

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA  
Trg mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ SAŠA REGIJE

RAZISKOVALNA NALOGA

**UČENJE KRMILNE TEHNIKE NA DIJAŠKEM  
PRORAČUNU**

Tematsko področje: Drugo (MEHATRONIKA)

Avtorja:

Ožbej Čremožnik, 4. letnik

Gal Meh, 4. letnik

Mentorja:

Maja Glušič, dipl. inž. elektrotehnike (UN)

Klemen Zaponšek, mag. inž. mehatronike

Velenje, 2026

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem centru Velenje, Elektro in računalniški šoli.

Mentorja: Maja Glušič, dipl. inž. elektrotehnike (UN)  
Klemen Zaponšek, mag. inž. meh.

Datum predstavitve: marec 2026

## **KJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD	ŠC Velenje – Elektro in računalniška šola, šolsko leto 2025/2026
KG	Učenje / avtomatizacija / krmilniki / dijaški proračun
AV	ČREMOŽNIK, Ožbej / MEH, Gal
SA	GLUŠIČ, Maja / ZAPONŠEK, Klemen
KZ	3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3
ZA	Šolski center Velenje
LI	2026
IN	<b>UČENJE KRMILNE TEHNIKE NA DIJAŠKEM PRORAČUNU</b>
TD	Raziskovalna naloga
OP	VII, 28strani, 18 slik, 3 preglednice
IJ	SL
Jl	sl/ en

AI Avtomatizacija postaja vedno bolj pomemben del sodobnega sveta. Veliko dijakov se želi naučiti osnov krmilne tehnike, vendar pogosto menijo, da potrebujejo drago opremo in profesionalne laboratorije. V resnici pa je mogoče veliko znanja pridobiti tudi z majhnim proračunom.

Komponente, kot so senzorji, releji in servomotorji, so danes poceni in lahko dostopni preko spleta. Zato lahko na tak način dostopamo tudi do kompleksnejših primerov avtomatizacije.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

ND	ŠC Velenje – Elektro in računalniška šola, šolsko leto 2025/2026
CX	Learning / Automation / Controllers / Student Budget
AU	ČREMOŽNIK, Ožbej / MEH, Gal
AA	GLUŠIČ, Maja / ZAPONŠEK, Klemen
PP	3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3
PB	School Center Velenje
PY	2026
TI	<b>LEARNING CONTROL TECHNOLOGY ON A STUDENT</b>

## BUDGET

DT	RESEARCH WORK
NO	VII, 28 pages, 18 pictures, 3 tabels.
LA	SL
AL	sl/ en
AB	Automation is becoming an increasingly important part of the modern world. Many students want to learn the basics of control technology, but often feel that they need expensive equipment and professional laboratories. But in reality, a lot of knowledge can be gained even with a small budget. Components such as sensors, relays, and servomotors are now inexpensive and easily accessible online. Therefore, we can also access more complex automation cases in this way.

## **KAZALO**

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 HIPOTEZE .....	1
<b>2. OSNOVE AVTOMATIZACIJE IN KRMILNE TEHNIKE .....</b>	<b>2</b>
2.1 Senzorji v avtomatiziranih sistemih .....	3
2.2 Mikrokrmilniki v izobraževanju .....	4
2.3 Aktuatorji v avtomatiziranih sistemih.....	4
2.4 Avtomatizirano razvrščanje predmetov .....	5
<b>3. MATERIAL IN METODE DELA .....</b>	<b>6</b>
3.1 Uporabljeni materiali in komponente .....	6
3.2 Cena sistema .....	9
3.3 Postopek dela.....	10
3.4 Potek delovanja sistema.....	11
3.5 Namen metode dela .....	12
<b>4. POTEK SESTAVE TEKOČEGA TRAKU .....</b>	<b>12</b>
<b>5. REZULTATI .....</b>	<b>14</b>
5.1 Uspešnost razvrščanja.....	14
5.2 Odzivni čas sistema .....	15
5.3 Opazovane napake.....	15
5.4 Ugotovitve .....	15
<b>6. RAZPRAVA.....</b>	<b>16</b>
6.1 Primerjava z realnimi industrijskimi sistemi.....	17
<b>7. ZAKLJUČEK .....</b>	<b>18</b>
7.1 Potrditve hipotez.....	18
<b>8. VIRI IN LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
8.1 Viri slik: .....	20
<b>9. ZAHVALA .....</b>	<b>21</b>

## KAZALO SLIK

slika 1: Programljiv logični krmilnik.....	2
slika 2: barvni senzor.....	3
slika 3: optični senzor.....	3
slika 4: Arduino UNO.....	4
slika 5: elektromotor.....	4
slika 6: tekoči trak v industriji.....	5
slika 7: arduino NANO.....	6
slika 8: IR senzor za arduino.....	7
slika 9: Barvni senzor za arduino.....	7
slika 10: koračni motor.....	7
slika 11: servo motor.....	8
slika 12: sestavljen trak.....	8
slika 13: delavniška posoda.....	8
slika 14: 3D PLA filament.....	10
slika 15: predmeti za ločevanje.....	10
slika 16: 3D modeli v programu Bambu lab.....	11
slika 17: sestava tekočega traku.....	12
slika 18: končni izdelek.....	13
slika 19: tekoči trak z enodelno gumo.....	17

## **POVZETEK**

V raziskovalni nalogi je predstavljen razvoj in preizkus pomanjšanega avtomatiziranega sistema za razvrščanje predmetov glede na barvo. Namen naloge je bil prikazati osnovne principe avtomatizacije, ki vključujejo zaznavanje, obdelavo podatkov in izvrševanje ukazov.

Sistem je sestavljen iz mikrokrmilnika, senzorjev za zaznavo prisotnosti in barve predmeta ter izvršilnih elementov za premikanje in preusmerjanje predmetov. Mikrokrmilnik na podlagi podatkov barvnega senzorja določi skupino predmeta in z uporabo motorjev izvede razvrščanje v ustrezno posodo.

Rezultati preizkusov so pokazali visoko uspešnost razvrščanja in stabilno delovanje sistema, pri čemer so na natančnost vplivali predvsem osvetlitev okolice in mehanska izvedba naprave. Naloga potrjuje, da je mogoče z enostavnimi elektronskimi komponentami izdelati delujoč model avtomatiziranega procesa.

Izdelani model je primeren za prikaz delovanja avtomatizacije ter za učenje osnov mehatronike, elektrotehnike in programiranja.

# 1. UVOD

V zadnjih letih avtomatizacija hitro prodira v različna področja vsakdanjega življenja in industrije. Sistemi, ki samodejno merijo, zaznavajo in krmilijo procese, danes niso več omejeni le na velike proizvodne linije, temveč so dostopni tudi v izobraževalnem okolju. Z razvojem cenovno dostopnih mikrokrmilnikov, senzorjev in elektronskih komponent se lahko tudi dijaki srečajo z osnovami krmilne tehnike ter spoznajo principe delovanja sodobnih avtomatiziranih naprav.

Kljub večji dostopnosti opreme se pojavlja vprašanje, ali je mogoče kakovostno osvojiti praktično znanje avtomatizacije z omejenim, dijaškim proračunom. Veliko šolskih projektov namreč predvideva uporabo industrijskih komponent, ki so za posameznika pogosto predrage. Zato je smiselno raziskati, kako lahko z uporabo preprostih in poceni elementov izdelamo funkcionalen sistem, ki ponazarja delovanje realnih industrijskih procesov.

Namen raziskovalne naloge je izdelati in preučiti delovanje pomanjšanega avtomatiziranega sistema **tekočega traku za ločevanje predmetov po barvah** ter ob tem analizirati, katera znanja iz krmilne tehnike lahko dijak pridobi z uporabo nizkocenovne opreme. Sistem temelji na uporabi mikrokrmilnika, senzorjev in pogonskih ter izvršilnih elementov, ki skupaj tvorijo osnovo industrijske avtomatizacije.

## 1.1 HIPOTEZE

Hipoteze za izdelavo avtomatiziranega tekočega traku so naslednje:

1. Z uporabo cenovno dostopnih komponent, je mogoče zgraditi delujoč avtomatiziran sistem.
2. Barvni senzor lahko brez težav pod vsakimi pogoji zazna predmete dveh različnih barv (rdeče in modre).
3. Projekt predstavlja učno izkušnjo primerljivo industrijskim linijam
4. Cena projekta je dostopna dijaku.

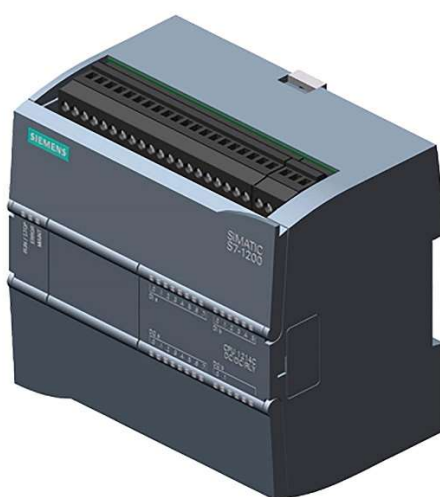
## 2. OSNOVE AVTOMATIZACIJE IN KRMILNE TEHNIKE

Avtomatizacija predstavlja uporabo tehničnih sistemov za samodejno izvajanje procesov brez neposrednega človekovega posredovanja. Temelji na povezavi štirih osnovnih sklopov:

1. senzorski – zaznane fizikalno veličino pretvarja v električni signal.
2. krmilni – obdeluje zaznane električne signale in izračunava nadaljnje ukaze.
3. izvršilni – električni signal krmilnika pretvori v mehansko ali fizikalno akcijo.
4. povratni – preverja rezultat delovanja in omogoča prilagajanje procesa.

Krmilna tehnika se ukvarja z načini, kako sistem sprejema vhodne podatke, jih obdela po določenem algoritmu ter ustrezno reagira. Kadar sistem deluje brez preverjanja rezultata, govorimo o krmiljenju, kadar pa uporablja povratno informacijo za popraviljanje delovanja, govorimo o regulaciji.

V industriji se najpogosteje uporabljajo programirljivi logični krmilniki (PLC), vendar so za izobraževalne namene primerni tudi mikrokrmilniki, ki omogočajo razumevanje osnovnih principov.



slika 1: Programljiv logični krmilnik

## 2.1 Senzorji v avtomatiziranih sistemih

Osnova vsakega avtomatiziranega sistema so tipala oziroma senzorji. Ti zaznavajo fizikalne veličine v procesu (temperatura, tlak, položaj, nivo, hitrost) ter jih pretvarjajo v električne signale, ki jih krmilnik lahko obdela. Predstavljajo vhod informacij v avtomatizirani sistem in omogočajo spremljanje dejanskega stanja procesa.



slika 2: barvni senzor



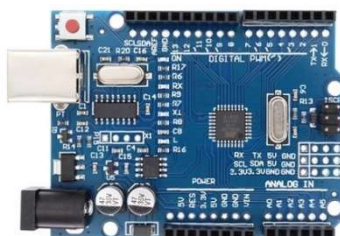
slika 3: optični senzor

## 2.2 Mikrokrmilniki v izobraževanju

Razvoj odprtokodnih platform je močno povečal dostopnost znanja s področja avtomatizacije. Mikrokrmilniki omogočajo enostavno programiranje vhodov in izhodov ter povezovanje različnih elektronskih komponent. Zaradi nizke cene in enostavne uporabe so primerni za učenje osnov elektrotehnike, mehatronike in programiranja.

Način dela z mikrokrmilniki spodbuja praktično razumevanje teorije, saj uporabnik takoj vidi rezultat napisanega programa v delovanju naprave.

Krmilniki obdelujejo signale senzorjev in na podlagi programa sprejemajo odločitve o nadaljnjem delovanju sistema ter pošiljajo ukaze izvršilnim elementom.



slika 4: Arduino UNO

## 2.3 Aktuatorji v avtomatiziranih sistemih

Aktuatorji predstavljajo izvršilni del sistema. Električne ukaze krmilnika pretvarjajo v mehansko delovanje. Med aktuatorje sodijo elektromotorji, ventili, grelci in pnevmatski ali hidravlični cilindri.



slika 5: elektromotor

## 2.4 Avtomatizirano razvrščanje predmetov

Razvrščanje izdelkov je pogost proces v industriji, na primer pri pakiranju ali recikliranju. Sistem običajno vključuje **tekoči trak**, **senzor za zaznavo lastnosti predmeta** ter **mehanizem za preusmerjanje**. Na podlagi zaznanih podatkov krmilnik določi, kam se predmet usmeri.

Pomanjšana izvedba takšnega sistema je primerna za učenje, saj vključuje več področij hkrati: mehaniko, elektroniko in programiranje. Uporabnik pri tem spozna sekvenčno vodenje procesa, časovno usklajevanje gibanja in osnovno logiko odločanja.



slika 6: tekoči trak v industriji

## 3. MATERIAL IN METODE DE LA

V tem poglavju je opisan uporabljen material, sestava sistema ter potek izvedbe raziskave. Namen raziskave je bil izdelati in preizkusiti pomanjšan avtomatiziran sistem za razvrščanje predmetov glede na barvo.

### 3.1 Uporabljeni materiali in komponente

Za izdelavo modela avtomatiziranega sistema tekočega traku so bili uporabljeni naslednji elementi:

#### 1. Krmilni del:

- mikrokrmilnik Arduino NANO, ki izvaja program, bere podatke senzorjev in krmili motorje ter signalne elemente.
- napajalni modul 12 V, ki zagotavlja električno energijo za delovanje sistema.
- povezovalni kabli, tipki start/stop, LED za prikaz stanja (zeleno, rumeno, rdečo), kondenzator 1000 $\mu$ F 25V, ki stabilizira napajanje in zmanjšuje motnje pri delovanju NEMA17, upori za tipke in LED, PCB dvostranska prototipna plošča 7x9 cm.



slika 7: arduino NANO

## 2. Senzorski del:

- infrardeči senzor za zaznavo prisotnosti predmeta.
- barvni senzor TCS34725 za prepoznavo barve predmeta.



slika 8: IR senzor za arduino



slika 9: Barvni senzor za arduino

## 3. Izvršilni del:

- koračni motor NEMA17 12V za pogon tekočega traku.
- gonilnik koračnega motorja A4988, ki omogoča nastavitve hitrosti ter korakov.
- servo motor SG90 za preusmerjanje predmetov v ustrezno zbirno posodo.



slika 10: koračni motor



slika 11: servo motor

#### 4. Mehanski del:

- 3D natisnjen tekoči trak ter natisnjen nosilni okvir.
- zbirne posode za razvrščene predmete



slika 12: sestavljen trak



slika 13: delavniška posoda

## 3.2 Cena sistema

Tabela 1: Cena sistema	
Komponenta	Cena (€) Vir
Arduino NANO (+ PC kabel)	9.99€ <a href="https://www.3dsvet.eu/izdelek/arduino-nano-atmega328-miniusb-zalotani-pini-ch340g/">https://www.3dsvet.eu/izdelek/arduino-nano-atmega328-miniusb-zalotani-pini-ch340g/</a>
MOTOR NEMA17 12V 1.5A 0.42Nm 1.8° 17HS0423_x000D_ BIPOLAR 42X42X24M	13.99€ <a href="https://www.3dsvet.eu/izdelek/nema-17-bipolar-40ncm-1-5a-42x42x38mm-1-8/">https://www.3dsvet.eu/izdelek/nema-17-bipolar-40ncm-1-5a-42x42x38mm-1-8/</a>
KONTROLER za MOTOR A4988	3.99€ <a href="https://www.3dsvet.eu/izdelek/stepper-driver-a4988/">https://www.3dsvet.eu/izdelek/stepper-driver-a4988/</a>
MOTOR SERVO SG90 9G 4.8-6V_x000D_ (4.8V, brez bremena)_x000D_ 21.5mm x 11	6.99€ <a href="https://www.3dsvet.eu/izdelek/servo-motor-sg90/">https://www.3dsvet.eu/izdelek/servo-motor-sg90/</a>
MIKROGUMBI12X12 H=7.5MM TIV B-6831	3.29€ <a href="https://www.3dsvet.eu/izdelek/tipke-z-barvnimi-gumbi-za-protoboard-5-tipk/">https://www.3dsvet.eu/izdelek/tipke-z-barvnimi-gumbi-za-protoboard-5-tipk/</a>
Kondenzator 1000UF 25V	0.50€ <a href="https://www.delko.si/sl/elco-1000uf-25v-105c.html">https://www.delko.si/sl/elco-1000uf-25v-105c.html</a>
LED 5mm (Rdeča, Zelena, Rumena),	2.99€ <a href="https://www.3dsvet.eu/izdelek/led-dioda-10mm-5kosov/">https://www.3dsvet.eu/izdelek/led-dioda-10mm-5kosov/</a>
MODUL SENSOR COLOUR I2C TCS34725 SE *DFROBOT	8.99€ <a href="https://www.3dsvet.eu/izdelek/modul-detektor-barve-tcs34725/">https://www.3dsvet.eu/izdelek/modul-detektor-barve-tcs34725/</a>
SENSOR IR DETECTOR 2-30CM 3. 31X15MM OKY3127	4.70€ <a href="https://www.cip.si/ir-senzor-arduino">https://www.cip.si/ir-senzor-arduino</a>
Napajalnik DC vhodna napetost 12V 2 A max. 5 A	7.29€ <a href="https://ampul.eu/si/vticni-napajalniki/257-napajanje-12v-2a-55x21-mm">https://ampul.eu/si/vticni-napajalniki/257-napajanje-12v-2a-55x21-mm</a>
PCB dvostranska prototipna plošča 7x9 cm	3.84€ <a href="https://www.3dsvet.eu/izdelek/pcb-plosce-dvostranske-razlicne-velikosti/">https://www.3dsvet.eu/izdelek/pcb-plosce-dvostranske-razlicne-velikosti/</a>

Skupna cena celotnega sistema se giblje okoli 66,60€ + stroški 3D tiskanja konstrukcije, ki jih je težko oceniti. Za samo tiskanje je bilo porabljen približno 841 gramov PLA materiala. 1 kilogram PLA filamenta na trgu znaša okoli 15€.



slika 14: 3D PLA filament

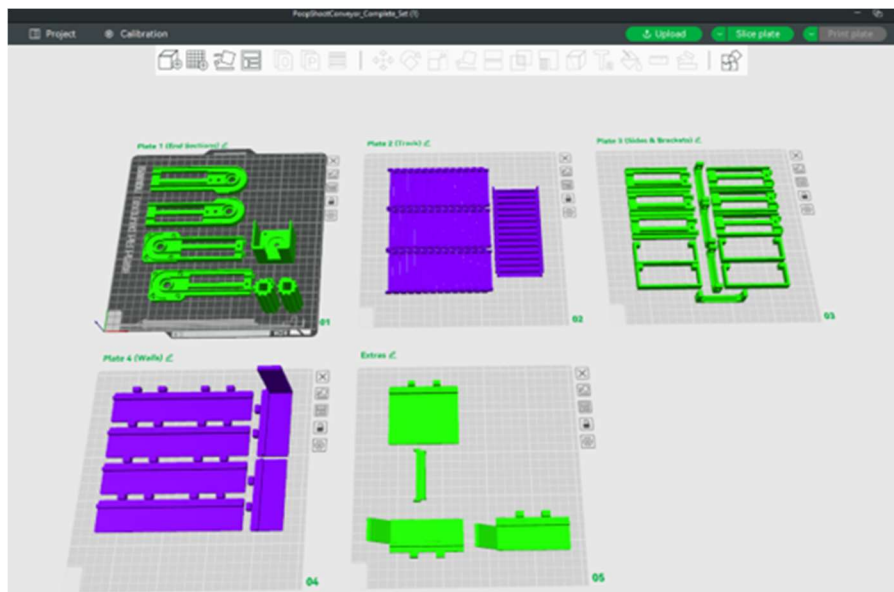


slika 15: predmeti za ločevanje

### 3.3 Postopek dela

Raziskava je potekala po naslednjih korakih:

1. Priprava 3D modelov in tiskanje le teh
2. Sestava 3D natisnjene konstrukcije in montaža tekočega traku.
3. Povezava mikrokrmilnika Arduino NANO, senzorjev, motorjev in napajanja.
4. Programiranje delovanja sistema (zaznava, odločanje in preusmerjanje).
5. Preizkus delovanja brez predmetov.
6. Nastavitev zaznavanja barv in testiranje senzorjev.
7. Preizkus razvrščanja predmetov različnih barv pri različni svetlobi.



slika 16: 3D modeli v programu Bambu lab

### 3.4 Potek delovanja sistema

1. Ob zagonu je sistem v začetnem stanju. Koračni motor miruje, servo motor je v začetnem položaju ( $80^\circ$ , zaprta zapornica), prižgana pa je rdeča LED, ki označuje pripravljenost.
2. Po pritisku tipke START se vključi zelena LED in koračni motor začne neprekinjeno poganjati tekoči trak. Sistem v tem stanju čaka na prihod predmeta.
3. Infrardeč senzor zazna prihod predmeta in ustavi koračni motor. Rumena LED označuje zaznavo. Sistem nato z barvnim senzorjem prebere barvo predmeta in na podlagi meritve ustrezno določi sledeč položaj servo motorja.
4. Po spremenjenem položaju servo motorja se tekoči trak ponovno zažene, dokler predmet ne pride do izbrane škatle.
5. Koračni motor se nato ustavi, servo motor se vrne nazaj v začetni položaj in sistem preide nazaj v stanje pripravljenosti.

Dodane so še tipke STOP in RESET. Ob pritisku tipke STOP se delovanje sistema ustavi, rdeča LED kratko utripne, nato pa sistem preide v začetno stanje. S pritiskom tipke RESET pa sistem kadarkoli takoj preide v začetno stanje: koračni motor se ustavi, servo motor se postavi na  $80^\circ$  in zasveti rdeča LED.

### 3.5 Namen metode dela

Metoda temelji na eksperimentalnem preverjanju delovanja avtomatiziranega sistema. Poskus razvrščanja je bil večkrat ponovljen. Pri vsakem poskusu je bil program prilagojen glede na:

- Pravilnost in zanesljivost razvrstitve (vrednosti odčitanih barv).
- stabilnost delovanja tekočega traku (razna zatikanja).
- čas odziva sistema ter hitrost izvedenega programa.

## 4. POTEK SESTAVE TEKOČEGA TRAKU

Sestava tekočega traku se je začela z montažo 3D natisnjenega nosilnega okvirja, na katerega so bili nameščeni nosilci osi in valji. Po namestitvi osi je sledila vgradnja koračnega motorja, poravnava pogonskega in prostega valja ter namestitev tekočega traku.

Pri sestavljanju se je pokazalo, da je ključna natančna poravnava elementov. Že majhen odmik osi je povzročil neenakomerno vrtenje ali premikanje traku v stran. Zato je bilo potrebno večkratno prilagajanje položaja nosilcev in preverjanje vrtenja brez obremenitve.



slika 17: sestava tekočega traku

Naslednji korak je bila nastavitvev napetosti na napajalniku. Prevelika napetost je povečala obremenitev motorja, premajhna pa je povzročala zdrs. Z večkratnim prilagajanjem je bila dosežena napetost, pri kateri se je trak vrtel enakomerno in brez večjega zatikanja. Med testiranjem je bilo potrebno dodatno pritrditi posamezne elemente konstrukcije, saj so vibracije vplivale na stabilnost sistema. Deli konstrukcije so bili tako še dodatno zlepljeni skupaj.

Sestava je pokazala, da ima mehanska natančnost pomemben vpliv na delovanje celotnega avtomatiziranega sistema, saj nepravilna poravnava ali napetost neposredno vplivata na zanesljivost transporta.

Po mehanski sestavi ter nastavitvi napetosti je sledila še montaža senzorjev, servo motorja ter sortirnih posod.



slika 18: končni izdelek

## 5. REZULTATI

Cilj preizkusa je bil preveriti pravilnost razvrščanja predmetov glede na barvo ter zanesljivost delovanja sistema. Preizkus je bil izveden z različnimi barvnimi predmeti (rdeča, modra). Vsaka barva je bila skozi sistem spuščena večkrat zapored.

### 5.1 Uspešnost razvrščanja

Tabela 2: Uspešnost razvrščanja				
Barva predmeta	Število poskusov	Pravilno razvrščeni	Napačno razvrščeni	Uspešnost (%)
R0	20	10	10	50%
M0	20	8	12	40%
<b>S0</b>	<b>40</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>45%</b>
R1	20	13	7	65%
M1	20	17	3	85%
<b>S1</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>75%</b>
R2	20	16	4	80%
M2	20	14	6	70%
<b>S2</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>75%</b>
R – predmet rdeče barve M – predmet modre barve S – skupni rezultat 0 – opazovanje v čisti temi 1 – opazovanje pri naravni svetlobi 2 – opazovanje pri umetni svetlobi				

Sistem je dosegel skupno 65% odstotno uspešnost razvrščanja.

## 5.2 Odzivni čas sistema

Odzivni čas predstavlja čas od zaznave predmeta do njegovega preusmerjanja.

Poskus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Čas odziva (s)	1,16s	1,10s	1,05s	1,10s	1,01s	1,11s	0,95s	1,11s	1,03s	1,16s

Povprečen odzivni čas je približno 1,078s. Sistem deluje enakomerno in brez večjih odstopanj.

## 5.3 Opazovane napake

Med testiranjem so bile zaznane naslednje napake:

- tresljaji in zatikanje pri pogonu tekočega traku.
- vpliv naravne svetlobe na barvni senzor.

Kljub temu sistem ni izgubil stabilnosti delovanja.

## 5.4 Ugotovitve

- IR senzor zanesljivo zazna prisotnost predmeta,
- razvrščanje je v večini primerov pravilno,
- odzivni čas je primeren za kontinuirano delovanje,
- največ napak povzroča osvetlitev okolice.

Model avtomatiziranega razvrščevalnega sistema je uspešno demonstriral delovanje avtomatizacije: zaznavanje, odločanje in izvrševanje.

## 6. RAZPRAVA

Namen raziskave je bil preveriti, ali je mogoče s preprostim mikrokrmilniškim sistemom izdelati zanesljiv avtomatiziran sistem, ki razvršča predmete glede na barvo. Pričakovati je bilo, da bo sistem večino predmetov razvrstil pravilno, na natančnost pa bodo vplivali predvsem osvetlitev, mehanska izvedba in lastnosti senzorjev. Rezultati so pokazali približno 75-odstotno uspešnost razvrščanja pri normalni osvetlitvi, kar je bilo pod pričakovanji, ampak potrjujejo, da je tudi preprost model sposoben relativno zanesljivega delovanja.

Sistem je pravilno zaznal prisotnost predmeta ter izvedel ostale pričakovane gibe, kot so pomiki obeh motorjev in delovanje LED. Do večjega odstopanja je prihajalo predvsem pri slabši osvetlitvi prostora. To pomeni, da barvni senzor ne meri absolutne barve predmeta, ampak odbito svetlobo, ki je odvisna od okolice. Posledično lahko že majhna sprememba svetlobe vpliva na delovanje krmilnika. Pri delovanju tekočega traku ob naravni svetlobi je senzor večkrat zaznal modro barvo. Ko je bila dodana umetna svetloba, je senzor večkrat zaznal rdečo barvo, ki je svetlejša kot modra.

Opaziti je bilo tudi mehanske vplive na rezultate. Pri povečani hitrosti se je pojavljalo rahlo tresenje koračnega motorja, zaradi česar se je tekoči trak občasno zataknil. To pomeni, da natančnost avtomatiziranega sistema ni odvisna le od programa, temveč tudi od mehanske konstrukcije in pogona. V industrijskih sistemih se zato uporabljajo stabilnejši pogoni, vodila in blažilniki gibanja.

Pri delovanju je pomembno vlogo igralo tudi napajanje. Koračni motor povzroča motnje v električnem omrežju, kar bi lahko vplivalo na delovanje mikrokrmilnika. S tem razlogom je bil uporabljen ločen napajalnik, ki je bil posebej namenjen močnostnemu delu ter kondenzator, ki je motnje zmanjšal. To potrjuje splošno načelo v avtomatizaciji, da mora biti elektronika zaščitena pred motnjami pogonskih elementov.

## 6.1 Primerjava z realnimi industrijskimi sistemi

Natančnost izdelanega tekočega traku lahko primerjamo z realnimi industrijskimi sistemi za razvrščanje izdelkov.

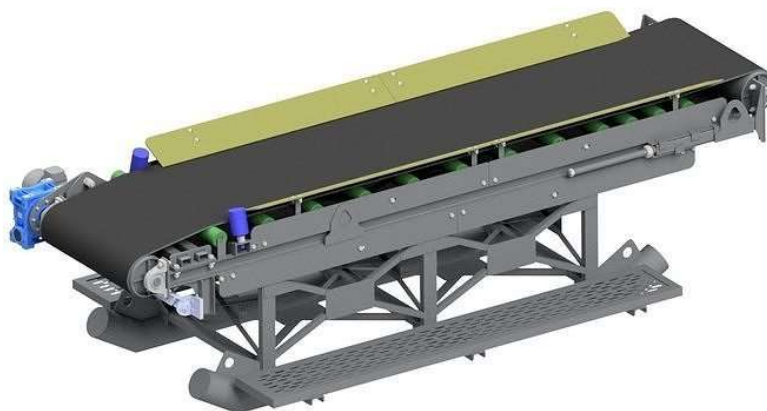
Zaradi enostavnosti in cene je najin tekoči trak očiten poraženec. Sortirni sistemi v industriji dosegajo vrhunske rezultate razvrščanja (97% - 98% natančnost), hitrost sortiranja pa lahko presega 2000 kosov na uro.

Med raziskavo so bile prisotne naslednje omejitve:

- omejena natančnost majhnega koračnega motorja,
- enostavna 3D tiskana konstrukcija traku,
- enostaven senzor določanja barve.

Možne izboljšave sistema bi bile:

- stalna osvetlitev predmetov, ki pripomore k natančnosti senzorjev,
- uporaba natančnejšega barvnega senzorja,
- Uporaba enodelnega gumijastega traku namesto 3D tiskanega, kar bi preprečilo zatikanja in nepotrebne upogibe delov samega traku.



slika 19: tekoči trak z enodelno gumo

Na podlagi razprave lahko zaključimo, da je izdelan model tekočega traku ustrezen za prikaz principov avtomatizacije in potrjuje, da na delovanje avtomatiziranih sistemov poleg programa pomembno vplivajo tudi okoljski in mehanski dejavniki. Vendar po točnosti in natančnosti ne pride niti blizu industrijskim linijam.

## 7. ZAKLJUČEK

Namen raziskovalne naloge je bil izdelati in preizkusiti pomanjšan avtomatiziran sistem za razvrščanje predmetov glede na barvo ter preveriti njegovo zanesljivost delovanja. Sistem je temeljil na povezavi senzorjev, mikrokrmilnika in izvršilnih elementov, kar predstavlja osnovni princip avtomatizacije.

Rezultati so pokazali, da sistem pravilno zazna prisotnost predmeta in v večini primerov tudi pravilno določi njegovo barvo ter ga preusmeri v ustrezno zbirno posodo. S tem je bil potrjen namen naloge, in sicer da je mogoče z uporabo mikrokrmilnika in osnovnih elektronskih komponent izdelati delujoč avtomatiziran sistem. Delovanje je bilo stabilno, odzivni čas primeren, napake pa so se pojavljale predvsem zaradi vpliva svetlobe, natančnosti barvnega senzorja in mehanskih omejitev konstrukcije.

Raziskava je pokazala, da uspešnost avtomatiziranega sistema ni odvisna samo od programa, temveč tudi od pravilne izbire senzorjev, stabilnega napajanja in kakovostne mehanske izvedbe. Model tekočega traku zato dobro ponazarja realne industrijske procese, kjer je potrebno usklajeno delovanje vseh sklopov sistema.

Cilji raziskave so bili doseženi. Izdelani model tekočega traku je primeren za demonstracijo principov avtomatizacije in za učenje povezave med zaznavanjem, obdelavo podatkov in izvrševanjem ukazov. Nadaljnje izboljšave bi bile mogoče z uporabo natančnejših senzorjev, nadzorovane osvetlitve in stabilnejše mehanske konstrukcije.

### 7.1 Potrditve hipotez

Na začetku raziskovanja so bile postavljene naslednje hipoteze:

1. Z uporabo cenovno dostopnih komponent, je mogoče zgraditi delujoč avtomatiziran sistem.
2. Barvni senzor lahko brez težav pod vsakimi pogoji zazna predmete dveh različnih barv (rdeče in modre).
3. Projekt predstavlja učno izkušnjo primerljivo industrijskim linijam
4. Cena projekta je dostopna dijakom.

Po opravljeni nalogi so ugotovitve naslednje:

Prva hipoteza je potrjena, saj sva z uporabo 3D natisnjenih modelov, mikrokrmilnika in drugih cenejših komponent uspešno sestavila tekoči trak za razvrščanje predmetov glede na barvo.

Druga hipoteza je zavrnjena, saj je imel senzor težave pri zaznavi barve, še posebej v slabih svetlobnih pogojih. To pomeni, da je za zanesljivo delovanje avtomatiziranega sistema potrebno upoštevati tudi vplive okolja. V praksi bi bil potreben nadzor osvetlitve.

Tretja hipoteza je potrjena, saj se lahko z dovolj volje cenovno ugodno naučimo ustreznih osnov avtomatizacije in krmilne tehnike. Projekt omogoča razumevanje delovanja senzorjev, pogonov, logike krmiljenja ter samega povezovanja elektronskih in mehanskih komponent v eno celoto.

Četrta hipoteza je potrjena, saj je projekt cenovno ugoden in znaša le okoli 80€. To pomeni, da je primeren za uporabo v izobraževalne namene in ga je mogoče izvesti tudi v šolskem okolju brez večjih finančnih sredstev.

## 8. VIRI IN LITERATURA

<https://docs.arduino.cc/hardware/>

<https://www.circuitbasics.com/>

<https://makerworld.com/en/models/532026-poop-shoot-conveyor-belt-system-version-2?from=search#profileId-448856>

<https://www.nature.com/articles/s41598-025-13164-3?utm>

### 8.1 Viri slik:

- [https://si.farnell.com/productimages/large/en\\_GB/3529847-40.jpg](https://si.farnell.com/productimages/large/en_GB/3529847-40.jpg)
- <https://www.fbselektronik.com/media/uploads/images/S8-1.JPG>
- <https://tipteh.com/wp-content/uploads/2022/05/Leuze-Measuring-Light-Curtain.webp>
- <https://www.3dsvet.eu/wp-content/uploads/2019/08/Arduino-NANO-blue.jpg>
- [https://www.intercom.si/wp-content/uploads/2018/01/elvem\\_motor-500x500.png](https://www.intercom.si/wp-content/uploads/2018/01/elvem_motor-500x500.png)
- <https://srcesloveniji.si/wp-content/uploads/2021/11/transportni-trakovi-1-1.jpg>
- <https://www.3dsvet.eu/wp-content/uploads/2023/07/Arduino-NANO-ATmega328-type-C-USB-CH340G-zalotani-pini.jpg>
- <https://www.3dsvet.eu/wp-content/uploads/2019/08/Arduino-NANO-blue.jpg>
- <https://www.cip.si/media/catalog/product/cache/99e8c8bde0fbf1b405d4c2c2706d4817/i/r/ir.png>
- <https://www.tandyonline.com/media/catalog/product/cache/d24a34bded6d2df740ef66d66d2112c9/9/8/980-1334.png>
- <https://catalog.orientalmotor.com/Asset/pkp243d23b2-img.jpg>
- <https://www.hwlibre.com/wp-content/uploads/2022/03/servo-sg90.jpg>
- <https://a.allegroimg.com/original/11ca8d/c1b236f64ae2a298cbfa374cf336/Poje-mnik-warsztatowy-119x77x56-KOMPLET-60-szt-EAN-GTIN-5905567080012>
- [https://3dtrcek.com/media/catalog/product/cache/d4717dd4acbde17c30eb51080438f168/u/n/untitled\\_design\\_1.png](https://3dtrcek.com/media/catalog/product/cache/d4717dd4acbde17c30eb51080438f168/u/n/untitled_design_1.png)
- <https://img1.cgtrader.com/items/3445260/5d7f3e52fc/large/conveyor-belt-machine-3d-model-stl-ige-stp.jpg>

## 9. ZAHVALA

Na tem mestu se zahvaljujema mentorjema Klemnu Zaponšku in Maji Glušič, za strokovno pomoč, usmerjanje in nasvete pri izdelavi raziskovalne naloge. Njuna podpora in predlogi so pomembno prispevali k uspešni izvedbi projekta.

Prav tako se zahvaljujema Elektro in računalniški šoli Velenje (ERŠ) ter Medpodjetniškemu izobraževalnemu centru (MIC) za omogočeno uporabo prostorov in opreme, potrebne za izdelavo in testiranje sistema.