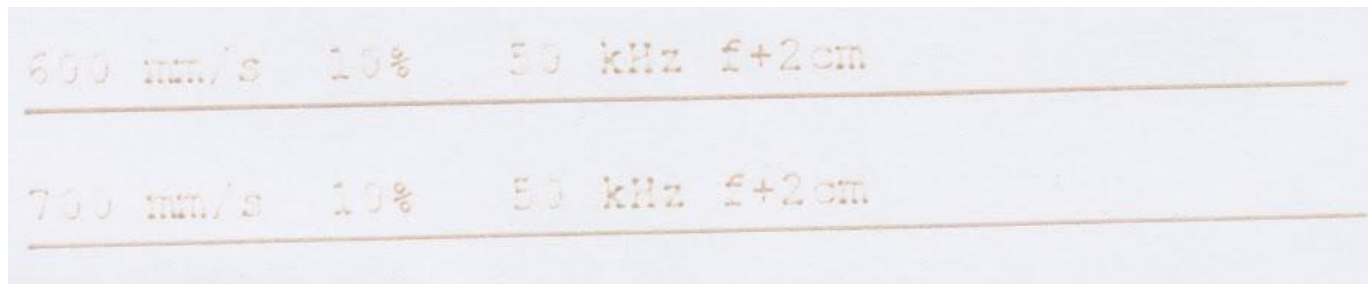
600 mm/s 10% 50 kHz f+1cm

700 mm/s 10% 50 kHz f+1cm

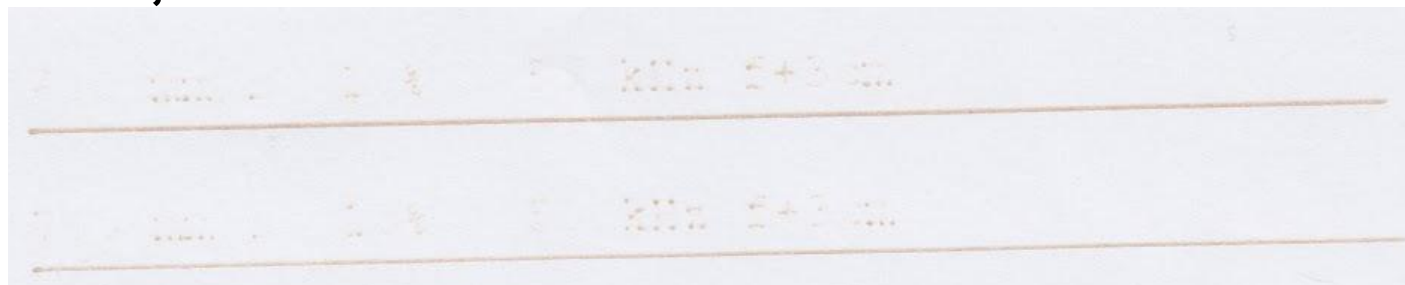
1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



## 5. Izvedba eksperimentov



### oddaljenost 3 cm



### oddaljenost 4 cm



1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



## 5. Izvedba eksperimentov

### Pisanje besedila

Eksperiment smo izvedli pri 10% obratovalnem ciklu in frekvencah bliskanja 50 kHz, 80 kHz in 100 kHz.

Hitrosti smo spreminjali od 600 do 1000 mm/s pri prvi frekvenci (50 kHz), nato pa za ostali 2 frekvenci uporabili hitrosti 700 in 800 mm/s

600 mm/s 10% 50kHz

Danes 22.5.2020 v laboratoriju LASTEH izvajamo meritve laserske karbonizacije papirja.

700 mm/s 10% 50kHz

Danes 22.5.2020 v laboratoriju LASTEH izvajamo meritve laserske karbonizacije papirja.

800 mm/s 10% 50kHz

Danes 22.5.2020 v laboratoriju LASTEH izvajamo meritve laserske karbonizacije papirja.

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



## 5. Izvedba eksperimentov

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

900 mm/s 10% 50kHz

Danes 22.5.2020 v laboratoriju LASTEH izvajamo meritve laserske karbonizacije papirja.

1000 mm/s 10% 50kHz

Danes 22.5.2020 v laboratoriju LASTEH izvajamo meritve laserske karbonizacije papirja.

700 mm/s 10% 80kHz

Danes 22.5.2020 v laboratoriju LASTEH izvajamo meritve laserske karbonizacije papirja.

800 mm/s 10% 80kHz

Danes 22.5.2020 v laboratoriju LASTEH izvajamo meritve laserske karbonizacije papirja.





## 5. Izvedba eksperimentov

---

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
- 5. Izvedba eksperimentov**
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

700 mm/s 10% 100kHz

Danes 22.5.2020 v laboratoriju LASTEH izvajamo meritve laserske karbonizacije papirja.

800 mm/s 10% 100kHz

Danes 22.5.2020 v laboratoriju LASTEH izvajamo meritve laserske karbonizacije papirja.





## 5. Izvedba eksperimentov

---

### Meritev povprečne moči v odvisnosti od frekvence bliskov

- Uporabili smo merilnik moči Genetec Flash-3K-55
- Meritve smo izvajali pri 10% delovnem ciklu

### Meritev povprečne moči v odvisnosti od delovnega cikla

- Uporabili smo merilnik moči Genetec Flash-3K-55
- Meritve smo izvajali pri frekvenci 10 kHz

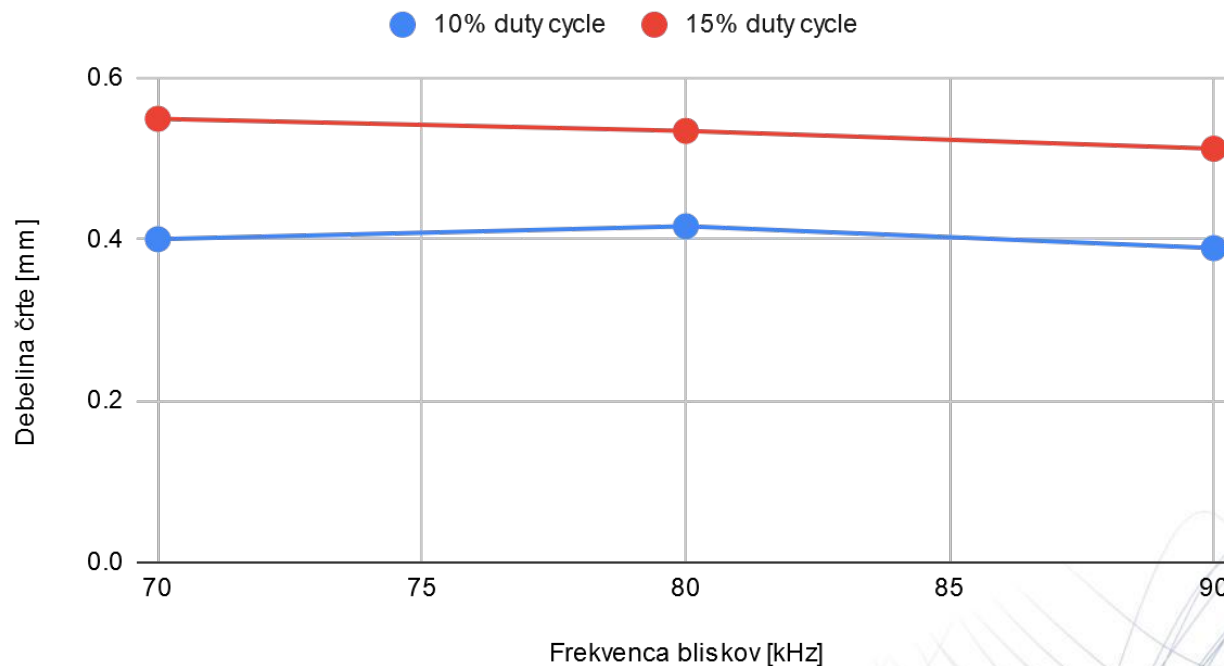
1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Opis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura





## 6. Predstavitev rezultatov

Vpliv frekvence bliskov na debelino črt



- Ostali parametri:
  - hitrost: 500 mm/s
  - oddaljenost od fokusa: 0 mm

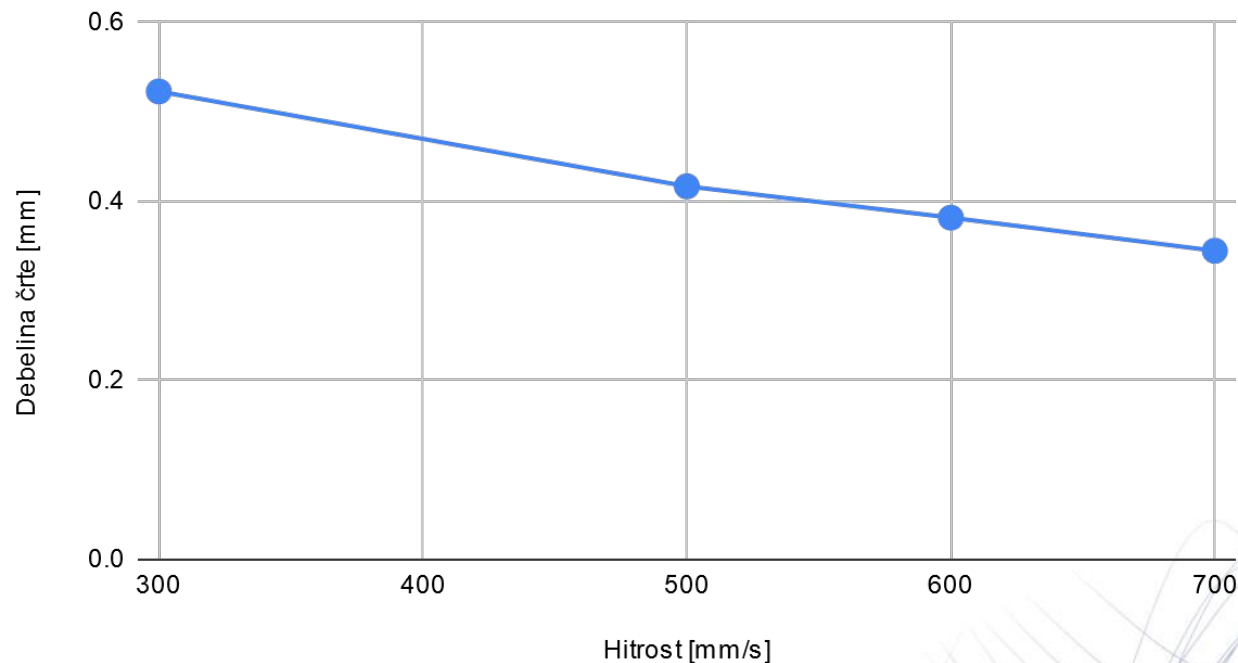
1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Opis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



## 6. Predstavitev rezultatov

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

Vpliv hitrosti na debelino črt

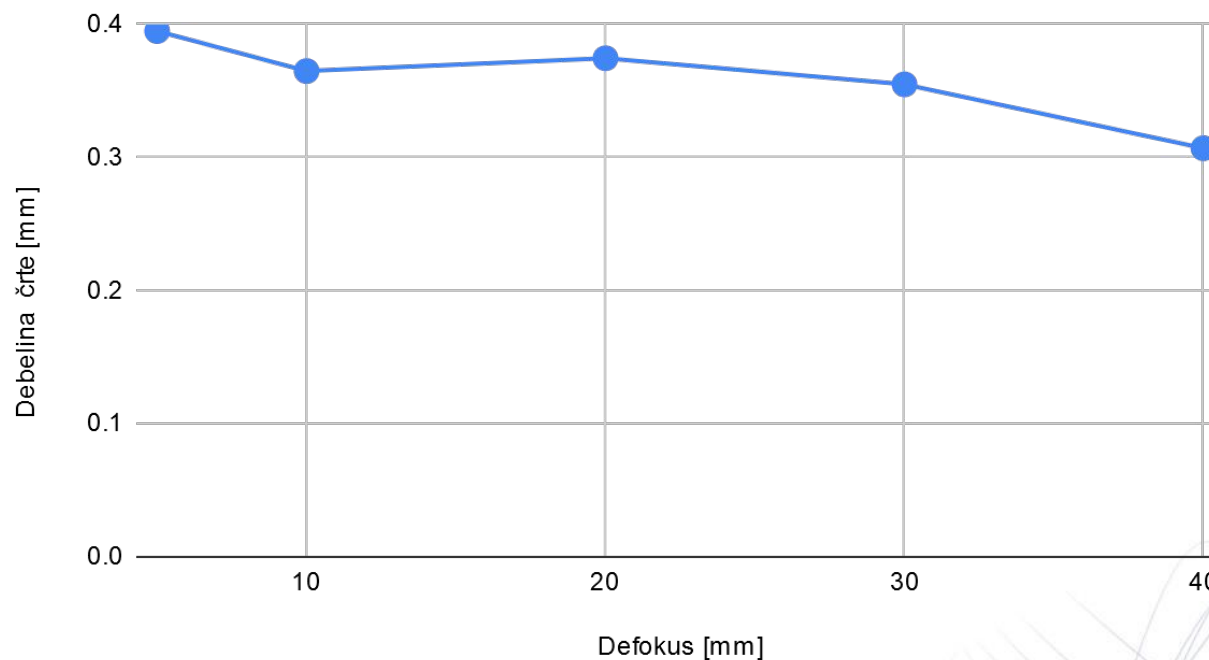


- Ostali parametri:
  - frekvenca: 50 kHz
  - obratovalni cikel: 10 %
  - oddaljenost od fokusa: 0 mm



## 6. Predstavitev rezultatov

Vpliv defokusa na debelino črt



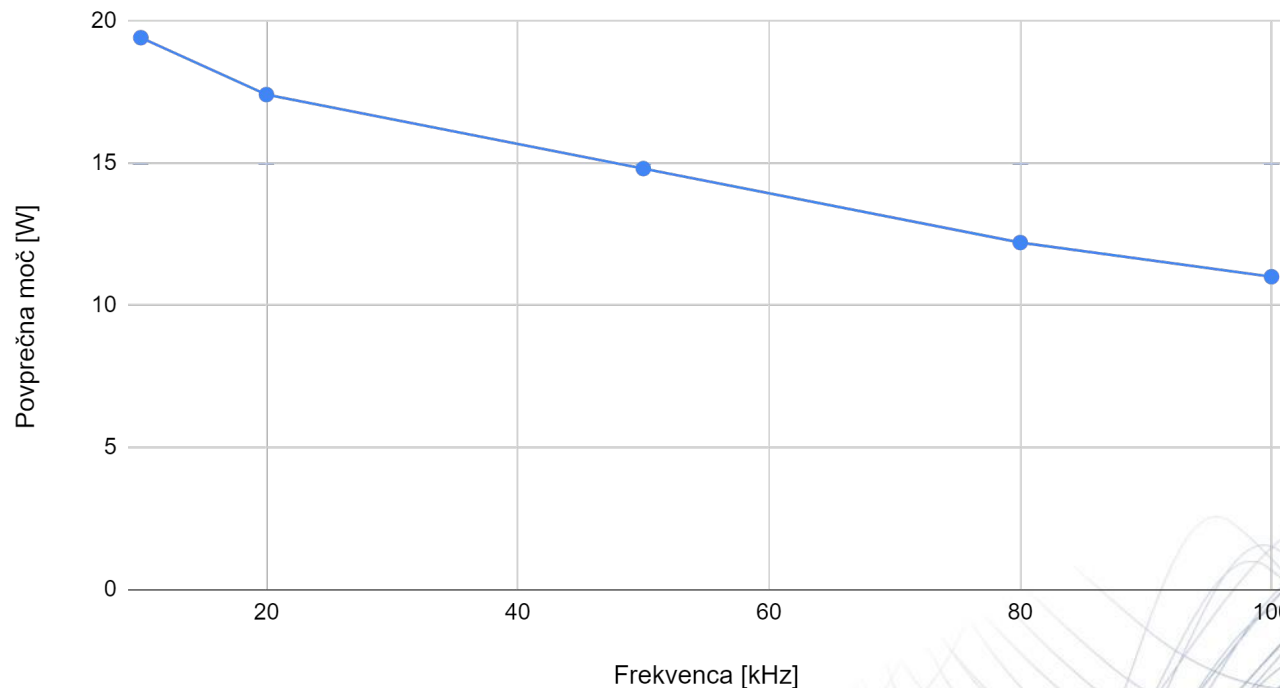
- Ostali parametri:
  - frekvenca: 50 kHz
  - obratovalni cikel: 10 %
  - hitrost: 500 mm/s

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



## 6. Predstavitev rezultatov

### Vpliv frekvence bliskov na povprečno moč



- Ostali parametri:
  - obratovalni cikel: 10 %

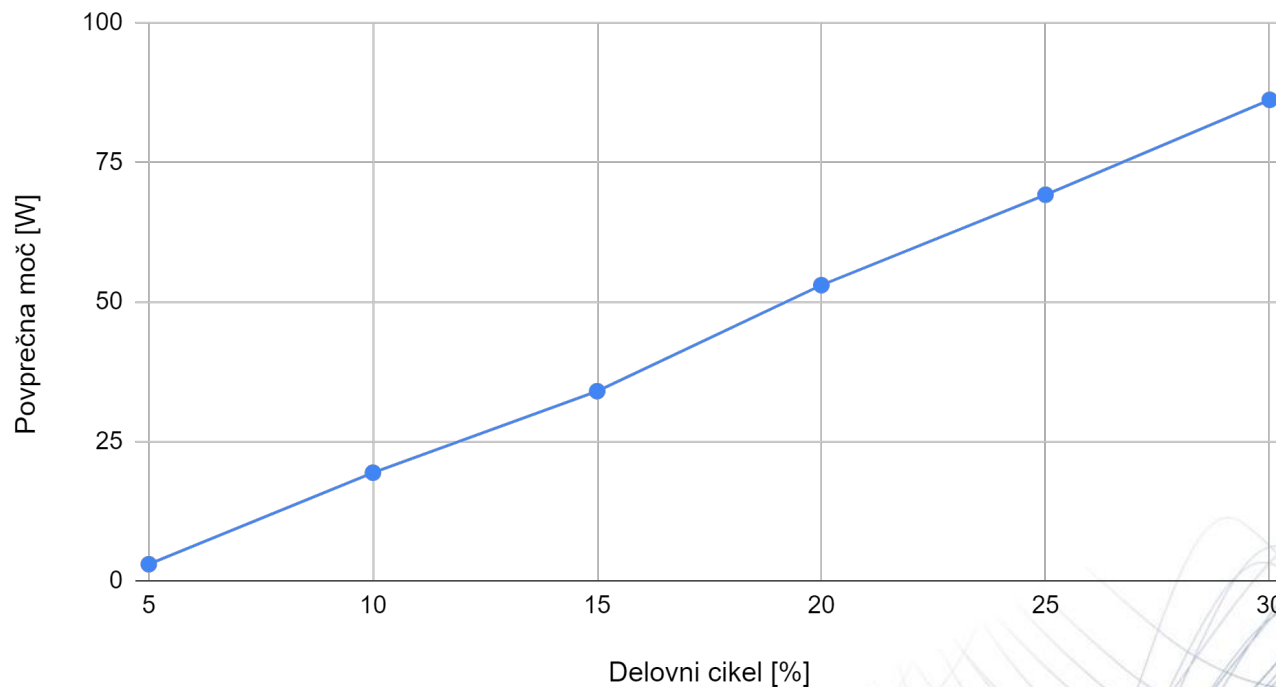
1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Opis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



## 6. Predstavitev rezultatov

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

### Vpliv delovnega cikla na povprečno moč

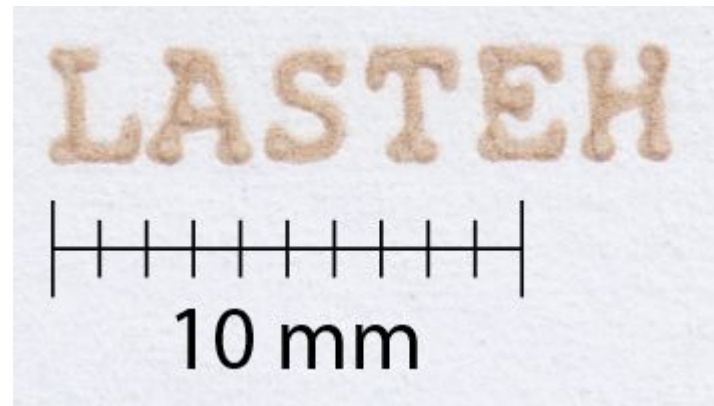
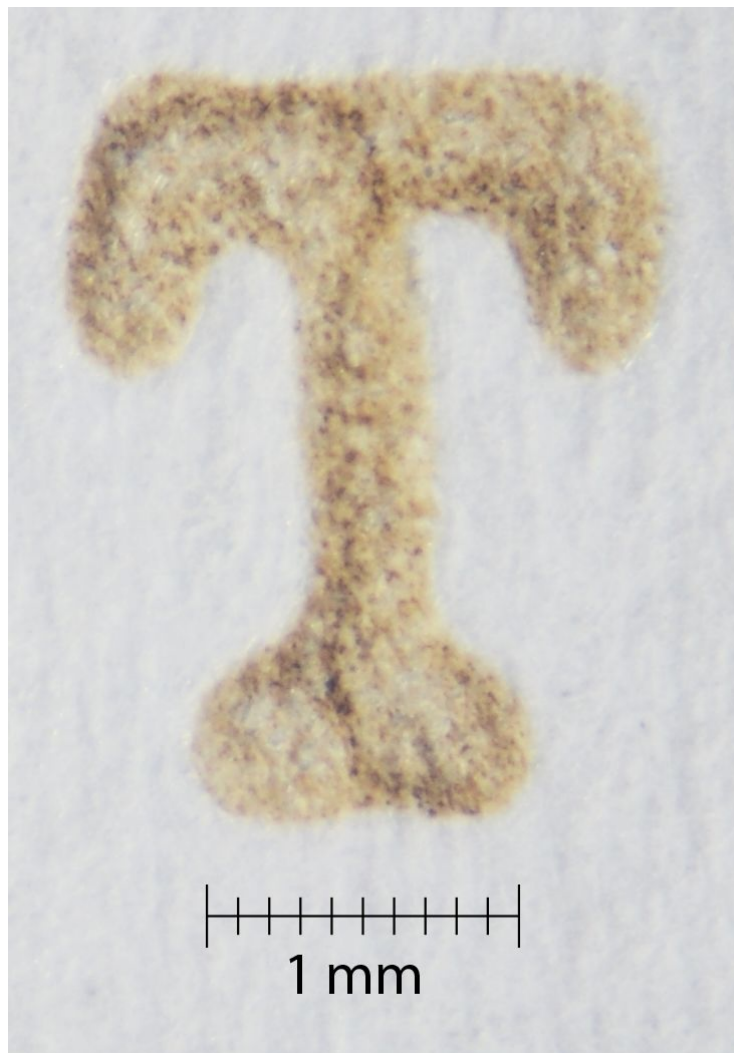


- Ostali parametri:
  - frekvenca bliskov: 10 kHz

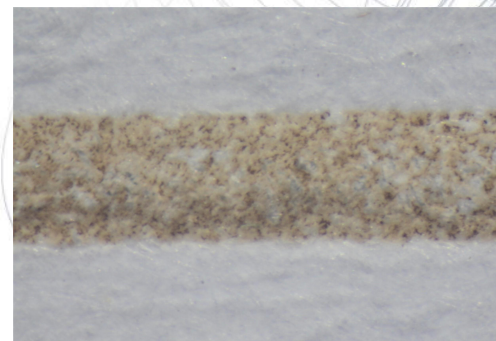
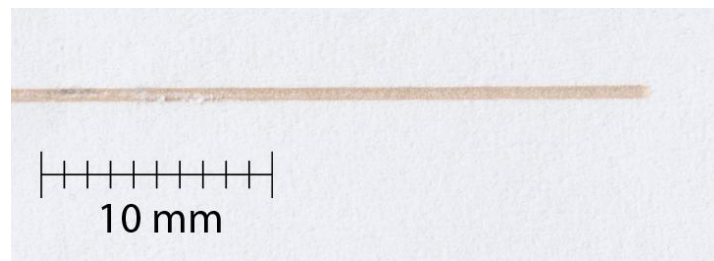


## 6. Predstavitev rezultatov

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura



Danes 22.5.2020 v laboratoriju LASTEH izvajamo meritve laserske karbonizacije papirja.

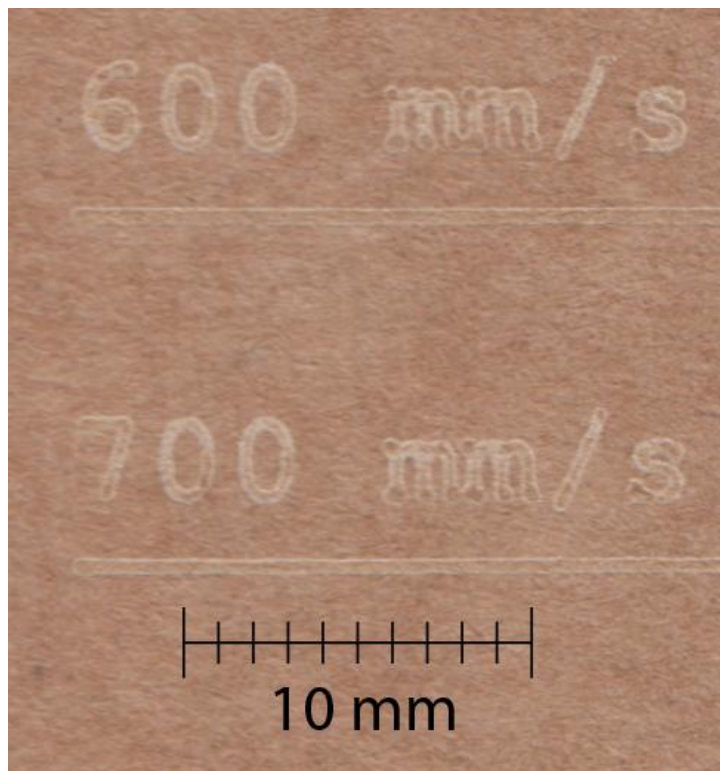






## 6. Predstavitev rezultatov

- Na kartonu drugačen mehanizem - lasersko čiščenje. Po osvetljevanju ostanejo le bela celulozna vlakna.



1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Opis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
- 6. Predstavitev rezultatov**
7. Zaključki
8. Literatura



1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

## 7. Zaključki

---

- Področje laserske karbonizacije papirja z namenom tiska je še neraziskano, največji izziv pa predstavlja doseganje črne barve sledi.
- Do parametrov za dosego optimalnega tiska (sled na sprednji strani papirja izrazito vidna in na zadnji strani minimalno vidna), se pride predvsem s poskušanjem.
- Dobljeni parametri so uporabni za naš laserski sistem, v kombinaciji z uporabljenim pisarniškim papirjem.
- Pri eksperimentiranju nismo mogli doseči črne barve sledi. Ta je bila v vseh primerih rjavo-rumenkaste barve.
- Ločljivost je omejena s premerom žarka v gorišču. Za risanje tanjših črt bi potrebovali drugačno optiko, kar bi zahtevalo ponovno iskanje optimalnih parametrov

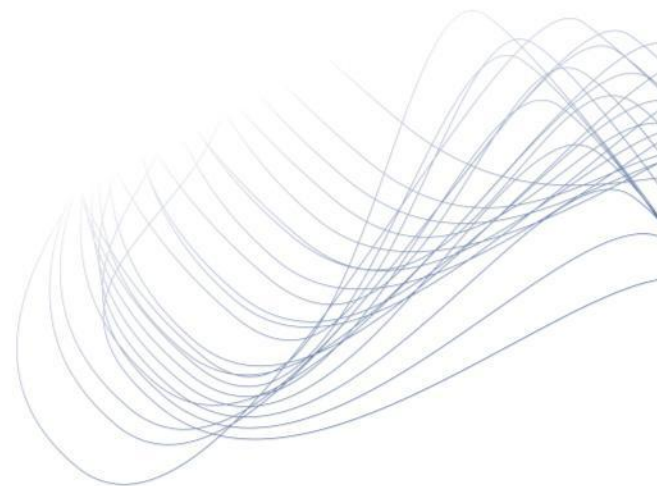


## 7. Zaključki

---

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

- Za opisano eksperimentalno postavitvev so parametri, ki dajejo najboljše rezultate pri tiskanju črte:
  - hitrost premikanja žarka 500 mm/s,
  - obratovalni cikel 10 % in
  - frekvenca bliskanja 80 kHz.
- Za opisano eksperimentalno postavitvev so parametri, ki dajejo najboljše rezultate pri tiskanju besedila:
  - hitrost premikanja žarka 800 mm/s,
  - obratovalni cikel 10 % in
  - frekvenca bliskanja 100 kHz.





1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled obstoječega stanja
4. Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev
5. Izvedba eksperimentov
6. Predstavitev rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

## 8. Literatura

---

- [1] *Zink (technology)*. V Wikipedija Prosta enciklopedija. Dostopno na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Zink\\_\(technology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Zink_(technology)), ogled: 19.3.2020.
- [2] *Zink technology*. Dostopno na: <https://zink.com/technology/>, ogled: 21.3.2020.
- [3] Yao, Y., Duan, X., Niu, M., Luo, J., Wang, R., Liu, T.: *One-step process for direct laser writing carbonization of NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> treated cellulose paper and its use for facile fabrication of multifunctional force sensors with corrugated structures*. Cellulose. **26**(12) (2019).
- [4] Chen, J., Wang, Y., Xie, J., Meng, C., Wu, G., & Zu, Q.: *Concept of heat-induced inkless eco-printing*. Carbohydrate Polymers. **89**(3) (2012), str. 849–853.
- [5] Mayadah Mahmoud Alhashem: *Optimization of Paper Discoloration via Pyrolysis Using Lasers for Inkless Monochrome Printing: magistrska naloga*. Thuwal, 2017
- [6] *Inkless*. Dostopno na: <https://inkless.ink/>, ogled: 24.3.2020.



## 8. Literatura

---

- [7] *DIAMOND J-2 Series*. Dostopno na:  
[https://edge.coherent.com/assets/pdf/COHR\\_DiamondJ-2\\_DS\\_0518\\_2.pdf#page=3](https://edge.coherent.com/assets/pdf/COHR_DiamondJ-2_DS_0518_2.pdf#page=3), ogled: 2.6.2020.

1. Izbrana tema
2. Motiv in cilji
3. Pregled  
obstoječega stanja
4. Popis  
eksperimentalne  
opreme in  
uporabljenih  
vzorcev
5. Izvedba  
eksperimentov
6. Predstavitev  
rezultatov
7. Zaključki
8. Literatura

