

# Uspostavljanje pokretne proizvodne linije za automatsku inspekciju proizvoda uz primjenu programiranja s malo ili bez koda

---

**Meštrović, Lovro**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:395838>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Lovro Meštrović

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Miro Hegedić

Student:

Lovro Meštrović

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Miri Hegediću na pomoći i savjetima tijekom pisanja Diplomskog rada.

Zahvaljujem Matiji Golecu, mag. ing. mech. i dr. sc. Mihaelu Gudlinu na pomoći i pruženim informacijama vezanim uz Diplomski rad.

Posebno zahvaljujem roditeljima i sestri na podršci i strpljenju tijekom dosadašnjeg obrazovanja.

Zahvaljujem bakama i djedovima na riječima ohrabrenja.

Zahvaljujem djevojci i prijateljima na podršci, pomoći i na lijepo provedenom vremenu tijekom studiranja.

Lovro Meštrović



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
Proizvodno inženjerstvo, inženjerstvo materijala, industrijsko inženjerstvo i menadžment,  
mehatronika i robotika, autonomni sustavi i računalna inteligencija

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 23 -	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Lovro Meštrović** JMBAG: 0035215361

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Uspostavljanje pokretne proizvodne linije za automatsku inspekciju proizvoda uz primjenu programiranja s malo ili bez koda**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Establishing a moving production line for automated product inspection using low or no code programming**

Opis zadatka:

Uspon Industrije 4.0 donio je prekretnicu u industrijskoj automatizaciji te se tvrtke sve više oslanjaju na pametne proizvodne tehnike kako bi poboljšale svoje proizvodne procese. Jedna od ključnih komponenti pametne proizvodnje je sposobnost automatizacije i optimizacije proizvodnih linija, što može dovesti do značajnog poboljšanja učinkovitosti, kvalitete i isplativosti. Koncept pokretne proizvodne linije za automatsku inspekciju proizvoda koristeći tehnike programiranja s malo ili bez koda (*Eng. Low and No-code programming*) je trend u industrijskoj automatizaciji koji je u posljednjih nekoliko godina privukao značajnu pažnju. Korištenjem ovih tehnika, sada je moguće dizajnirati i implementirati složene automatizacijske sustave bez potrebe za specijaliziranim programerskim vještinama ili obimnim poznavanjem programiranja.

U radu je potrebno

1. Prikupiti informacije o temi, uključujući povijest i sadašnje stanje proizvodnih linija, načine automatizacije proizvodnih linija i primjenu Lean pristupa upravljanju proizvodnjom te aplikacija za praćenje proizvodnje s fokusom na kontrolu kvalitete.
2. Opisati načine automatizacije proizvodnih linija korištenjem senzora, releja, PLC-a i računalnih sustava.
3. Detaljno istražiti i opisati tehnike tehnika programiranja s malo ili bez koda te usporediti dostupne online alate i programe.
4. Opisati jednu proizvodnu liniju i na primjeru iste predložiti implementaciju principa programiranja s malo ili bez koda u upravljanju istom
5. Analizirati prikupljene podatke i donijeti vlastite zaključke te preporuke za implementaciju.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

4. svibnja 2023.

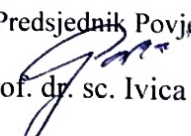
6. srpnja 2023.

17. – 21. srpnja 2023.

Zadatak zadao:

  
Doc.dr.sc. Miro Hegedić

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Ilica Garašić

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS KRATICA .....	VI
POPIS OZNAKA .....	VII
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY .....	IX
1. UVOD.....	1
1.1. Pokretna traka u prošlosti.....	1
1.2. Pokretna traka u sadašnjosti.....	2
2. AUTOMATIZACIJA POKRETNE TRAKE.....	3
2.1. Automatizacija sensorima i relejima.....	3
2.2. Automatizacija PLC-om .....	4
2.3. Automatizacija računalnim sustavima .....	5
2.3.1. Low-code programiranje.....	6
2.3.1.1. ManageEngine AppCreator .....	10
2.3.1.2. Microsoft Power Apps .....	11
2.3.1.3. OutSystems .....	13
2.3.1.4. Mendix .....	14
2.3.1.5. Appian.....	16
2.3.1.6. Zoho Creator .....	18
2.3.2. No-code programiranje .....	20
2.3.2.1. Bubble.io.....	21
2.3.2.2. Glide.....	22
2.3.2.3. Thunkable .....	24
2.3.2.4. AppGyver.....	26
2.3.2.5. Adalo.....	28
3. PRISTUP UPRAVLJANJA I APLIKACIJE ZA PRAĆENJE PROIZVODNJE .....	30
3.1. Lean pristup upravljanja.....	30
3.1.1. 5S .....	30
3.1.2. TPM .....	31
3.1.3. SMED .....	32
3.1.4. Mapiranje toka vrijednosti .....	32
3.1.5. Kaizen .....	33
3.1.6. Upravljanje zalihama .....	34
3.1.7. JIT .....	35
3.2. Aplikacije za praćenje proizvodnje.....	36
3.2.1. Airtable .....	36
3.2.2. RPA.....	37
3.2.3. Asana.....	38
3.2.4. Trello.....	40

---

3.2.5. Slack.....	41
3.2.6. Monday.com .....	43
4. PROIZVODNA LINIJA .....	45
4.1. Koncept rada proizvodne linije .....	45
4.2. Sastavnice pokretne linije .....	45
4.2.1. Aluminijski profili i spojni elementi .....	46
4.2.2. Pogonski elementi .....	47
4.2.3. Elementi za nošenje robe .....	48
4.2.4. Elementi za očitavanje prisutnosti .....	49
4.2.5. Pneumatski elementi .....	50
4.2.6. Elementi za strojni vid .....	51
4.2.7. Upravljačka jedinica .....	53
5. PRIMJENA PRISTUPA UPRAVLJANJA I APLIKACIJA NA POKRETNOSTI LINIJI ..	54
5.1. Potencijalna poboljšanja linije .....	54
5.2. Elementi za prikupljanje i analizu podataka .....	56
5.3. Analiza procesa u odnosu na manufakturu .....	58
6. ZAKLJUČAK.....	61
LITERATURA.....	62

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	Pokretna traka u tvornici Forda početkom 20. stoljeća [3] .....	1
Slika 2.	Pokretna automatizirana traka u automobilskoj industriji [1] .....	2
Slika 3.	Prikaz ormara sa relejima korištenih za automatizaciju [3] .....	3
Slika 4.	Siemens Logo PLC [5] .....	4
Slika 5.	Prikaz automatizacijske piramide [6] .....	5
Slika 6.	Prikaz veličine trenutnog tržišta i predikcije u mlrd. dolara [7, 40] .....	6
Slika 7.	Prikaz broja dobavljača platformi s malo koda [7] .....	7
Slika 8.	Prikaz blok dijagrama aplikacije za vođenje proizvodnje .....	7
Slika 9.	Prikaz funkcija u Node-RED low code programu .....	8
Slika 10.	Prikaz naslovne strane web stranice napravljene pomoću low-codea .....	9
Slika 11.	Prikaz sučelja za pokretanje i zaustavljanje proizvodnje te pregled grešaka na liniji .....	9
Slika 12.	Prikaz statistike dohvatljive pomoću ManageEngine AppCreatora .....	11
Slika 13.	Prikaz simbola s kojima se slažu relacije u aplikaciji .....	12
Slika 14.	Prikaz desktop verzije novog projekta u Outsystemu .....	14
Slika 15.	Shema izrade Mendix aplikacije [13] .....	16
Slika 16.	Prikaz sučelja Appian Process Modelera .....	18
Slika 17.	Prikaz izvještaja u aplikaciji Zoho Creator [15] .....	19
Slika 18.	Prikaz broja dobavljača platformi bez koda [7] .....	21
Slika 19.	Prikaz sučelja u Bubble.io .....	22
Slika 20.	Prikaz sučelja mobilnog telefona aplikacije Glide .....	24
Slika 21.	Prikaz izrade tipkovnice [19] .....	25
Slika 22.	Prikaz tipkovnice napravljene pomoću Thunkable [19] .....	26
Slika 23.	Prikaz radnog sučelja u AppGyveru [22] .....	28
Slika 24.	Radno sučelje u programu Adalo .....	29
Slika 25.	Prikaz vremena izmjene stroja [25] .....	32
Slika 26.	Prikaz mapiranja toka vrijednosti [25] .....	33
Slika 27.	Prikaz Kaizen sustava u 12 koraka [26] .....	34
Slika 28.	Prikaz razina zaliha [25] .....	34
Slika 29.	Prikaz sučelja Airtable-a [27] .....	37
Slika 30.	Prikaz prednosti korištenja RPA sustava [29] .....	38
Slika 31.	Prikaz sučelja programa Asana .....	39
Slika 32.	Prikaz sučelja programa Trello .....	41
Slika 33.	Prikaz sučelje Slacka .....	43
Slika 34.	Prikaz sučelja u Monday.com .....	44
Slika 35.	Aluminijski profili za sastavljanje linije .....	46
Slika 36.	Vijak, matica i kutnik .....	46
Slika 37.	REXROTH trofazni motor [34] .....	47
Slika 38.	Prikaz spajanja motora i kondenzatora .....	48
Slika 39.	Remen na proizvodnoj liniji [34] .....	49
Slika 40.	Induktivni senzor REXROTH 2150CN .....	49
Slika 41.	Elektroventil CPE10-M1BH-3GL-M7 .....	50
Slika 42.	Kompresor .....	51
Slika 43.	Prikaz sustava strojnog vida na pokretnoj liniji .....	52
Slika 44.	Upravljačka jedinica – Arduino Uno Wifi Rev 2 .....	53
Slika 45.	Prikaz sastavljene pokretne linije .....	54
Slika 46.	Prikaz modela sustava strojnog vida [37] .....	57
Slika 47.	Prikaz radne jedinice inspekcijskog radnika u manufakturi [34] .....	59



---

Slika 48. Prikaz pokretne linije sa sustavom za strojni vid opisanom u radu..... 60

---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Prikaz 5S koraka [25] .....	30
Tablica 2. Usporedba PLCa i mikroupravljača [35, 36].....	53
Tablica 3. Usporedba manufakture i automatizirane linije .....	59

---

**POPIS KRATICA**

<b>Kratica</b>	<b>Opis</b>
AI	Umjetna inteligencija
API	Aplikacijsko programsko sučelje
CDS	Platforma za upravljanje podacima
ERP	Sustav za planiranje resursa poduzeća
GDPR	Uredba o zaštiti podataka
GPS	Globalni sustav za pozicioniranje
GPU	Procesor za grafičku obradu
HIPAA	Zakon o zaštiti privatnosti i sigurnosti medicinskih podataka pacijenta
HMI	Sustav za nadzor strojeva
iOS	Apple operativni sustav
IoT	Internet stvari
IT	Informatička tehnologija
JIT	Točno na vrijeme
ML	Strojno učenje
PLC	Programabilni logički kontroler
RPA	Automatizacija procesa robotima
SAD	Sjedinjene Američke Države
SAP	Proizvođač ERP sustava
SCADA	Računalni sustav za nadzor, mjerenje i upravljanje
TPM	Potpuno produktivno održavanje

**POPIS OZNAKA**

---

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
<i>C</i>	F	Kapacitet kondenzatora
<i>Ep</i>	%	Efikasnost procesa
<i>L</i>	m	Oznaka duljine
<i>P</i>	Bar	Tlak
<i>P</i>	W	Snaga
<i>T</i>	°C	Oznaka temperature
<i>v</i>	m/s	Brzina

**SAŽETAK**

U diplomskom radu je razrađena tema pokretne trake, njezina povijest i suvremene primjene u industriji. Uvod opisuje razvoj pokretne trake od prošlih vremena do danas. Fokus prvog dijela rada je na automatizaciji pokretne trake korištenjem senzora, releja, PLC-a te računalnih sustava. U drugom dijelu opisane su različite metode automatizacije, uključujući programiranje s malo ili bez koda. Navedeni su alati i platforme koji omogućavaju automatizaciju bez dubljeg poznavanja programiranja. Nadalje, opisani su pristupi upravljanja i aplikacije za praćenje proizvodnje koje bi se mogle koristiti u kombinaciji s pokretnom trakom. Lean pristup upravljanja uključuje različite tehnike poput 5S, TPM, SMED, itd. Također, predstavljene su razne aplikacije za praćenje proizvodnje. U četvrtom dijelu nalazi se opis koncepta rada proizvodne linije i njezini sastavni elementi. Dok se u petom dijelu razmatra primjena pristupa upravljanja i aplikacija na pokretnoj traci. Naglasak je na potencijalnim poboljšanjima linije, prikupljanju i analizi podataka te usporedbi procesa s manufakturom. Zaključak sažeto iznosi glavne spoznaje istraživanja o pokretnoj traci, njezinoj automatizaciji te pristupima upravljanja i aplikacijama koje se mogu koristiti za poboljšanje proizvodnih procesa.

Ključne riječi: pokretna linija, automatizacija, lean, programiranje s malo i bez koda

---

**SUMMARY**

The thesis elaborates on the topic of production line, their history, and contemporary applications in the industry. The introduction describes the development of production line from the past to the present day. The focus of the first part of the paper is on the automation of production line using sensors, relays, PLCs, and computer systems. In the second part, various methods of automation are described, including low-code and no-code programming. The tools and platforms that enable automation without a deep knowledge of programming are mentioned. Furthermore, management approaches and production monitoring applications that could be used in combination with the production line are described. The Lean management approach includes various techniques such as 5S, TPM, SMED, etc. Various production monitoring applications are also presented. The fourth part contains a description of the concept of the production line and its constituent elements. The fifth part discusses the implementation of management approaches and applications on the production line. The emphasis is on potential line improvements, data collection and analysis, and process comparison with manufacturing. The conclusion presents the main findings of the research on the production line, its automation, and management approaches and applications that can be used to enhance production processes.

Key words: production line, automation, lean, low and no-code programming

## 1. UVOD

Pokretna linija ili pokretna traka predstavlja tehnologiju i tehniku prijenosa ili prijevoza robe ili proizvoda. Ključna komponenta pokretne trake je kontinuirani fleksibilni pojas, remen ili lanac sa pripadajućim pogonskim sustavom. Pokretne trake mogu biti različitih oblika i veličina te je primjenjiva u raznim industrijama kao što su prehrambena, automobilska, rudarstvo i razne druge [1].

U ovom radu usredotočit ćemo se na elemente pokazne pokretne linije s elementima strojnog vida kao glavnom komponentom uz korištenje *low* i *no-code* programiranja kao metodom upravljanja. Također, u radu će se analizirati utjecaj tehnološkog napretka na razvoj pokretnih traka i njihovu budućnost u industrijskoj proizvodnji. Opće je poznato kako ova tehnologija može pomoći u poboljšanju produktivnosti i efikasnosti u industrijskoj proizvodnji.

### 1.1. Pokretna traka u prošlosti

Pokretne trake, kao jedan od najznačajnijih inovacija u proizvodnji i proizvodnim procesima nastala je u 19. stoljeću. Prvi oblici pokretnih traka koji su poboljšavali distribuciju i način proizvodnje bili su u rudnicima ugljena gdje su korišteni za transportiranje ugljena iz rudnika do mjesta proizvodnje. Na samom početku 20. stoljeća, 1901. godine je Henry Ford patentirao pokretnu traku u izradi vozila. Postupak uvođenja trake u pogon pokazao je značajno smanjenje trajanja procesa kao i povećanje kvalitete proizvoda [2].

Prikaz pokretne trake iz Ford tvornice dan je na slici 1.



Slika 1. Pokretna traka u tvornici Forda početkom 20. stoljeća [3]

## 1.2. Pokretna traka u sadašnjosti

Obzirom na napredak industrije koja podrazumijeva automatizaciju i robotizaciju koja je vezana uz industriju 4.0, pokretne trake su postale neizostavan dio proizvodnih linija.

Njihova glavna prednost je u tome što omogućuju brži i učinkovitiji transport proizvoda ili materijala. Zahvaljujući brzini, efikasnosti i jednostavnosti uporabe, pokretne trake su postale nezaobilazan alat u modernoj proizvodnji.

Trenutno korištenje pokretnih traka uključuje i primjenu u 4.0 industriji. Ova industrijska revolucija koristi naprednu tehnologiju kao što su senzori, Internet stvari (eng. *IoT*) i umjetna inteligencija (eng. *AI*) za povezivanje, nadzor i kontrolu proizvodnih procesa. U ovom kontekstu, pokretne trake igraju važnu ulogu u automatizaciji proizvodnih linija, što dovodi do povećanja efikasnosti, smanjenja troškova i povećanja kvalitete proizvoda. Primjeri primjene pokretnih traka u 4.0 industriji uključuju korištenje senzora za nadzor stanja pokretne trake i poboljšanje održavanja, korištenje *AI* za predviđanje otkazivanja i optimizaciju rada pokretne trake, i korištenje *IoT* za praćenje kretanja proizvoda kroz proizvodni proces.



Slika 2. Pokretna automatizirana traka u automobilskoj industriji [1]



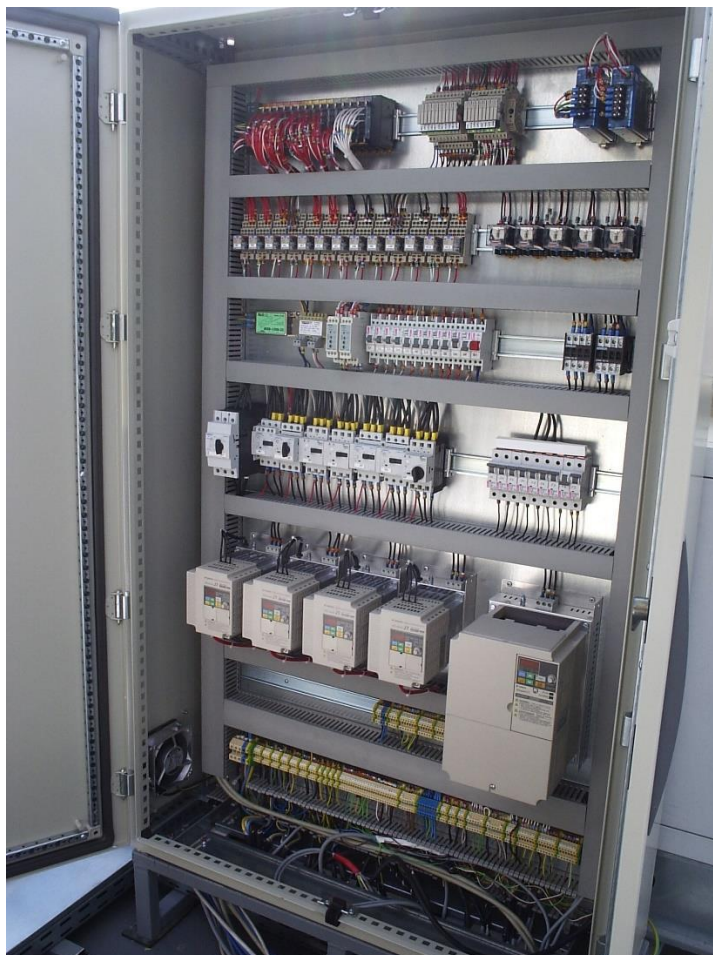
## 2. AUTOMATIZACIJA POKRETNE TRAKE

### 2.1. Automatizacija sensorima i relejima

Automatizacija sensorima i relejima spada u robusnije načine automatiziranja procesa. Obzirom na jednostavnost, može se koristiti u industrijskom okruženju za upravljanje strojevima, proizvodnih procesa te osiguravanje sigurnosti pomoću sigurnosnih gljiva.

Česta je primjena i u kućnoj automatizaciji. Najčešći sustavi su za detektiranje prisutnosti pomoću senzora i zatim relejno okidanje rasvjete, klimatizacije, otvaranja ili zatvaranja vrata, roleta i slično.

U prometnim sustavima primjena je kod regulacija brzine, otkrivanje prisutnosti vozila ili pješaka te djelovanje sukladno pravilima prometa.



Slika 3. Prikaz ormara sa relejima korištenih za automatizaciju [3]

## 2.2. Automatizacija PLC-om

PLC (eng. *Programmable Logic Controller*) predstavlja nastavak razvoja nakon automatizacije elektromehaničkim relejima. Izumljen je krajem 1960.-tih godina kao zamjena za tadašnje sekvencijalne relejne krugove koji su se koristili u upravljačkim zadacima u industriji. Prve PLC uređaje počelo je koristiti poduzeće General Motors [4].

Od samih početaka razvoja omogućuje pouzdano i precizno te fleksibilno upravljanje industrijskim procesima i sustavima. Korisnici imaju mogućnost primiti podatke s ulaza, upravljati izlazima, programirati logičke operacije, matematičke funkcije te komunicirati s ostalim uređajima. Obzirom na robusnost, koristi se u raznim industrijama, proizvodnim, kemijskim, prehrambenim, tekstilnim i slično. Postoji široka paleta modela te modula za jednostavnu nadogradnju koji omogućuju povećanje broja ulaza i izlaza, kako digitalnih tako i analognih. Bitna karakteristika PLC-a je jednostavnost programiranja pomoću više jezika Function Block Diagrams, Structured Text, Ladder logike i drugi. Zahtjevnost implementacije je usko vezana uz proces koji se automatizira [5].

Prikaz Siemens-ova PLC-a dan je na slici 4.

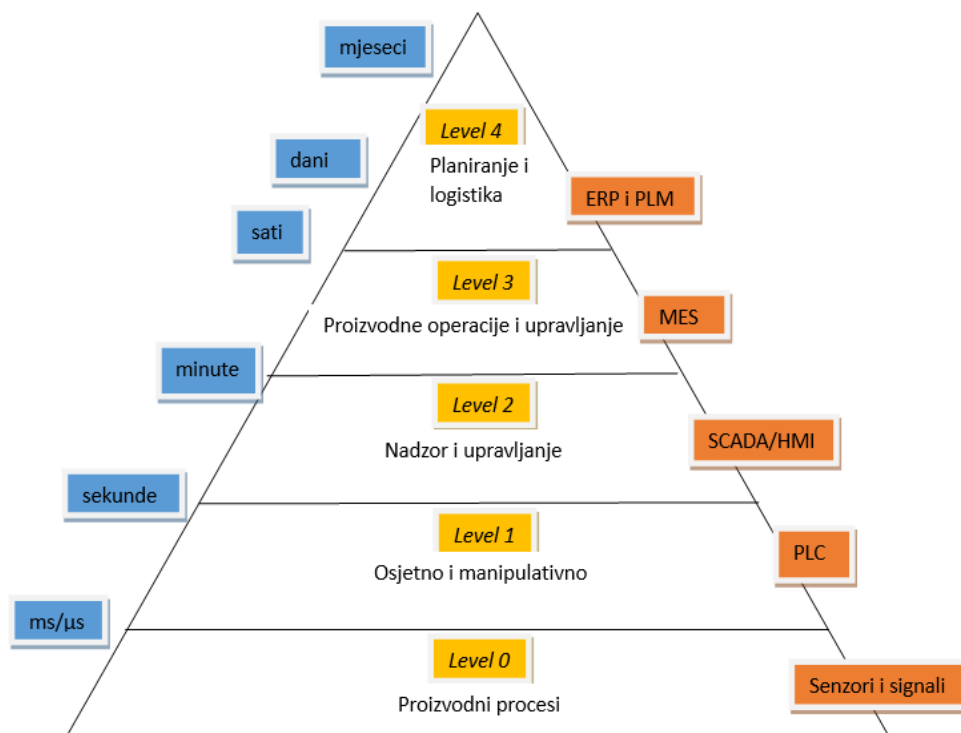


Slika 4. Siemens Logo PLC [5]

### 2.3. Automatizacija računalnim sustavima

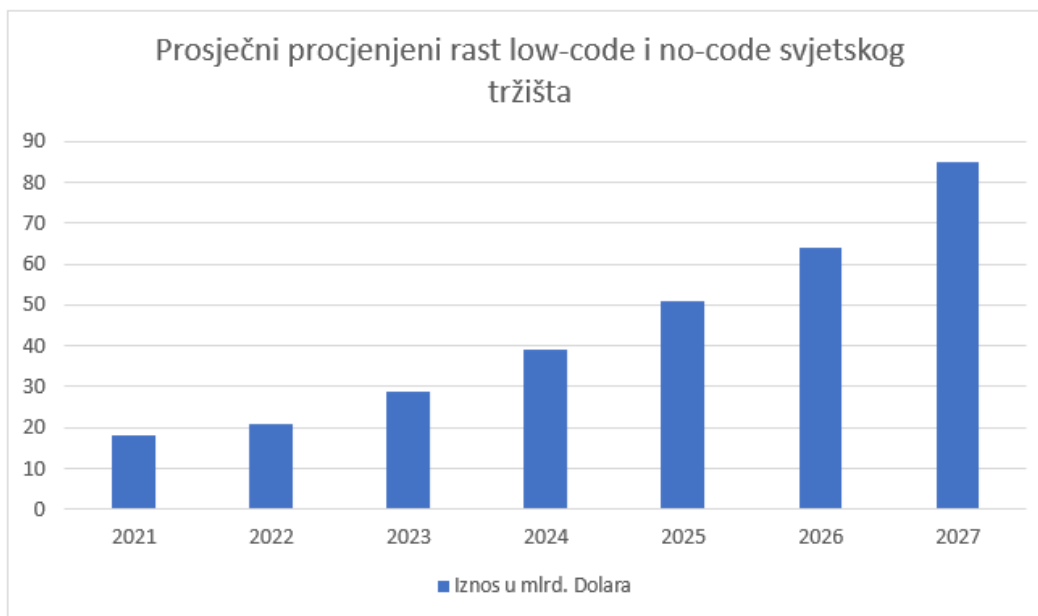
Kronološki, nakon automatizacije relejima i PLC-om počeci su korištenja automatizacije programima nastalih klasičnim programiranjem. Kasnije, nastupila je automatizacija *low* i *no-code* programima. Za izradu programa ovim tehnologijama nije potrebno napredno programersko znanje. Upravo je to omogućilo izradu programa te stvaranje aplikacija kroz vizulno sučelje uz minimalno poznavanje pisanja koda.

Na slici 5. prikazana je automatizacijska piramida koja pokazuje odnose između elemenata za automatizaciju procesa. Korištenje senzora i releja po piramidi pripada u 0. razinu automatizacije, dok PLC pripada u 1. razinu. Tek kada su te razine prisutne može se pristupiti nadogradnji u automatizacijskom smislu implementiranjem računalnih sustava, sustava 2. razine. Spomenuti sustavi mogu biti podloga za razinu 3. i/ili 4. ili mogu biti krajnja razina automatizacije. Tražena rješenja mogu biti napravljena uz pomoć *low* ili *no-code* programiranja.



Slika 5. Prikaz automatizacijske piramide [6]

Na slici 6. prikazana je veličina tržišta za aplikacije s malo ili bez koda u milijardama dolara unazad 2 godine kao i predikcija tržišta u naredne 4.

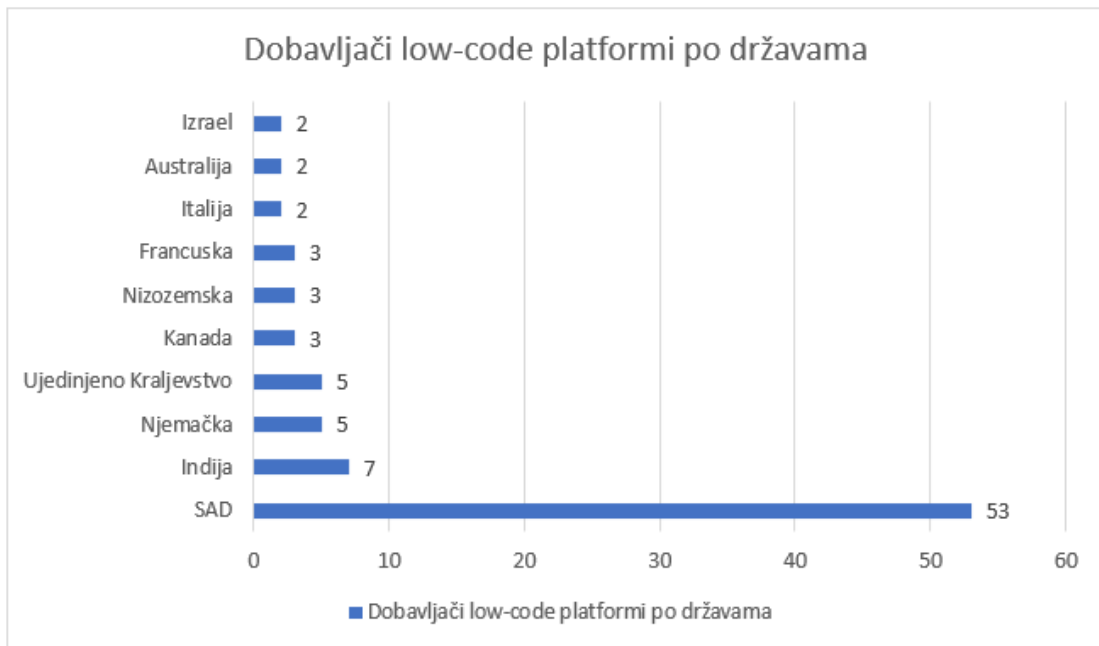


Slika 6. Prikaz veličine trenutnog tržišta i predikcije u mlrd. dolara [7, 40]

### 2.3.1. Low-code programiranje

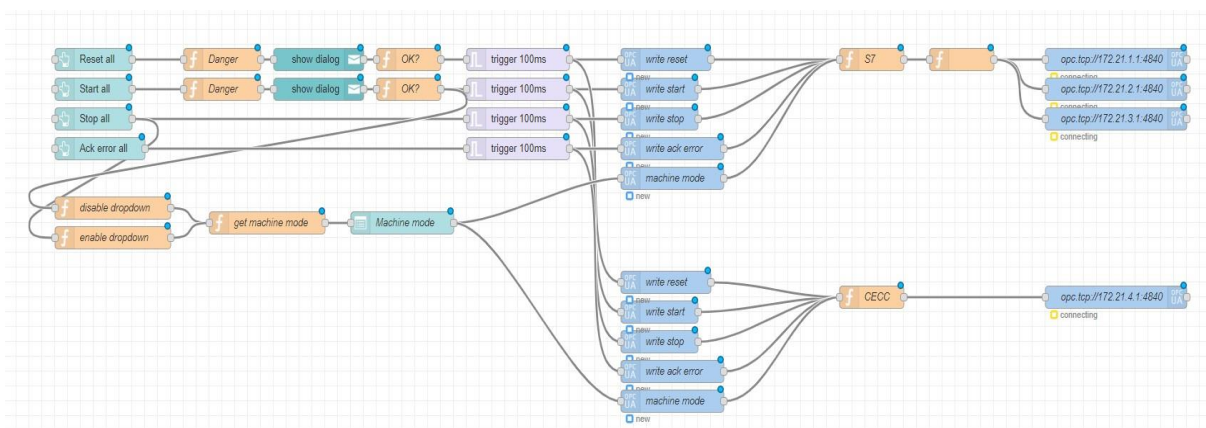
Programiranje s malo koda je pristup razvoju softvera koji omogućuje stvaranje aplikacija s manje oslanjanja na pisanje tradicionalnog programskog koda. U osnovi, platforme s malo koda nude vizualna sučelja i alate koji korisnicima omogućuju izradu aplikacija povlačenjem i ispuštanjem elemenata, konfiguriranjem postavki i definiranjem poslovne logike umjesto pisanja opsežnih redaka koda [8].

Na slici 7. dijagramski je prikaz zastupljenosti prodavača *low-code* platformi razvrstan po kriteriju država u kojima su nastali. Vidljivo je kako Sjedinjene Američke države imaju znatno više od ostatka svijeta. Prvih 10 država čini otprilike 85% dobavljača platformi. SAD čini čak 53% svjetskih dobavljača dok je u Europi 18%.



Slika 7. Prikaz broja dobavljača platformi s malo koda [7]

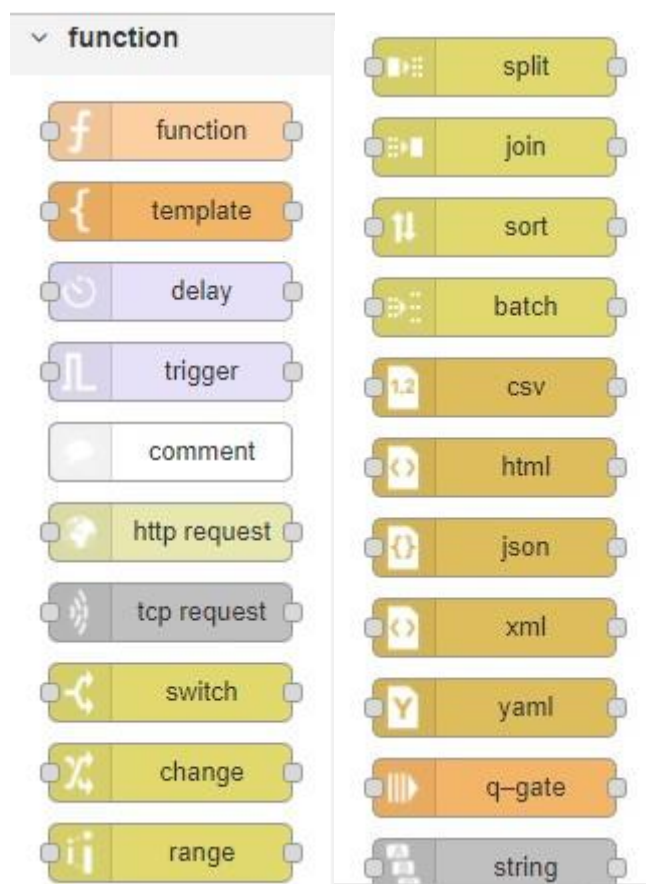
Jedna od glavnih prednosti programiranja s malo koda je njegoova sposobnost da ubrza razvojni ciklus. Automatiziranjem određenih zadataka kodiranja i pružanjem unaprijed izgrađenih komponenti i predložaka, programeri mogu brže i učinkovitije stvarati aplikacije. Ovo može značajno smanjiti vrijeme i resurse potrebne za tradicionalno kodiranje. Prikaz programiranog sustava nalazi se na slici 8.



Slika 8. Prikaz blok dijagrama aplikacije za vođenje proizvodnje

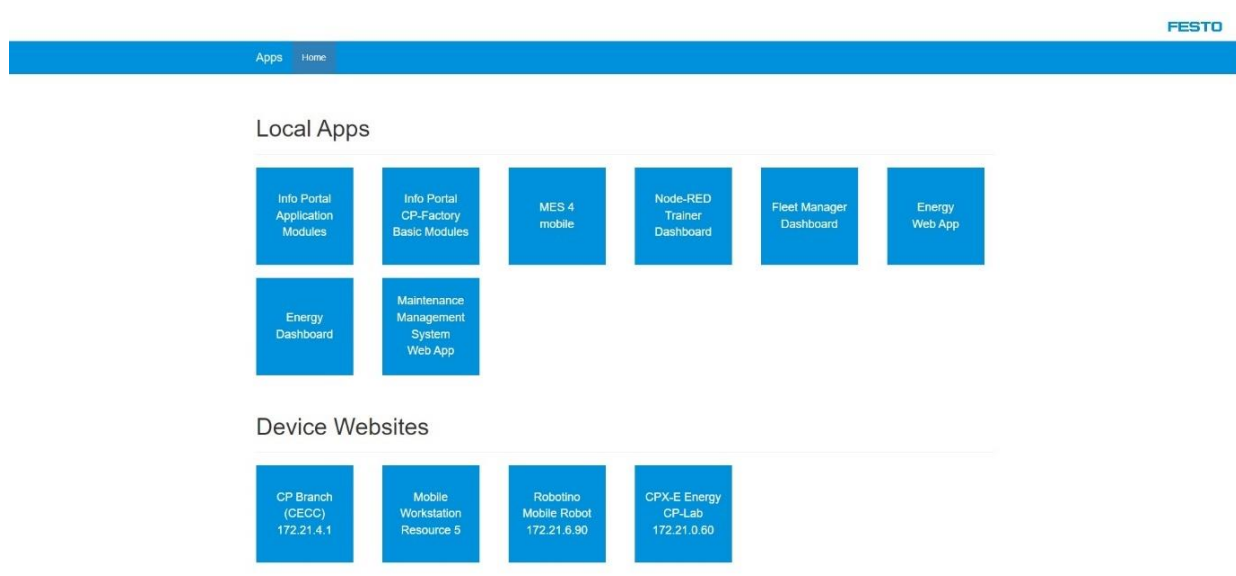
*Low-code* također promiče suradnju između različitih sudionika uključenih u proces razvoja. Poslovnim analitičarima, dizajnerima i programerima postaje lakše raditi zajedno na izradi aplikacija zahvaljujući vizualnom sučelju i apstrakciji složenih koncepata kodiranja [8].

Međutim, važno je napomenuti da programiranje s malo koda može imati neka ograničenja kada se radi o visoko prilagođenim ili složenim aplikacijama. Iako pojednostavljuje razvojni proces, mogu postojati ograničenja na razini fleksibilnosti i precizne kontrole koja se može postići u usporedbi s tradicionalnim pristupima kodiranju. Ograničenja su najčešće prikazana kao manjak potrebnih veza, to jest, funkcija koje se mogu složiti kombinacijom ponuđenih funkcija. Prikaz funkcija u Node-REDu, jednom od programa za *low-code* programiranje, dan je na slici 9.

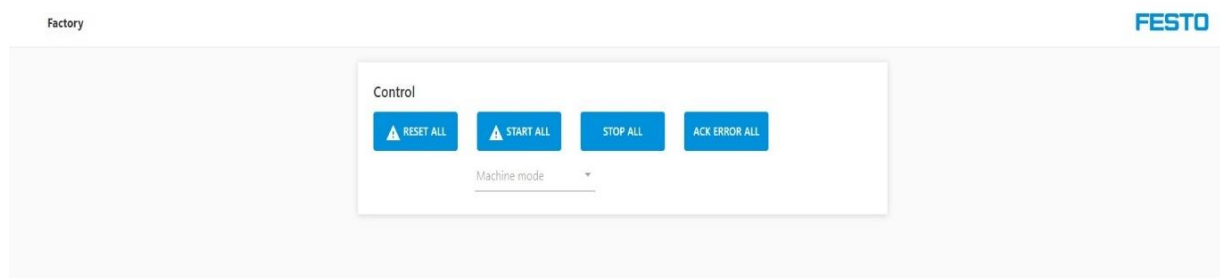


Slika 9. Prikaz funkcija u Node-RED low code programu

Sve veća dostupnost platformi i alata s malo koda potiče inovacije i omogućuje organizacijama brz razvoj i implementaciju aplikacija, također osnažuje pojedince s različitim razinama tehničke stručnosti da pridonose procesu razvoja, u konačnici smanjuje vrijeme izrade softvera i podržavajući digitalne transformacije. Na slikama 10. i 11. prikazana su rješenja koja je Fakultet strojarstva i brodogradnje implementirao na pokaznu pokretnu traku. Sustav se sastoji od 4 PLCa tako da je moguće govoriti o sustavu SCADA-e.



**Slika 10.** Prikaz naslovne strane web stranice napravljene pomoću low-codea



**Slika 11.** Prikaz sučelja za pokretanje i zaustavljanje proizvodnje te pregled grešaka na liniji

### 2.3.1.1. ManageEngine AppCreator

ManageEngine AppCreator je razvojna platforma koja radi na principu programiranja s malo koda. Dio je ManageEngine paketa softverskih rješenja za IT upravljanje.

Niže su navedene neke ključne značajke i aspekti ManageEngine App Creator [9]:

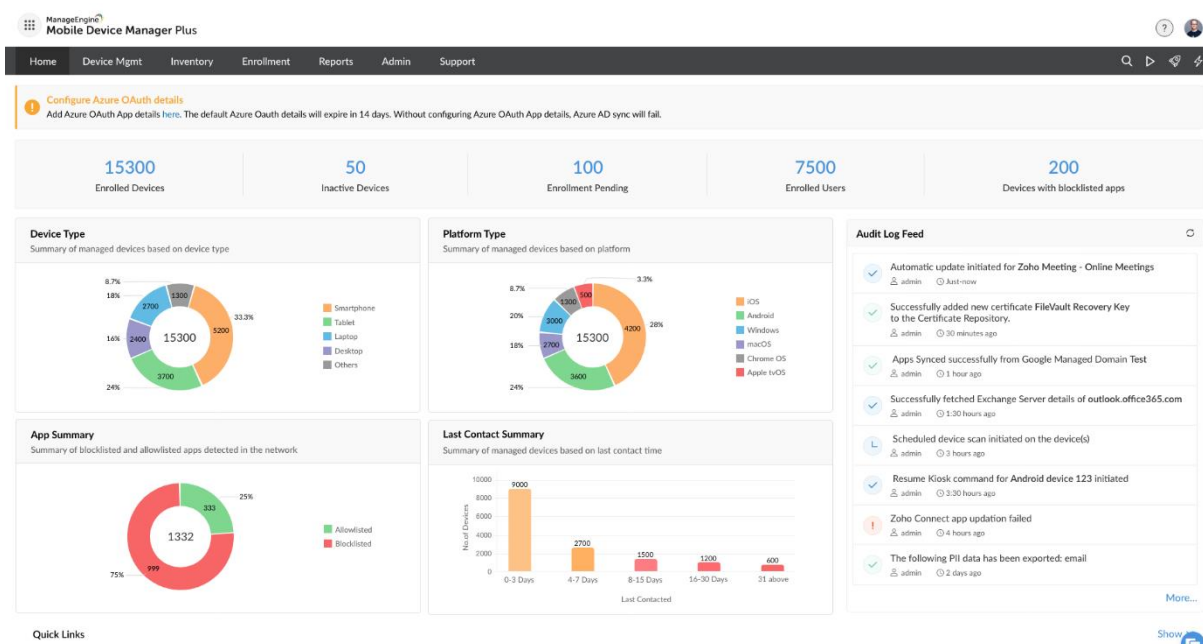
App Creator nudi vizualno, povuci i ispusti (eng. *drag and drop*), sučelje koje korisnicima omogućuje izradu aplikacija korištenjem unaprijed izgrađenih komponenti i predložaka. U tim predlošcima nalaze se najčešći primjeri koje bi određeno poduzeće moglo upotrijebiti u svojoj implementaciji, obzirom da se aplikacija treba prilagoditi zadacima poduzeća u koje se implementira. Kao i većina sličnih aplikacija, ManageEngine dopušta izradu obrazaca s podacima, mogućnost praćenja stanja skladišta, izradu izvještaja te općenitim upravljanjem tokovima rada [9].

App Creator aplikacija ima mogućnost integracije s drugim ManageEngine proizvodima i aplikacijama trećih strana, što osigurava vrlo dobru razmjenu podataka i maksimalno iskorištavanje palete proizvoda ManageEnginea [9].

Obzirom da vrijeme donošenja kvalitetnih odluka mora biti što kraće, kao i kod konkretnih aplikacija, App Creator ima mogućnost izrade i razvoja mobilne aplikacije. Mobilne verzije programa dostupne su u punoj funkcionalnosti na različitim platformama. Obzirom da na projektu ne radi najčešće jedna osoba nego tim ljudi, omogućeno je jednostavno dijeljenje podataka unutar jednog tima. Kao i odobrenje i mogućnost određenim korisnicima koji su unaprijed definirani administratori, unaprijediti aplikaciju i nakon trenutka implementacije što omogućuje kontinuiran napredak i sposobnost brze prilagodbe u slučaju promijene nekih faktora u proizvodnom ili podatkovnom tijeku procesa [9].

Jedna od prednosti ove aplikacije svakako je i mogućnost odabira hoće li aplikacija biti pohranjena i pogonjena na lokalnim serverima ili će biti omogućeno pristupanje aplikaciji koja se nalazi u oblaku. Aplikacije u oblaku su inicijalno jeftinije jer se oprema unajmljuje pa nema potrebe za kupovinom te je jednostavna nadogradnja ako se pokaže potreba za više resursa koji se zakupe. Karakteristika koja krasi i ostale aplikacije s malo koda je izrazito puno mogućnosti za nadogradnju uz jednostavne metode izmjene. Prikaz statističkih podataka koje ManageEngine AppCreator ima mogućnost dohvatiti i prikazati vidljiv je na slici 12.





Slika 12. Prikaz statistike dohvatljive pomoću ManageEngine AppCreatora

### 2.3.1.2. Microsoft Power Apps

Microsoft Power Apps platforma je za razvijanje programa s principom s malo koda. Moguća je izrada programa pomoću vizualnog sučelja sa skupom alata koji korisnicima omogućuju stvaranje aplikacija s jednostavnom integracijom s drugim Microsoftovim proizvodima kao što su SharePoint, Dynamics 365 i Microsoft Teams.

Ključne značajke Microsoft Power Apps su [10]:

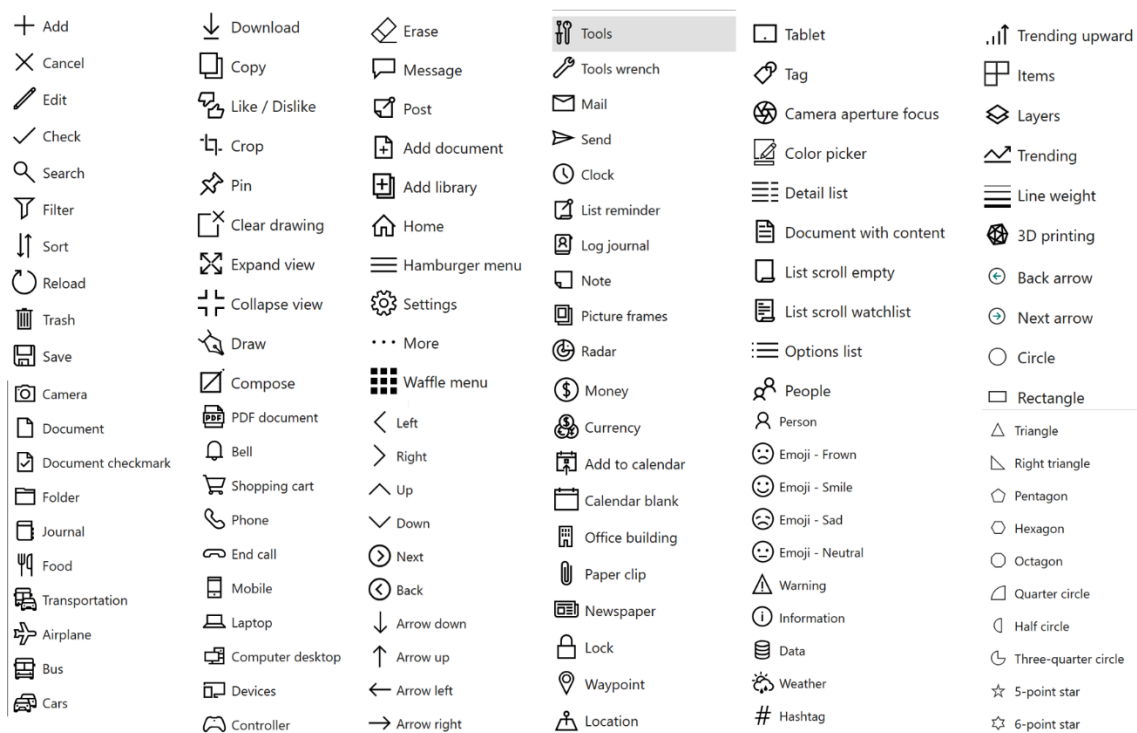
Power Apps, kao i ostale slične aplikacije, nudi sučelje za povlačenje i ispuštanje i unaprijed pripremljene predloške za izradu web i mobilnih aplikacija. Korisnici mogu prilagoditi vizual i dizajn te funkcionalnost svojih aplikacija koristeći niz dostupnih kontrola i komponenti [10].

Jedna od prednosti Microsoft Power Apps je velika paleta Microsoft proizvoda s kojima se može ova aplikacija integrirati. Izvori podataka u ovoj aplikaciji mogu biti Microsoft 365, SharePoint, SQL Server, Common Data Service (CDS) i neke vanjske aplikacije. Široka mogućnost integracije često zna biti presudni faktor zbog jednostavnijeg prelaska s trenutnog

softvera na ovaj, ako stari postoji. Kako je Power Apps otvoren za primanje informacija iz raznih izvora, tako postoje i mogućnosti dijeljenja informacija i podataka [10].

Često korištena opcija je integracija Power Apps s Microsoft Power Automate. Microsoft Power Automate predstavlja alat za automatizaciju tijeka rada. Ova mogućnost korisnicima nudi parcijalnu ili potpunu automatizaciju poslovnih procesa te stvaranje tijekova rada koji odgovaraju na okidače i događaje unutar njihovih aplikacija. U slučaju potrebe za donošenjem odluka u procesu automatizacije, moguće je iskoristiti opciju i AI Buildera koji predstavlja ugrađivanje umjetne inteligencije u aplikaciju. AI Builder nudi mogućnost prepoznavanja teksta, otkrivanja objekata, obradu obrazaca te neka predviđanja [10].

Kao i konkurencija, Microsoftova aplikacija može se razvijati i koristiti na više platformi, kako na iOS tako i na Android operativnom sustavu. Moguće je napravljenu aplikaciju objaviti te uvrstiti u App Store ili Trgovinu Play ili ih je moguće koristiti na web pregledniku. Kako bi korištenje aplikacije bilo samo od strane za to predviđenih ljudi, potrebno je voditi i administrativnu kontrolu u vidu praćenja korisničkih dozvola, pristupnih podataka i sigurnosnih pravila [10]. Već prije spomenuta jednostavnost izrade vidljiva je na slici 13. gdje su prikazane ikone uz pomoć kojih je moguće napraviti određene relacije u aplikaciji.



**Slika 13. Prikaz simbola s kojima se slažu relacije u aplikaciji**

### 2.3.1.3. OutSystems

OutSystems također je razvojna platforma koja uz programiranje s malo koda omogućuje jednostavan i brz razvoj aplikacija. Na raspolaganju je velik skup alata i značajki osmišljenih za pojednostavljenje procesa razvoja aplikacija.

Neke ključne značajke OutSystems-a su [11]:

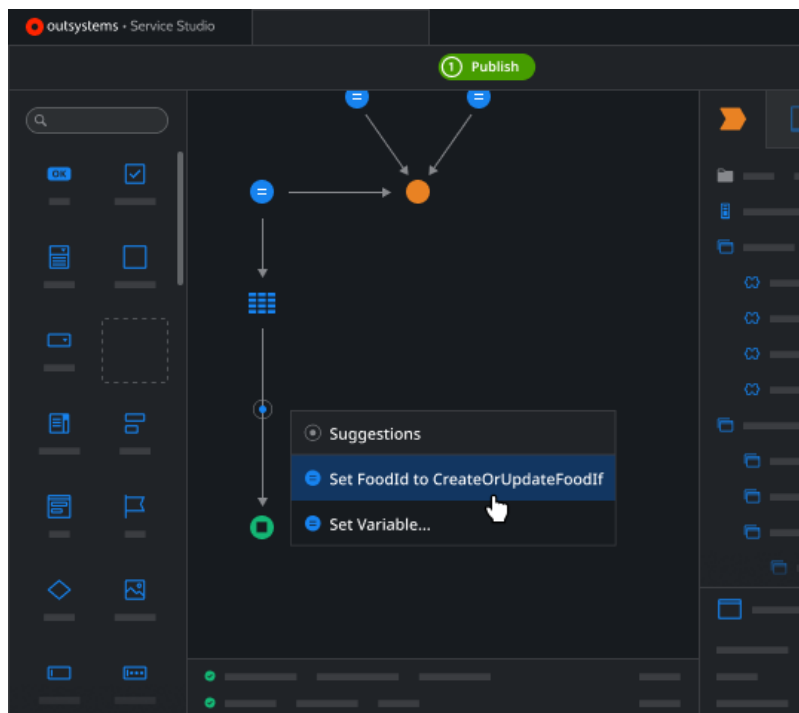
Kako pružaju i konkurencijski programi, tako pruža i OutSystems, a to je jednostavno razvojno okruženje koje je pretežito vizualno uz opciju povlačenja i ispuštanja pred definiranih komponenti na radnu površinu. Obzirom na tu jednostavnost izrade, omogućena je izrada i logike i vizualnog dijela od samih početaka uz osnovno znanje o rješavanju sličnih izazova. Također, nije potrebno ni vremena kao što bi bilo programerima koji pišu linije koda [11].

OutSystems ima jednostavnu integraciju s različitim vanjskim sustavima, bazama podataka i sučeljima za programiranje. Ima u ponudi i konektore i adaptere koji omogućuju programerima povezivanje za prebacivanje novijih verzija aplikacija s velikom paletom izvora i podataka te usluga, čime se olakšava sinkronizacija podataka [11].

Programeri imaju mogućnost napraviti aplikaciju i s prednje i stražnje strane to jest full-stack (frontend i backend). Programiranje je jednostavnije kada je unaprijed uključena biblioteka predložaka koja svojim slaganjem omogućava bržu izradu programa uz profesionalan dojam izrade. Profesionalan dojam mora se zadržati i tijekom dorada stoga OutSystems promovira agilne razvojne metodologije, dopuštajući iterativne i suradničke procese razvoja. Olakšava suradnju između programera, dizajnera i dionika kroz značajke kao što su povratne informacije u stvarnom vremenu, kontrola verzija te kontinuirana integracija i implementacija. Kako se sustav razvija i skuplja sve više podataka, vrlo je bitna automatska optimizacija baze podataka koju ovaj sustav ima. Uz automatsku optimizaciju, također je dostupan i mehanizam za predmemoriju te skalabilna arhitektura koja omogućava stabilan rad i brz odziv [11].

Outsystems ima u politici poslovanja izraženu brigu oko korisnika te ističe kako su sigurnost i robusnost bitni. Kontrola pristupa u određene segmente programa temeljena je na ulogama i enkripciji podataka, dok su revizijski tragovi za zaštitu osjetljivih podataka i provođenje usklađenosti s regulatorni zahtjevima. Nadogradnja i nadgledanje rada aplikacija moguća je kroz mobilne uređaje i na mobilnim aplikacijama napravljenim za iOS i na Android podlozi. Ovisnost o internet vezi, o specifičnosti zahtjeva te prilagodbe procesu može predstavljati

problem i prilikom izrade kao i prilikom korištenja programa. Prikaz desktop verzije spremne za rad prikazan je na slici 14.



Slika 14. Prikaz desktop verzije novog projekta u Outsystemu

#### 2.3.1.4. Mendix

Mendix je razvojna platforma s malo koda koja omogućuje brzu izradu i implementaciju poslovnih aplikacija. Pruža niz alata i značajki koje pojednostavljaju proces razvoja aplikacija i omogućuju zajednički razvoj između poslovnih i IT timova [12].

Vizualno razvojno okruženje je najveća prednost aplikacija s malo koda pa tako i Mendixa. Ponuđeno je vizualno razvojno okruženje u kojem korisnici mogu kreirati aplikacije pomoću sučelja povuci i ispusti (eng. *drag & drop*) i unaprijed izgrađenih komponenti. Ovaj pristup eliminira potrebu za kodiranjem, čineći ga dostupnim pretežno programerima koji to nisu po struci uz jednostavnije i brže dolaženje do željenog rezultata. Velika prednost Mendixa je mogućnost implementacije i korištenja u različitim okruženjima. Osim u lokalnim okruženjima, moguće je korištenje i verzije koja podatke čuva i povlači s oblaka (eng. *Cloud hosting*).

Obzirom na takvu mogućnost prilagodbe skladištenja podataka, omogućena je jednostavna implementacija i sinkronizaciju sa postojećim sustavima i bazama podataka, ako su bile u upotrebi. Suradnja između korisnika i IT timova može se odvijati u stvarnom vremenu stvarajući aplikaciju što omogućuje iterativni razvoj te brže zatvoren krug povratnih informacija i jednostavnije usklađivanje između unaprijed definiranih zahtjeva i zahtjeva koji se pojave prilikom izrade. Skalabilnost je izrazito važna u novim aplikacijama zbog mogućnosti prikupljanja jako velikog broja podataka koje predstavlja veliko korisničko opterećenje. Mendix stoga ima automatsko skaliranje kako bi se osigurale optimalne performanse i pouzdanost [12].

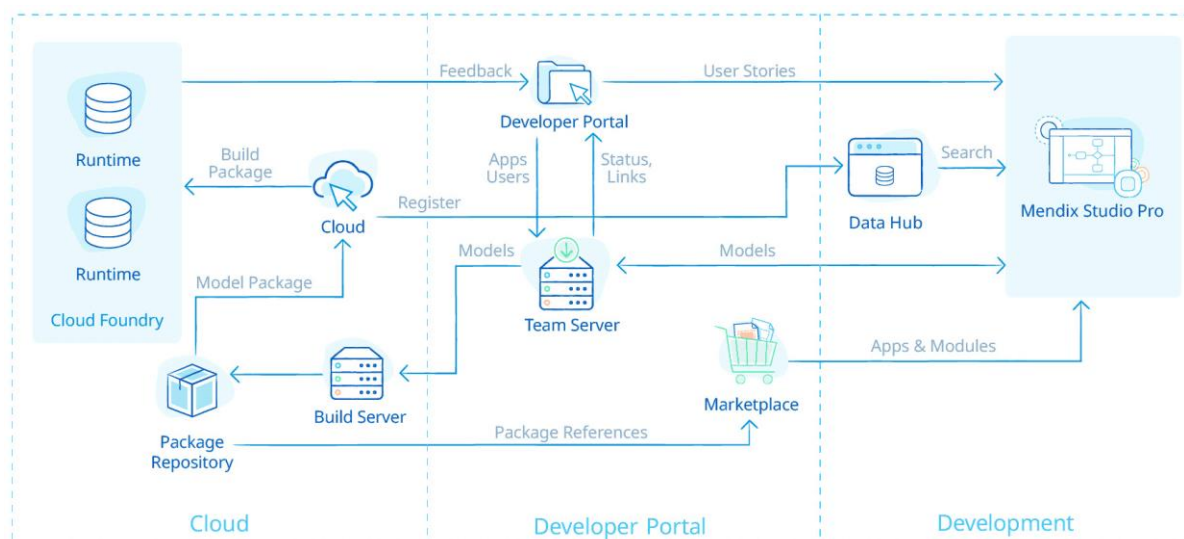
Od bitnijih vizija i ciljeva poduzeća, Mendix navodi korisničko iskustvo i posvećenost posebne pažnje na dizajniranje intuitivnih i vizualno privlačnih sučelja. Zbog toga, nude veliki niz predložaka i pred definiranih komponenti koje omogućavaju moderna i responzivna sučelja.

Osim toga, moguća je visoka razina integracije sa vanjskim sustavima kao i izvorima podataka. Omogućuje konektore, adaptere i API-je koji programerima omogućuju povezivanje i interakciju s različitim tehnologijama, omogućujući integraciju podataka, automatizaciju tijekom rada i proširenje mogućnosti aplikacije [12].

Tvorci aplikacije su dali veliki značaj i upravljanju i sigurnosti nudeći značajke kao što su kontrole pristupa, dopuštenja temeljena na ulogama i šifriranje podataka. Aplikacija omogućuje organizacijama provođenje sigurnosnih politika, usklađivanje s propisima i zaštitu osjetljivih podataka [12].

Mendix uključuje mogućnosti razvoja mobilnih aplikacija, omogućujući programerima stvaranje izvornih i responzivnih web aplikacija. Pruža alate za dizajniranje mobilnih sučelja, pristup značajkama uređaja i objavljivanje aplikacija u trgovinama aplikacija.

Dok s druge strane, ako postoji potreba za stvaranjem nekog modula aplikacije koja nije podržana, može stvoriti problem jer je glavni način programiranja slaganje predložaka. Uz to, Mendix može biti i skuplja od konkurencije jer se plaćanje vrši preko licenciranja i pretplate. Također, jako ovisi o kvaliteti internetske veze jer je isključivo bazirana na oblaku. Iako navode kako je integracija vrlo jednostavna, moguće su poteškoće sa spajanjem sa specifičnim pozadinskim sustavima, ako nisu napravljeni od Mendixa [12]. Shema izrade aplikacije u Mendixu prikazana je na slici 15.



Slika 15. Shema izrade Mendix aplikacije [13]

### 2.3.1.5. Appian

Appian je razvojna platforma s malo koda koja organizacijama omogućuje brzu izgradnju, implementaciju i upravljanje aplikacijama na svim razinama poduzeća.

Kao i ostale navedene aplikacije, prednost u odnosu na standardno programiranje je vizualno razvojno okruženje koje s pripremljenim mogućnostima smanjuje vrijeme potrebno za izradu aplikacije te omogućava rad s manje programerskog iskustva i znanja. Appian je fokusiran na aplikacije u proizvodnim pogonima te omogućava jednostavno vođenje automatizacije raznih procesa. Među ostalom, pruža alate za projektiranje, izvođenje i praćenje radnih mjesta i procesa uz jednostavno upravljanje zadacima. Odlika Appiana je i mehanizam za lakše donošenje poslovnih odluka uz pomoć izrade detaljnih izvještaja pomoću kojih poslovne odluke mogu biti pravovremene [14].

Uz alate koji pružaju izvještaje, otvorena je mogućnost i za jednostavnim upravljanjem velikim bazama podataka koji se mogu modelirati i integrirati po želji uz kontrolu, obradu i pohranjivanje te kontrolu pristupa s ciljem smanjenja zlouporabe istih [14].

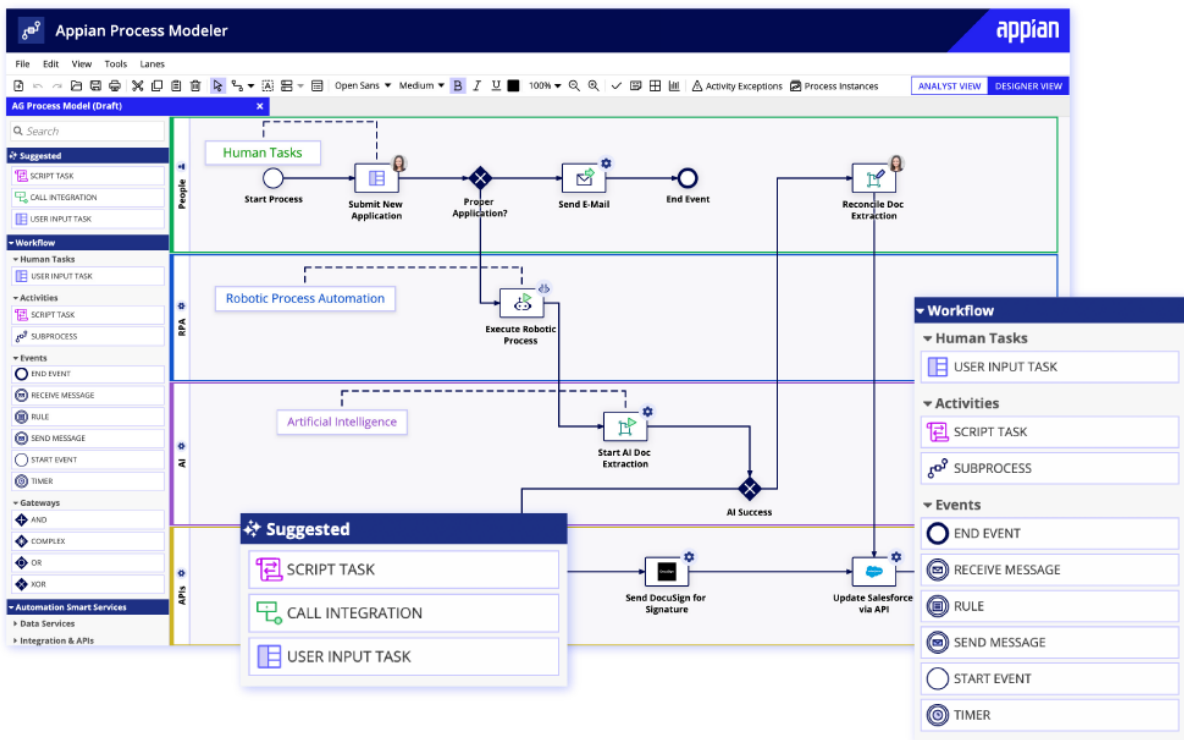
Prednost, koju ostale aplikacije nemaju razvijene na ovoj razini, su opcije društvenog angažmana unutar iste. To jest, na raspolaganju su forumi i chat grupe uz mogućnosti dijeljenja dokumenata u realnom vremenu. Kako bi opcija dohvaćanja podataka u realnom vremenu bila

ostvariva, aplikacija ja podržana i na mobilnim uređajima uz opciju ažuriranja podataka kada uređaj nije spojen na internet te i pristup značajkama uređaja. Appiana je aplikacija s

jednostavnom integracijom sa vanjskim sustavima te bazama podataka i API-jevima. U ponudi su i konektori, adapteri i RESTful API-jevi koju tu integraciju i omogućuju uz kasniji pristup trećih osoba aplikaciji [14].

Stavka vrijedna spomena kod Appian-a je svakako primjena umjetne inteligencije te strojnog učenja (eng. *ML*) i to s ciljem poboljšanja automatizacije i donošenja odluka unutar aplikacije. Neke od značajki koje AI rade bile bi obrada prirodnog jezika te analiza raspoloženja uz prediktivnu analitiku. Puno pažnje Appian pridaje sigurnosti i usklađenosti s pravilima država u kojima posluju. Tako da nude dosta sigurnosnih značajki kao autentifikacija korisnika, kontrola pristupa uz enkripciju podataka. Također se pridržavaju regulatornih zahtjeva kao GDPR i HIPAA [14].

Implementacija po uputstvima kreatora aplikacije nije zahtjevna, te su pruženi svi potrebni alati za jednostavno integriranje s ostatkom okruženja. Korisnik ima priliku samostalno donijeti odluku želi li da aplikacija bude pohranjena i pogonjena lokalno ili pak u oblaku. Pohrana lokalno je inicijalno skuplja dok dugoročno, ako se poduzeće ne razvija puno, postaje povoljnija opcija. Mogućnost upravljanja iz oblaka donosi puno više slobode ako se poduzeće nalazi u razvojnom području, što je i najčešće slučajnost kod poduzeća u digitalnoj transformaciji. Ostavljena je opcija i odabira verzija i izdanja aplikacije te mogućnost praćenja životnog ciklusa aplikacije. Na slici 16. prikazano je sučelje Appian Process Modelera sa shemom podjele programa u 4 podjele. Podjela na zadatke koje obavlja čovjek, na robotski automatizirane zadatke, na zadatke koje obavlja umjetna inteligencija i posljednje na sučelje koje je vidljivo programerima. S lijeve strane sučelja dostupni su predlošci raznih akcija i često korištenih naredbi [14].



Slika 16. Prikaz sučelja Appian Process Modelera

### 2.3.1.6. Zoho Creator

Zoho Creator pripada u skupinu platformi za razvoj aplikacija s malo koda koja korisnicima omogućuje stvaranje prilagođenih poslovnih aplikacija uz minimalno kodiranje. Neke od značajki Zoho Creatora navedene su niže [15]:

Glavna sposobnost svih aplikacija sa razvoj s malo koda je povuci i ispusti sučelje, pa tako i kod Zoho Creatora. Jednostavno je za shvatiti i služenje s istim je intuitivno. Forma u Zoho Creatoru može se kreirati uz pomoć obrazaca, polja, provjera valjanosti i raznih drugih elemenata. Zoho pruža priliku za automatizaciju poslovnih procesa i/ili tijekova rada. Na korisnicima je odabir okidača, radnji i uvjeta za stvaranje automatiziranih procesa koji eliminiraju obavljanje repetitivnih zadataka kao i osiguravaju povećanje efikasnosti [15].

S ciljem donošenja što boljih i kvalitetnijih odluka, platforma nudi razne načine izvještavanja. Prikaz izvještaja koji prikazuje sveukupnu prodaju nekog poduzeća nalazi se na slici 17. Izvještaj je temeljen na podacima iz nekoliko različitih baza podataka.





Slika 17. Prikaz izvještaja u aplikaciji Zoho Creator [15]

Zoho Creator podržava integraciju s drugim Zoho aplikacijama kao i uslugama i sustavima trećih strana. Korisnici mogu povezati svoje aplikacije s popularnim alatima kao što su Zoho CRM, Zoho Books, Google Apps i više, kako bi pojednostavili protok podataka i poboljšali funkcionalnost [15].

Korisnici koriste i mobilne aplikacije za iOS i Android uređaje. Također, mogu pristupiti istima i upravljati njima dok su u pokretu, prikupljajući podatke, izvršavajući radnje i ostajući povezani sa svojim poslovnim procesima s bilo kojeg mjesta. Jednostavno je dijeljenje podataka, obrazaca i aplikacija u radnom timu. Međutim, postoji opcija definiranja dopuštenja pristupa te pozivanja suradnika i rada u stvarnom vremenu. Uz to, omogućena je enkripcija podataka te redovito sigurnosno kopiranje. Platforma je stekla sigurnosne certifikate i posluje po propisima industrijskih standarda [15].

Bitan segment svake aplikacije, a posebno aplikacija koje tek ulaze u neki sustav je skalabilnost. Zoho ima mogućnosti zadržati kvalitetu sustava na velikim količinama podataka i korisničkim interakcijama kao i na malim bez ugrožavanja performansi. Stoga Zoho u sveukupnoj ponudi nudi nadogradnje predložaka aplikacija te opciju proširenja [15].

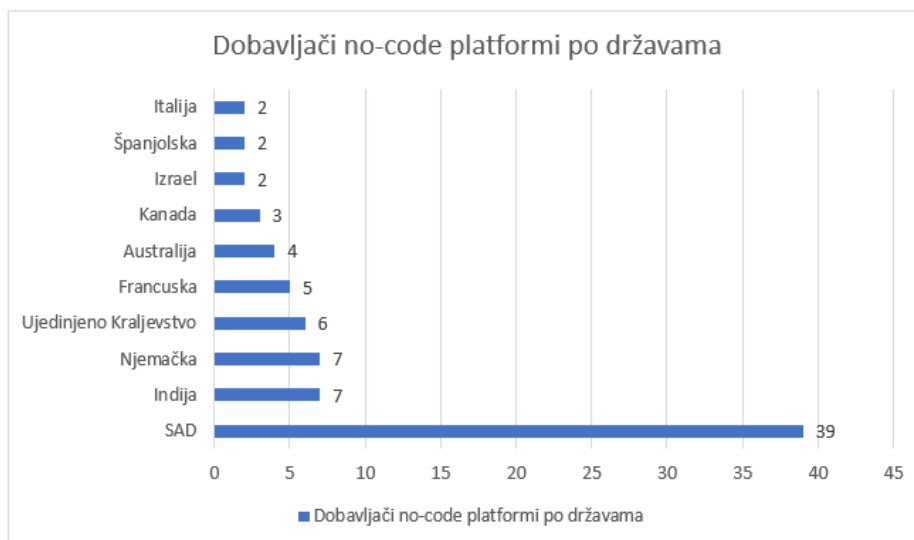
### 2.3.2. *No-code programiranje*

*No-code* ili bez kodno programiranje je za korak jednostavnije od *low-code* programa jer ne zahtijeva nimalo koda, to jest, moguće je razviti neki softver bez ijedne linije koda. Ideja iza programiranja bez koda je osnažiti korisnike, koji možda nemaju napredno znanje programiranja, da samostalno izgrade i prilagode aplikacije. Platforme bez koda pružaju vizualna sučelja, alate i unaprijed definirane blokove funkcionalnosti. Korisnici mogu koristiti ove alate za sastavljanje aplikacija povlačenjem i ispuštanjem elemenata, konfiguriranjem postavki i definiranjem poslovnih pravila. Umjesto pisanja koda, korisnici rade na razini apstrakcije [16].

Prednosti programiranja bez koda slične su onima kod programiranja s malo koda. Primarna prednost je brži razvojni ciklus, jer korisnici mogu brzo i jednostavno graditi aplikacije bez potrebe za pisanjem redaka koda. To smanjuje vrijeme i resurse potrebne za razvoj aplikacije. Programiranje bez koda također olakšava suradnju i omogućuje netehničkim korisnicima da aktivno sudjeluju u procesu razvoja. Omogućuje pojedincima iz različitih sredina, kao što su poslovni analitičari i dizajneri, da doprinesu svojom stručnošću u izradi aplikacija [8].

Iako programiranje bez koda može biti moćan alat za brzu izradu prototipa i razvoj manje složenih aplikacija, mogu postojati ograničenja u pogledu fleksibilnosti i postizanja visoko prilagođene ili složene funkcionalnosti. Zamršenija poslovna logika ili specifični zahtjevi mogu zahtijevati tradicionalne pristupe programiranju [8].

Industrija je svjedok pojave sve većeg broja platformi i alata bez koda, pružajući korisnicima različite mogućnosti za brz i učinkovit razvoj aplikacija. To otvara puteve za inovacije, automatizaciju i ubrzava digitalnu transformaciju u mnogim područjima poslovanja. Procjenjuje se kako je trenutno između 10% i 25% aplikacija na tržištu napravljeno preko platformi za izradu aplikacija bez koda. Na slici 18. dijagramski je prikaz zastupljenosti prodavača *no-code* platformi razvrstan po kriteriju država u kojima su nastali. Vidljivo je kako Sjedinjene Američke države imaju znatno više od ostatka svijeta. Prvih 10 država čini otprilike 77% dobavljača platformi. SAD čini čak 39% svjetskih dobavljača dok je u Europi 24%. Razlika je manja no kod platformi s malo koda, ali i dalje je značajna razlika između SAD-a i Europe.



**Slika 18. Prikaz broja dobavljača platformi bez koda [7]**

### 2.3.2.1. *Bubble.io*

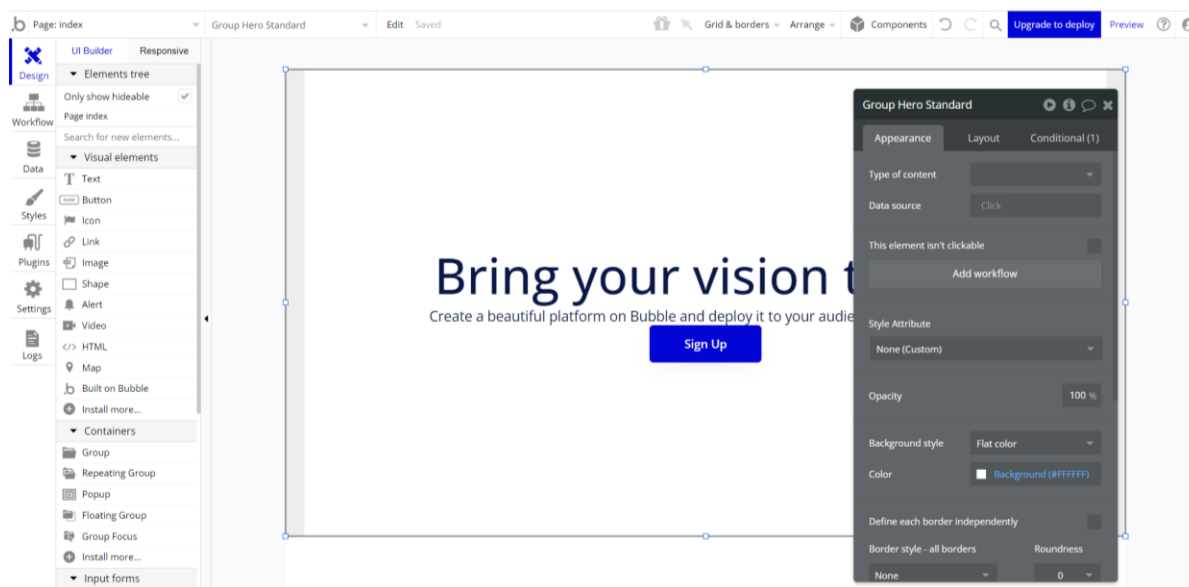
Bubble.io je popularna platforma koja bez kodiranja korisnicima omogućuje izradu web aplikacija. Pruža vizualno razvojno okruženje i niz značajki za stvaranje interaktivnih i funkcionalnih web aplikacija [17].

Obzirom kako se radi o platformi na kojoj se radi aplikacija bez pisanja koda, izražen je vizualan uređivač, to jest, sučelje nudi isključivo segmente i polja za povlačenje i ispuštanje te spajanje istih kako bi se dobila aplikacija. Izgled i dizajn se može prilagođavati željama osobe ili osoba koje sudjeluju u izradi. Bubble.io pruža pozadinsko razvojno okruženje u kojem korisnici mogu definirati strukturu podataka svoje aplikacije i upravljati njome. Korisnici mogu kreirati prilagođene vrste podataka, postaviti baze podataka i uspostaviti odnose između podatkovnih objekata. Bubble.io nudi korisnicima definiranje tijeka rada i logike za svoje aplikacije također uz upotrebu vizualnog sučelja. Korisnici imaju priliku postaviti akcije, uvjete i okidače za stvaranje interaktivnog i dinamičkog ponašanja aplikacije bez pisanja koda. Omogućena je integracija s vanjskim bazama podataka i API-jima. Korisnici se mogu povezati s vanjskim uslugama, dohvaćati i pohranjivati podatke te izvršavati radnje poput slanja e-pošte ili obrade plaćanja [17].

Aplikacije izgrađene s Bubble.io su automatski responzivne, što znači da se prilagođavaju različitim veličinama zaslona i uređajima. Korisnici mogu dizajnirati izgled i tijekove rada koji besprijekorno rade na stolnim računalima, tabletima i mobilnim uređajima [17].

Aplikacija sa Bubble.io platforme ima opciju implementacije i hosting aplikacija. Korisnici imaju priliku odabrati implementaciju svojih aplikacija na Bubble-ovoj infrastrukturi u oblaku ili izvesti kod i smjestiti ga na vlastite poslužitelje. Dostupne su značajke suradnje koje omogućuju većem broju korisnika da rade zajedno na istom projektu. Također postoji tržište na kojem korisnici mogu pristupiti unaprijed izrađenim predlošcima, dodacima i resursima za poboljšanje procesa razvoja svojih aplikacija [17].

Sučelje vidljivo tijekom rada na Bubble-ovoj aplikaciji dan je na slici 19.



Slika 19. Prikaz sučelja u Bubble.io

### 2.3.2.2. Glide

Glide je platforma bez kodiranja koja korisnicima omogućuje izradu mobilnih aplikacija izravno iz Google tablica. Pojednostavljuje proces razvoja aplikacije iskorištavanjem podataka i strukture koji su već prisutni u proračunskoj tablici Google tablica [18].

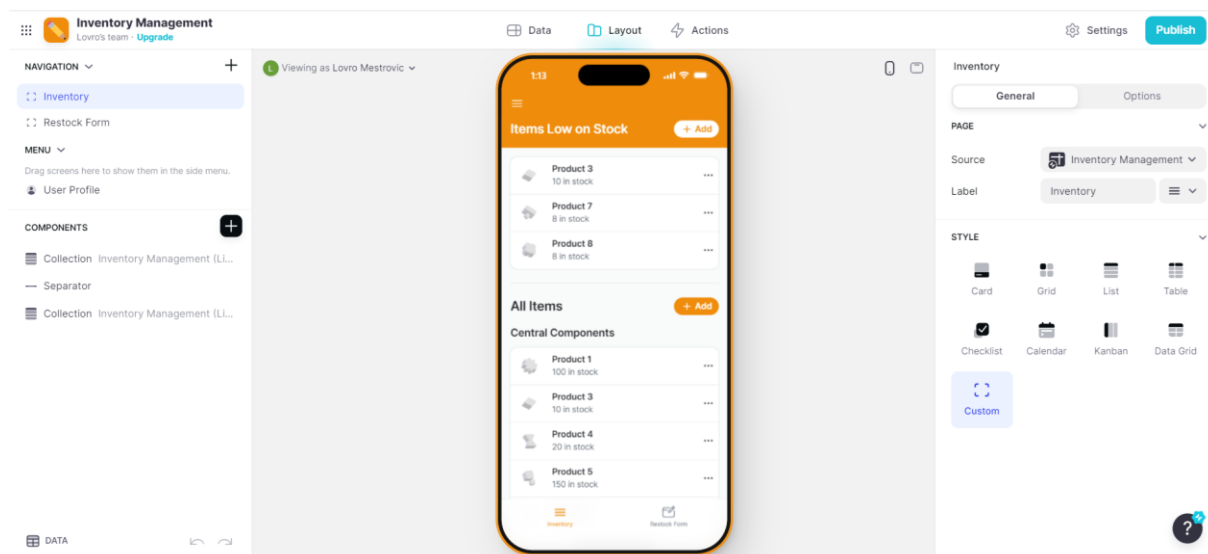
Glide se neprimjetno integrira s Google tablicama, pretvarajući podatke proračunske tablice u funkcionalne mobilne aplikacije. Korisnici mogu povezati svoje Google tablice s Glideom i koristiti proračunsku tablicu kao bazu podataka za svoju aplikaciju. Sučelje kao i kod ostalih sličnih platformi radi se pomoći metode povlačenja i ispuštanja. Što omogućava jednostavnu izradu i dizajniranje. Korisnici mogu prilagoditi način na koji se podaci iz Google tablica prikazuju u njihovoj aplikaciji. Mogu birati različite izgledе, dodavati slike, primijeniti oblikovanje i definirati uvjetna pravila vidljivosti na temelju vrijednosti podataka [18].

Glide omogućuje stvaranje interaktivnih doživljaja aplikacije dodavanjem akcija gumbima, popisima, padajućim izbornicima ili drugim elementima. Korisnici imaju opciju definiranja radnje poput otvaranja obrasca, slanja e-pošte ili ažuriranja podataka u Google tablicama.

Po pitanju sigurnosti, Glide podržava autentifikaciju korisnika, omogućujući kreatorima aplikacija kontrolu pristupa i pružanje personaliziranih iskustava. Korisnici se mogu prijaviti u aplikaciju pomoću svojih Google računa ili računa e-pošte, a kreatori aplikacije mogu dodijeliti uloge i dopuštenja različitim korisnicima [18].

Nakon što je aplikacija spremna, Glide nudi različite opcije objavljivanja i dijeljenja. Korisnici mogu generirati web poveznicu za dijeljenje aplikacije s drugima, objavljivanje u trgovinama aplikacija ili ugradnju na web mjesto. Obzirom da je aplikacija cijelo vrijeme priključena na internet vezu, ažuriranja i sinkronizacije u Glideu se odvijaju automatski sa svakom promjenom u Google tablicama. To osigurava da aplikacija ostane ažurirana s najnovijim podacima bez ručne sinkronizacije. Nudi niz mogućnosti prilagodbe, interaktivnost i značajke upravljanja podacima, što ga čini prikladnim za izradu jednostavnih do umjereno složenih aplikacija [18].

Prikaz sučelja mobilne aplikacije za vođenje stanja zaliha dan je na slici 20. Sučelje je jednostavno za manipuliranje te je za integraciju podataka potrebno svega nekoliko klikova.



Slika 20. Prikaz sučelja mobilnog telefona aplikacije Glide

### 2.3.2.3. *Thunkable*

Thunkable je platforma bez kodiranja koja korisnicima omogućuje izradu mobilnih aplikacija za Android i iOS uređaje. Pruža vizualno sučelje i skup alata za izradu aplikacija bez potrebe za tradicionalnim vještinama kodiranja [19].

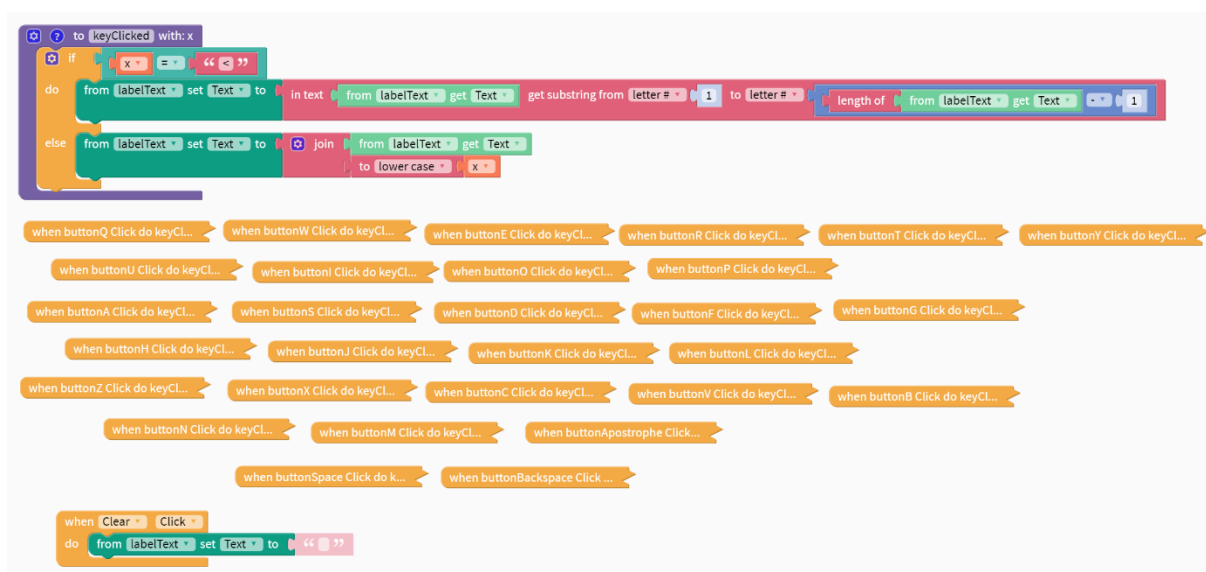
Thunkable ima opciju dizajniranja mobilnih aplikacija preko povuci i ispusti sučelja pomoću kojeg korisnici mogu dodavati i slagati komponente kao i programske blokove uz prilagođavanje njihovih izgleda, definirati logiku i ponašanje. Programski blokovi predstavljaju različite radnje, događaje i podatkovne operacije, omogućujući korisnicima stvaranje funkcionalnosti aplikacije bez pisanja koda [19].

Razvoj je omogućen na različitim platformama i operacijskim sustavima, na Androidu i iOSu. Korisnici mogu izraditi jednu aplikaciju i zatim je izvesti na obje platforme, štedeći vrijeme i trud u razvoju. Kako bi razvoj trajao što kraće, Thunkable je pripremio širok raspon unaprijed izgrađenih komponenti koje korisnici mogu ugraditi u svoje aplikacije. Ove komponente uključuju gumbе, tekstualna polja, slike, karte, media playere i nudeći niz drugih značajki i funkcionalnosti. Thunkable omogućuje korisnicima pohranjivanje i dohvaćanje podataka iz baza podataka ili API-ja. Korisnici se mogu povezati s vanjskim uslugama, dohvaćati podatke i spremati informacije koje su generirali korisnici unutar svojih aplikacija. Obzirom da se u automatizacijama koriste različite vrste senzora, na ovoj platformi pripremljeni su pozadinski

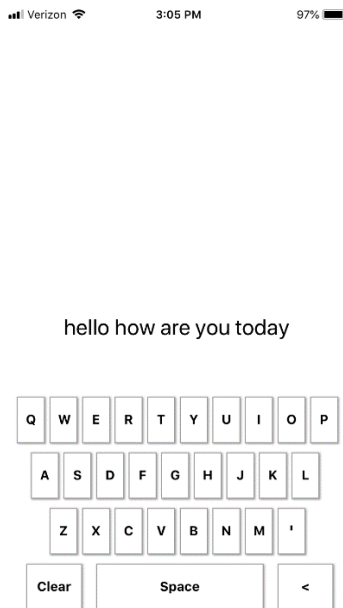
kodovi za kameru, GPS, akcelerometar i mikrofoni. Značajke se mogu iskoristiti za izradu aplikacija s praćenjem lokacije, prepoznavanjem slika, snimanjem zvuka i više [19].

Prije puštanja u radnu okolinu, svaka aplikacija mora proći testiranja svih funkcionalnosti pod različitim opterećenjima i uvjetima, tako i ova. Stoga je u ponudi značajka pregleda uživo koja korisnicima omogućuje trenutno testiranje svojih aplikacija na povezanim uređajima. Korisnici mogu vidjeti promjene u stvarnom vremenu dok izrađuju svoje aplikacije i osigurati da sve radi kako je predviđeno [19].

Za programere koji nisu profesionalci i programiraju iz hobija, izradu aplikacija olakšava aktivna zajednica korisnika koji dijele znanje, upute i predloške. Korisnici mogu učiti od drugih, tražiti pomoć, pa čak i reciklirati postojeće projekte kako bi pokrenuli svoj proces razvoja aplikacije. Prikaz tijekom izrade tipkovnice i gotovog sučelja dani su na slici 21. i 22.



Slika 21. Prikaz izrade tipkovnice [19]



**Slika 22.** Prikaz tipkovnice napravljene pomoću Thunkable [19]

#### 2.3.2.4. AppGyver

AppGyver je platforma za bezkodno programiranje koja korisnicima omogućuje izradu i implementaciju mobilnih i web aplikacija. AppGyver ima visoko raširenu primjenu jer je odnedavno akvizirana od SAP-a.

AppGyver pruža vizualno razvojno okruženje u kojem korisnici mogu dizajnirati sučelja svojih aplikacija i tijekove rada pomoću komponenti za povlačenje i ispuštanje. Platforma nudi širok raspon elemenata korisničkog sučelja, poput gumba, obrazaca, popisa i navigacijskih komponenti, koji se mogu jednostavno prilagoditi [20].

Aplikacija korisnicima omogućuje definiranje podatkovnih modela i povezivanje svojih aplikacija s različitim pozadinskim sustavima, bazama podataka i API-jima. Korisnici mogu stvarati i upravljati shemama podataka, postavljati odnose podataka i konfigurirati integracije podataka za dohvaćanje i ažuriranje informacija iz vanjskih izvora. Uz pomoć spomenute aplikacije korisnici mogu definirati logiku i tijekove rada pomoću uređivača u stilu vizualnog dijagrama toka. Moguće je kreirati i povezati logičke čvorove za rukovanje korisničkim interakcijama, izvođenje kalkulacija, upućivanje API zahtjeva i implementaciju poslovnih pravila [20].



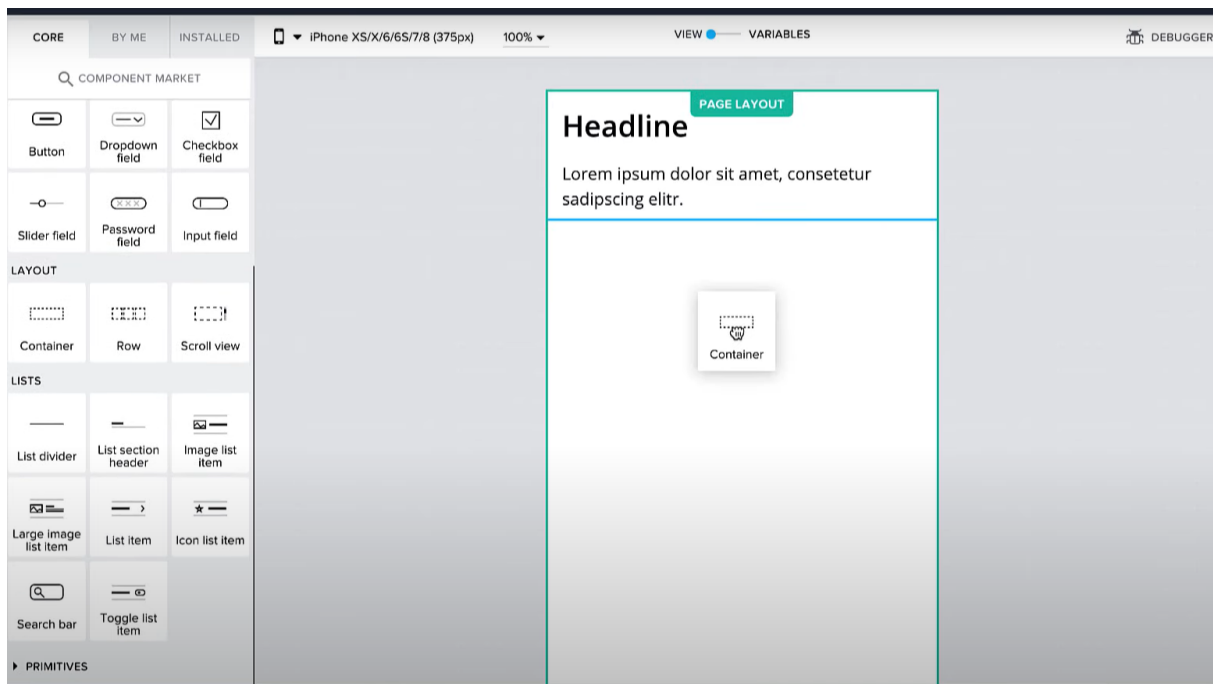
Obzirom na širinu upotrebe, podržan je razvoj aplikacija na različitim platformama, omogućujući korisnicima stvaranje aplikacija koje se izvode na iOS i Android uređajima te na

Internet pretraživačima Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge i Safariu. Korisnici mogu dizajnirati svoju aplikaciju jednom i generirati međugradnje specifične za platformu, štedeći vrijeme i trud u procesu razvoja. Kako je razvojno područje postalo izrazito brzo potrebna je i brza izrada prototipova i iteracija čemu pomaže pregled u realnom vremenu i trenutna implementacija. Takvim pristupom aplikacija se može testirati za vrijeme izrade uz ponavljanje različitih aspekata dizajna i funkcionalnosti [21].

U slučaju potrebnih proširenja i nadogradnji na postojeći program, dostupni su u bazi brojni unaprijed pripremljeni predlošci, komponente, napredne značajke i razni drugi oblici koji bi olakšali razvoj [21].

Korisnici mogu objavljivati i distribuirati svoje aplikacije izravno s platforme. Također, mogu generirati verzije spremne za trgovinu aplikacija ili implementirati web aplikacije jednim klikom, što olakšava dijeljenje njihovih kreacija s krajnjim korisnicima.

Većina prodavača potiče stvaranje zajednica s ciljem međusobnih izmjena iskustava i znanja te međusobne podrške uz prikazivanje svojih kreacija aplikacija. Korisnici se mogu uključiti u zajednicu, sudjelovati na forumima i pristupiti dokumentaciji i vodičima kako bi naučili i razvijali svoje vještine razvoja aplikacija. Prikaz radnog sučelja dan je na slici 23.



**Slika 23. Prikaz radnog sučelja u AppGyveru [22]**

### 2.3.2.5. Adalo

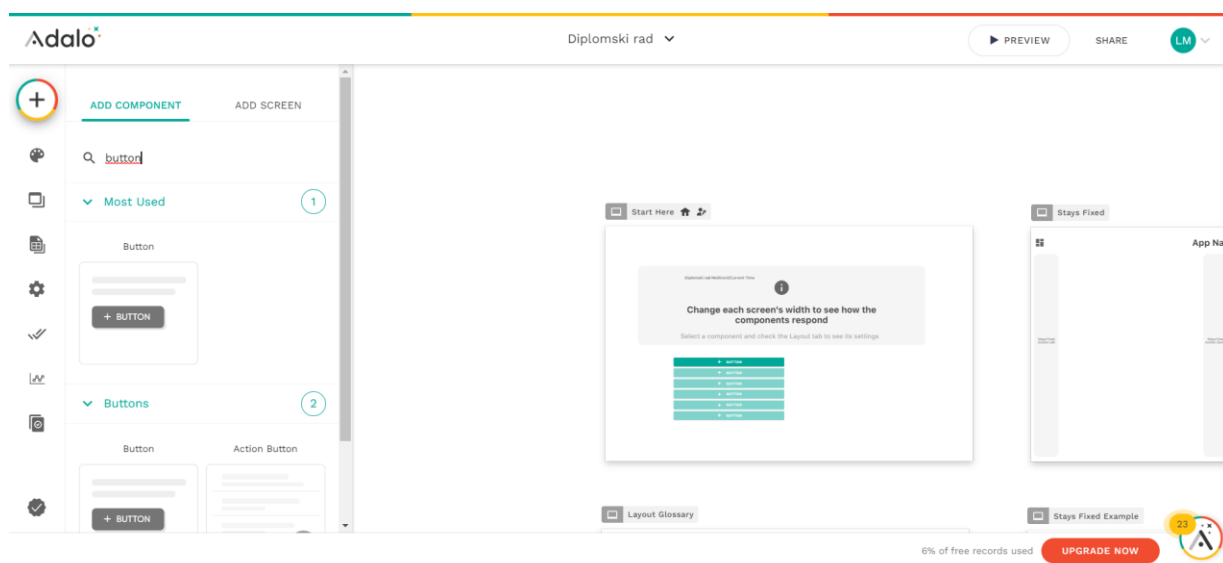
Adalo je no-code platforma koja korisnicima omogućuje izradu mobilnih aplikacija bez potrebe za kodiranjem. Omogućuje vizualni uređivač i sučelje za povlačenje i ispuštanje, omogućujući korisnicima da dizajniraju korisničko sučelje aplikacije i konfiguriraju njezine funkcije [23].

Na vizualnoj razini se uređuje izgled mobilne aplikacije, jednostavnim postupcima povlačenja i ispuštanja dodaju se na zaslone gumb, obrasci, slike i druge komponente. Adalo se može bez većih poteškoća integrirati i povezati sa raznim bazama podataka kao što su Firebase ili Airtable, kako bi pohranili i dohvatili podatke za svoju aplikaciju. To omogućuje dinamički prikaz sadržaja na temelju podataka dohvaćenih iz baze podataka [23].

Korisnici mogu stvarati uvjetne izjave, izvoditi izračune i pokretati akcije na temelju korisničkih interakcija ili događaja. Aplikacija nudi značajke autentifikacije, dopuštajući korisnicima da svojoj aplikaciji dodaju funkciju registracije korisnika, prijave i ponovnog postavljanja lozinke. Također podržava korisničke uloge i dopuštenja za upravljanje pristupom značajkama aplikacije. Moguća je integracija i s raznim vanjskim uslugama i API-jima, omogućujući korisnicima da ugrade funkcionalnosti poput slanja obavijesti, obrade

plaćanja ili pristupa uslugama trećih strana. Omogućena je opcija korisnicima da mogu pregledati svoju aplikaciju u stvarnom vremenu tijekom procesa razvoja. Adalo nudi popratnu aplikaciju koja korisnicima omogućuje testiranje njihove aplikacije na mobilnim uređajima dok samo objavljivanje, nakon što je aplikacija razvijena, može biti u trgovinama aplikacija, kao što su Apple App Store i Google Play Store [23].

Prikaz radnog sučelja u Adalo-u dan je na slici 24.



Slika 24. Radno sučelje u programu Adalo

### 3. PRISTUP UPRAVLJANJA I APLIKACIJE ZA PRAĆENJE PROIZVODNJE

#### 3.1. Lean pristup upravljanja

Lean pristup upravljanja, također poznat kao lean metoda ili lean filozofija, je sustavni pristup koji se primjenjuje u organizacijama kako bi se postigla veća učinkovitost, smanjili gubici i poboljšala kvaliteta u poslovnim procesima. Glavni cilj lean-a eliminirati je sve aktivnosti koje ne dodaju vrijednost za krajnjeg korisnika [24].

lean pristup je široko korišten u industriji, posebno u proizvodnji, ali se također primjenjuje u uslužnim sektorima poput zdravstva, logistike, financija i drugih. Učinkovitost lean pristupa dokazana je kroz smanjenje troškova, smanjenje vremena izvođenja, poboljšanje kvalitete, povećanje zadovoljstva korisnika i povećanje produktivnosti organizacija [24].

##### 3.1.1. 5S

Prije implementacije složenijih alata kao što su TPM i JIT potrebno je uvesti 5S. U današnje vrijeme, 5S dobio je i šesti S koji označava Sigurnost (eng. *Safety*). Prikaz osnovnih 5S koraka dani su u tablici 1 [25].

Tablica 1. Prikaz 5S koraka [25]

Japanski	Engleski	Hrvatski	Značenje
Seiri	Sort	Sortirati	Sortirati stvari u prostoru
Seiton	Set in order	Postaviti na mjesto	Staviti i držati stvari na predviđenim mjestima
Seiso	Shine	Očistiti	Očistiti radni prostor i održavati ga takvim
Seiketsu	Standardise	Standardizirati	Standardizirati i održavati stanje postignuto u prethodnim koracima
Shitsuke	Sustain	Održati	Izgraditi kulturu održavanja kod djelatnika

Alati iz 5S pristupa su preduvjet za uspješnu implementaciju vitkog menadžmenta.

### 3.1.2. TPM

TPM (eng. *Total Productive Maintenance*) - potpuno produktivno održavanje predstavlja alat kojim se maksimizira iskoristivost strojeva i uređaja te ostale opreme. Kao i kod ostalih alata, svi djelatnici moraju zajedničkim snagama raditi na provođenju ovog pristupa kako bi imao maksimalan učinak. Niže su nabrojani glavni gubitci kojih bi se svako poduzeće trebalo riješiti [25]:

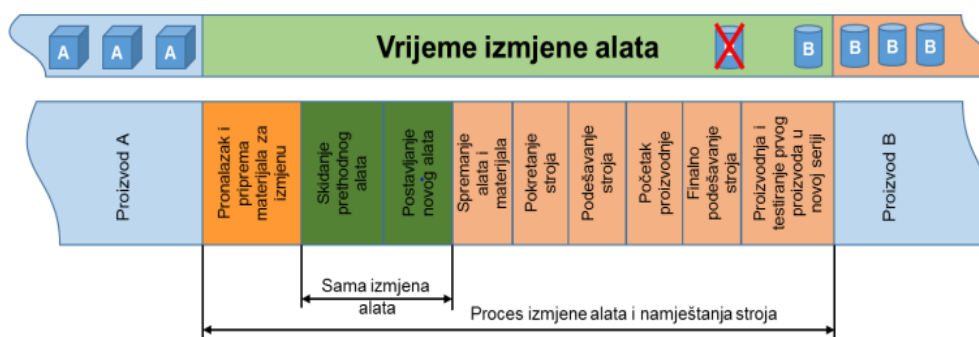
- Zastoji
- Namještanje i uhadavanje opreme
- Vrijeme mirovanja i manji zastoji
- Smanjene brzine
- Pokretanje proizvodnje
- Nedostaci u kvaliteti i doradi.

Iznad su nabrojani osnovni opisi gubitaka u poduzećima, tako da bi trebalo prepoznati koje stavke čine glavne gubitke i pokušati ih sanirati. Navedeni problem mogu se riješiti pomoću 5 osnovnih principa [26]:

- Usvojiti aktivnosti unaprjeđenja dizajnirane kako bi povećale ukupnu efektivnost opreme na način da se suoče sa šest gubitaka TPM-a
- Unaprijediti postojeće planske i prediktivne sustave održavanja
- Postaviti nivo samoodržavanja i čišćenja kojeg će provoditi stručni operatori (zaposlenici koji rade na opremi)
- Povećati vještine i motivaciju operatora i inženjera kroz individualni ili grupni razvoj
- Primijeniti tehnike upravljanja koje će omogućiti da se već u dizajnu proizvoda i procesa omogući da imaju niske troškove tijekom životnog vijeka, na način da se izradi pouzdana i sigurna oprema i procesi koji će isto tako biti lagani za upravljanje i održavanje.

### 3.1.3. SMED

SMED (eng. *Single-Minute Exchange of Die*), što bi u prijevodu bilo smanjenje vremena izmjene alata. Vrijeme izmjene postupak je koji se nedovoljno gleda te može prouzročiti znatno slabiju iskoristivost stroja no što je bila prilikom dimenzioniranja stroja za potrebe poduzeća. U to vrijeme spada svaki postupak pripreme stroja, ili nekog sustava za obavljanje novog procesa nakon završetka rada na starom procesu. Mjeri se dakle od izrade zadnjeg proizvoda koji je prošao kontrolu kvalitete do izrade prvog proizvoda druge serije koje može proći tu istu kontrolu [25]. Grafički prikaz dan je na slici 25.

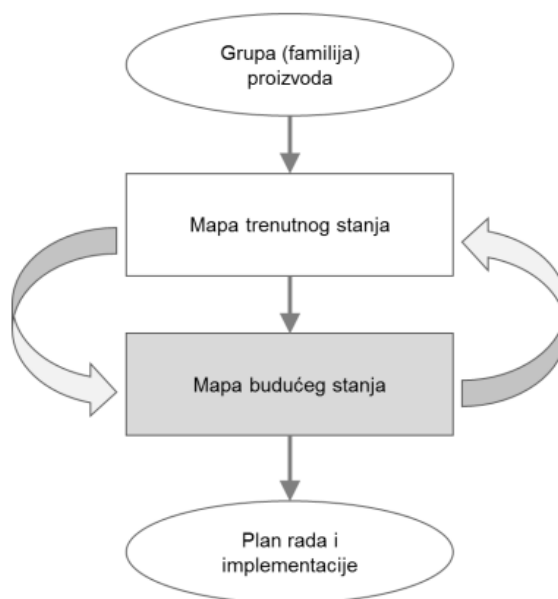


Slika 25. Prikaz vremena izmjene stroja [25]

### 3.1.4. Mapiranje toka vrijednosti

Mapiranje toka vrijednosti (eng. *Value Stream Mapping*) predstavlja postupak vizualnog postavljanja toka vrijednosti koristeći podatke do kojih možemo doći prateći proces. Tok vrijednosti sačinjen je od 3 različita toka kroz proizvodni pogon, a to su tokovi materijala, tokovi informacija i tokovi razvoja. Mapiranje je bitno zbog saznavanja biti određenog procesa. Tek nakon saznavanja cijelog procesa, moguće je prijeći na optimizaciju istog. Prilikom izrade toka potrebno je konstantno imati na umu kako bi trebala izgledati mapa budućeg stanja i uspoređivati sa mapom trenutnog stanja [25, 26].

Prikaz postupka općeg mapiranja toka vrijednosti dan je na slici 26.



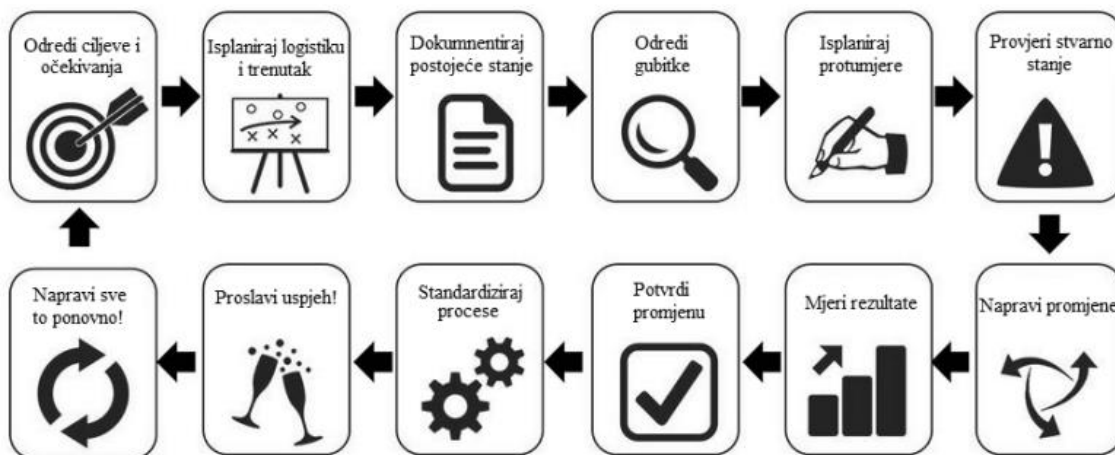
Slika 26. Prikaz mapiranja toka vrijednosti [25]

### 3.1.5. Kaizen

Kaizen je pojam uz koji se veže unaprjeđenje u svakom pogledu poslovanja, od radnika na proizvodnoj liniji do vrhovnog menadžmenta. Naglasak je stavljen na važnost malih koraka i promjena s ciljem kontinuiteta poboljšanja. Stoga je izrazito bitno imati djelatnike koji su spremni promišljati o postupcima u poduzeću te slobodni davati svoje ideje za rješavanje poteškoća ili prijedloge za poboljšanja. Postoje neki koraci koji se moraju poštivati za što bolje rezultate kod primjene Kaizen metode [26]:

- Autonomija timova kod donošenja promjena
- Jasno definirani ciljevi
- Sastanak ne smije biti prezahtjevan ili neostvariv
- Članovi tima moraju biti različitih struka zbog dobivanja što šire slike na isto problematično područje
- U raspravi moraju sudjelovati ljudi izravno povezani s problemom koji se rješava
- Voditelj tima mora obučiti ljude o problemu kako bi svi mogli sudjelovati
- Kaizen događaj mora biti kratak, trajati maksimalno do 7 dana
- Timovi moraju biti mali, od 3-4 do maksimalno 15 članova.

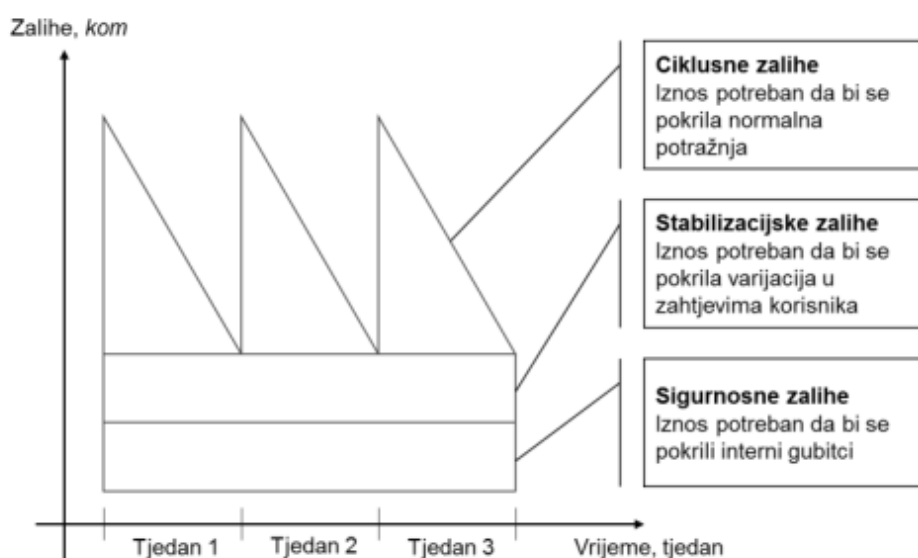
Prikaz koraka koje svaki tim mora prolaziti prilikom rješavanja problema prikazan je na slici 27.



Slika 27. Prikaz Kaizen sustava u 12 koraka [26]

### 3.1.6. Upravljanje zalihama

Upravljanje zalihama predstavlja jedan od bitnijih zadataka tehničkih direktora i direktora proizvodnje. Zalihe iz pogleda vitkog menadžmenta predstavljaju gubitke jer su bilježeni kao mrtvi kapital. No oportunitetni trošak koji može nastati ako zalihe nisu dovoljne za poštivanje većeg zahtjeva kupca premašuje nekada troškove držanja zaliha. Stoga je potrebno, ovisno o poduzeću, naći optimalnu razinu zaliha [25]. Optimalna razina zaliha prikazan je na slici 28.



Slika 28. Prikaz razina zaliha [25]



Sukladno naputcima iz vitkog menadžmenta, postoje tri vrste zaliha uz proizvod:

- Zalihe sirovina, poluproizvoda i dijelova za proizvodnju
- Zalihe rada u procesu
- Zalihe gotovih proizvoda.

Od spomenutih zaliha, ako zaostanu, najnepovoljnije za poslovanje su zalihe gotovih proizvoda jer su u gotove proizvode već ugrađeni troškovi i materijala i troškovi rada, potencijalno troškovi pakiranja kao i troškovi skladištenja do trenutka razmatranja [25].

### 3.1.7. *JIT*

JIT (eng. *Just in time*) predstavlja tip proizvodnje s ciljem smanjenja, a kasnije i eliminacije zaliha u potpunosti načinom proizvodnje točno na vrijeme. Najraniji oblici ovog tipa proizvodnje viđeni su u Japanu u 70-tim godinama prošlog stoljeća u proizvodnim halama Toyote. Zanimljivost iz tog perioda rada na tom principu je sklapanje motora samo nekoliko sati nakon što su lijevani. Spomenutim metodama smanjile su se potrebne zalihe proizvoda i poluproizvoda što je dovelo do zatvaranja velikih skladišta koja su prije bila namijenjena za opskrbljivanje proizvodnje. Težnja je bila napraviti proces s nula zaliha, a to je moguće samo teoretski, no smanjenje vremena koje roba provede na skladištu na minimum je ušteda s kojom se zadovoljni implementatori ove metode. Metoda JIT je izrazito teška za implementirati jer svi proizvodi potrebni u procesu bi trebali biti proizvedeni u traženoj količini, tražene kvalitete i u točno određenom vremenu, ne ranije i ne kasnije, što je izrazito teško za uskladiti. To predstavlja razlog zašto samo otprilike 2% implementacije uspije u potpunosti [25, 26].

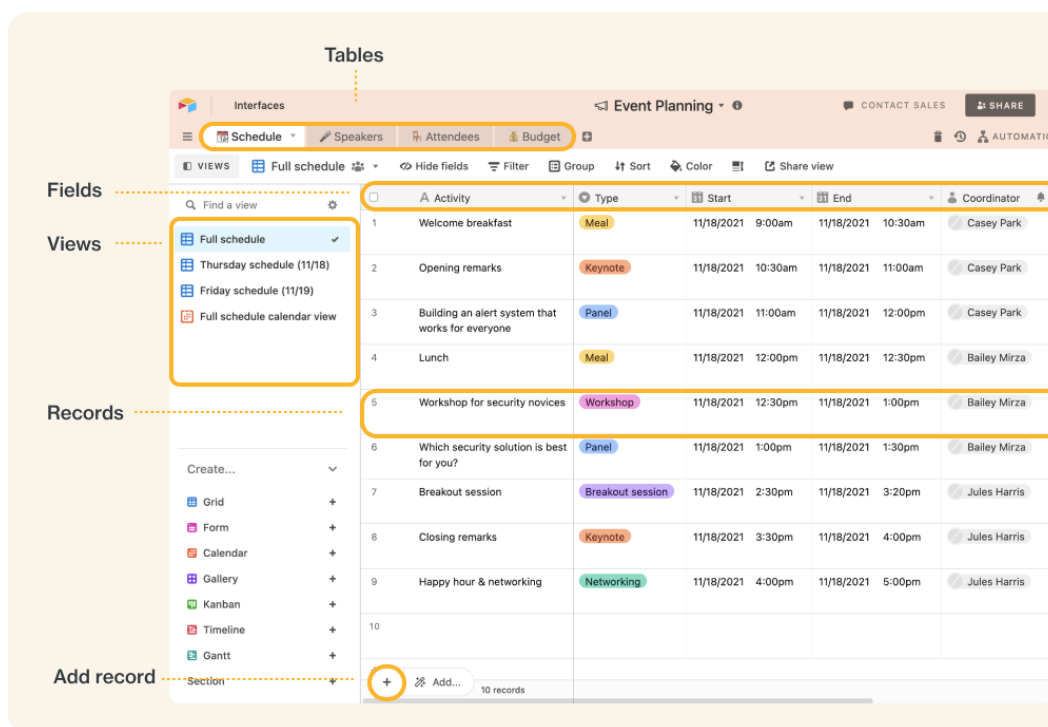
## 3.2. Aplikacije za praćenje proizvodnje

### 3.2.1. *Airtable*

Airtable je platforma koja kombinira karakteristike baze podataka i proračunskih tablica, pružajući korisnicima jednostavan način organiziranja, praćenja i upravljanja podacima. Glavna značajka Airtablea je njegovo vizualno sučelje koje omogućuje korisnicima da stvaraju baze podataka s tablicama, redovima i stupcima sličnim proračunskim tablicama [27].

Airtable omogućuje kreiranje prilagođene baze podataka prema svojim potrebama. Moguće je definirati različite tipove polja, kao što su tekst, broj, datum, povezivanje s drugim tablicama i mnoge druge. Također, moguće je primijeniti filtere, razne formule i koristiti razne oblike vizualizacije podataka kako biste dobili bolji uvid u svoje informacije. Jedna od ključnih prednosti Airtablea je njegova fleksibilnost. Postoji opcija prilagodbe struktura tablica i polja kako bi odgovarale zahtjevima procesa. Također podržava suradnju među timovima, omogućujući zajedničko korištenje baza podataka, dodjeljivanje zadataka, komentiranje i slanje obavijesti. Airtable nudi još i integracije s drugim alatima i platformama kao što su Zapier, Slack, Google Workspace, GitHub i mnogi drugi. To omogućuje povezivanje i sinkronizaciju podataka s drugim programima koji se potencijalno koriste ili postoji naznaka za buduće korištenje u poslovanju [27].

Airtable se može koristiti u različitim područjima i industrijskim sektorima. Kao i u praćenju projekata, upravljanju inventarom, organizaciji događaja, upravljanju klijentima, praćenju zadataka i još mnogo toga. Fleksibilnost i prilagodljivost Airtable-a omogućuju ga da bude koristan alat za razne poslovne potrebe. Na slici 29. prikazano je sučelje Airtable-a s rasporedom aktivnosti, lokacijama odrade istih kao i početnih i krajnjih vremena za te zadatke uz osobu kojoj u dodijeljeni [27].



Slika 29. Prikaz sučelja Airtable-a [27]

### 3.2.2. RPA

RPA (eng. *Robotic Process Automation*) je tehnologija koja koristi softverske robote ili „botove“ za automatizaciju rutinskih i ponavljajućih poslovnih procesa. RPA se temelji na ideji da se određene zadatke koji zahtijevaju ljudsku interakciju mogu zamijeniti softverskim robotima, čime se povećava učinkovitost, smanjuje pogreške i oslobađa vrijeme zaposlenika za obavljanje složenijih zadataka [28].

Glavne karakteristike i prednosti RPA programa su sljedeće [28]:

RPA omogućuje automatizaciju rutinskih poslovnih procesa, čime se smanjuje potreba za ručnim unosom podataka, kopiranjem i lijepljenjem informacija te drugim ponavljajućim zadacima. Omogućena je relativno jednostavna i brza implementacija u postojeće poslovne sustave jer ne zahtijevaju značajnije promjene u infrastrukturi ili IT arhitekturi. RPA pripada u skupinu fleksibilnih programa zbog mogućnosti prilagodbe različitim poslovnim scenarijima i procesima te skaliranja prema potrebama organizacije. Dodavanje novih zadataka za automatizaciju ili prilagođavanje postojećih nije složen proces. Obzirom da se čovjek mijenja strojem, automatski se smanjuje prostor za pogrešku koje se mogu dogoditi

prilikom ručnog unosa podataka ili izvršavanja rutinskih zadataka. To doprinosi poboljšanju kvalitete i točnosti poslovnih procesa. Osim što se smanjuje prostor za pogrešku, povećava se prostor za uštedu vremena i resursa. Automatizacija rutinskih zadataka oslobađa vrijeme zaposlenika da se fokusiraju na složenije i poslove kod kojih se može dodati veća vrijednost. Također, smanjenje vremena potrebnog za izvršavanje procesa dovodi do povećanja produktivnosti. Integracija sa sustavima koji se koriste u nekom poduzeću ne bi trebala predstavljati problem, obzirom da se RPA programi mogu se integrirati s različitim aplikacijama, sustavima ili bazama podataka. To omogućuje automatizaciju procesa koji uključuju međusobnu interakciju različitih sustava [28].

Slikovni prikaz prednosti korištenja RPA sustava dan je na slici 30.



**Slika 30. Prikaz prednosti korištenja RPA sustava [29]**

RPA se primjenjuje u različitim industrijama i sektorima, uključujući financije, bankarstvo, osiguranje, zdravstvo, logistiku, telekomunikacije i druge. Tipični primjeri procesa koji se mogu automatizirati RPA programima uključuju obradu faktura, provjeru podataka, generiranje izvješća, obradu narudžbi i još mnogo toga [28].

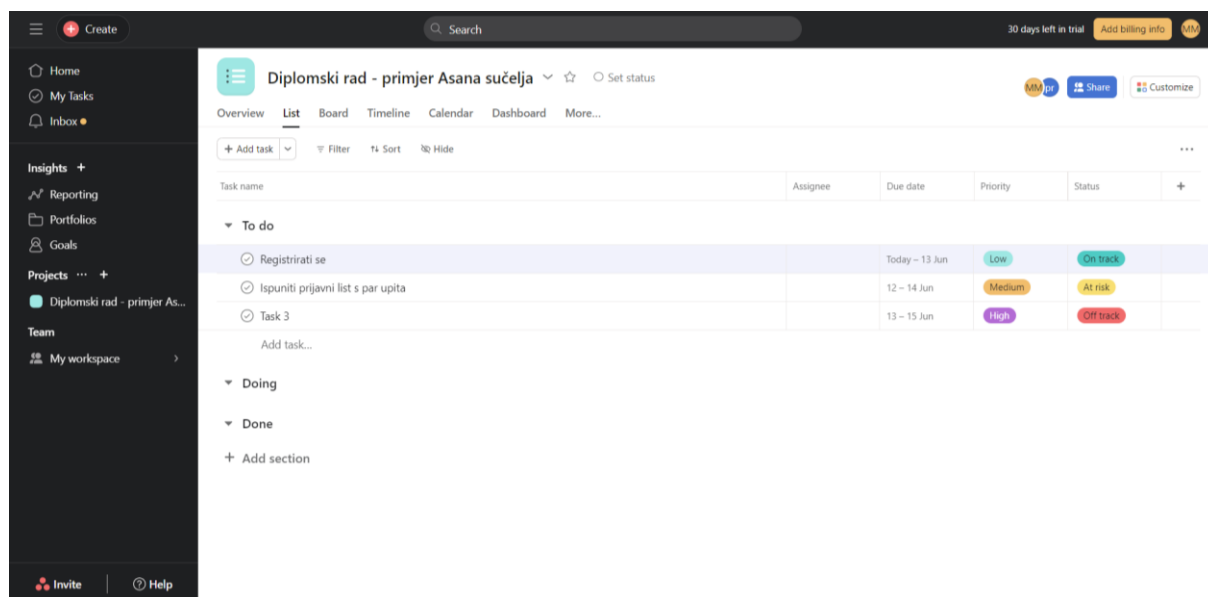
### 3.2.3. Asana

Asana je softverska platforma temeljena na oblaku (eng. *cloud*) za upravljanje zadacima, projektima i timovima. Razvijena je s ciljem olakšavanja suradnje, organizacije i praćenja napretka u timovima i organizacijama [30].

S Asanom možete jednostavno upravljati zadacima; stvarati, dodjeljivati, pratiti zadane zadatke. Dodijeliti zadatke članovima tima, postaviti rokove, dodavati relevantne bilješke i primitke te pratiti napredak zadatka. Uz zadatke, jednostavno je organizirati i projekte dopuštajući stvaranje popisa gore spomenutih zadataka, korištenja oznaka i filtera i održavanje jasnog pregleda projektnih aktivnosti. Bitna karakteristika Asane je i jednostavna komunikacija između članova tima, moguće je slati obavijesti i informacije ili sudjelovati u raspravama o zadacima u obliku timskog foruma. Svu organizaciju potrebno je smjestiti u neki vremenski period i kronološki poredati u čemu je moguće iskoristiti opciju kalendara [30].

Asana među ostalim pruža i mogućnosti izvještavanja, generirajući izvješća o utrošenom vremenu po članovima tima i/ili po zadacima, o samom napretku projekta, dodjeli zadataka i drugim ključnim parametrima. Ova izvješća pomažu u povećanju učinkovitosti i praćenja slabijih točaka projekta. Asana se jednostavno i integrira s raznim široko korištenim alatima i platformama kao što su Slack i Microsoft Teams, kao i sa sustavima za upravljanje dokumentima kao što su Google Drive i Dropbox i drugim [30].

Radno sučelje u programu Asana prikazano je na slici 31.



Slika 31. Prikaz sučelja programa Asana

Asana je popularan alat koji se koristi u mnogim timovima i organizacijama za olakšavanje upravljanja projektima, poboljšanje produktivnosti i koordinacije tima te održavanje jasne vidljivosti nad zadacima i rokovima.

### 3.2.4. Trello

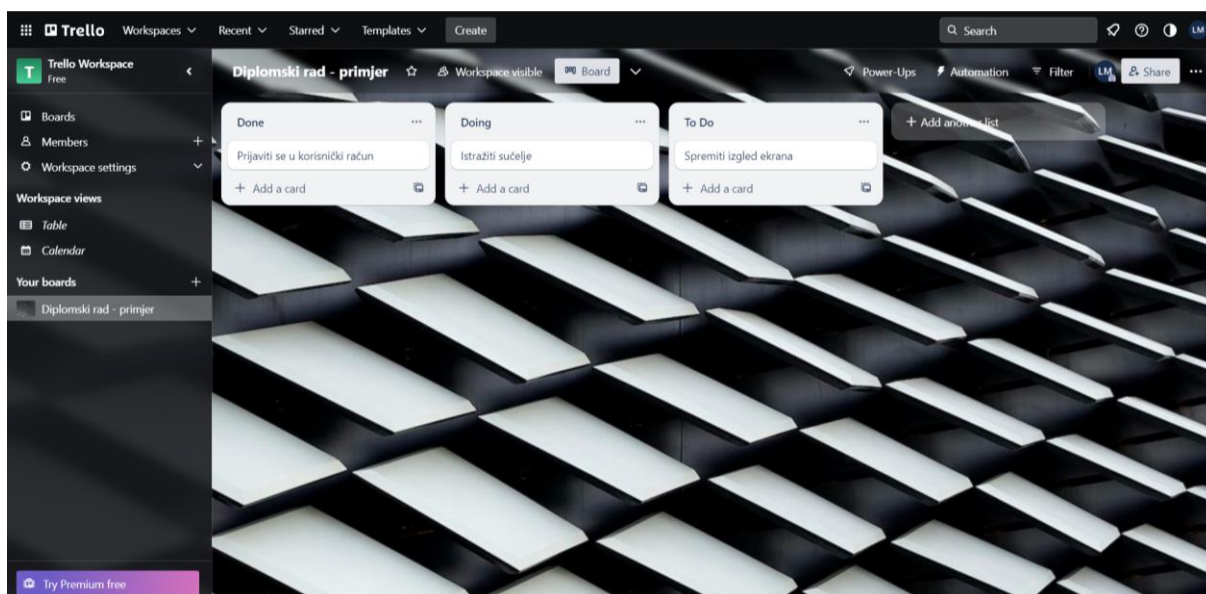
Trello je web-bazirani alat za upravljanje projektima i suradnju koji pruža vizualno i intuitivno sučelje za organiziranje i upravljanje zadacima, projektima i tijekovima rada. Osmišljen je kako bi pomogao pojedincima i timovima da ostanu organizirani i rade učinkovitije [31].

Trello omogućuje stvaranje ploča na kojima se zadaci mogu organizirati i pratiti pomoću kartica. Članovima tima mogu se dodjeljivati zadaci, postavljati rokovi i pratiti napredak. To pomaže pojednostaviti upravljanje zadacima i osigurava da projekti ostanu na pravom putu [31].

Aplikacija se može koristiti za planiranje i koordinaciju proizvodnih aktivnosti. Ploče se mogu postaviti tako da predstavljaju različite faze proizvodnog procesa, a kartice se mogu koristiti za predstavljanje specifičnih zadataka ili narudžbi. To pruža vizualni pregled proizvodnog tijeka rada i pomaže timovima da ostanu organizirani i učinkoviti. Bitan faktor u proizvodnim procesima je upravljanje zalihama. Trello se također može koristiti za praćenje i upravljanje zalihama u proizvodnom okruženju. Kartice se mogu koristiti za predstavljanje različitih stavki inventara, a mogu se dodati informacije kao što su količina, lokacija i datumi ponovnog naručivanja. To omogućuje timovima da jednostavno prate razine zaliha i osiguraju pravovremeno obnavljanje zaliha. Uz sve to aplikacija promiče suradnju i komunikaciju unutar timova. Članovi tima mogu komentirati kartice, dodavati bilješke i privitke, postavljati pitanja i dati povratne informacije. To olakšava suradnju i pomaže da svi uključeni u proizvodni proces budu informirani i usklađeni. Osim čistih proizvodnih procesa, moguće je pratiti i održavanja i popravke opreme. Svaki dio opreme može imati svoju karticu na ploči, gdje se mogu dokumentirati rasporedi održavanja, zapisnici popravaka ili zamjene dijelova. To pomaže timovima za održavanje da ostanu organizirani, prate rutinske zadatke održavanja i osiguravaju da se oprema održava u optimalnom radnom stanju. Uz navedeno, Trello je moguće integrirati s raznim alatima i uslugama trećih strana kao što su Google Drive, Slack i Jira, omogućujući tako jednostavnu sinkronizaciju podataka. Dostupan je i u obliku mobilnih aplikacija na iOS i Android mobilnim uređajima [31].

Fleksibilnost i prilagodljive značajke Trelle čine ga svestranim alatom za upravljanje različitim aspektima proizvodnje. Poboljšava organizaciju, suradnju i učinkovitost unutar proizvodnih timova, što u konačnici pridonosi glađem radu i poboljšanoj produktivnosti.

Radno sučelje programa Trello prikazano je na slici 32.



Slika 32. Prikaz sučelja programa Trello

### 3.2.5. Slack

U suvremenom proizvodnom okruženju, praćenje proizvodnje igra ključnu ulogu u osiguravanju učinkovitosti, kvalitete i isporuke proizvoda. U tom kontekstu, Slack se može koristiti kao svestrani alat za poboljšanje komunikacije, koordinacije i suradnje unutar timova koji rade na proizvodnji [32].

Jedna od ključnih prednosti Slacka je mogućnost stvaranja posebnih kanala za različite timove unutar proizvodnog procesa. Kanali se mogu organizirati prema odjelima ili funkcijama poput proizvodnje, održavanja, kvalitete i logistike. Na taj način, timovi mogu brzo komunicirati, razmjenjivati informacije i surađivati na rješavanju problema ili postizanju ciljeva proizvodnje.

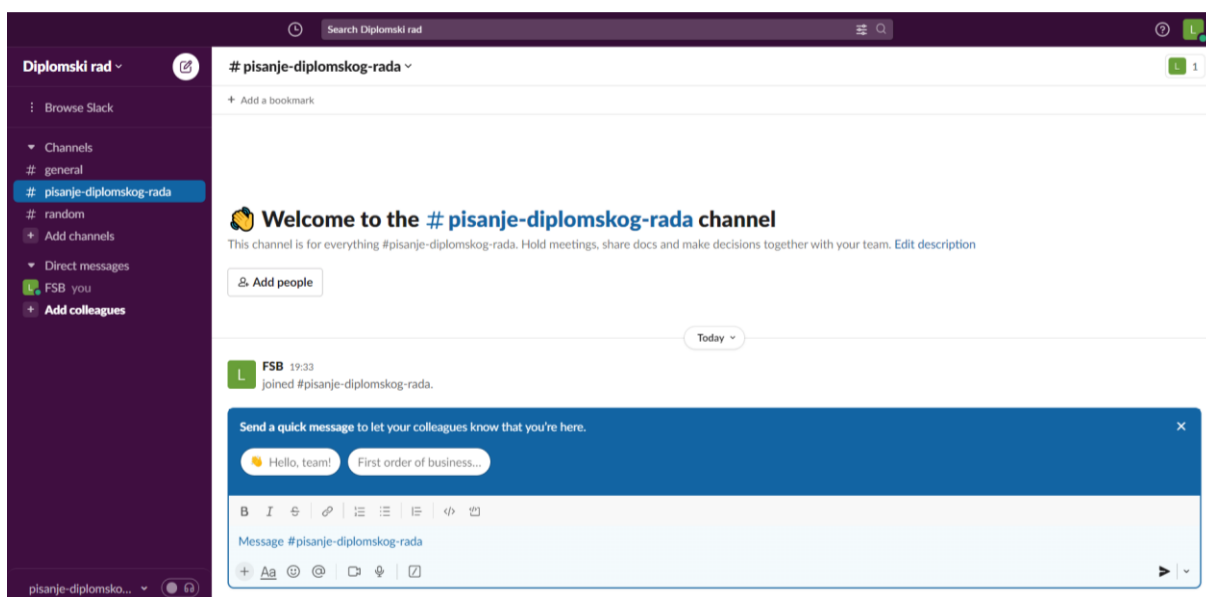
Slack također pruža mogućnost slanja obavijesti i upozorenja o statusu proizvodnje. To znači da se automatski generirane obavijesti mogu poslati u određene kanale kako bi se timovi obavijestili o važnim događajima kao što su završetak određene faze proizvodnje, kritični problemi ili planirana održavanja. Ovo osigurava da svi relevantni dionici budu informirani o ključnim događajima u realnom vremenu [32].

Integracija Slacka sa sustavima praćenja proizvodnje, poput ERP-a ili MES-a, omogućuje još veću učinkovitost. Ovi sustavi mogu automatski slati ažuriranja o proizvodnim podacima, kao što su broj proizvedenih jedinica, kvaliteta ili postizanje ciljeva proizvodnje, direktno u odgovarajuće kanale u Slacku. To olakšava praćenje performansi, analizu trendova i identifikaciju područja za poboljšanje. Kroz Slack, timovi također mogu surađivati na rješavanju problema u proizvodnji. Stvaranje kanala posvećenih rješavanju problema ili hitnim situacijama omogućuje brzo dijeljenje informacija, analizu uzroka problema i koordinaciju akcija za njihovo rješavanje. To rezultira učinkovitijim i bržim procesom otklanjanja problema te sprječavanju daljnjih nedostataka ili grešaka. Dodatno, Slack olakšava upravljanje dokumentima vezanim uz proizvodnju. Timovi mogu dijeliti specifikacije, crteže, upute za rad ili druge relevantne dokumente te ih ažurirati i komentirati izravno u Slacku. To osigurava da svi članovi tima imaju pristup najnovijim verzijama dokumenata i smanjuje rizik od nesporazuma ili korištenja zastarjelih informacija [32].

Korištenje Slacka u proizvodnom okruženju pruža mnoge prednosti kao što su poboljšana komunikacija, transparentnost, suradnja i praćenje napretka. Pomaže timovima da budu bolje povezani, brže reagiraju na promjene i zajednički rade na postizanju ciljeva proizvodnje.

Prikaz sučelja Slacka dan je na slici 33.





Slika 33. Prikaz sučelje Slacka

### 3.2.6. Monday.com

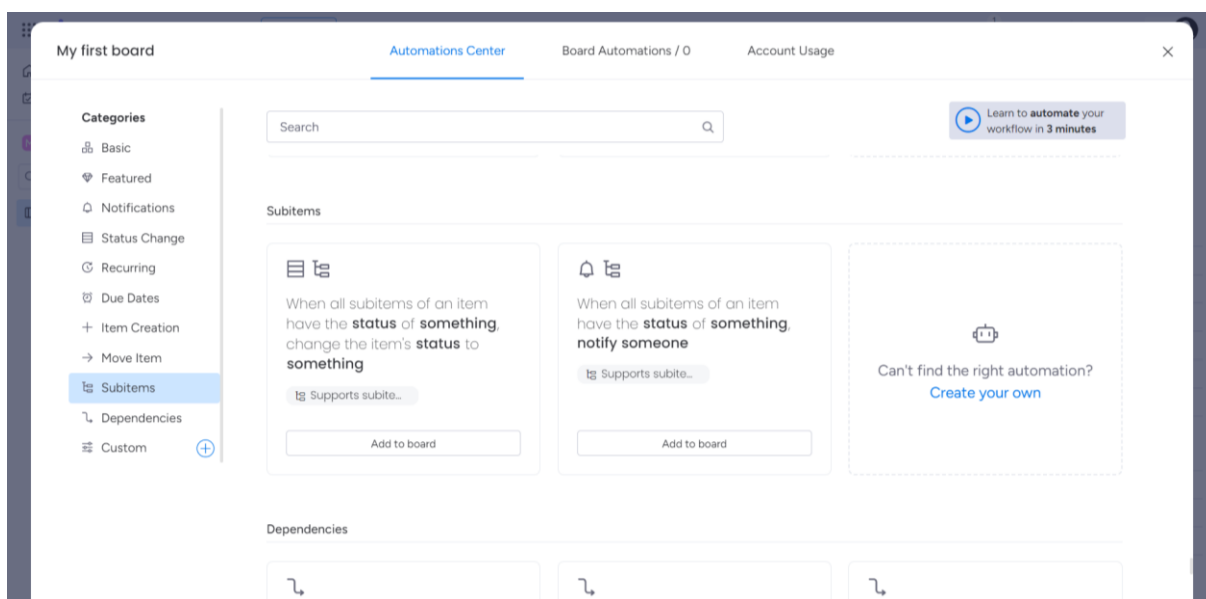
Monday.com je platforma široko korištena u proizvodnoj industriji za izmjenu informacija a zatim i poboljšanje učinkovitosti samog procesa. Širok raspon mogućnosti i prilagodljivo sučelje čine ga vrijednim alatom za upravljanje različitim aspektima proizvodnih procesa [33].

Jedna od ključnih primjena Monday.com je u proizvodnji i planiranju proizvodnje. Timovi mogu izraditi vizualne ploče koje predstavljaju različite faze proizvodnje i pratiti zadatke, dodjeljivati odgovornosti i pratiti napredak. To omogućuje bolju koordinaciju, raspodjelu resursa i osigurava pravovremenost u izvršavanju zadataka [33].

Drugi značajan slučaj upotrebe je upravljanje zalihama. Monday.com omogućuje timovima da prate i upravljaju zalihama u stvarnom vremenu. Ploče i stupci mogu se postaviti tako da predstavljaju različite kategorije inventara kao što su sirovine, poluproizvodi, proizvodi u tijeku i gotovi proizvodi. To pomaže u održavanju optimalne razine zaliha, smanjenju rasipanja i izbjegavanju kašnjenja u proizvodnji zbog nedostatka zaliha [33].

Nadalje, Monday.com omogućuje jednostavnu komunikaciju i suradnju među članovima tima. Pruža centraliziranu platformu za dijeljenje ažuriranja, raspravu o detaljima projekta i rješavanje problema koji se pojave tijekom procesa proizvodnje. To pomaže u poticanju suradnje, poboljšanju transparentnosti i osiguravanju da kolektiv uvijek ima dostupan i jasan zajednički cilj. Osim toga, Monday.com nudi razne značajke automatizacije i integracije s drugim alatima, poboljšavajući svoju funkcionalnost u kontekstu proizvodnje. Timovi mogu automatizirati zadatke koji se ponavljaju, postaviti podsjetnike i obavijesti te se integrirati s drugim softverskim sustavima koji se koriste u proizvodnom okruženju, kao što su ERP ili MES sustavi [33].

Na slici 34. vidljivo je sučelje tijekom rada u Monday.com.



**Slika 34. Prikaz sučelja u Monday.com**

Općenito, Monday.com služi kao sveobuhvatno rješenje za upravljanje proizvodnim operacijama, olakšavanje besprijekorne komunikacije, optimiziranje radnih procesa proizvodnje i poboljšanje ukupne produktivnosti u proizvodnoj industriji.

## 4. PROIZVODNA LINIJA

Proizvodna linija koja će biti opisana u daljnjem dijelu diplomskog rada predstavlja dio linije korištene u masovnoj proizvodnji koja zbog svojih elemenata od kojih je sastavljena ima mogućnost provjere ispravnosti velikog broja uzoraka u kratkom vremenskom periodu. Spomenutu mogućnost linija može odraditi uz korištenje strojnog vida te koristeći no i *low-code* programiranja.

### 4.1. Koncept rada proizvodne linije

Proizvodna linija čiji će segmenti biti niže opisani imat će zadatak otkrivati neispravnost proizvoda koji se kreću po liniji te sukladno tome odrediti hoće li proizvod nastaviti po traci ravno ili će se odvojiti udesno.

Pozicioniranjem proizvoda na platformu sa metalnim rubom, induktivni senzor očita prisutnost proizvoda te počinje proces. Nakon nekog vremena, proizvod dolazi ispod kamere koja pomoću strojnog vida otkriva unaprijed definirane nepravilnosti na proizvodu te sustav u pozadini donosi odluku o ispravnosti ili neispravnosti proizvoda. Sljedeći induktivni senzor koji se nalazi na račvanju pokretnih linija očitava prisutnost proizvoda te ovisno o odluci sustava, ili proizvod pusti dalje u „nastavak proizvodnje“ ili ga pomoću pneumatske platforme podigne i usmjeri prema drugom dijelu pokretne trake odnosno na „doradu“ ili u „škart proizvode“. Ovim konceptom rada očekuje se vrlo brzo očitavanje neispravnosti proizvoda gdje će ograničavajući faktor biti brzina pokretne trake, te neće biti zastoja prilikom očitavanja ispravnosti.

### 4.2. Sastavnice pokretne linije

Linija je sastavljena od jednog modula duljine 1200 mm, te od njemu okomitog modula duljine 900 mm. Na duljem modulu nalazi se jedinica za kontrolu ispravnosti proizvoda te za potpunu funkcionalnost linije potrebno je da svaka komponenta bude funkcionalna i po karakteristikama kao što je i projektirana.

#### 4.2.1. *Aluminijski profili i spojni elementi*

Proizvodna linija sastavljena je od ekstrudiranih aluminijskih profila koji se najčešće koriste kod proizvodnih linija ili nekih drugih adaptivnih konstrukcija. Karakterizira ih mala masa u odnosu na nosivost, jednostavan izgled i jednostavnost sastavljanja u potrebnu konstrukciju. Potrebne spojeve jednostavno je ostvariti pomoću vijaka i matica prilagođenih utorima u profilima. Prikaz profila dan je na slici 35., dok je vijak, matica i kutnik prikazani na slici 36.



Slika 35. Aluminijski profili za sastavljanje linije



Slika 36. Vijak, matica i kutnik

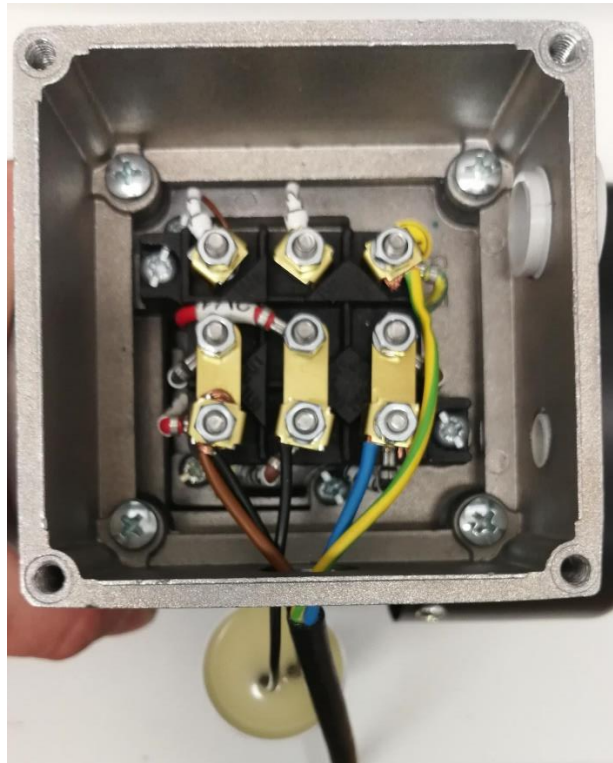
#### 4.2.2. Pogonski elementi

Glavna uloga proizvodne linije je pomicanje predmeta proizvodnje kroz proces, pa tako pogonski elementi igraju jako bitnu ulogu u projektiranju trake te se prilagođavaju sukladno namjeni. Na proizvodnoj liniji koju opisujemo nalaze se 2 trofazna motora (REXROTH mnr: 3 842 547 470) snage 100 W. Obzirom na duljinu linije te masu proizvoda koji se kreću po liniji motori imaju dovoljno snage obzirom da se prenosi preko reduktora okretaja omjerom 20:1. Motor je prikazan su na slici 37.



Slika 37. REXROTH trofazni motor [34]

Motori su predviđeni za spajanje na trofaznu struju, no prilagođeni su za rad na monofaznoj struji pomoću prespajanja iz zvijezda načina rada u trokut način rada i dodavanja kondenzatora za stalni rad kapaciteta 10  $\mu$ F između 2 faze. Prelaskom rada motora iz trofaznog u monofazni oblik rada gubi se otprilike 30 % snage. Prikaz spajanja motora dan je na slici 38.



**Slika 38. Prikaz spajanja motora i kondenzatora**

Faza i kondenzator su spojeni na namotaj L1, dok je druga žica kondenzatora spojena na L2 te je nula spojena na namotaj L3.

#### ***4.2.3. Elementi za nošenje robe***

Elementi koji su uz pogon zaslužni za prijenos materijala i proizvoda su ili trake ili remeni. U konkretnom slučaju korištena su 2 remena napeta između vratila i osovine između kojeg putuje platforma s proizvodom. Osovina i vratilo su promjera 30 mm, dok je remenje dugo na prvom modulu 3030 mm i na drugom 1640 mm. Prikaz remena korištenog na traci dan je na slici 39.



**Slika 39. Remen na proizvodnoj liniji [34]**

#### ***4.2.4. Elementi za očitavanje prisutnosti***

Za potrebe otkrivanja pozicije i zbrajanja prijeđenih proizvoda korištene su platforme sa metalnim rubovima, prilagođene da ih mogu očitati induktivni senzori kao glavni elementi očitavanja prisutnosti proizvoda. Na liniji su u upotrebi 3 senzora modela REXROTH 2150CN prikazanih na slici 40.



**Slika 40. Induktivni senzor REXROTH 2150CN**



#### 4.2.5. Pneumatski elementi

Elementi za usmjeravanje nakon odluke o ispravnosti proizvoda su pneumatski pokretani. Na liniji se nalaze cilindri koji podižu platformu na račvanju na kojem se odvajaju proizvodi. Ispred cilindra nalaze se pneumatski „3/2“ elektro ventili CPE10-M1BH-3GL-M7 koji se aktiviraju pomoću signala iz upravljačke jedinice. Kako bi cilindri mogli pretvoriti zrak u mehanički rad, potrebno ga je stlačiti kompresorom L-S50-25 na radni tlak od 8 bara. Prikaz elektro-ventila i kompresora nalaze se na slici 41. i 42.



Slika 41. Elektroventil CPE10-M1BH-3GL-M7





Slika 42. Kompresor

#### 4.2.6. Elementi za strojni vid

Elemente strojnog vida nazivamo čimbenike koji su korišteni u sustavima računalnog vida za obradu vizualnih informacija. Niže su navedeni neki od ključnih čimbenika koji su najčešće korišteni u strojnom vidu:

- Kamera predstavlja ključni čimbenik strojnog vida jer bilježi slike ili videozapise predmeta koji se kontroliraju. Kamere korištene za strojni vid mogu biti klasične, 3D ili termalne
- Senzori se koriste u slučaju potrebe za dodatnim informacijama s ciljem pomaganja sustavu u obradi podataka. Neki od informacija koje senzori mogu prikupiti su jakost svjetlosti, udaljenosti, temperature itd
- Optički elementi poput leća, filtara i zrcala koriste se za fokusiranje svjetla i oblikovanje slike. Optički sustavi koriste se za poboljšanje kvalitete slike, uklanjanje izobličenja ili povećanje osjetljivosti

- Algoritmi ili za obradu slike primjenjuju se na snimljene slike za analizu, prepoznavanje objekata, izdvajanje značajki ili obradu nedostataka. Mogu se koristiti za filtriranje, otkrivanje rubova ili neke druge operacije na slikama
- Softver za analizu: Softverski alati omogućuju programerima stvaranje algoritama i aplikacija za analizu slike ili videa. Omogućuju funkcije kao što su prepoznavanje objekata, praćenje pokreta, klasifikacija ili prepoznavanje uzoraka
- Hardver za obradu: Hardverske komponente kao što su jedinice za grafičku obradu (GPU) ili specijalizirani čipovi za obradu slike koriste se za ubrzavanje izračuna i obradu velikih količina podataka u stvarnom vremenu.

Ovi se elementi kombiniraju kako bi stvorili sustave strojnog vida koji mogu obavljati različite zadatke, poput prepoznavanja lica, kontrole kvalitete, autonomne navigacije i drugih vizualnih analiza.

U slučaju pokretne trake koja je predmet promatranja nalazi se kamera Alvium 1800 U-2050c. Kamera ima mogućnost rada na temperaturama od  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$  i prikazivati tu sliku u rezoluciji  $5496 \times 3672$  px. Uzimajući čak 21 sliku u sekundi. Spomenute performanse moguće su zbog korištenja Sony IMX83 senzora [37,39]. Prikaz spomenutog sustava dan je na slici 43.



**Slika 43. Prikaz sustava strojnog vida na pokretnoj liniji**

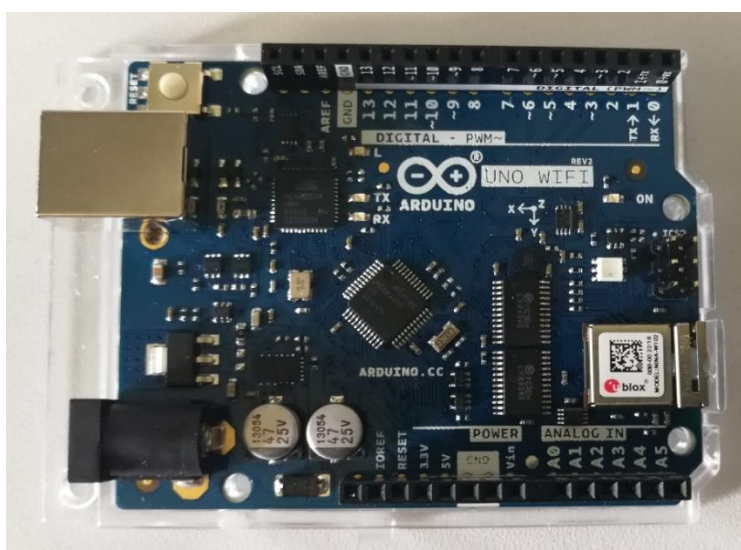
#### 4.2.7. Upravljačka jedinica

Upravljačka jedinica ima izrazito bitnu ulogu u nekom proizvodnom procesu pa tako i liniji. Potrebno je posvetiti vremena za odabir odgovarajuće jedinice zbog raznih karakteristika koje mora imati. U tablici 2. dan je usporedbeni prikaz između PLCa i mikroupravljača.

Tablica 2. Usporedba PLCa i mikroupravljača [35, 36]

Karakteristika	PLC Siemens	ARDUINO Uno Wifi Rev 2
Namjena	Industrijska automatizacija	Opća primjena u računalstvu i robotici
Izvođenje instrukcija	Brzo i paralelno	Sporo i sekvencijalno
Radna memorija	Velika	Promjenjiva (ovisno o modelu)
Ulazno/izlazni sustavi	Raznovrsni i brojni	Ograničeni i manje brojni
Programiranje	Programski jezici	Programiranje u sklopu razvojnog okruženja
Robusnost	Vrlo visoka	Mala
Cijena	Visoka	Niska

ArduinoUno Wifi Rev 2 nije izvorno osmišljen za upotrebu u industrijskim okruženjima i često zahtijeva dodatne mjere zaštite kako bi se osigurala pouzdanost i sigurnost sustava, no za potrebe puštanja linije u pogon u laboratorijskim uvjetima s ciljem uviđanja ostalih potencijalnih problema, koristit će se Arduino Uno Wifi Rev 2. Prikaz Arduina dan je na slici 44.



Slika 44. Upravljačka jedinica – Arduino Uno Wifi Rev 2

## 5. PRIMJENA PRISTUPA UPRAVLJANJA I APLIKACIJA NA POKRETNOSTI LINIJI

### 5.1. Potencijalna poboljšanja linije

Pokretna linija sastavljena od komponenti opisanih u poglavlju 4.2. prikazana je na slici 45.



Slika 45. Prikaz sastavljene pokretne linije

Pokretna linija mogla bi raditi zbrajanje prijeđenih proizvoda brojačem s jednom od dva induktivna senzora koja se nalaze na glavnom modulu linije ili pomoću kamere zbrajajući broj pregledanih komada koji su prošli ispod iste. Obzirom na kvalitetu sustava za strojni vid, ograničenje koje traka trenutno ima za povećanje kapaciteta proizvoda za inspekciju je sustav transporta. Sustav transporta možemo podijeliti na dva odvojena sustava - na horizontalni transport i vertikalni. Horizontalni sustav vodi proizvod od mjesta dolaska na traku do mjesta prolaska ispod sustava za strojni vid pa sve do mjesta račvanja. Između kamere i mjesta račvanja, sustav sukladno pred definiranim parametrima donese odluku o sukladnosti ili nesukladnosti proizvoda na liniji, tako se na mjestu račvanja ili proizvod nastavi kretati ravno u slučaju ispravnosti ili se aktivira sustav vertikalnog transporta sa svrhom podizanja proizvoda i ciljem odvajanja nesukladnog proizvoda na desnu pokretnu liniju.

- Horizontalni transport je trenutno karika koja najviše koči povećanje broja pregledanih proizvoda te bi se to moglo promijeniti montiranjem drugačijeg reduktora broja okretaja s manjom redukcijom, to jest, trebao bi se povećati broj okretaja pogonskog remena za proizvode
- U slučaju da bi se na traci našli proizvodi veće mase no što bi motor mogao podnijeti, moglo bi doći do pregrijavanja motora ako bi radio u kontinuiranom radu duže vremena. S ciljem sprječavanja toga, sljedeći korak bio bi montiranje snažnijeg motora ili spajanje istog na 3 faznu struju s čim bi vratili otprilike 30% snage koju smo uzeli spajanjem u spoj trokut zbog omogućavanja rada na monofaznoj struji
- Sljedeća opcija za povećanje kapaciteta linije bilo bi micanje vertikalnog dijela transporta proizvoda iz razloga što vertikalni transport može početi tek u trenutku kada proizvod bude na poziciji za dizanje, što neupitno produljuje vrijeme koje je potrebno za obradu jednog proizvoda. Poboljšanje za ovaj izazov bio bi pneumatski cilindar, kojeg bi aktivirao isti elektroventil montiran trenutno na traci koji bi se aktivirao čim sustav strojnog vida donese odluku o sukladnosti ili nesukladnosti proizvoda, a ne nakon primitka signala indukcijskog senzora kao do sada. Tako bi, proizvod u slučaju nesukladnosti, bez zaustavljanja trake, naišao na prepreku u zaobljenom obliku uz koju bi proizvod prisilno skrenuo udesno.

Spomenuta poboljšanja bila su vezana uz potencijalna fizička ograničenja linije, dok se naredna poboljšanja odnose na mogućnosti uz primjenu *low* i *no-code* programiranja.

Sami *no* i *low-code* programi ne mogu samostalno pogoniti čitav sustav pokretne linije nego se mora poštivati automatizacijska piramida. Shodno tome, moguće je napraviti SCADA-u računalni sustav za nadzor, mjerenje i upravljanje industrijskim sustavima ili HMI (eng. *Human Machine Interface*) sustav za nadzor strojeva i pogona. Stoga postoje sljedeće opcije:

- Upravljanje sustavom; od pokretanja i zaustavljanja do pauza u radu uslijed remonta i održavanja linije
- Praćenje i alarmiranje od strane sustava kada je vrijeme za zaustavljanje trake zbog servisa, bilo od broj pregledanih komada ili proteka vremenskog perioda od zadnjeg servisa

- Bilježenje statistike i izrada izvještaja po segmentima ili po proizvodima, po djelatnicima ili po radnoj smjeni
- Praćenje informacija s kojih strojeva dolaze proizvodi na liniju u svrhu otkrivanja strojeva koji izdaje komade slabije kvalitete uz alarmiranje o istom.

## 5.2. Elementi za prikupljanje i analizu podataka

Aplikacije navedene u poglavlju 2.3. mogu se primijeniti na pokretnoj liniji opisanoj u poglavlju 4. na sljedeće načine:

U gore navedenim aplikacijama moguće je izraditi obrazac i izvještaj o stanju na pokretnoj traci. Izrada izvještaja je jednostavna i brza koristeći alate kao što su povuci i ostavi (drag and drop). Kao neki od prijedloga za nadziranje mogle bi biti informacije o kvaliteti, defektima, dimenzijama i drugim informacijama koje korisnik smatra relevantnima. Također, moguće je izraditi obrasce za unos podataka o proizvodima koji se provjeravaju.

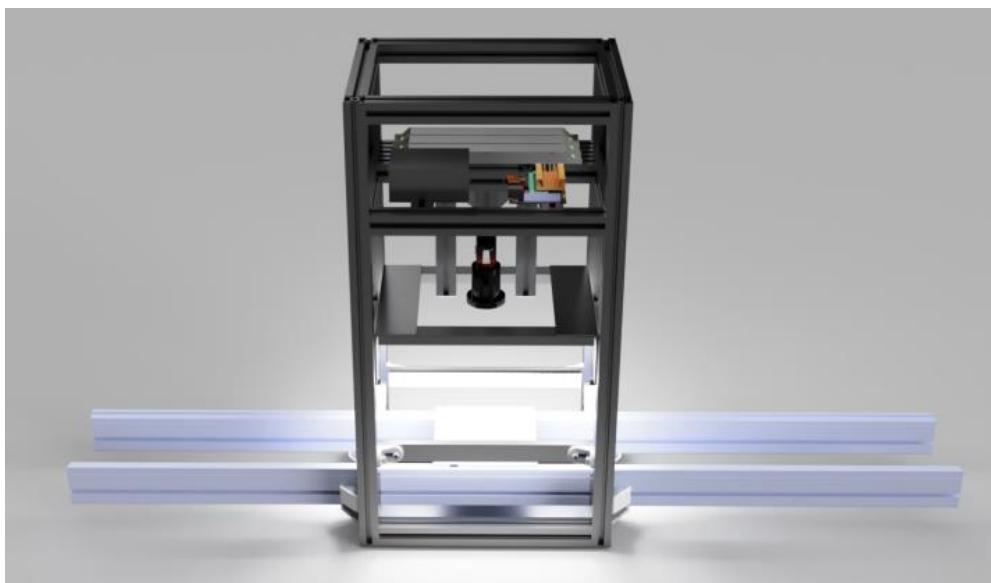
Jedna od bitnijih prednosti aplikacija bilo bi i praćenje procesa u trenutku rada. Aplikacije omogućavaju izradu mogućnosti koje prate rad strojnog vida, to jest, trenutna inspekcija proizvoda na liniji. Moguće je bilježiti defekte, njihovu učestalost te pomoću kamere i fotografije defekata i statistiku na određenim kontrolnim točkama te ako se radi o zastojima na traci i status zastoja (vrijeme nastajanja, zadužena osoba za popravak, vrijeme zastoja itd.). Uz dobru analitiku, npr. na kojim proizvodima ili u kojim vremenima ili s kojim alatima se događa najveći broj defekata, moguće je prilagoditi uvjete, strojeve ili djelatnika zadatku ili proizvodu koji je dobiven s ciljem optimizacije procesa.

Kamera korištena na pokretnoj liniji je kamera koja pruža u sklopu sa sustavom kontrole vida:

- Prilagodljivo otklanjanje šuma
- Transformaciju boja, uključujući nijansu i zasićenost
- Kontrast
- Ispravak neispravnih piksela
- Automatsku izoštravanje slike
- Brojače i mjerače vremena

- Praćenje temperature
- i slično.

Obzirom da sustav ima 4 ulazna/izlazna pina (eng. *GIPO* – *General Purpose Input/Output*) sustavom je jednostavno komunicirati i uzimati podatke koji su potrebni za automatizaciju. Prikaz modela korištenog sustava strojnog vida dan je na slici 46.



**Slika 46. Prikaz modela sustava strojnog vida [37]**

Izrazito bitna karakteristika je integracija s drugim sustavima. Ukoliko je u poslovanje uveden i neki drugi program za praćenje proizvodnje, utoliko je moguće prikupljene podatke poslati u neku drugu bazu podataka kako bi se obradila na neki drugi način ili kako bi se podaci sačuvali na nekoj višoj razini ERP sustava zbog centralizacije podataka čitavog poslovanja. Ova pogodnost olakšava izradu analiza koje možda nisu moguće u samoj aplikaciji.

Obzirom na sve veću konkurenciju, razlika u kvaliteti, brzini i cijeni proizvoda može se napraviti samo uz dovoljno brzu mogućnost donošenja odluka čemu svakako pridonosi mobilna dostupnost aplikacija. Sve navedene platforme podržavaju izradu mobilnih aplikacija, što omogućuje zaduženim osobama za funkcioniranje linije da koriste aplikaciju i dok nisu fizički prisutni uz liniju putem mobilnih uređaja. To dovodi do veće mobilnosti te manjeg vremena odaziva u slučaju problema.

### 5.3. Analiza procesa u odnosu na manufakturu

Manufaktura je oblik organizacije proizvodnje koji ima dugu povijest i razvio se tijekom industrijske revolucije. Ovaj koncept proizvodnje temelji se na ručnom ili poluautomatskom radu u radionicama, gdje se proizvodi izrađuju u ograničenim količinama.

Razvoj manufakture započeo je u Europi u 18. stoljeću. Tada su radnici, obučeni specifičnim vještinama, ručno izrađivali proizvode u radionicama. Svaki radnik bio je odgovoran za određeni dio proizvodnog procesa, što je omogućilo preciznost i kvalitetu proizvoda. Primjerice, u tekstilnoj manufakturi jedan radnik bi tkao tkaninu, drugi bi je bojio, a treći bi je šivao [38].

Manufaktura je bila ključna u prijelazu s domaće proizvodnje na organiziranu industrijsku proizvodnju. Taj je sustav omogućio povećanje produktivnosti i efikasnosti u usporedbi s individualnim zanatskim radnicima koji su proizvodili pojedinačne proizvode.

Tijekom vremena, manufaktorni sustav evoluirao je prema tvorničkoj proizvodnji i masovnoj proizvodnji s uvođenjem strojeva i tehnologija. To je dovelo do daljnjeg povećanja produktivnosti i standardizacije proizvodnog procesa [38].

Iako se manufaktura danas manje koristi u industrijskim postavkama, pojam se i dalje koristi za opisivanje posebnih proizvodnih metoda koje se temelje na ručnom radu ili prilagođenom pristupu izradi proizvoda, često u malim serijama ili za visokokvalitetne proizvode koji zahtijevaju posebnu pažnju i vještinu.

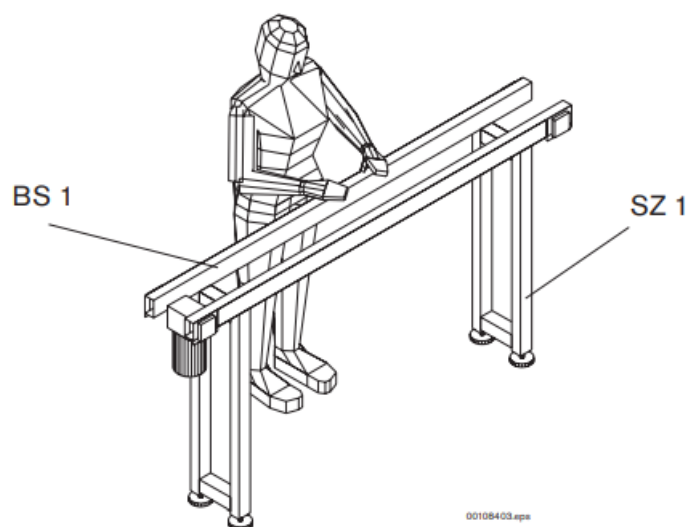
Korak koji bi se smjestio nakon obrtničkih radova bio bi pogon na kojem djelatnik radi na pokretnoj liniji te glavni dio posla obavlja samostalno dok pokretna traka lagano putuje određenom brzinom da bude dovoljno vremena ispred radne jedinice koja je potrebna za obavljanje operacije na određenoj radnoj jedinici. Takav postupak rada vidljiv je i dalje u nekim proizvodnim poduzećima (redovito u automobilskoj industriji), pogotovo u poduzećima koja sklapaju proizvode iz poluproizvoda gdje je zahtjevno ili preskupo implementirati strojeve zbog složenosti operacija koje se izvode. Razlika između pokretne automatizirane trake i manufakture dana je u tablici 3.



Tablica 3. Usporedba manufakture i automatizirane linije

Kategorija	Manufaktura	Automatizirana linija
Metoda proizvodnje	Ručna izrada i montaža	Automatizirana proizvodna linija
Radna snaga	Visoka potreba za radnom snagom	Smanjena potreba za radnom snagom
Vrijeme proizvodnje	Ovisno o vještini radnika	Brza proizvodnja u konstantnu brzinu
Prilagodljivost	Velika fleksibilnost	Manja fleksibilnost
Kontrola kvalitete	Ovisi o vještinama radnika	Automatska i brza kontrola
Sklonost greškama	Veća sklonost greškama	Manja sklonost greškama
Investicijski troškovi	Niži investicijski troškovi	Viši investicijski troškovi
Troškovi održavanja	Niži troškovi održavanja	Viši troškovi održavanja
Skalabilnost	Manja skalabilnost	Veća skalabilnost

Relativno često, zbog cijene sustava strojnog vida, djelatnici u proizvodnim poduzećima obavljaju radnju vizualne ili taktilne kontrole poluproizvoda ili proizvoda. U takvim pogonima najčešće se traka nakon pokretanja ne gasi i nekoliko sati. Spomenuti oblik rada je monoton i izrazito zahtjevan zbog nemogućnosti kretanja djelatnika i potrebe da djelatnik bude u istoj poziciji do sljedeće pauze najčešće okruženi bučnim okruženjem. Prikaz takve radne jedinice dan je na slici 48.



Slika 47. Prikaz radne jedinice inspeksijskog radnika u manufakturi [34]

Gore navedeni uvjeti rada mogu dovesti do čestih bolovanja i grešaka prilikom inspekcije proizvoda. Stoga je nakon inicijalnih većih troškova, u slučaju masovne proizvodnje, isplativije implementirati vizijski sustav koji bi obavljao inspekciju proizvoda umjesto djelatnika. Primjer takvog vizijskog sustava spojenog na pokretnu traku prikazan je na slici 49.



**Slika 48. Prikaz pokretne linije sa sustavom za strojni vid opisanom u radu**

Najčešće, ovisno o kompleksnosti proizvoda i procesa, sustavi za strojni vid su brži sustavi no što su ostali segmenti proizvodnog procesa tako da sustavi za inspekciju ne predstavljaju „usko grlo“ na liniji.

## 6. ZAKLJUČAK

Pokretna linija od prvih korištenja podizala je efikasnost proizvodnih procesa u odnosu na proizvodnju manufakturom. Zbog tog razloga, sama ekspanzija pokretnih linija bila je brza i temeljita. Svako proizvodno poduzeće koje se bavi masovnom proizvodnjom željelo je i dalje želi integrirati neki oblik pokretne trake u poslovanje.

U samim počecima, infrastruktura je bila izrazito skupa te su samo velika poduzeća imala pristup istoj. Nakon nekog vremena, kada su određena poduzeća napravila pokretnu liniju, neka druga su htjela ponovo povećati tržišnu razliku. Kronološki, nakon masovnog širenja proizvodnih linija, počela su automatiziranja istih. Identično kao i prije, automatizaciju su si mogli priuštiti samo tržišni lideri zbog kompleksnosti kako infrastrukture tako i sustava upravljanja.

Prilikom zasićivanja tržišta tim oblikom proizvodnje, pojavio se oblik centralnog vođenja automatizirane proizvodnje koji su također mogli implementirati samo poduzeća sa dovoljno kapitala. Kroz godine, hardver postaje sve dostupniji, dok se razlika među proizvodnim pogonima radila kroz kvalitetan softver.

No unazad nekoliko godina, softver je postao dostupniji nego ikada. Uz velike mogućnosti izrade različitih programa, softver za vođenje i upravljanje postao je više pitanje želje za unaprjeđenjem nego li financijsko pitanje. Otvoreno je tržište neprofesionalnog programiranja, to jest, omogućeno je programiranje i automatiziranje ljudima koji nisu po profesiji programeri zbog inovacije zvane *low* i *no-code* programiranje.

Ipak, nije moguće samo programima s malo ili bez koda upravljati i automatizirati proizvodnju. Za upravljanje, potrebno je imati podlogu sukladno piramidi automatizacije. Prikupljanje podataka i samo upravljanje na liniji i dalje će ostati zadatak elementima koji su niže u automatizacijskoj piramidi kao što su izvršitelji naredbi i senzori.

Postupak digitalne transformacije nije jednostavan proces, no uvelike ga olakšava širok spektar aplikacija koje se mogu napraviti uz pomoć *low* i *no-code* načina programiranja.

*Low* i *no-code* aplikacije će pomoći u premošćivanju jaza između poslovnih zahtjeva i IT mogućnosti, omogućujući organizacijama da ubrzaju svoje napore u digitalnoj transformaciji i potaknu inovacije.

---

**LITERATURA**

- [1] <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1168/datastream/PDF/view>, pristupljeno 22.4.2023.
- [2] <https://ford.hr/10-stvari-koje-niste-znali-o-fordu>, pristupljeno 21.04.2023.
- [3] <https://kimmel-filtri.hr/djelatnosti/automatizacija/>, pristupljeno 10.06.2023.
- [4] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/etfos%3A2257/datastream/PDF/view>, pristupljeno 13.06.2023.
- [5] <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/what-is-a-plc.html>, pristupljeno 23.4.2023.
- [6] <https://learn.umh.app/lesson/introduction-into-it-ot-automation-pyramid/>, pristupljeno 15.06.2023.
- [7] <https://www.appmysite.com/blog/low-code-no-code-development-platforms-market-share-size/> pristupljeno 15.05.2023.
- [8] [https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper/volume3/issue\\_6\\_june\\_2021/12594/1628083501.pdf](https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper/volume3/issue_6_june_2021/12594/1628083501.pdf) pristupljeno 06.06.2023.
- [9] <https://download.manageengine.com/appcreator/appcreator-evaluation-guide.pdf>, pristupljeno 20.06.2023.
- [10] <https://learn.microsoft.com/en-us/power-apps/powerapps-overview>, pristupljeno 10.06.2023.
- [11] <https://www.outsystems.com/low-code-platform/>, pristupljeno 17.06.2023.
- [12] <https://www.mendix.com/platform/>, pristupljeno 17.06.2023.
- [13] <https://www.mendix.com/evaluation-guide/enterprise-capabilities/platform-architecture/>, pristupljeno 17.06.2023.
- [14] <https://appian.com/>, pristupljeno 17.06.2023.
- [15] <https://www.zoho.com/creator/product-overview.html?src=hdd>, pristupljeno 17.06.2023.
- [16] Cypher, A., Dontcheva, M., Lau, T., Nichols, J.,: No code required: Giving users tools to transform the web, 2010.
- [17] <https://bubble.io/home/apps>, pristupljeno 18.06.2023.
- [18] <https://www.glideapps.com/templates>, pristupljeno 18.06.2023.
- [19] <https://thinkable.com/#/>, pristupljeno 18.06.2023.
- [20] <https://www.sap.com/products/technology-platform/low-code-app-builder.html>, pristupljeno 18.06.2023.

- [21] <https://help.sap.com/doc/2acecfb777684ce5a0a8a75fd78caffb/Latest/en-US/2a23b2bcd9084d83b9a8e76b2d1b4372.pdf>, pristupljeno 18.06.2023.
- [22] [Example apps \(appgyver.com\)](#), pristupljeno 20.06.2023.
- [23] <https://www.adalo.com/>, pristupljeno 20.06.2023.
- [24] Bicheno, J., Holweg, M.: The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation, Piccie books, 2008.
- [25] Hegedić, M.: Model upravljanja proizvodnjom integriranjem vitkoga i zelenoga menadžmenta, 2017.
- [26] Lekšić, I.: Model izbora vitkih alat pri rekonstrukciji poduzeća, 2020.
- [27] <https://www.airtable.com/>, pristupljeno 21.06.2023.
- [28] <https://powerautomate.microsoft.com/hr-hr/what-is-rpa/>, pristupljeno 10.06.2023.
- [29] <https://trs.hr/project/projekt-rpa/>, pristupljeno 10.06.2023.
- [30] <https://asana.com/>, pristupljeno 10.06.2023.
- [31] <https://support.atlassian.com/trello/docs/what-is-trello/>, pristupljeno 10.06.2023.
- [32] <https://slack.com/>, pristupljeno 10.06.2023.
- [33] <https://support.monday.com/hc/en-us/articles/115005310945-What-is-monday-com->, pristupljeno 11.06.2023.
- [34] [https://store.boschrexroth.com/Assembly-Technology/Transfer-system-TS-1?cclcl=en\\_GB](https://store.boschrexroth.com/Assembly-Technology/Transfer-system-TS-1?cclcl=en_GB), pristupljeno 22.06.2023.
- [35] <https://repository.ffri.uniri.hr/islandora/object/ffri%3A816/datastream/PDF/view>, pristupljeno 23.04.2023.
- [36] <https://www.seeedstudio.com/blog/2019/12/04/introduction-to-the-arduino-what-is-arduino/>, pristupljeno 23.04.2023.
- [37] <https://www.alliedvision.com/en/products/alvium-configurator/alvium-1800-u/2050/>, pristupljeno 28.06.2023.
- [38] Hopp, W., Spearman, M.: Factory physics - Foundations of Manufacturing Management, 1995.
- [39] Golec, M., Gudlin, M., Gregurić, P., Hegedić, M.: Development of Testing System for the Application of Artificial Intelligence in Quality, 2023.
- [40] <https://userguiding.com/blog/no-code-low-code-statistics/>, pristupljeno 20.06.2023.