

**OPTIMIZACIJA PROIZVODNIH PROCESA PRIMENOM SIMULACIJA U KOMPANIJ
BIOELEMENTS D.O.O****OPTIMIZATION OF PRODUCTION PROCESSES USING SIMULATIONS IN THE
COMPANY BIOELEMENTS D.O.O**

Tamaš Tot, Sanja Bojić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Tema ovog rada jeste izrada simulacionog modela, analiza i optimizacija tokova materijala proizvodnog sistema u kompaniji Bioelements d.o.o., pri čemu je fokus usmeren na procese sečenja metala na lase-ru, pripreme i odlaganja materijala i zavarivanja sklopova određenih mašina u cilju smanjenja zaliha. Ovi procesi se izvode na četiri vrste mašina prema broju porudžbina od strane kupca. Simulacija je rađena u softveru Tecnomatix Plant Simulation koji nudi razne mogućnosti za optimizaciju proizvodnih i logističkih sistema u 2 i 3 dimenzije.

Ključne reči: *Optimizacija, Simulacioni model, Genetski algoritam*

Abstract – *The topic of this work is creation of a simulation model, analysis and optimization of the material flows of the production system in the company Bioelements l.l.c., where the focus is on the processes of laser cutting, preparation and disposal of materials and welding of assemblies of certain machines in order to reduce inventory. These processes are performed on 4 types of machines according to the number of orders from the customer. The simulation was done in the Tecnomatix Plant Simulation software.*

Keywords: *Optimization, Simulation model, Genetic algorithm*

1. UVOD

Optimizacija proizvodnih i logističkih sistema predstavlja veoma važnu stavku svake kompanije da bi ostala konkurentna na tržištu. Zadovoljstvo kupca je postalo najvažnije a to znači da proizvod mora biti odgovarajućeg kvaliteta i da isti bude dostavljen u pravo vreme na pravom mestu i po odgovarajućoj ceni.

Navedeni zahtevi mogu biti ispunjeni ukoliko je tok materijala neprekidan. Usled brzog razvoja tehnike i tehnologije u današnjem vremenu su na raspolaganju alati pomoću kojih se brže, lakše i efikasnije može postići optimizacija proizvodnog sistema. Jedan takav alat predstavljaju simulacije. Simulacije omogućavaju kreiranje virtuelnih replika realnih sistema i simuliranje događaja u okviru istog.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Sanja Bojić, vanr. prof.

2. LOGISTIKA

Logistika je veoma stara oblast poslovanja koja se usavršavala paralelno sa razvojem civilizacije. Prema „Leksikonu stranih reči i izraza“ Milana Vujaklije, reč logistika potiče od grčke reči „Logistike“ i znači: veština računanja pomoću slova, sposobnost zaključivanja, algebra. Često se u literaturi može videti definicija „7P“ koja znači: Osigurati dostupnost pravog proizvoda, u pravim količinama u pravom stanju, na pravom mestu, u pravo vreme, za pravog kupca i po pravoj ceni“ [1]. Neprekidna proizvodnja je veoma važan faktor proizvodnog sistema a na cene gotovih proizvoda u velikom procentu utiče logistika, transport, skladištenje, osiguranje sirovine, sklopova i proizvoda. U okviru proizvodne kompanije mogu se izdvojiti tri nivoa planiranja logistike proizvodnje koji su [2]:

- Strateški nivo,
- Dispozitivni nivo,
- Operativni nivo.

Skladište je fiksna tačka ili čvor u lancu snabdevanja gde kompanija čuva sirovine, poluproizvode ili gotove proizvode u različitim vremenskim periodima. Formira se sa ciljem da izjednači neravnomernost koja se javlja između potrošača i mogućnosti nabavke [3]. Organizacija mora da osigura da nabavljeni materijal ili proizvod bude usaglašen sa tačno specifikovanim zahtevima nabavke. Izbor prave opreme za proizvodnju i njena kupovina mogu ostvariti veliki tržišni prednost za budućnost. Nabavka predstavlja vezu između organizacije i proizvodnje u lancu snabdevanja i ima zadatak da obezbedi neprekidan tok materijala između kupaca i dobavljača [1].

3. SIMULACIJE

Danas se simulaciona tehnika intenzivno koristi pri rešavanju upravljačkih zadataka u svakodnevnom radu. Tradicionalne metode optimizacije zamenjene su kompjuterskim programima koji su sposobni da predvide ponašanje neke konstrukcije pri različitim uslovima opterećenja. Inženjerska analiza primenom računara i raznih softverskih paketa omogućuje formiranje virtuelnog prototipa, modela i omogućuju stvaranje realnih utisaka o izgledu i ponašanju proizvoda putem simulacija. Primena simulacione tehnike zahteva visok nivo znanja što otežava njenu širu primenu [4]. Prednosti simulacije su:

- moguće je utvrditi zašto i pod kojim uslovom je došlo do određenih oscilacija sistema ili kvara,
- smanjenje rizika i ušteda na troškovima,
- poboljšavanje razumevanje rizika

- jednom izgrađen model može se višestruko koristiti za analizu.

3.1. Tecnomatix Plant Simulation

Tecnomatix Plant Simulation predstavlja softverski paket koji koristi alate za planiranje proizvodnih i logističkih sistema. Softver se široko koristi u automobilske industriji, elektronske industriji i kompanijama za logističke usluge. Softverski program omogućava proizvođačima da preko platforme razvijaju, simuliraju, poručuju robotske i druge automatizovane proizvodne sisteme. Alat za simulaciju može da se koristi za analizu globalnih postrojenja, celog postrojenja ili samo nekoliko mašina u proizvodnoj liniji.

4. PRIMENA SIMULACIJA I OPTIMIZACIJA PROIZVODNIH PROCESA U FIRMI BIOELEMENTS D.O.O

Firma Bioelements d.o.o. osnovana je u septembru 2014. godine i bavi se proizvodnjom poljoprivredne mehanizacije i priključnih mašina, kao i konsaltingom i projektovanjem u oblasti poljoprivredne mehanizacije. Mašine koje se proizvode u firmi su setvospremači različitih dužina (*Quivogne Gladiator 6m, 5m, 4m, 3m, Kompaktor K8*), kombajn za berbu višnja, kolica za odlaganje hедера različitih dužina (*AKH-L, AKH-XL i AKH-XXL*), potirači tragova kukuruza, priključni adapter za telehendler, prikolice za voćnjake različitih dužina itd. Simulacija se sastoji od procesa sečenja na laseru i procesa zavarivanja za određene mašine firme i predstavlja sledeći broj mašina koji su poručeni od strane kupca:

- 30 Gladiatora G3,
- 30 Gladiatora G6,
- 30 kolica za odlaganje hедера tipa AKH-L i
- 70 kolica za odlaganje hедера tipa AKH-XL.

Optimizacija procesa sečenja na laseru predstavlja veći akcenat ovog rada, zbog izbegavanja nagomilavanja previše zaliha u proizvodnji.

4.1. Faze razvoja simulacionog modela u softveru Tecnomatix

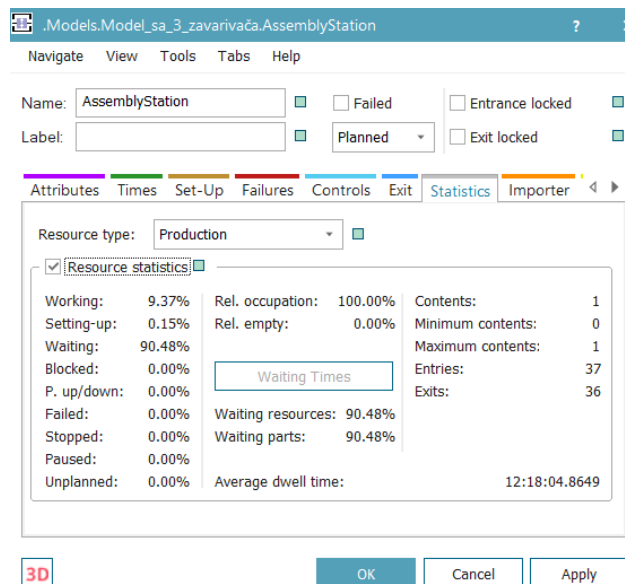
Prvi koraci formiranja simulacionog modela su odabir atoma iz lista alata (eng. *Toolbox*) ili biblioteke (eng. *Class Library*) i njihovo postavljanje na željenu lokaciju. Sledeći korak je kreiranje svih poluproizvoda (table različitih debljina, pozicije koje se dobijaju nakon sečenja itd.) kao i finalnog proizvoda (podsklopovi i sklopovi koje se zavarivaju). Laser predstavlja atom *Dismantle Station*, koji seče ulazne table na odgovarajuću količinu pozicije prema tabeli *Processing_Times*.

Proces sečenja izvodi se u zavisnosti od metoda ulaza (*OnEntranceM*) i metoda izlaza (*OnExitM*). Pomoću ovih metoda definiše se veza između lasera i radnog naloga. Na izlazu lasera nalazi se jedno međuskладиšte (eng. *Buffer*) koji predstavlja radni sto lasera, odakle se preuzimaju već isečene pozicije. Isečeni komadi prelaze u prostor za skladištenje (eng. *Store*) gde se raspoređuju prema debljini i oznaci. Svaka pozicija je označena tako, da se zna za koju mašinu pripada. (Na primer: *G3_10* znači da je pozicija isečena od 10 mm debljine i pripada mašini *Gladiatora G3*).

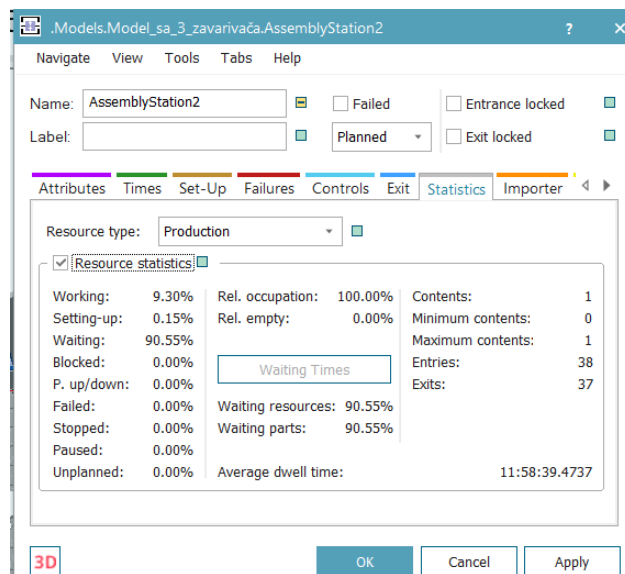
Proces zavarivanja vrši tri radnika u jednoj smeni. Zavarivači imaju zadatak da preuzimaju određeni broj pozicija koji su isečeni na laseru i zavaruju ih po

određenom broju sklopova za mašine u skladu sa tabelama *RadniNaloz* i *Zavarivanje* i *Tabela_Zavarivanje*. Nakon što je zadat nalog za zavarivanje, kao i vreme pripreme i vreme zavarivanja, potrebno je zadati radnicima broj komada pozicija (različitih debljina) koji su isečeni na laseru, jer se od njih sastoj svi sklopovi mašine.

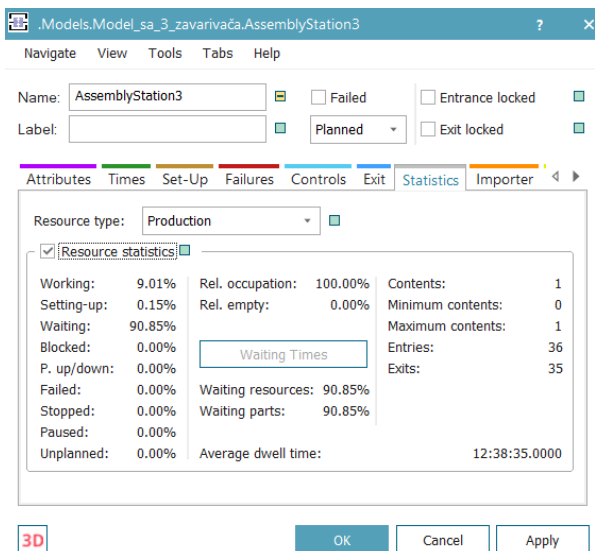
Ovaj korak se vrši u atomima za zavarivanje, odnosno u *Assembly Station 1, 2 i 3*. Sledeći korak je postavljanje *Init* Metoda. Njegova uloga je da realno prikaže inicijalno stanje zaliha određenih poluproizvoda u kompaniji kako bi proces simulacija otpočeo u realnim uslovima. U ovoj fazi rada je izvršena simulacija, koja je radila 60 radnih dana bez određenog redosleda sečenja i zavarivanja. Dobijeni rezultati su prikazani na sledećim slikama. Vidi se da se sečenje na laseru vrši kontinualno i ne postoji vreme čekanja, ali kod svakog zavarivača postoji preveliko vreme čekanja i zbog toga oni nisu efikasni. Ukupno je zavareno 111 sklopova što je mala količina u odnosu na rad na laseru.



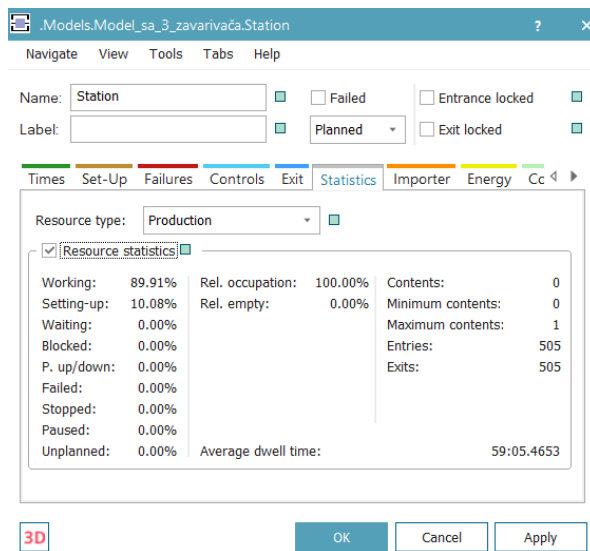
Slika 1. Rezultati zavarivača 1 bez dodavanja redosleda zavarivanja



Slika 2. Rezultati zavarivača 2 bez dodavanja redosleda zavarivanja



Slika 3. Rezultati zavarivača 3 bez dodavanja redosleda zavarivanja



Slika 4. Detaljni rezultati sečenje na laseru (Dismantle Station) nakon optimizacije

4.2. Genetski algoritam – GAWizard

GAWizard se koristi za optimizaciju u kojima je evaluacija zasnovana na simulaciji. Genetski algoritmi su stohastičke procedure optimizacije koje u većini slučajeva daju samo približno rešenje, a za najčešće praktične primene ova približna rešenja su dovoljna.

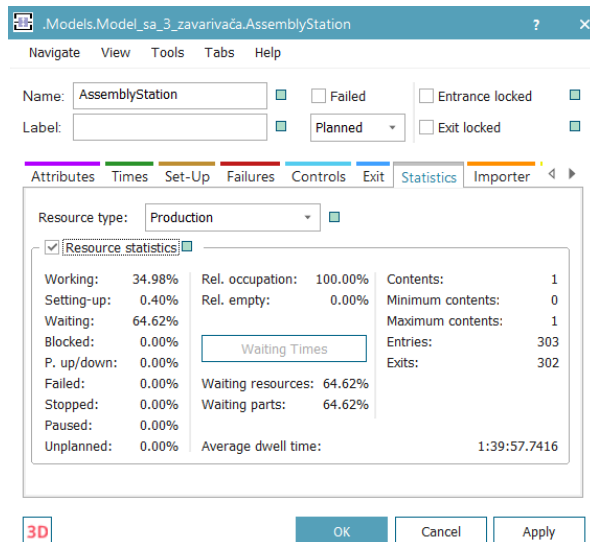
Oni su klasa tehnika pretraživanja koje se mogu koristiti za traženje optimuma ili elementa sa određenim svojstvom i njihove tehnike su pozajmljene iz evolucione biologije.

Za genetski algoritam jedno rešenje znači jedna jedinka. Selekcijom se biraju jedinke sa fitnessom tj. osobinama koje se prenose u sledeću populaciju, a manipulacijom genetskog materijala stvaraju se nove jedinke odnosno nove generacije. Pod fitnessom podrazumeva se uspešnost selekcije. Takav ciklus selekcije, reprodukcije i manipulacije se ponavlja sve dok se ne dobije konačna populacija jedinki odnosno skup potencijalnih rešenja. Najbolja jedinka u zadnjoj iteraciji predstavlja rešenje optimizacije koja se prikazuje pomoću fitness funkcija [5].

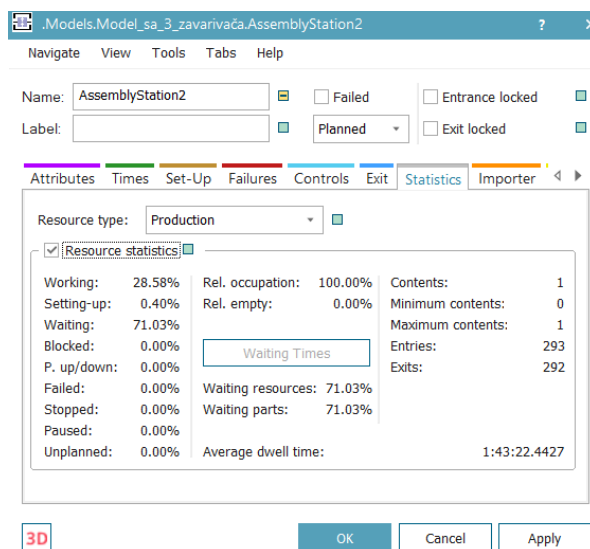
5. OBRADA REZULTATA OPTIMIZACIJE POMOĆU GENETSKOG ALGORITMA

Rezultat optimizacije se nalazi u kartici *Evaluate* i klikom na opciju *Report* otvaraju se svi rezultati optimizacije prikazane pomoću tabela i grafikona. Genetski algoritam kreira najbolji redosled sečenja na laseru u zavisnosti od radnog naloga zavarivača da bi postigli neprekidan tok materijala. Prvi deo izveštaja prikazuje broj komada jedinka sa najboljim fitnessom, odnosno broj komada najboljih rezultata za svaki zavarivač.

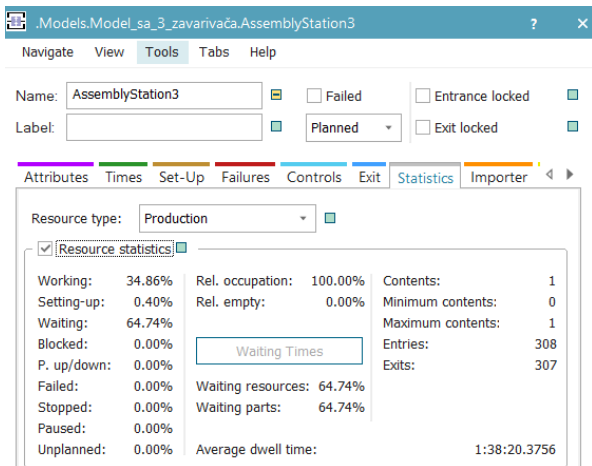
To znači da ukupan broj sklopova koji se zavaruje za vreme simulacije je 901, koji je skoro 9 puta više nego bez dodavanje redosleda sečenja na laseru i zavarivanja. Ukupan broj sklopova se raspoređuje na sledeći način: zavarivač 1: 302, zavarivač 2: 292 i zavarivač 3: 307. Na osnovu tih rezultata se zaključuje da zavarivač 1 napravi 5 sklopova po danu, zavarivač 2 napravi 4,8 sklopova po danu i da zavarivač 3 napravi 5 sklopova po dan. Ostali rezultati (vreme rada, pripreme i čekanja) su prikazani na sledećim slikama.



Slika 5. Detaljni rezultati prvog zavarivača (Assembly Station 1) nakon optimizacije

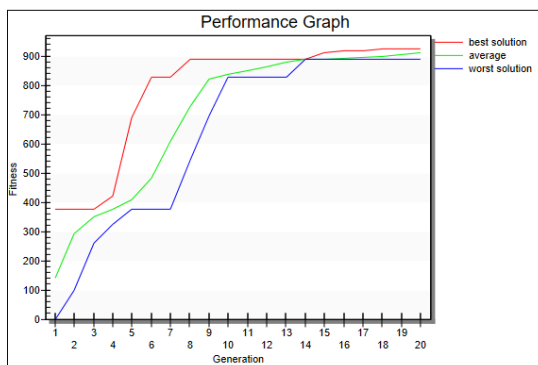


Slika 6. Detaljni rezultati drugog zavarivača (Assembly Station 2) nakon optimizacije



Slika 7. Detaljni rezultati trećeg zavarivača (Assembly Station 3) nakon optimizacije

U genetskom algoritmu populacija rešenja, odnosno generacija optimizacije evoluira ka boljim rešenjima. Svako rešenje ima skup osobina (fitnessa) koji može da bude izmenjen. Na grafikonu prikazanom na slici 8., vidi se razvoj fitnessa (uspešnosti) po broju jedinke u zavisnosti od broja generacija. Grafikon predstavlja najbolje, prosečno i najgore rešenje optimizacije.

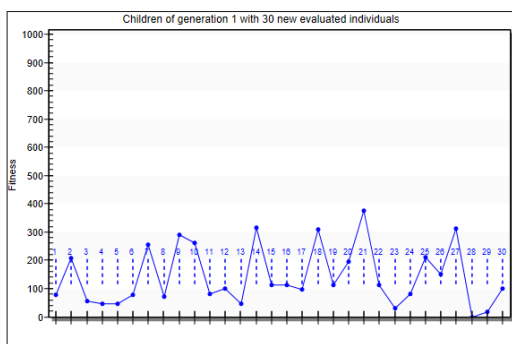


Slika 8. Grafički prikaz razvoj fitnessa (uspešnosti) jedinka u zavisnosti od broja generacija

Svaka generacija se sastoji od više mogućnosti rešenja, odnosno jedinka, na kojima se vrši kombinacija, selekcija i mutacija. Jedinke sa lošijem fitnessom se otklanjaju tokom optimizacije i tako se povećava uspešnosti optimizacije.

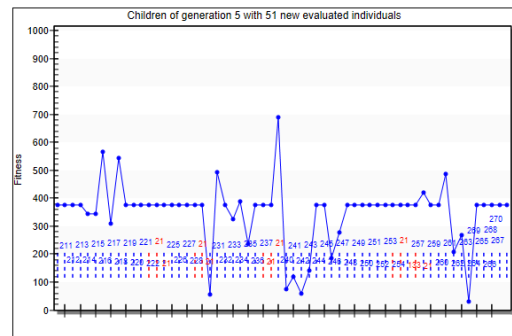
Na sledećim slikama su grafički prikazane uspešnosti svake generacije optimizacije. Vidi se kako se povećava uspešnost posle svake generacije.

Generation 1



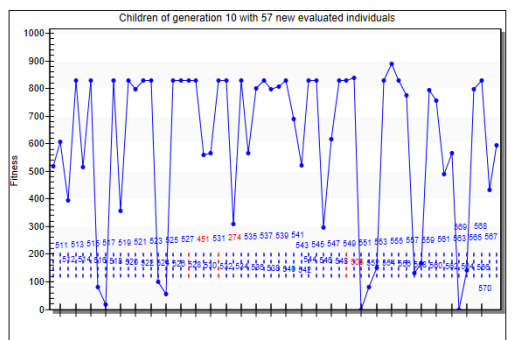
Slika 9. Skup svih rešenja u prvoj generaciji optimizacije

Generation 5



Slika 10. Skup svih rešenja u petoj generaciji optimizacije

Generation 10



Slika 11. Skup svih rešenja u desetoj generaciji optimizacije

6. ZAKLJUČAK

Korišćenjem genetskog algoritma dobija se najbolji raspored sečenja na laseru, čime se dobija neprekidni tok materijala i povećava se efikasnost. Na osnovu rezultata je prikazano da je potrebno 60 radnih dana da se završi sečenje na laseru za sve potrebne mašine i da pomoću genetskog algoritma zavarivači naprave skoro 9 puta više mašina za isto vreme u odnosu na to kad nisu dodeljeni redosledni tih procesa.

Važno je naglasiti da optimizacija ovih procesa važi samo za određene uslove koji su definisani u radu i da na finalne proizvode utiču ostali procesi proizvodnje, kao što su savijanje, sečenje na testeri, čišćenje, farbanje i sklapanje.

7. LITERATURA

- [1] Dr Sanja Bojić (2021) Tehnička logistika i simulacija [PowePoint prezentacija], Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [2] Nenad Tomić: Modelovanje proizvodnog sistema primjenom simulacija, Diplomski rad, FTN, Univerzitet u Novom Sadu, 2020.
- [3] Dušan Regodić, Logistika, Univerzitet Singidunum u Beogradu, 2014
- [4] Luka Kucurski: Planiranje i organizacija proizvodnog sistema primenom simulacija, Diplomski rad, FTN, Univerzitet u Novom Sadu, 2020.

Kratka biografija:

Tamaš Tot rođen je u Senti 1998. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehanizacija i konstrukciono mašinstvo odbranio je 2023. godine.

Kontakt: tamastot.98@gmail.com

dr Sanja Bojić, vanredni profesor.

Kontakt: s_bojic@uns.ac.rs