

Pametna paleta u funkciji unaprjeđenja logističkih procesa

Dokoza, Karlo

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:604959>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-26**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Karlo Dokoza

**PAMETNA PALETA U FUNKCIJI UNAPRJEĐENJA LOGISTIČKIH
PROCESA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 4. svibnja 2022.

Zavod: **Zavod za inteligentne transportne sustave**
Predmet: **Inteligentni transportni sustavi I**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6915

Pristupnik: **Karlo Dokoza (0135248295)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Pametna paleta u funkciji unaprjeđenja logističkih procesa**

Opis zadatka:

Inovacije u području logistike otvaraju nove poslovne šanse i mogućnosti za uštede te povećanje konkurentnosti. Primjena pametnih paleta je inovativni koncept koji u logističko poslovanje može ostvariti značajne koristi. U ovom diplomskom radu primjena pametnih paleta u logistici obraditi na način da se opišu izazovi logističkog poslovanja u 21. stoljeću, primjena inovativnih koncepata u logistici te tehničko tehnološki koncept pametne palete. Također, u diplomskom radu je potrebno opisati analizu slučaja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

doc. dr. sc. Pero Škorput

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

PAMETNA PALETA U FUNKCIJI UNAPRIJEĐENJA
LOGISTIČKIH PROCESA

SMART PALETTE IN THE FUNCTION OF IMPROVING
LOGISTICS PROCESSES

Mentor: Doc.dr.sc. Pero Škorput

Student: Karlo Dokoza

JMBAG: 0135248295

Zagreb, rujan 2022.

SAŽETAK:

Da bi logističke tvrtke ostale konkurentne na tržištu svakodnevne moraju unaprjeđivati svoje logističke procese, ispunjavati sve rigoroznije zahtjeve kupaca, te se prilagođavati novim tehnologijama današnjice. Industrijska revolucija 4.0 razvija nove inovativne tehnologije koje omogućuju smanjenje troškova, kvalitetniju transparentnost između korisnika i logističkog operatera, te protočnost informacija koje do sada nisu bile dostupne. S obzirom na spomenute izazove kao rješenje u diplomskom radu će se analizirati tehničko-tehnološke značajke pametne palete, njena primjena i potencijalna unaprjeđenja koja nudi ista.

Ključne riječi : industrijska revolucija, logistika, pametna paleta, inovativne tehnologije

SUMMARY:

In order for logistics companies to remain competitive on the market, they must improve their logistics processes on a daily basis, meet increasingly rigorous customer requirements, and adapt to today's new technologies. Industrial revolution 4.0 is developing new innovative technologies that enable cost reduction, better transparency between the user and the logistics operator, and the flow of information that was not available until now. With regard to the mentioned challenges, the technical-technological features of the smart palette, its application and potential improvements offered by the same will be analyzed as a solution in the thesis.

Key words: industry revolution, logistics, smart pallet, innovative technologies

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. IZAZOVI LOGISTIKE U 21. STOLJEĆU.....	3
2.1. Industrija 4.0 u logistici.....	3
2.2. Glavne značajke industrije 4.0	5
2.3. Globalni trendovi industrije 4.0.....	6
2.4. Pojmovi koji se vežu uz industriju 4.0	9
2.4.1. Internet stvari.....	9
2.4.2. Veliki podaci	10
2.4.3. Pametna tvornica	10
2.4.4. Industrijski Internet	11
2.4.5. E-Trgovina.....	11
2.4.6. Upravljanje odnosima s klijentima.....	11
2.4.7. Računalstvo u oblaku	12
3. PRIMJENE INOVATIVNIH KONCEPATA U LOGISTICI.....	13
3.1. Internet ljudi	17
3.2. Internet stvari.....	18
3.3. Računalstvo u oblaku	19
3.4. Tehnologije velikih podataka	21
3.5. Blockchain (BC).....	23
3.6. Proširena stvarnost.....	25
3.7. Automatizacija.....	26
3.8. Robotika	27
3.9. Aditivna proizvodnja	28
3.10. Simulacija.....	30
3.11. Semantičke tehnologije	32
4. TEHNIČKO - TEKNOLOŠKI KONCEPT PAMETNE PALETE.....	33

4.1. Tehničko – tehnološka obilježja EURO palete	33
4.2. Tehničko – tehnološka obilježja SPIoT platforme	35
5. ANALIZA SLUČAJA.....	37
5.1. Hardversko rješenje	38
5.2. Softversko rješenje	44
5.2.1. Desktop aplikacija	44
5.2.2. Mobilna aplikacija	50
5.3. Prilagođavanje SPIoT platforme na tržište.....	51
5.4. Razlog uvođenja SPIoT platforme na tržište.....	52
5.5. Financijski elementni SPIoT platforme	55
5.6. Zaključena procjena uspješnosti SPIoT platforme	56
6. ZAKLJUČAK.....	57
POPIS LITERATURE.....	59
Popis slika.....	63
Popis tablica.....	64

1. UVOD

Logistika kao interdisciplinarna i multidisciplinarna znanost svakodnevno se susreće sa novim izazovima od globalizacije, pandemije, lokalizacije, sve do najnovije tehnologije koja se iz dana u dan unaprjeđuje. Četvrta industrijska revolucija koja se također još naziva digitalizacija stvara velike izazove prilikom stvaranja poslovnih strategija. Na temelju tih spoznaja ključno je pravovremeno implementirati potrebnu tehnologiju kako bi se stvorila konkurentnost na tržištu i optimizirali logistički procesi, te zadovoljili danas sve kompleksniji zahtjevi kupaca.

Cilj diplomskog rada je prikazati logističko postojanje u 21. stoljeću, susret sa 4.0 industrijskom revolucijom, najnovijim tehnologijama te implementacijom istih. Najnovije tehnologije imaju veliki potencijal za korištenje i optimizaciju logističkih sustava. Adaptiranje IoT tehnologije unutar EURO paleta u svrhu poboljšanja logističkih procesa prikazano će biti kroz rješenje pametne palete. Cilj pametne palete je da unaprijedi postojeći sustav paletizacije, smanji troškove, poveća sigurnost i točnost informacija prilikom transporta proizvoda.

Struktura ovog diplomskog rada je takva da je podijeljena u 6 cjelina i to:

1. Uvod
2. Izazovi logistike u 21. Stoljeću
3. Primjene inovativnih koncepata u logistici
4. Tehničko – tehnološki koncept pametne palete
5. Analiza slučaja
6. Zaključak

U drugom poglavlju objašnjeni su izazove s kojima se susreće logistika u 21. Stoljeću. Pod izazove smatramo globalne trendove i sve pojmove, odnosno tehnologije koje se vežu uz industriju 4.0.

Treće poglavlja govori o 11 tehnologija koje se razvijaju do dan danas. Potencijalna logistička unaprjeđenja korištenjem istih. Također i detaljan opis prednosti, nedostataka i ključnih čimbenika tehnologija.

U četvrtom poglavlju prikazane su bitnosti kvalitetnog upravljanja sustavom paletizacije. U nastavku rada su prikazana tehničko-tehnoloških obilježja standardizirane EURO palete, te tehničko-tehnološki koncept pametne palete koristeći kombinaciju EURO palete i IoT tehnologije.

U petom poglavlju opisan je potencijal koji nudi SPIoT platforma, odnosno korištenje pametne palete u svrhu optimizacije logističkih procesa. Također, razradu hardverskog i softverskog rješenja, prilagođavanje platforme na tržište, razloge uvođenja platforme i sama uspješnost koju nudi SPIoT platforma.

2. IZAZOVI LOGISTIKE U 21. STOLJEĆU

Kako ulazimo u novo tisućljeće logistički sustavi se susreću sa industrijom 4.0, gravitacijska sila globalizacije (novi trgovački partneri, jeftiniji izvori opskrbe i tržišta u razvoju) potiče tvrtke svih veličina da grade saveze i sustave internetske trgovine koja učinkovito isporučuje proizvode kupcima, a istovremeno pružaju pogled na cijeli svijet operacija. Vodeće virtualne i tradicionalne organizacije razvijaju nove strategije za praćenje narudžbi i reagiranje na promjene, u stvarnom vremenu, rukovanju i transportu materijala dok se kreće kroz opskrbeni lanac od dobavljača do kupca [1].

Tvrtke tradicionalno nadziru glavne trgovačke puteve diljem zemlje ili diljem svijeta, ali to više nije dovoljno za osiguranje visoke razine korisničke usluge. Logistički sustavi moraju uključivati rješenja koja automatiziraju proces poslovanja s kupcima, kao što su revizije narudžbi i upravljanje dokumentima (tj. Uvoz/izvoz, opasni materijali). Osim toga, potrebno je pratiti pošiljke, rukovati plaćanjima i nadzirati pozicije zaliha (prema stavkama i lokacijama) u cijelom opskrbnom lancu [1].

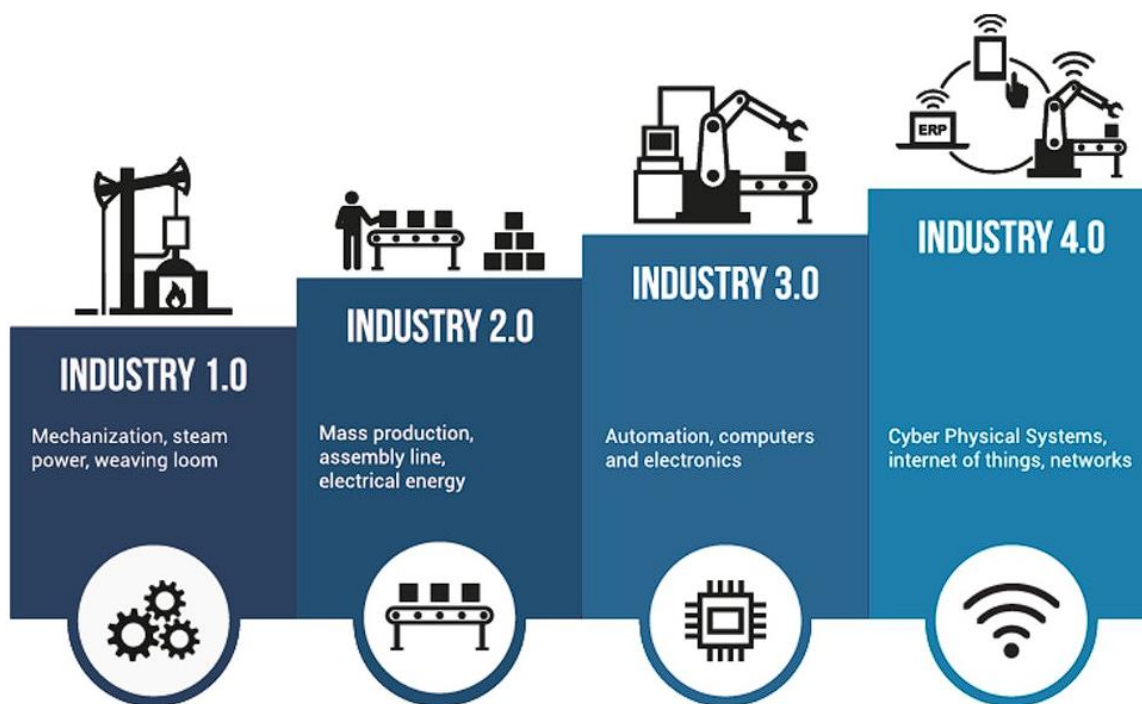
Cilj je elektronički povezati cjelokupni proces prodaje, proizvodnje i isporuke u jedan besprijekoran protok informacija preko državnih granica i vremenskih zona. Globalni pogled logističkih kretanja omogućuje bolje donošenje odluka, smanjuje troškove dok pruža sredstva za razmjenu informacija između trgovačkih partnera. Ova vrsta suradnje pruža krajnje prednosti zajedno s poboljšanom sposobnošću reagiranja na zahtjeve kupaca [1].

2.1. Industrija 4.0 u logistici

Industrija 4.0 koju još nazivamo i digitalnom revolucijom izazvala je drastične promjene u logističkim procesima u svrhu optimizacije, uštede i kvalitete poslovanja. Iako se još uvijek može reći da je aktualna treća industrijska revolucija, svijet se ubrzano prilagodio četvrtoj industrijskoj revoluciji. Iako se pojam Industrija 4.0 fokusira na proizvodnju i na taj način se odvajava od četvrte industrijske revolucije u pogledu opsega, može se utvrditi da je zapravo pokretač i strukturno temeljna komponenta spomenute revolucije.

Četvrta industrijska revolucija se temelji na tehnologijama koje postaju gradivni dio društva, pa čak i ljudskih tijela. Četvrtu industrijsku revoluciju obilježava nastanak tehnoloških inovacija u brojnim područjima, uključujući robotiku, umjetnu inteligenciju, nanotehnologiju, biotehnologiju, internet stvari, 3D printanje i autonomna vozila [2].

U usporedbi s prethodnim industrijskim revolucijama, digitalizacija se razvija eksponencijalnom brzinom. Stvorila je veliki utjecaj na gotovo sve industrije u svim zemljama svijeta. Širina i dubina ovih promjena utječe na cjelokupne sustave proizvodnje, menadžmenta i javne uprave. Danas je nemoguće predvidjeti potencijalne ishode, no ipak u budućnosti će nadarenost tehnologije, prije nego kapital, biti od presudne važnosti unutar opskrbnih lanaca [3].



Slika 1. Razvoj industrije kroz povijest

Izvor: [4]

Na slici 1. prikazane su industrijske revolucije i njihove značajke tokom razvoja.

2.2. Glavne značajke industrije 4.0

Proizvodni procesi temeljeni na najnovijoj tehnologiji i uređajima koji međusobno autonomno komuniciraju najbolje opisuju industriju 4.0. Poblje, može se opisati kao primjena modela pametnih odnosno inteligentnih tvornica u kojoj robotizirani strojevi upravljaju fizičkim procesima te nadziru iste. Rezultat tih procesa je proizvodni sustav koji može samostalno razmjenjivati informacije tijekom proizvodnog procesa i u svakome trenutku zna u kojem se stadiju nalazi izlazni produkt. „Pametna“ proizvodnja igra veliku ulogu u svijetu gdje se upotrebljavaju strojevi upravljani umjetnom inteligencijom koji mogu samostalno izmjenjivati informacije [5].

Cilj industrije 4.0 je povećati produktivnost za minimalno 50% više te smanjiti resurse potrebnih za proizvodnju.

Glavne značajke industrije 4.0 su [6]:

- **Interoperabilnost:** Interoperabilnost povezuje kibernetске i fizikalne proizvodne sustave koji se sastoje od ranih podloga, mjesta za sastavljanje i same proizvodnje. Oni omogućuju ljudima i pametnim tvornicama povezivanje i međusobno komuniciranje.
- **Virtualizacija:** povezivanje senzorski dobivenih podataka s virtualnim modelom tvornice i simulacijskim modelima kreirana je virtualna kopija pametne tvornice.
- **Decentralizacija:** uključuje sposobnost kibernetско – fizičkog sustava za donošenje samostalnih odluka i za lokalnu proizvodnju, zahvaljujući tehnologijama kao što su 3D modeliranje i printanje.
- **Sposobnost u realnom vremenu:** sposobnost prikupljanja i neanaliziranja podataka i istovremenog uvida u proces.
- **Orijentiranost na usluge:** usluge koje su omogućene automatiziranim pogonom i koje efikasno dolaze do korisnika
- **Modularnost:** uključuje fleksibilnu prilagodbu pametnih tvornica zahtjevima promjenama kroz proširenje ili zamjenu pojedinačnih modula.

Industrija 4.0 potaknula je promjene na globalnoj razini, te se spomenute transformacije događaju na svim razinama poduzeća, odnosno postoji veza između njih.

2.3. Globalni trendovi industrije 4.0

Industrija 4.0 unaprijeđivanjima proizvodnih procesa uvođenjem robotizacije u procese potaknula je na razmišljanje kakav će utjecaj imati na pametne tvornice. Može se reći da industrija 4.0 ima deset glavnih globalnih trendova od kojih je većina postojeća, ali unaprijeđena u pogledu značajki koje je uvela ista, kao što je prikazano na slici 2 [7].



Slika 2. Globalni trendovi industrije 4.0

Izvor : [7]

1. **Demografski pomaci:** U zemljama koje su primijenile koncept i ideju industrije 4.0 dolazi do promijene u srednjem sloju. Srednji sloj raste zato što se smanjuje niži sloj

zbog toga što je najnovija tehnologija cjenovno dostupna svima i globalno je rasprostranjena

2. **Urbanizacija:** Ljudi žele živjeti blizu svojih poslova te se sele u gradove. Nagađanja govore kako će 70% stanovništva živjeti u gradovima do 2050. godine. To potiče da se gradovi strateški urede. Industrija 4.0 dala je napretke u prometnoj industriji kroz logističku obradu podataka, proizvodnju i iskorištavanju energije te telekomunikacije što sve daje dobre temelje da se gradovi što bolje urede i razvijaju.
3. **Rast znanja i talenata:** ovakva vrsta tehnologije zahtjeva stručno sposobno osoblje za upravljanje istih. U tvornicama se sve više primjenjuju roboti kojima netko morati znati upravljati. Pametne tvornice moraju tražiti ljude sa dobrim znanjem o najnovijim tehnologijama i razvijati njihove talente prema potrebama. Također, moraju poticati ljude da se uključe u razne STEM radionice gdje se radi na idejama gdje im se pruža potrebna edukacija.
4. **Deindustrijalizacija:** termin koji uključuje smanjenje važnosti uloge industrijskog sektora u gospodarstvu. Može uključivati smanjenje apsolutne veličine industrije te se time zauzima manji udio u BDP-u i zapošljava manji postotak radne snage. Deindustrijalizacija će uvijek uključivati razvijena gospodarstva koja se kreću prema gospodarstvima koja se temelje na uslužnim djelatnostima. Prvi pravi primjer deindustrijalizacije dogodio se početkom 90-ih godina 20. stoljeća kada se veliki postotak proizvodnje iz Europe preselio u Aziju zbog jeftinije radne snage.
5. **Globalizacija tržišta u usporedbi s protekcionizmom:** industrija 4.0 će stvoriti digitalne mreže i ekosustave koji će se u mnogim slučajevima proširiti diljem svijeta, a razvijena tržišta i ona koja su u razvoju dobit će dramatično na vrijednosti u svim regijama. Iako je ekonomija danas otvorenija za trgovinu, protekcionizam i poništavanje trgovinskih sporazuma stvorit će okruženja koje manje podržava otvorenost. Dvostruki standardi u globalizaciji najbolje su vidljivi kroz niz sporazuma koji podržavaju rad koji se temelji na zadovoljavanju trgovinskih propisa, ali se i povezuje s drugim svjetskim tvornicama za učinkovitiju proizvodnju. Dakle, to koristi svim stranama, tvrtkama koje osiguravaju zakonsku usklađenost s nižim troškovima osoblja i lokalnim gospodarstvima koje imaju korist od mogućnosti zapošljavanja koje se otvaraju.
6. **Napredni poslovni modeli:** u okviru Industrije 4.0 dizajn i razvoj proizvoda odvijaju se u simuliranim laboratorijima i koriste digitalne modele izrade. Ova tehnološka infrastruktura još je u ranoj fazi razvoja, ali već pretvara proizvodnju u novi model

koji će vjerojatno biti globalno opće prihvaćen. Model koji omogućuje izradu proizvoda u serijama u kojima je proizvod puno jeftiniji zbog masovne proizvodnje, a opet se u potpunosti prilagođavaju kupcima da im omoguće tražene specifikacije. Kako se ovi modeli budu razvijali, trendovi će se ubrzati.

7. **Konvergenција tehnologija:** Proizvodni krajolik brzo se promijenio kroz mehanizaciju i digitalizaciju. Međutim, kroz konvergenciju računala i automatizacije u industriji 4.0 svjedoci smo pomaka paradigme u globalnoj proizvodnji neviđenim tempom. Nove tehnologije poznate su i kao disruptivne tehnologije koje uključuju korištenje autonomnih robota, Internet stvari (IoT), velikih količina podataka, sustava temeljenih na proširenoj stvarnosti, kibernetičku sigurnost, računalstvo u oblaku itd. Međutim, mnogi proizvođači se još uvijek bore s načinom otključavanja vrijednosti iz industrije 4.0. Za primjer teže prilagodbe možemo uzeti primjer tradicionalnu inženjersku tvrtku kojima je teško postići digitalnu transformaciju, budući da je glavni izazov često nedostatak snažnog i integriranog korporativnog upravljanja.
8. **Rast robotizacije:** izgradnja boljeg proizvodnog sektora s proširenom i virtualnom stvarnošću, robotika i analiza podataka pomoću pametne opreme postavlja jedno temeljno pitanje, a to je kako će izgledati buduća radna snaga Industrije 4.0? Budući da se većina automatizacije koristi za radove koji se trenutno smatraju nesigurnima ili nemogućim za ljude, roboti čine dodatak ljudskim radnicima i taj će scenarij dovesti do povećanja produktivnosti. Međutim, kako će se troškovi robota i drugih automatiziranih tehnologija smanjivati, a njihove mogućnosti povećavati, više će se elemenata radne snage moći automatizirati. To će dovesti do smanjenja zaposlenosti u samom proizvodnom procesu, ali će otvoriti nova radna mjesta u polju automatizacije i održavanja strojeva.
9. **Kibernetička sigurnost:** Slobodan protok informacija jedan je od važnijih dijelova Industrije 4.0. Sve informacije koje su bitne pohranjene su u spremišta za buduću uporabu. Međutim, ranjivosti preko mreže mogu dovesti do kriminalnih incidenata koji mogu uzrokovati ozbiljne povrede koje se protežu i izvan financijskog kriminala, kao što je pristup povjerljivim informacijama koje bi mogle kompromitirati kritičnu infrastrukturu. Rastuća povezanost i standardizacija proizvodnog protokola povećava važnost procesa zaštite od takvih kibernetičkih prijetnji.
10. **Globalna održivost:** Porast etičke potrošnje kroz Industriju 4.0 mogao bi također potencijalno povećati svijest potrošača o održivosti proizvoda i zabrinutost o utjecaju proizvedenih proizvoda na okoliš. Prema UNIDO-u, usprkos bezbrojnim

moogućnostima za pametnije i razvijenije gradove putem tehnologija koje omogućuje Industrija 4.0, cilj bi uvijek trebao biti naglasak na kvalitetnijem životu umjesto na provođenju čistog tehnološkog procesa. Ciljevi održivog razvoja postavili su zajednički globalni program za ljudski razvoj koji se temelji na prosperitetu, socijalnoj uključenosti i održivosti okoliša. Svijest o etičkoj potrošnji eventualno bi mogla donijeti nove zahtjeve tržišta koji bi potakli daljnje promjene. Napredak tehnologija koje donosi Industrija 4.0 može pomoći ispuniti ovu potražnju i doprinijeti boljem uređenju društva i u konačnici bolju kvalitetu okoliša.

2.4. Pojmovi koji se vežu uz industriju 4.0

Industrija 4.0 razvitkom tehnologije nudi razno razna unaprjeđenja proizvodnih procesa za optimizaciju logističkih lanaca. Industrija 4.0 uvela je nove pojmove pomoću kojih logistički operateri mogu lakše komunicirati i razumjeti stvari oko nje.

2.4.1. Internet stvari

U najširem smislu, pojam “Internet of Things“ skraćeno IoT , prevedeno „Internet stvari“, obuhvaća sve što je povezano s internetom, ali se sve više koristi za definiranje objekata koji međusobno komuniciraju. IoT se sastoji od povezanih uređaja, od jednostavnih senzora do pametnih telefona povezanih u mrežu preko interneta. Kombinirajući te povezane uređaje s automatiziranim sustavima, moguće je prikupljati informacije, analizirati ih i upotrijebiti u rješavanju određenog problema s kojim se neki korisnik susreo [8].

U IoT-u se ustvari sve radi o mrežama, povezanim uređajima i o podacima (Big Data). IoT omogućuje uređajima na zatvorenim privatnim internetskim vezama da komuniciraju s drugima te daje mogućnost da ti isti uređaji komuniciraju globalno, a ne samo u toj mreži. Pomoću IoT-a se stvara privatno osigurana mreža povezanih uređaja koji ustvari globalno djeluju te sudjeluju u razmjeni podataka s ostalim uređajima [9].

U nastavku rada će detaljno biti opisana IoT tehnologija, njene prednosti, nedostaci i kritični čimbenici uspjeha. Također, u nastavku rada prikazat ćemo implementaciju IoT tehnologije u svrhu poboljšanja trenutnog logističkog sustava i potencijalne optimizacije istog.

2.4.2. Veliki podaci

Big Data je pojam koji se već pojavio 90-ih godina 20.stoljeća, ali je svoju pravu svrhu dobio početkom razvoja koncepta Industrije 4.0. Veliki podatci doslovno prevedeno možda najbolje i opisuju sam pojam. Uključuju velike skupove podataka za koji obični softverski alati nemaju mogućnost obrađivanja. Filozofija velikih podataka obuhvaća nestrukturirane, polustrukturirane i strukturirane podatke, ali glavni fokus je na nestrukturiranim podacima. Veliki podatci zahtijevaju skup tehnika i tehnologija s novim oblicima integracije kako bi se otkrili uvidi iz skupova podataka koji su raznovrsni, složeni i masivni [10].

Veliki podatci predstavljaju informacijsku imovinu koju karakterizira tako velik volumen, brzina i raznolikost da zahtijevaju specifičnu tehnologiju i analitičke metode za njezinu digitalnu transformaciju za postavljanje njezine vrijednosti [11].

U nastavku rada će detaljnije biti obrađena spomenuta teza i prikazat ćemo na koji način ova tehnologija svojim prednostima, nedostacima i ključnim čimbenicima može znatno poboljšati logističke procese.

2.4.3. Pametna tvornica

Pametna tvornica koja je jedna od revolucija koje pruža Industrija 4.0 izdvaja se od ostatka tvornica po tome što ona učinkovito, ergonomski i fleksibilno raspolaže s resursima. Pametna tvornica povezuje odnose između kupaca i poslovnih partnera koji su uključeni u proces poslovanja i vrijednosti što do sada nije bio slučaj. Veliku ulogu u tome imaju Internet stvari (IoT) te kibernetско-fizički sustavi koji su spojili kibernetски i fizički svijet. Možemo za primjer uzeti autonomna vozila koja aktivno prate okoliš i šalju te informacije u središnji čvor gdje se informacije obrađuju. U pametnoj tvornici, takvi sustavi se koriste u kontinuiranoj proizvodnji i poboljšanju proizvoda odmah u tijeku proizvodnog procesa [12].

Relativni pojam koji se veže uz pametne tvornice i „tvornica budućnosti“. Tvornice budućnosti imaju integrirani ICT program u proizvodne procese te gledaju kako se može primijeniti u praksi, a ne samo u teoriji[6].

2.4.4. Industrijski Internet

Industrijski Internet opisuje slične pojave u odnosu na Industriju 4.0, u kojem industrijske i internetske revolucije dolaze skupa. Razlika je u tome, što za razliku od Industrije 4.0, industrijski Internet nadilazi proizvodnju i pokriva šire prihvaćanje interneta u druge oblike gospodarske aktivnosti [6].

Glavna tri elementa industrijskog interneta su : inteligentni strojevi, napredna analitika i ljudi. Strojevi koji su umreženi imaju kontrolu nad svakim dijelom proizvodnje i sam softver nije kompleksan. Napredna analitika je kombinacija analitike, koja se bazira na fizici, naprednim algoritmima te automatizaciji i širokom spektru znanja o samoj struci. Subjekti koji su međusobno povezani na ključnim pozicijama u tvrtki pomažu stvoriti pametniji dizajn operacija, bolju održivost i bolju kvalitetu usluge te jedan od možda najbitnijih faktora, a to je bolja sigurnost rada[13].

2.4.5. E-Trgovina

E-Commerce ili elektronička trgovina omogućuje internetskim posjetiteljima odnosno kupcima naručivanje proizvoda putem interneta. Postoje tri modela elektroničke trgovine. Prva se naziva B2B (eng. Business-to-business) koja se odvija između dva poduzetnika. Drugi model se naziva B2C (eng. Business-to-client) te se ona odvija između poduzetnika i potrošača odnosno kupca. Zadnji model elektroničke trgovine je B2B2C (eng. Business-to-business-to-client) koji kombinira prethodna dva tako da se između trgovca i kupca nalazi posrednik [14].

2.4.6. Upravljanje odnosima s klijentima

Customer Relationship Management (CRM) tj. Upravljanje odnosima s klijentima je pristup upravljanja tvrtke kroz interakciju sa sadašnjim i budućim kupcima. CRM pristup pokušava analizirati podatke kupaca i njegovu povijest s tvrtkom, kako bi se poboljšali poslovni odnosi s klijentima, s naglaskom na njihovo zadržavanje, a kako bi u konačnici ostvarili rast prodaje. Cilj CRM-a je automatizacija i organizacija prodaje, marketinga i službe za korisnike te upravljanje svim podacima koji se odnose na njihove klijente preko jednog sustava. Glavni posao CRM-a je prikupljanje razno raznih podataka o svojim korisnicima s ciljem bolje upoznavanja istih. Informacije koje se dobivaju nakon određenog vremenskog perioda pomažu u iščitavanju korisničkih želja, navika i polja interesa te im se na osnovu tih informacija može

ponuditi sadržaj koji zadovoljava njihove potrebe. CRM svoje podatke sprema u oblak koji služi kao moderna pohrana podataka [5].

2.4.7. Računalstvo u oblaku

Clodu Computing ili računalstvo u oblaku omogućuje dostupnost resursa računalnog sustava na zahtjev, posebno pohranu podataka i računalnu snagu, bez izravnog aktivnog upravljanja od strane korisnika. Pojam se općenito koristi za opisivanje podatkovnih centara koji su dostupni mnogim korisnicima putem interneta. Veliki oblaci, koji danas prevladavaju, često imaju funkcije raspodijeljene na više lokacija od središnjeg poslužitelja. Oblaci mogu biti ograničeni na jednu organizaciju (poslovni oblaci), mnoge organizacije (javni oblak) ili kombinaciji prethodna dva (hibridni oblak). Računalstvo u oblaku se oslanja na dijeljenje resursa kako bi se postigla bolja koherentnost i ekonomija. Dostupnost mreža visokog kapaciteta, jeftinih računala i uređaja za pohranu, kao i široko prihvaćena virtualizacija hardvera, arhitektura orijentirana na usluge, te autonomno i uslužno računalstvo dovelo je do rasta računalstva u oblaku [15].

3. PRIMJENE INOVATIVNIH KONCEPATA U LOGISTICI

Razvoj mehanizacije, elektrifikacije i informacijske tehnologije osnova su bile za unaprjeđenje sustava u prethodnim industrijskim revolucijama. Digitalizacija kao novi pojam dobila je naziv „četvrta industrijska revolucija“. Digitalizacija donosi temeljne promjene u unutar organizacijskim i među organizacijskim procesima.

Industrijalizacija 4.0 koristi napredne digitalne tehnologije u svrhu poboljšanja poslovnih modela i upravljanje opskrbnim lancem u logistici.

Napretkom industrijalizacije 4.0 logistika se susreće sa 11 tehnologija u koje spadaju [16]:

- Internet ljudi (IoP)
- Internet stvari (IoT)
- Računalstvo u oblaku (CC)
- Tehnologije velikih podataka (BDT)
- Blockchain (BC)
- Proširena stvarnost (AR)
- Automatizacija (AU)
- Robotika (RO)
- Proizvodnja (AM)
- Simulacija (SI)
- Semantičke tehnologije (ST)

Tablica 1. prikazuje prednosti, izazove i ključne čimbenike uspjeha spomenutih 11 tehnologija koje nudi industrija 4.0.

Tablica 1. Prednosti, izazovi i ključni čimbenici uspjeha 11 tehnologija industrije 4.0

Izvor: [16]

Industrija 4.0 i podtehnologije	Prednosti, izazovi i ključni čimbenici uspjeha	
Proizvodnja (AM)	Prednosti	• Optimizirani tokovi opskrbnog lanca

		• Prilagodba proizvoda • Poboljšana ekološka učinkovitost („zeleni lanac opskrbe“) • Integracija • Poboljšano istraživanje i razvoj (R&D)
	Izazovi	• Troškovi • Upravljanje dizajnerskim i proizvodnim timom • Rekonstruiranje opskrbnim lancem • Dostupnost materijala za ispis • Kontinuirano prilagođavanje i komplikacije dizajna • Suradnički i integrirani dizajn proizvoda • Informacijska platforma
	Kritični čimbenici uspjeha	• Implementacija korak po korak • Usklađenost softvera i pisača • Služba za korisnike
Proširena stvarnost (AR)	Prednosti	• Poboljšano preuzimanje narudžbi, usmjeravanje komisionara i isporuka proizvoda
	Izazovi	• Ništa nije pronađeno u relevantnim pregledanim dokumentima
	Kritični čimbenici uspjeha	• Obuka i nove kompetencije
Automatizacija (AU)	Prednosti	• Optimizacija procesa
	Izazovi	• Integracija • Trošak
	Kritični čimbenici uspjeha	• Umjetna podjela • Priprema i prilagodba
Tehnologije velikih podataka (BDT)	Prednosti	• Svijest i informirano donošenje odluka
	Izazovi	• Pouzdanost • Informacijska povezanost • Infrastruktura i ljudski resursi • Upravljanje velikim podacima

	Kritični čimbenici uspjeha	• Prijetnja kibernetičkom sigurnošću, curenje informacija i briga o privatnosti • Mjerenje financijske vrijednosti • Integracija • Čitljivost i relevantnost podataka • Modularizacija podataka i određivanje prioriteta • Upravljački pristup • Kompatibilnost sa vladinim zakonima
Blockchain (BC)	Prednosti	• Sigurnost podataka • Razmjena podataka, transparentnost i upravljanje • Pametno ugovaranje • Učinkovitost • Decentralizacija
	Izazovi	• Tehnički problemi • Ljudski resursi • Upravljanje • Promjena pametnih ugovora
	Kritični čimbenici uspjeha	• Priprema i prilagodba • Strateški pristup i podrška vrhovnog menadžmenta • Integracija lanca opskrbe
Računalstvo u oblaku (CC)	Prednosti	• Usluge na zahtjev • Skalabilnost i fleksibilnost • Učinkovitost
	Izazovi	• Informacijska praznina
	Kritični čimbenici uspjeha	• Sigurnost • Suradničko planiranje i usklađivanje
Internet ljudi (IoP)	Prednosti	• Obavještajni podaci o kupcima i upravljanje odnosima
	Izazovi	• Privatnost kupaca

	Kritični čimbenici uspjeha	• Ništa nije pronađeno u relevantnim pregledanim dokumentima
Internet stvari (IoT)	Prednosti	• Optimizacija performansi • Transparentnost i razmjena podataka • Svijest i fleksibilnost
	Izazovi	• Tehnološka infrastruktura i ljudski resursi • Kontrola i koordinacija • Nesigurnost podataka i privatnosti
	Kritični čimbenici uspjeha	• Usklađivanje IoT • Podrška vrhovnog menadžmenta • Praćenje performansi • Proaktivni IoT
Robotika (RO)	Prednosti	• Optimizacija procesa • Mogućnost povezivanja
	Izazovi	• Trošak
	Kritični čimbenici uspjeha	• Infrastruktura
Semantičke tehnologije (SC)	Prednosti	• Povezivanje podataka i informacija
	Izazovi	• Ništa nije pronađeno u relevantnim pregledanim dokumentima
	Kritični čimbenici uspjeha	• Ontologija i standard
Simulacija (SI)	Prednosti	• Procjena budućih ishoda • Procjena trenutnog stanja • Digitalna vizualizacija
	Izazovi	• Tehnološka infrastruktura i ljudski resursi
	Kritični čimbenici uspjeha	• Dobavljanje informacija • Kvaliteta unosa podataka

U nastavku rada prikazane su prednosti, nedostaci i kritični čimbenici uspjeha spomenutih tehnologija unutar logistike.

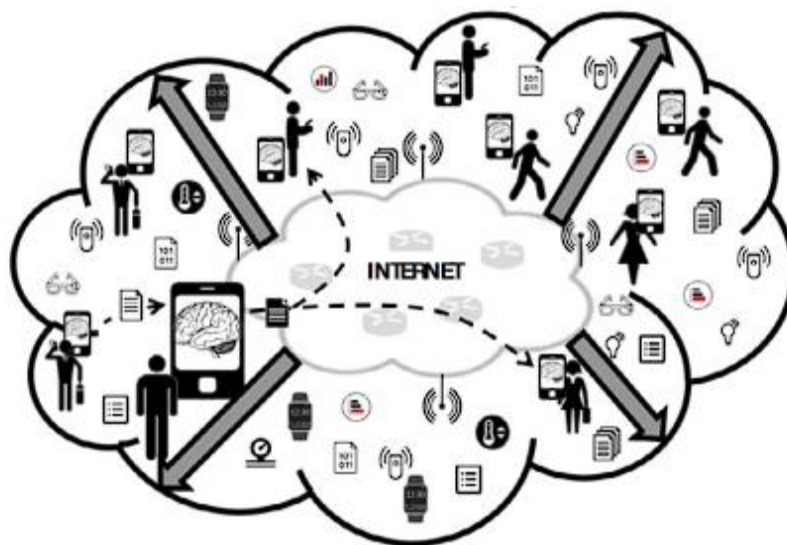
3.1. Internet ljudi

Izraz „Internet ljudi“ (IoP) znači da će „ljudi i njihovi osobni uređaji biti aktivni elementi aplikacija, usluga i pružanja mrežnih funkcija osobnim uređajima kojima operiraju u cyber okolini kao ljudski klonovi i imaju iste fizičke sposobnosti kao ljudi u fizičkom svijetu“.

IoP može pridonijeti poboljšanju opskrbnom lancu poboljšavajući inteligenciju kupaca i upravljanje odnosima. Putem IoP-a različite vrste podataka stalno generiraju korisnici koji mogu biti sadašnji ili budući kupci opskrbnog lanca. Na taj način tvrtke koriste podatke korisnika kako bi dobile informacije o njihovim interesima, iskustvima i mišljenjima o proizvodima i uslugama te kako bi identificirale uzroke promjena u njihovom ponašanju. Tvrtke mogu koristiti ove uvide za stvaranje kvalitetnije usluge za svoje kupce.

Negativni čimbenici IoP tehnologije usredotočeni su na narušavanje privatnosti kupaca. Izgradnja korisničke inteligencije putem IoP-a usredotočena je na pristupačnost i korištenje korisničkih podataka u poslovne svrhe. Takve značajka može povećati zabrinutost korisnika o tome kako se njihovi podaci koriste, a postoji i povećani rizik gdje su korisnici ugroženi i smatraju da tvrtke krše prava njihove privatnosti.

Za razliku od njegovih potencijalnih prednosti i nedostataka, ne vidi se učestala primjena IoP-a unutar opskrbnih lanaca. Na slici 3. Ilustrativno je prikazana povezanost sustava interneta ljudi.



Slika 3. Internet ljudi

Izvor: [17]

3.2. Internet stvari

Internet stvari (IoT) definiran je kao cjelina, pametnih, povezanih proizvoda (koji su) omogućeni golemim poboljšanjima u procesorskoj snazi i minijaturizaciji uređaja te mrežnim prednostima sve prisutnog bežičnog povezivanja“.

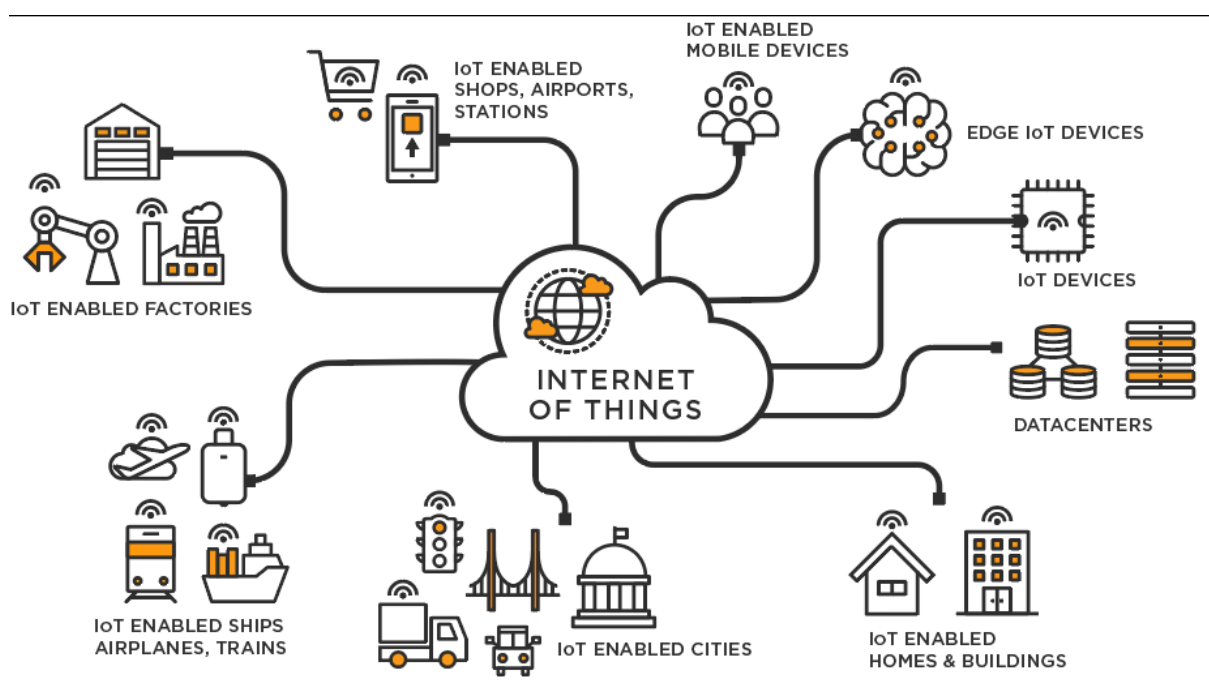
Prva prednost je optimizacija performansi opskrbnog lanca. IoT je pod zaštitom međusobno povezanog ekosustava „stvari“ na razini opskrbnog lanca, kroz koji dolazi do objedinjavanja resursa i sinergije unutar međusobno povezane mreže. Stoga se performanse procesa opskrbnog lanca (npr. transporta), proizvoda i fizičke imovine (npr. opreme i sustava) mogu optimizirati.

Nadalje, IoT omogućuje stalno generiranje podataka, praćenje fizičkih objekata (tj. „stvari“) u cijelom opskrbnom lancu i pristupa podacima na definirani način. Ove karakteristike olakšavaju transparentnost informacija i praćenje proizvoda s obzirom na obrasce potrošnje, status, sastav, fizičku imovinu, kao i procese i aktivnosti unutar opskrbnog lanca. Stoga IoT poboljšava sposobnost održivosti opskrbnog lanca.

Treća prednost odnosi se na povezanost i integraciju. Kako IoT stvara mrežu koja povezuje fizičke objekte jedne s drugima, kao i subjekte unutar opskrbnog lanca, zajedničko donošenje odluka stvara mogućnost integriranja sustava. IoT pridonosi svijest i fleksibilnost pri izvođenju procesa opskrbnog lanca. Pristup opsežnim informacijama u stvarnom vremenu opskrbnom lancu pruža poboljšani uvid i znanje o različitim aspektima poslovanja, što dovodi do bolje informiranih poslovnih odluka i veće fleksibilnost u poslovanju.

IoT također predstavlja niz izazova. Česti je problem pri stjecanju potrebnih vještina i tehnološke infrastrukture za korištenje IoT-a u cijelom opskrbnom lancu. IoT zahtjeva značajna ulaganja i potrebni su visoki troškovi za implementaciju. Budući da IoT generira veliku količinu detaljnih podataka, izazovno može biti postavljanje odgovarajućih mehanizma za koordinaciju i kontrolu podataka. Još jedan središnji izazov odnosi se na sigurnost i privatnost podataka. Subjekti unutar opskrbnog lanca mogu biti zabrinuti zbog mogućeg curenja povjerljivih informacija ili zbog asimetrije informacija jer pohranjivanje podataka, upravljanje i sigurnost je centralizirana i van njihove kontrole, za razliku od decentraliziranih sustava. Zabrinutost u vezi s privatnošću može potaknuti subjekte da stvore ograničenja pristupa podacima, što može spriječiti ostvarivanje maksimalnog potencijala korištenja IoT-a unutar opskrbnog lanca.

Ključni čimbenici uspjeha za uspješnu primjenu IoT-a u opskrbnim lancima. IoT zahtijeva od subjekata da međusobno povežu svoje „stvari“, konstruirajući kvalitetne preduvjete koji su usklađeni za pokretanje IoT-a na razini opskrbnog lanca. Implikacije IoT-a za vođenje poslovanja mogu biti toliko velik da uključenost najvišeg rukovodstva može igrati važnu ulogu u uspjehu IoT-a unutar opskrbnog lanca. Također, tehnologije koje omogućuju povezivanje fizičkih objekata potrebno je nadzirati kako bi se ostvarile očekivane performanse. Od povezanih objekata može se zahtijevati proaktivno poduzimanje radnji bez vanjske intervencije, u tu svrhu trebaju biti opremljeni komponentama kao što su aktuatori.



Slika 4. Budućnost korištenja IoT tehnologije

Izvor: [18]

Na slici 4. Prikazane su mogućnosti korištenja koje nudi IoT tehnologija.

3.3. Računalstvo u oblaku

Izraz „računalstvo u oblaku“ (CC) odnosi se na „model za omogućavanje praktičnog mrežnog pristupa na zahtjev zajedničkom skupu konfigurabilnih računalnih resursa (npr. mreže, poslužitelji, pohrana, aplikacije i usluge) koji se mogu brzo osigurati i propušteni su uz minimalan napor menadžmenta ili interakcije pružatelja usluga“.

CC nudi perspektivu poboljšane integracije unutar opskrbnog lanca, usluge na zahtjev, fleksibilnost i učinkovitost. U usporedbi s lokalnim poslužiteljima, CC olakšava integraciju podataka, pruža brže, sigurnije i poboljšane informacije te podržava dijeljenje usluga između subjekata unutar opskrbnog lanca.

Prvo, CC omogućuje surađivanje unutar svih sudionika i poboljšava performanse svih procesa opskrbnog lanca.

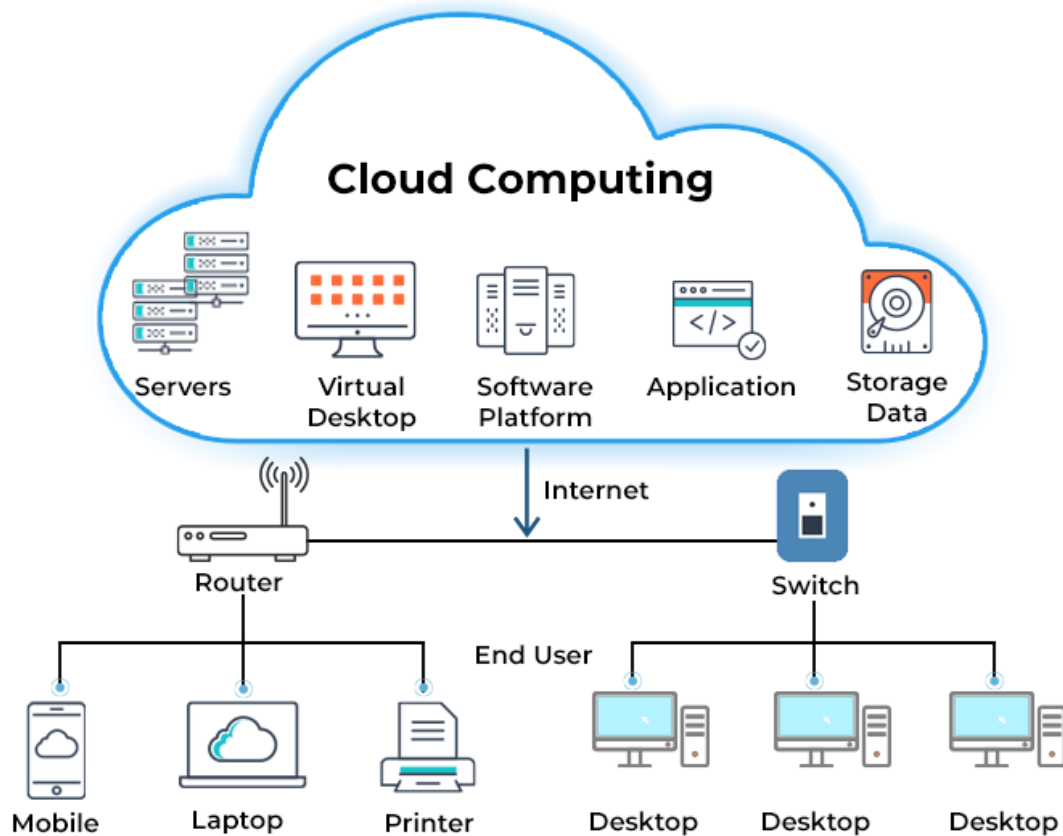
Drugo, CC omogućuje usluga na trenutni zahtjev nudeći rješenja unutar oblaka.

Treće, rješenja u CC-u mogu se lako prilagoditi različitim zahtjevima za podacima. Takva karakteristika osigurava fleksibilnost u upravljanju podacima i smanjuje troškove informacijskog okruženja u cijelom opskrbnom lancu.

Jedan od glavnih izazova s CC tehnologijama za prilagodbu unutar opskrbnog lanca odnosi se na nedostatke informacija. Komunikacija između sudionika može biti oštećena, a razmijenjene informacije mogu postati manje bogate. Također, CC može uzrokovati sigurnosne probleme za IoT uređaje.

Kritični čimbenici uspjeha, koristi od korištenja CC-a na razini cijelog opskrbnog lanca ovise o zajedničkom planiranju i usklađivanju, interno i eksterno, kao što je prikazano na slici 5.

CLOUD COMPUTING ARCHITECTURE



Slika 5. Arhitektura računalstva u oblaku

Izvor: [19]

3.4. Tehnologije velikih podataka

Veliki podaci definirani su kao podaci koje karakterizira „veliki volumen, brzina i raznolikosti koji zahtijevaju posebnu tehnologiju i analitičke metode za njihovu transformaciju i povećavanjem vrijednosti“.

Tehnologije velikih podataka pružaju tri glavne vrijednosti :

- Svijest i informirano donošenje odluka
- Pouzdanost
- Povezanost informacija

BDT pružaju analitičku sposobnost svim subjektima unutar opskrbnog lanca na način da se velika količina poslovnih podataka generira u stvarnom vremenu, iz različitih izvora velikom brzinom. Takav pristup poboljšava donošenje odluka unutar svakog procesa opskrbnog lanca, kao što je predviđanje, upravljanje rizikom, planiranje, marketing, održivost i učinkovitost.

Pomoću velike količine podataka BDT poboljšavaju proces poslovnog odlučivanja, od svakog subjekta unutar opskrbnog lanca se očekuje lakše donošenje informiranih odluka, što znatno može utjecati na pojednostavljenju suradnju između svih subjekata i samim time povećati pouzdanost opskrbnog lanca. BDT olakšava dijeljenje podataka i informacija koje pomažu u kvalitetnijem povezivanju opskrbnog lanca.

BDT unutar opskrbnog lanca povezan je sa infrastrukturom i ljudskim resursima. Kako bi se implementirao BDT unutar opskrbnog lanca potreban je određen profil ljudi koji već posjeduju znanje i skupove vještine potrebne za korištenje ove tehnologije, što predstavlja veliki problem zbog male količine stručno sposobnog osoblja za to područje.

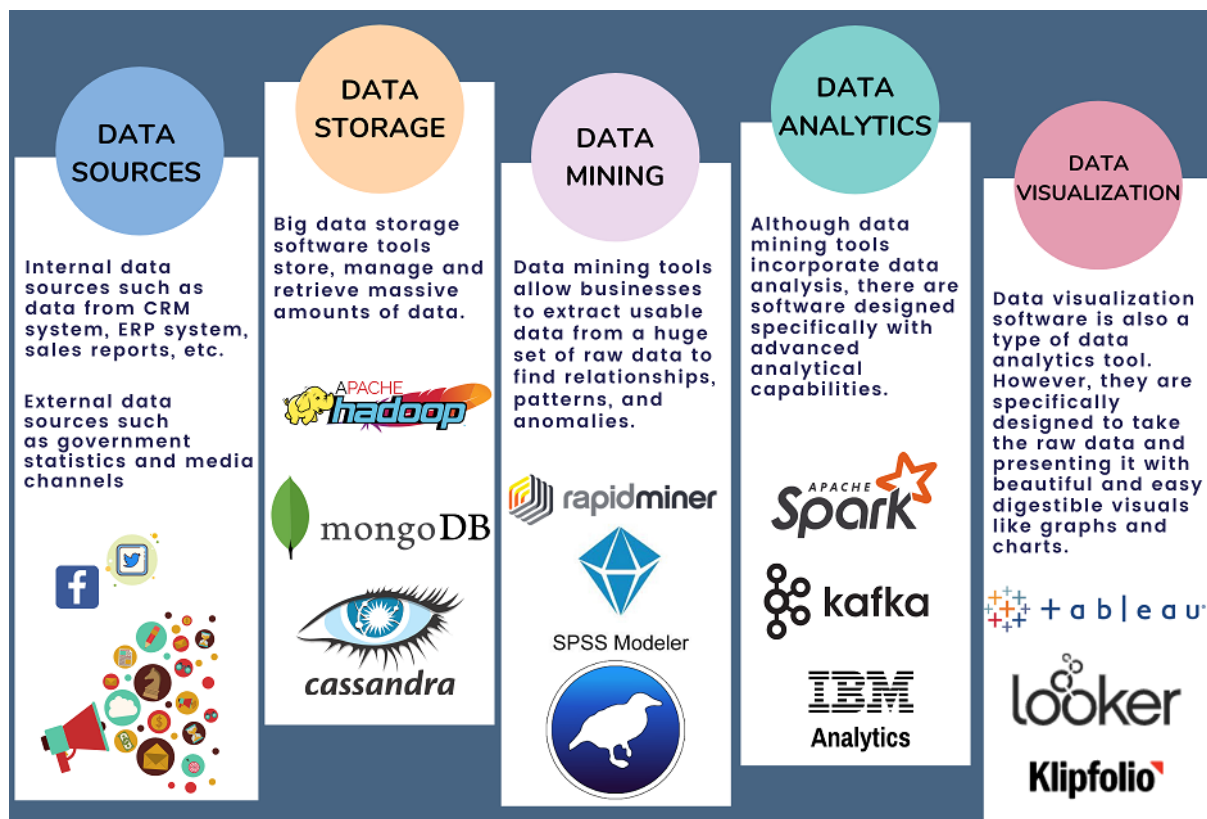
Također, bitna je razvijena infrastruktura (npr, kontrolni tornjevi, analitički algoritmi), što može prouzročiti visoke početničke troškove.

Koordinacija BDT-ova između subjekata unutar opskrbnog lanca iz različitih okolina (tehnografskih, kulturnih i socijalno-ekonomskih) i različitih percepcija može biti izazovan zadatak. Također, prijetnje kibernetičkoj sigurnosti i curenje informacija, kao i sama privatnost pojedinaca i kupaca treba shvatiti ozbiljno. Ako se BDT-om ne postupa na odgovarajući način veliki podatci poslovnih vrijednosti i njihov financijski povrat može zakomplicirati odnose subjekata unutar opskrbnog lanca.

Kritični čimbenici uspjeha za korištenje BDT-ova i informacija unutar cijelog opskrbnog lanca u stvarnom vremenu uključuje internu integraciju (npr. IT i poslovne odjele) i vanjsku integraciju subjekata opskrbnog lanca. Analitički rezultat koji proizvodi BDT mora biti čitljiv, relevantan i sposoban za uočavanje obrazaca, trendova i odstupanja. Za analizu velike količine podataka, modularizacija i određivanje prioriteta mogu biti važni. Kada je raznolikost velikih podataka velika, fokus obrade podataka će se morati prioritzirati na najkritičnije podatke. Štoviše, menadžerski pristup i stil vodstva igraju važnu ulogu u stjecanju vrijednosti BDT-a.

Budući da su BDT-ovi i po prirodi usredotočeni na informacije, svaka povezana strategija i aktivnost treba biti kompatibilna sa zakonima o privatnosti podataka koje provodi vlada.

Slika 6. Prikazuje jednostavan primjer ekosustava velikih podataka korištenjem softverskih alata i izvora podataka.



Slika 6. Prikaz jednostavnog primjera ekosustava velikih podataka

Izvor: [20]

3.5. Blockchain (BC)

Blockchain tehnologija „odnosi se na potpuno distribuirani sustav za kriptografsko hvatanje i pohranjivanje dosljednih, nepromjenjivih, linearnih podataka transakcija između umreženih sudionika“.

Korištenje BC-a unutar opskrbnog lanca nudi brojne potencijalne prednosti: sigurnost podataka; praćenje podataka, transparentnost, pametno ugovaranje, učinkovitost i decentralizaciju.

Prvo, BC štiti informacije opskrbnog lanca osiguravanjem autentične i sigurne pohrane i prijenos podataka između sudionika te sprječava neovlaštene mutacije podataka.

Drugo, povijest i trenutni status materijala, transakcija, procesa i proizvoda u cijelom opskrbnom lancu su transparentni i može ih se pratiti, što pruža razne mogućnosti za osiguranjem standardne kontrole i autentifikacije, dobivanjem informacija o uskim grlima, poboljšava povjerenje i svijest unutar opskrbnog lanca, doprinos praksi zelene logistike i nastanku kružne ekonomije sustava.

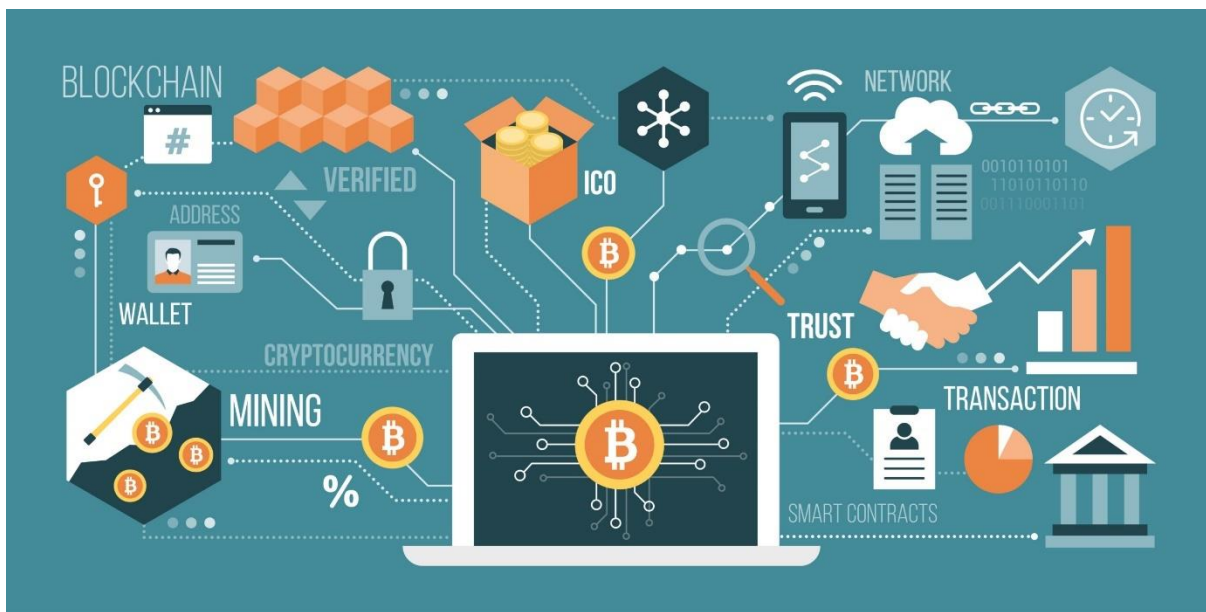
Treće, BC omogućuje usvajanje pametnih ugovora između subjekata unutar opskrbnog lanca jer posjeduje odgovarajuće značajke za usvajanje istih. BC pomoću kriptografskih mehanizama omogućuje provjeru identiteta sudionika koji su uključeni u ugovor. Također, osigurana je pouzdana pohrana i prijenos podataka, te olakšava implementaciju poslovne logike i operacije povezane s ugovorom. Osim toga, BC omogućuje operativnu kontrolu ispunjenja putem pametnih ugovora, na temelju specifičnih planova, uvjeta pregovora i politika.

Četvrto, BC donosi učinkovitost unutar opskrbnog lanca i smanjenju troškova. Ovisnosti o posrednicima troškovi se mogu smanjiti ili potpuno eliminirati, a rezultirajući ugovorni aranžmani i povezanost snizit će transakcijske troškove opskrbnog lanca.

BC se također suočava s brojnim i značajnim izazovima, kao što su: tehnički problemi zbog niske zrelosti tehnologije, održavanje učinkovitih i dosljednih međusobnih veza između opipljivih dijelova BC-a. Osim toga, BC transakcijsko rudarenje može uključiti intenzivnu računalnu snagu, a dodavanjem jednog bloka postojećem BC-u može prouzročiti ogromnu potrošnju energije. Do sada BC nije pokazao izvanredne rezultate u upravljanju velikih transakcija. Nadalje, postoji manjak ljudskih resursa s relevantnim vještinama i stručnošću. Upravljanje također može predstavljati problem za blockchain unutar cijelog opskrbnog lanca, te postoji potreba za koordinacijom politika i pristupa što znatno otežava prilagodbu tehnologije. Štoviše, mogu se pojaviti problemi s pravnim i relacijskim povjerenjem te se mogu pojaviti kazne za odstupanje od pametnog ugovora. Također, komplikaciju može stvoriti provođenje pametnih ugovora kada su potrebni jer je teško modificirati podatke u BC-u.

Kritični čimbenici uspjeha za korisnu upotrebu BC-a unutar opskrbnog lanca uključuje pripremu i usklađivanje. Provedba BC-a zahtijeva jasno razumijevanje strategija, potreba i

ciljeva kojima tvrtke i sudionici unutar njih žele koristiti. Kombinacija BC-a s relevantnim tehnologijama može poboljšati prednosti i značajke BC-a. Uključene strane trebaju su dogovoriti o planovima provedbe i pristupu infrastrukture. Osim menadžmenta, strateški pristup ključan je za uspješno usvajanje blockchain-a. Na slici 7. Prikazane su prednosti koje nudi blockchain sustav.



Slika 7. Klasifikacija aplikacija temeljenih na blokchain-u

Izvor: [21]

3.6. Proširena stvarnost

Proširena stvarnost (AR) definira se kao „izravan ili neizravan pogled u stvarnom vremenu na fizičko kruženje stvarnog svijeta koji je poboljšan/proširen dodavanjem virtualnih računalno generiranih informacija“, kao što je ilustrativno prikazano na slici 8.

AR olakšava poboljšanja korisničke usluge. Tehnologije zasnovane na AR-u, kao što su pametne naočale, nosivi uređaji i kamere, mogu poboljšati učinkovitost i kvalitetu aktivnosti prilikom odabira narudžbi, usmjerenja i isporuke pomoću vizualnih efekata, sinkronizacije podataka i pronalaženja informacija.



Slika 8. Primjer proširene stvarnosti u budućnosti

Izvor: [22]

3.7. Automatizacija

Automatizacija (AU) može se definirati kao „stvaranje i primjena tehnologije za praćenje i kontrolu proizvodnje i isporuke proizvoda i usluga“.

AU unutar opskrbnog lanca omogućuje optimizaciju. Automatizacija poboljšava učinkovitost, uključujući smanjenje troškova rada i potrošnje energije. Automatizacija je tehnologija koja radi na način samoupravljanja i konzistentnim tempom koji dovodi do smanjenja pogrešaka. Smanjuje ljudske intervencije i pogreške, te olakšava integraciju i interoperabilnost unutar opskrbnog lanca.

Negativni čimbenici ove tehnologije povezani su s visokim investicijskim zahtjevima i troškovima koordinacije. AU može stvoriti umjetnu podjelu između ljudskih radnika i automatizirane logistike i komponenti unutar opskrbnog lanca. Što rezultira suradnju čovjeka i stroja.

Kritični faktori uspjeha za maksimalno iskorištavanje potencijala ove tehnologije uključuje kvalitetnu pripremu i usklađivanje. Uključeni subjekti unutar opskrbnog lanca trebaju zajednički razmotriti i razumjeti i poslovne i tehnološke aspekte u kojima je uključen AU.

Tvrtka treba donijeti odluku da li im je financijski isplativo implementirati ovakav način rada, te kako će utjecati na okruženje i da li je njihova postojeća infrastruktura dovoljno dobro razvijena i prikladna za potrebe automatizacije. Na slici 9. Prikazan je automatiziran skladišni sustav koji pomaže u izvođenju skladišnih manipulacija robom.



Slika 9. Prikaz korištenja automatizacije prilikom izvođenja skladišnih operacija

Izvor: [23]

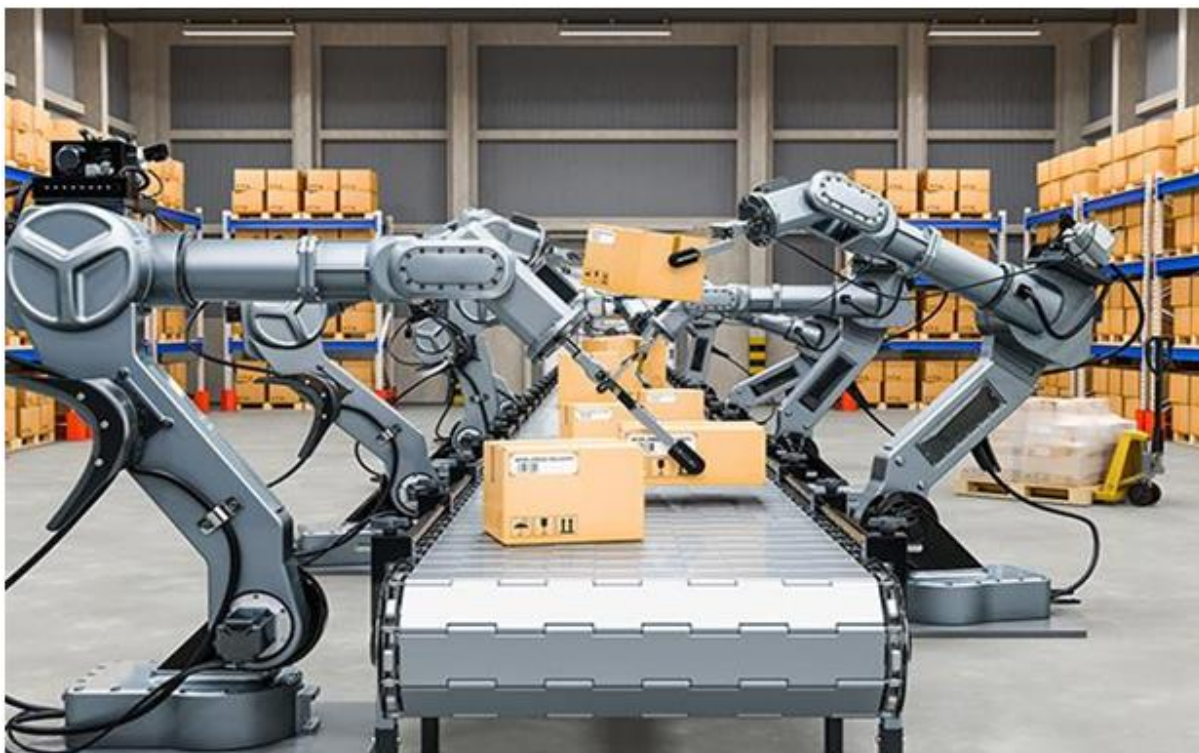
3.8. Robotika

Robotika (RO) se opisuje kao „generiranje računalno kontroliranih gibanja fizičkih objekata“, kao što je prikazano na slici 10.

RO pruža mogućnost za optimizaciju procesa i povezanost subjekata unutar opskrbnog lanca. RO nudi poboljšanja agilnosti, brzine, kvalitete i učinkovitosti u svrhu optimizacije procesa opskrbnog lanca. Također, RO karakterizira komunikativnost temeljenu na informacijama u stvarnom vremenu i olakšava povezanost između subjekata opskrbnog lanca, procesa i infrastrukture.

Trošak je glavni izazovi koji sprječava široku upotrebu robotike u opskrbnim lancima, potrebna su velika financijska sredstva potrebna za prihvaćanje inteligentnih autonomnih vozila, a takva investicija velikom broju tvrtki ne odgovara.

Kritični čimbenik uspjeha za korištenje robotike unutar opskrbnog lanca je pravilno definiranje i razvoj potrebne infrastrukture. Nekoliko subjekata opskrbnog lanca će morati donijeti odluku o implementaciji komunikacijske infrastrukture i drugih elemenata tehničke infrastrukture kako bi se omogućila interoperabilnost robotskih rješenja u cijelom opskrbnom lancu.



Slika 10. Prikaz učinkovitosti robotizacije

Izvor: [24]

3.9. Aditivna proizvodnja

Aditivna proizvodnja (AM) opisuje „proces spajanja materijala za izradu objekata koristeći podatke 3D modela, obično sloj po sloj“.

Aditivna proizvodnja dio je proizvodnoga strojarstva koji se bavi izradbom predmeta nanošenjem čestica u tankim slojevima. Proizvodni proces započinje konstruiranjem trodimenzionalnoga modela računalnim CAD programima za modeliranje, ili digitaliziranjem prostornoga oblika već postojećega objekta trodimenzionalnim skenerima. Zatim se model pretvara u niz horizontalnih poprečnih presjeka koji se strojem za proizvodnju tvorevina

otiskuju sloj po sloj do konačnog proizvoda. Tim se postupcima jednako uspješno mogu izraditi prototipovi, kalupi i alati velike preciznosti te funkcionalni dijelovi spremni za upotrebu. No brzina izradbe, izbor materijala i dimenzije modela zasad su ograničeni.

Ova tehnologija opskrbnom lancu pruža precizno i transparentno razumijevanje potreba materijala unutar proizvodnog procesa. Ovakva vrsta preciznosti može značajno unaprijediti performanse opskrbnog lanca, kao na primjer, reducirati logističke usluge i skladištenje proizvoda, te poboljšati just-in-time proizvodnju. Ove prednosti mogu se sažeti kao „optimizirani tokovi opskrbnog lanca“. AM pruža konfigurabilan dizajn proizvoda i proizvodnju prilagođenu specifičnim zahtjevima kupaca. Ispunjavanjem prilagođenih zahtjeva kupaca AM dodatno pospješuje kvalitetu opskrbnog lanca. Precizne i transparentne informacije prilikom izrade proizvoda pomažu reducirati potrošnju materijala i energije, što ujedno ima i manje štetan utjecaj na okoliš.

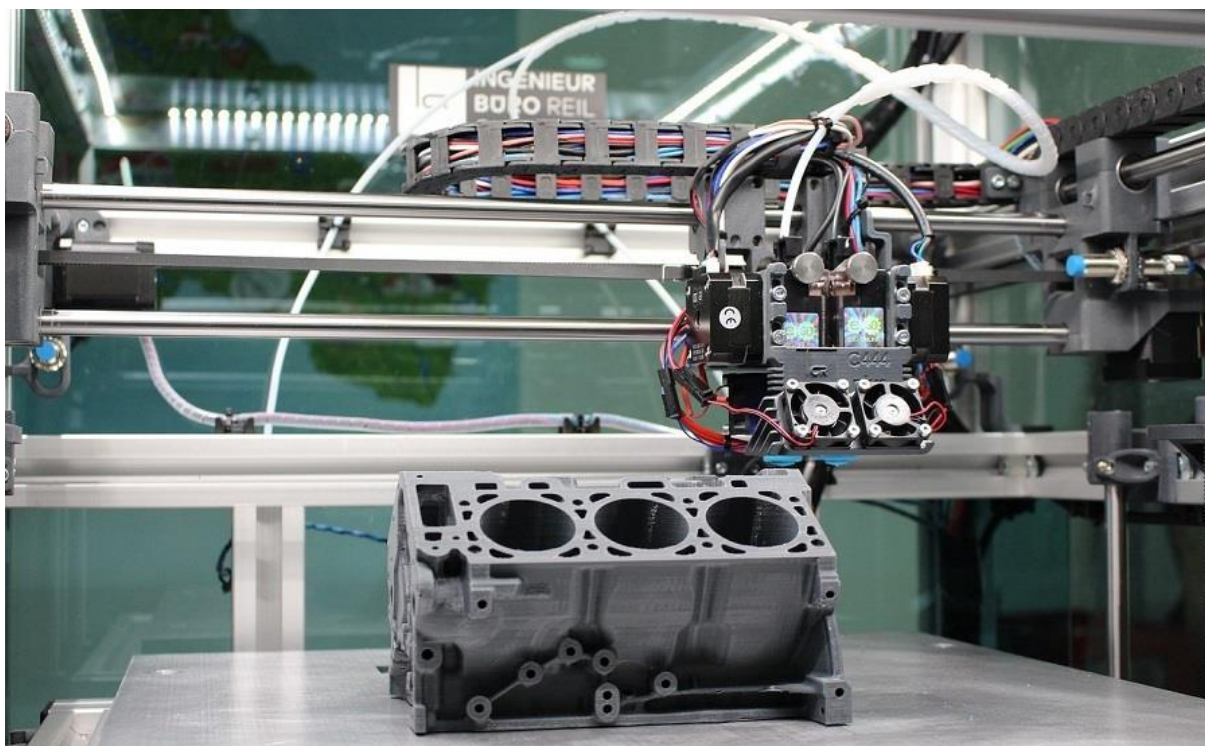
AM također može pridonijeti napretku u istraživanju i razvoju. AM eliminira potrebu za uzemljenim proizvodnim linijama i skraćuje vrijeme izlaska proizvoda na tržište. Tvrtka može proizvoditi proizvode u malim količinama za trenutačno plasiranje na tržište, dobiti povratnu informaciju od kupaca, izmijeniti tražene promjene, a zatim proizvesti veće količine proizvoda i proširiti se na tržište.

Međutim, trodimenzionalna proizvodnja određenih komponenti povezana je sa visokim troškovima (npr. cijena materijala) i visokim utroškom vremena proizvodnje. Trodimenzionalno modeliranje nudi mogućnost za zajedničkim odabirom dizajna i proizvodnju između više sudionika unutar opskrbnog lanca. Koordinacija više zahtjeva za dizajniranje i proizvodnju može znatno utjecati na zahtjeve menadžmenta. Na primjer, ponude određenih dobavljača mogu postati manje relevantne, dok drugi središnji dobavljači mogu utjecati na proizvodni proces. Stoga se pojavljuje potreba za rekonstruiranjem opskrbnog lanca, što je rijetko lako za postići.

Povremeno dostupnost prikladnih građevinskih materijala za trodimenzionalni ispis može uzrokovati probleme s opskrbom. Na kraju prilagodbe sustava, pojavljuju se široke varijacije u dizajnu proizvoda koje mogu uzrokovati probleme s kompleksnošću modela digitalnog dizajna.

Kritični čimbenici uspjeha koji omogućuju tvrtkama da shvate prednosti i savladaju izazove koje nudi AM. U svrhu optimizacije opskrbnog lanca uključuje suradničko i integrirano dizajniranje proizvoda za 3D modeliranje i ispis. AM ovisi o dizajnu proizvoda, koji često uključuje različite sudionike opskrbnog lanca. Kako bi optimizirali procese unutar opskrbnog lanca sudionici trebaju strateški surađivati za izradu zajedničkog višestranog dizajna proizvoda. Također, potrebna je dobro razvijena informacijska platforma koja obrađuje informacije u svrhu optimizacije AM.

AM se također može implementirati na postupan način, korak po korak se mogu poboljšati operativni procesi, odnosno potrebna je usklađenost softvera i pisača. Na slici 11. Prikazan je primjer aditivne proizvodnje u autoindustriji.



Slika 11. Primjer aditivne proizvodnje

Izvor: [25]

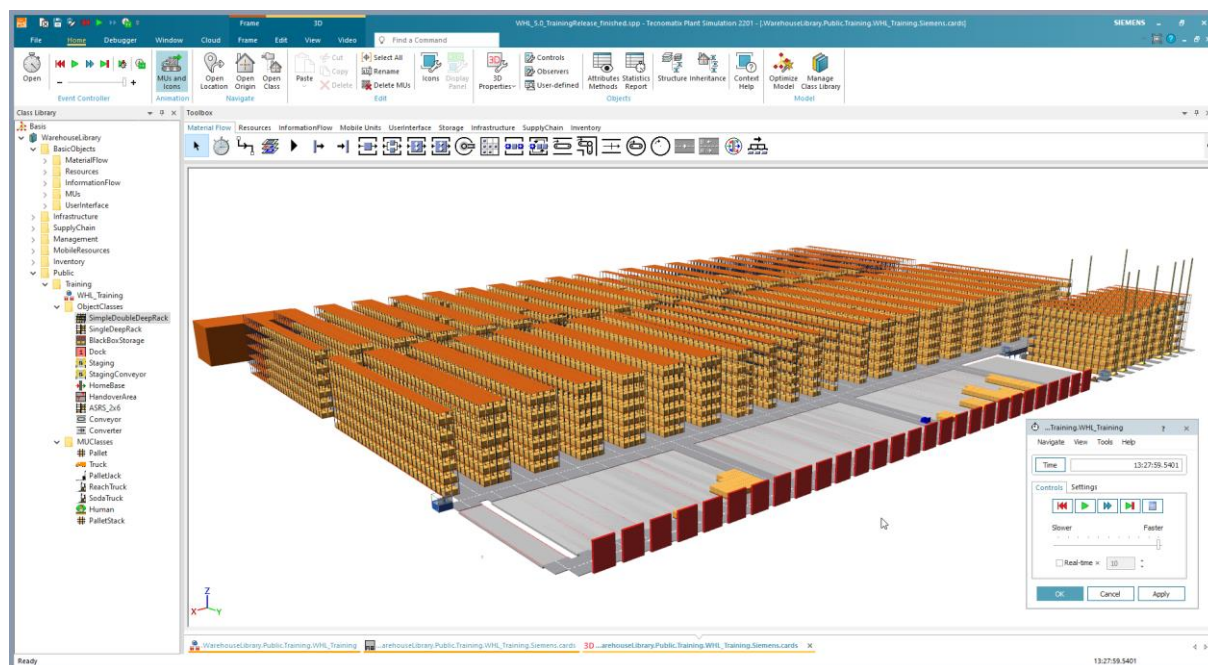
3.10. Simulacija

Simulacija (SI) definira se kao „proces dizajniranja modela stvarnog ili hipotetskog sustava za opisivanje i analizu ponašanja sustava“. Procjena budućih ishoda i trenutnog sustava zajedno s digitalnom vizualizacijom identificirane su kao glavne prednosti SI sustava. SI omogućuje predviđanje i procjenu potencijalne buduće ishode različitih događaja koji mogu

utjecati na sustave unutar opskrbnog lanca. Na primjer, poremećaji u tokovima materijala, promjene u ponašanju klijenata, inovacije proizvoda od strane konkurenata, nove politike i jednostrane promjene procesa partnera u opskrbnom lancu. SI procjenjuje ponašanje opskrbnog lanca razvijanjem dubljeg razumijevanja dinamike sustava, problema i rješenja koje tvrtka omogućuje praćenje različitih parametara, kao npr. praćenje utjecaja na okoliš. SI omogućuje detaljnu digitalnu vizualizaciju karakteristika i ponašanje objekata, pružajući sveobuhvatne uvide u različite svrhe, kao npr. nudi optimizaciju sustava.

Tvrtke unutar opskrbnog lanca koje žele koristiti SI susreću se sa glavnim preprekama ovog sustava kao što su : stjecanje potrebnog skupa vještina, izgradnja tehnološke infrastrukture i razvoj digitalnog blizanca opskrbnog lanca za provođenje simulacija. Mogu postojati i poteškoće koje su povezane sa hvatanjem dinamičkih i operativnih informacija potrebnih za simulaciju.

Kvaliteta unosa podataka ključni je čimbenik uspjeha u izvođenju simulacija povezanih s opskrbnim lancem, kao što je prikazano na slici 12. Takvi podaci moraju biti točni, relevantni i prikupljeni u pravo vrijeme.



Slika 12. Tecnomatix plant simulacijski model skladišta

Izvor: [26]

3.11. Semantičke tehnologije

Semantičke tehnologije (ST) definiraju se kao „tehnički pristupi koji olakšavaju ili koriste tumačenje namjera strojeva“. Semantičke tehnologije su način iskorištavanja podataka i pametno sredstvo za navigaciju velike količine informacijskih signala i zvukova, kao što je prikazano na slici 13.

ST-ovi mogu koristiti opskrbnom lancu omogućavajući povezivanje podataka i integraciju informacija u cijelom opskrbnom lancu gdje se velika količina podataka generira i pohranjuje u različite formate, jezike i sintakse. ST-ovi omogućuju uspostavljanje odnosa između različitih vrsta podataka i njihovih značenja, olakšavajući čitljivost i komunikativnost podataka za strojeve, aplikacije i subjekte unutar opskrbnog lanca.

Kritični čimbenici uspjeha za realizaciju potencijalnih prednosti ST-ova za korištenje u opskrbnim lancima su : potreba za uspostavljanjem snažne ontologije i potrebnih standarda.



Slika 13. Semantičke tehnologije

Izvor: [27]

4. TEHNIČKO - TEHNOLOŠKI KONCEPT PAMETNE PALETE

U današnje vrijeme, kada je je tržište globalno povezano, od velike je važnosti, od mjesta nastanka, dostaviti robu do krajnjeg potrošača. Paletizacija, kao sustav, u tome prednjači, jer se istovremeno mogu transportirati velike količine različite robe, čime se dobiva na ekonomičnosti, vremenu, ali i kvaliteti.

Za pravilan rad sustava paletizacije od velike važnosti su palete i njihova kvaliteta. U današnje vrijeme postoji niz različitih vrsta paleta izrađenih od različitih materijala, prilagođenih različitim vrstama tereta, čime je olakšan i sam prijevoz tereta. Uglavnom, za većinu tereta i dalje je na prvom mjestu drvena EURO paleta, koja je po svojoj kvaliteti najrasprostranjenija, najizdržljivija te se najbolje prilagođava svakoj prilici.

Sustav paletizacije okrenut je i održivom razvoju te se pridaje velika pažnja po pitanju zaštite okoliša i održavanju paleta kako bi iste imale što duži vijek trajanja, mogućnost recikliranja ili ponovno korištenje.

Transport paleta u današnje vrijeme razvijen je i informacijski, što znači kako korisnik u svako doba može dobiti informaciju o tome gdje se nalazi njegova paleta s robom tijekom transporta. U ovom poglavlju bit će prikazan tehničko – tehnološki koncept pametne palete. Također biti će prikazana primjer prilagodbe IoT tehnologije koristeći standardiziranu transportnu jedinicu EURO paletu.

4.1. Tehničko – tehnološka obilježja EURO palete

Paleta je tipično pomoćno sredstvo kod procesa paletizacije, a njome rukuju viličari. To je drvena podloga izrađena od dasaka, normiranih dimenzija i služi za tovarenje robe. Vlasnici paleta su međunarodni špediteri koji su udruženi u paletne saveze [28].

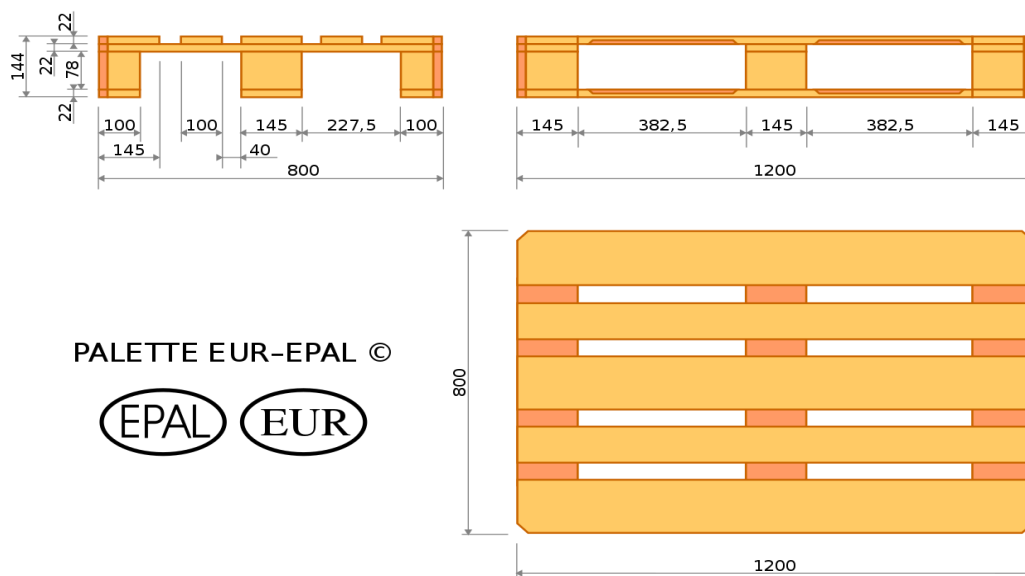
Od pojave paleta pa do danas postoje različite vrste paleta. One se razlikuju po :

- Obliku
- Dimenziji
- Namjeni
- Vrsti materijala od kojeg su izrađene
- Konstrukcijskim osobinama itd.

Paleta imaju veliku važnost u distribuciji i logistici. One su ključni čimbenici u većini dostavnih lanaca, kod transporta svih vrsta robe, od majica, autodijelova do farmaceutskih proizvoda. Ako su opremljene naprednijom tehnologijom, moguće je pratiti put robe koju prenose [29].

Prema nekim istraživanjima, u Sjedinjenim Američkim državama, u opticaju je više od dva bilijuna paleta. Otprilike 94% industrijske i potrošačke robe SAD-u transportira se na paletama od mjesta proizvodnje do krajnjeg potrošača. Primjena paleta dovodi do nižih troškova manipuliranja, skladištenja i prijevoza robe. Proizvodni se troškovi, uz troškove skladištenja smanjuju, a smanjen je i broj oštećene robe kao i vrijeme koje je potrebno za njezin transport. Modernizacija dovodi do automatizacije sustava paletizacije, a time i smanjenjem troškova radne snage i ručnog rada čime se štedi na vremenu i krajnjoj zaradi. Povećava se iskoristivost prostornih kapaciteta i mehanizacije, povećava produktivnost, ali i brzina te sigurnost prilikom manipulacije teretom.

Standardna EURO paleta kao što je prikazano na slici 14. ima dimenzije 800 x 1200 x 100 mm, nosivost je 1500 kg, te vlastita masa joj je 28 kg. Prema obliku je ravna, drvena i ima pristup s četiri strane. Ova vrsta paleta primjenjuje se od 1958. godine, a vijek trajanja svake je otprilike do 6 godina [30] .



Slika 14. Euro-paleta

Izvor: [31]

4.2. Tehničko – tehnološka obilježja SPIoT platforme

Pametna paleta se sastoji od osnove EURO palete koja se svakodnevno koristi prilikom transporta raznoraznih proizvoda unutar distribucije robe i IoT senzora koji kao nadogradnja postojećeg sustava prilagođava potencijalna unaprjeđenja koja nudi industrijalizacija 4.0, kao što je prikazano slikom 15.

SPIoT je platforma, softverska arhitektura koja omogućava nesmetan tok informacija o trenutnom stanju robe svih paletnih jedinica unutar tvrtke, kao nadogradnja informacijskog sustava širom tvrtke.

Platforma SPIoT nudi dvije moguće razine primjene rješenja :

1. Platforma funkcionira u suradnji s integriranim skupom aplikacija u bazi podataka čitave tvrtke, gdje se konsolidiraju sve poslovne radnje u jednom računalnom okruženju (kao što to radi SAP). Jednostavan senzor instaliran u jedinici za pohranu (paleti) povezan je s online nadzornom pločom koja se može konfigurirati za slanje upozorenja, primjerice u slučaju dosega temperature izvan zadanog intervala, kako bi se pokrenula brza korektivna radnja.
2. Platforma SPIoT nudi aplikaciju za pametne telefone i tablete, putem koje se može identificirati pojedinačna transportna jedinica (paleta) skeniranjem barkoda ili BLE (bluetooth low energy) skeniranjem, a zatim prikupiti odgovarajuće podatke iz oblaka: povijest temperature, povijest šoka, težina tereta, stanje baterije itd.

Sukladno tome, u svakoj paleti ugrađen je transponder koji ima nekoliko radio protokola:

- dalekometni širokog obuhvata za tvornice, skladišta i urede,
- kratkog dometa za smartphone skeniranja.

Transponder komunicira s inteligentnim low-cost prijemnikom koji je montiran na strateškim mjestima u prostorijama korisnika platforme. Palete se mogu pratiti u stvarnom vremenu, uz minimalne troškove i ulaganja u infrastrukturu.

SPIoT platforma sastoji se od hardverskog i softverskog rješenja, koji su detaljno opisani kako slijedi u nastavku.



Slika 15. Prikaz povezivanja EURO palete i IoT tehnologije

Izvor : Izradio autor

5. ANALIZA SLUČAJA

Poslovanje logističkih tvrtki nalazi se u stalnim i značajnim promjenama prilagođavajući se sve većim i složenijim zahtjevima korisnika usluga. One tvrtke koje optimiziraju svoje poslovanje u vidu pametnih, inteligentnih i inovativnih rješenja povećavaju svoju konkurentsku sposobnost na tržištu i postaju lideri u poslovanju.

Ubrzani razvoj modernih tehnologija u sektoru logistike unaprjeđuje razinu učinkovitosti i povećava razinu kvalitete usluge cjelokupnog opskrbnog lanca na globalnom tržištu logističkih usluga.

Po uzoru na slične tehnologije nadzora opskrbnog lanca u inozemstvu, prikladno rješenje za logističke tvrtke u Republici Hrvatskoj, s visokim potencijalom primjene, jest praćenje paleta u logistici. Time bi tvrtke imale bazu informacija u realnom vremenu prateći lokaciju i ostale ključne parametre koji pokazuju trenutno stanje robe koja se nalazi na paletnim jedinicama.

Ideja platforme Smart Pallets Internet Of Things (SPIoT) nastala je kao razvojni projekt Laboratorija za simulacije u logistici, Zavod za transportnu logistiku, Fakulteta prometnih znanosti. Analizom tržišta Republike Hrvatske uočio se nedostatak primjene inovativnih rješenja na tržištu logističkih usluga vezan za transportnu ambalažu.

Platforma SPIoT omogućila bi optimizaciju postojećeg paletnog sustava s ciljem:

- smanjenja troškova na razini cjelokupnog opskrbnog lanca,
- osiguranja kvalitetnije transparentnosti između korisnika i logističkih operatera,
- protočnost informacija koje do sada nisu bile dostupne.

Potencijalni korisnici platforme su tvrtke koje koriste paletne jedinice, a žele pratiti stanje svoje robe te kontrolirati uvjete transporta i skladištenja. To su svi proizvođači, logistički operateri, maloprodajne i veleprodajne tvrtke te fizičke osobe. Vizija platforme SPIoT je realizirati ugradnju senzora u paletne jedinice te ponuditi aplikaciju korisnicima.

Primjenom SPIoT platforme može se pratiti:

- Položaj i kretanje paleta,
- Temperatura neposredne okoline u kojoj se paleta nalazi,
- Opterećenja, stanje, eventualni udar ili pad paleta.

SPIoT platforma predstavlja novi korak u planiranju poslovanja tvrtke upravo zbog svoje nove tehnologije.

5.1. Hardversko rješenje

Aktivni transponder komunicira putem BLE (bluetooth low energy) s fiksnim ili mobilnim gateway-om ili s aplikacijom na pametnom telefonu ili tabletu. Standardne mjerenje transpondera su:

- lokacija,
- temperatura,
- detektor pokreta (vibracije).

Hardversko rješenje obuhvaća senzor s partnerske mreže Sigfox. Konkretno riječ je o proizvodu IBC senzor RC1.

IBC senzor RC1 nudi mogućnost praćenja temperature unutar hladnog lanca. IBC senzor RC1 se sastoji od termostata te radio frekvencijskog odašiljača.

Princip rada IBC senzora RC1 je sljedeći:

- korisnik na displeju senzora postavi odgovarajuću razinu temperature,
- termostat mjeri razinu temperature lokacije na kojoj se nalazi paletna jedinica,
- termostat detektira promjenu temperature,
- radio frekvencijski odašiljač promjenom frekvencije na displeju pokazuje promjenu temperature,
- zvučnim signalom upozorava na detektiranu promjenu.

Kao jedno od rješenja može se primijeniti **LOKA PRIMIS**, uređaj koji je fokusiran na praćenje imovine, s mogućnostima očitavanja geolokacije. Uređajem se upravlja u „LOKA MIND IoT Cloud Platform“ koja koristi različite mreže za povezivanje. Također, postoji mogućnost proširivanja tog uređaja kupnjom vanjskog senzora temperature ili GPS-a. U tablici 2 opisane su specifikacije senzora.

Tablica 2. Tehničke specifikacije uređaja LOKA PRIMIS

SPECIFIKACIJE	LOKA PRIMIS
Povezivanje	SigFox or NB-IoT
Senzori	Temperatura; brzinomjer; (Izborno: GPS, vanjski senzor temperature)
Ekspanzija	24 pins header – Breakout bord – SDK
Baterija	2 x AA litij / litij / punjivi litij
Dimenzije	D: 92mm; Š: 35mm; V:26mm
IP Certifikacija	IP65
SigFox regije	Dostupno za RCZ1 RCZ2 RCZ4
TEHNIČKE SPECIFIKACIJE	
Matična ploča	Mini-ploče imaju pristup svim iglama u obliku 25 mm x 24 mm. Napajanje mini-ploče od 3.3V može podnijeti struju od 200 mA.

	Arhitektura mini-ploče je otvorenih specifikacija, omogućujući svima da ju mijenjaju dok su u skladu s tim specifikacijama. Mini-pločama se može rukovati općenito ili s potpuno prilagodljivim rutinama kao proširenje firmvera.
Modul	LOKA PRIMIS ploča može raditi kao samostalni SigFox uređaj ili se može montirati na već postojeće sustave kako bi se osigurala mogućnost povezivanja.
Upravljanje uređajem	LOKA uređajima upravlja se na platformi u oblaku (LOKA MIND), gdje se za svaki uređaj čuvaju firmver, konfiguracija i parametri.
Wi-Fi & Geografska lokacija	S podrškom za 802.11 b / g / n, LOKA PRIMIS ploča omogućuje geolokaciju objekata s niskom potrošnjom energije. Ova značajka omogućuje izvršavanje nadogradnji upravljačkog softvera i lokalnog Bluetooth sučelja za konfiguriranje i upravljanje uređajima.
Težina	25.4 g (bez baterije)
Radna temperatura	-30°C do + 80°C
Sigfox ETSI	Izlazna snaga: Klasa 0 – 14 dBm Osjetljivost Rx: -126 dBm

	Uplink frekvencije: od 868,1 MHz do 869,5 MHz
Sigfox FCC	Izlazna snaga: Klasa 0 – 22 dBm Osjetljivost Rx: -126 dBm Uplink frekvencije: od 902,2 MHz do 920,8 MHz
Više senzora	WiFi 802.11 b / g / n primopredajnik Bluetooth Button & LED indikator
Ulaz VCC	Od 2.2 V do 5.5 V
Potrošnja energije	Spavanje: 18μA Trčanje: 15mA Prijenos: 75 mA (~ 6 sec) ETSI, 180 mA (~ 2sec) ETSI
Vanjska sučelja	2 Analogne IO linije 8 Digitalnih IO linija UART / serijski ulaz (dostupne su AT naredbe) SPI / I2C / 1-žična podrška 3.3V ulaz / izlaz Kontrola snage

SDK i API	Sve značajke proizvoda dostupne su putem API-ja, što omogućuje brz razvoj aplikacija. Razvoj komplet i SDK pružaju alate za proširenje i prilagodbu funkcionalnosti uređaja.
Certifikati	U skladu s RoHS

Izvor: Izradio autor

Važno je napomenuti kako je cijelu platformu moguće prilagoditi sljedećim mrežama:

- Sigfox (dostupno za RCZ1 | RCZ2 | RCZ4),
- NB-IoT.

Tehničke karakteristike *LOKA PRIMIS* uređaja:

- masa je 25.4 g,
- radna temperatura od -30°C do 85°C,

Senzori koji se nalazi unutra *LOKA PRIMIS* uređaja su:

- temperaturni senzor,
- brzinomjer,
- uređaj za mjerenje vibracija,
- pozicijski sustav koji je baziran na Wi-Fi tehnologiji.

LOKA PRIMIS uređaj kompatibilan je s četiri protokola: Wifi, BLE, NB IoT te najvažnije Sigfox. Vijek trajanja baterije je tri godine, te je zamjenjiva. Dimenzije baterije:

- duljina: 92 mm,
- širina: 35 mm,
- visina: 26 mm.

Kao drugo rješenje izabrali smo **IBC sensor RC1**. Opisane su specifikacije senzora, no u daljnjem radu, poglavlju poslovnog plana, se neće spominjati zbog nedostatka informacija o cijeni.

Dimenzije *IBC sensor RC1*:

- duljina: 50 mm,
- širina: 50 mm,
- visina: 13 mm,
- masa: 20 g.

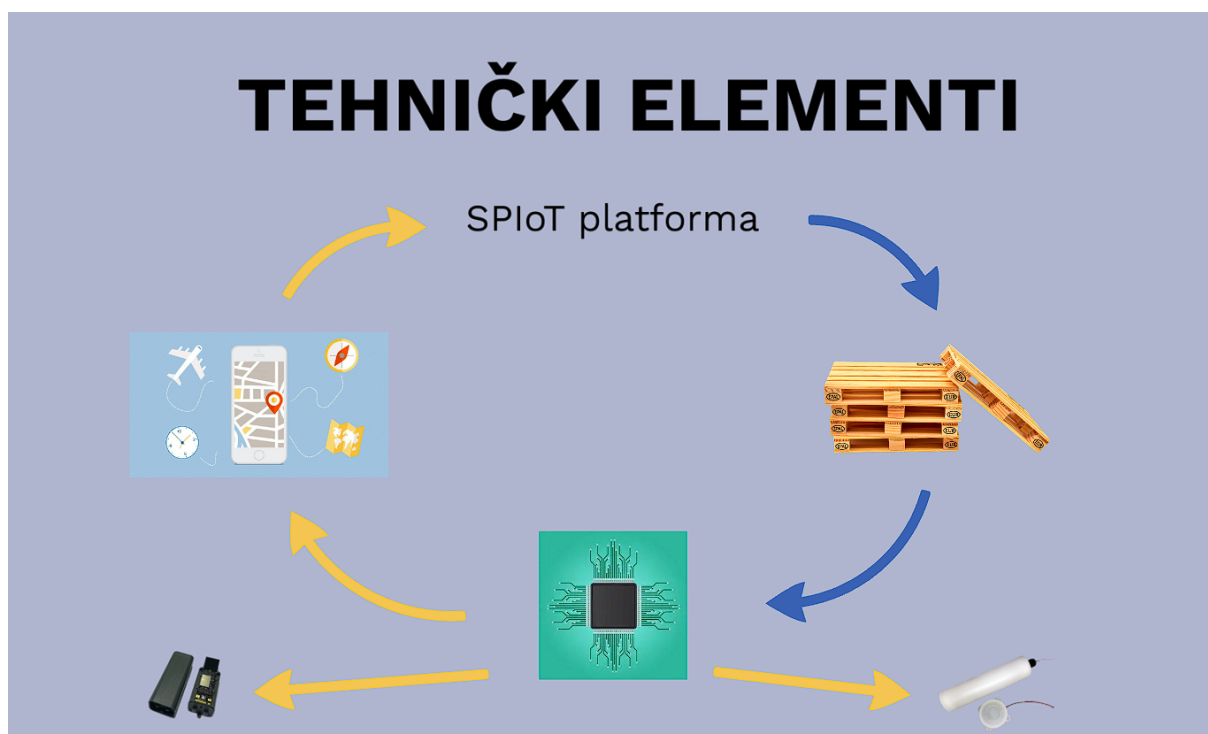
Kućište je prilagodljivo, kao i instalacija. Radna temperatura je od -30°C do 85°C. Vijek trajanja baterije je deset godina, što je tri puta dulje nego prethodni uređaj.

U ovom projektnom rješenju uređaji se mogu vrlo lako instalirati, a proces je sljedeći:

- ugradnja u periodu od 5 minuta; uređaj nije nametljiv, odnosno teško se primijeti,
- povezivanje sa Sigfox bazom podataka,
- podaci se procesuiraju „Nanolike“ algoritmima,
- korisnik pristupa aplikaciji te može provjeravati željene podatke.

Ključne značajke ovih sustava su točno geolociranje i rutiranje unutar 20 km, sustavi upozorenja ukoliko mjerenja prijeđu postavljenu granicu te grafički prikazi mjerenja.

Uređaji se ugrađuju na standardne drvene euro palete dimenzija 1200x800 mm, s mogućnošću ugradnje u bilo koju drugu vrstu transportnih jedinica, kao što je prikazano na slici 16.



Slika 16. Prikaz tehničkih elemenata hardverskog rješenja implementacijom spomenutih senzora

Izvor: Izradio autor

5.2. Softversko rješenje

Platforma SPIoT, uz hardversko, nudi i softversko rješenje doneseno kroz mobilnu i desktop aplikaciju. Aplikacije se izdvajaju po inspirativnom dizajnu i jednostavnosti korištenja korisničkog sučelja. U sljedećim poglavljima predstavljamo demo verzije aplikacija. Ukoliko u demo verzijama kliknete na prazno područje, prototip će sam pokazati ponuđene opcije na koje možete kliknuti i ići dalje na nove ili se vratiti na prethodne korake.

5.2.1. Desktop aplikacija

Na [linku](#) može se pronaći demo verziju desktop aplikacije te pokrenuti prototip kako biste mogli pratiti opise mogućnosti.

U lijevoj sekciji može se pronaći lista svih pametnih paleta (Smart Pallets) koje neka tvrtka posjeduje. Kako bi se ubrzao postupak pretraživanja pojedine palete, koristi se tražilica. Klikom na određenu paletu u središnjoj sekciji može se pronaći više informacija o trenutnom stanju odabrane palete.

Klikom na svaku pojedinu ikonu u desnoj sekciji prelazi se na sljedeće polje informacija koje sadrži ta ikona.

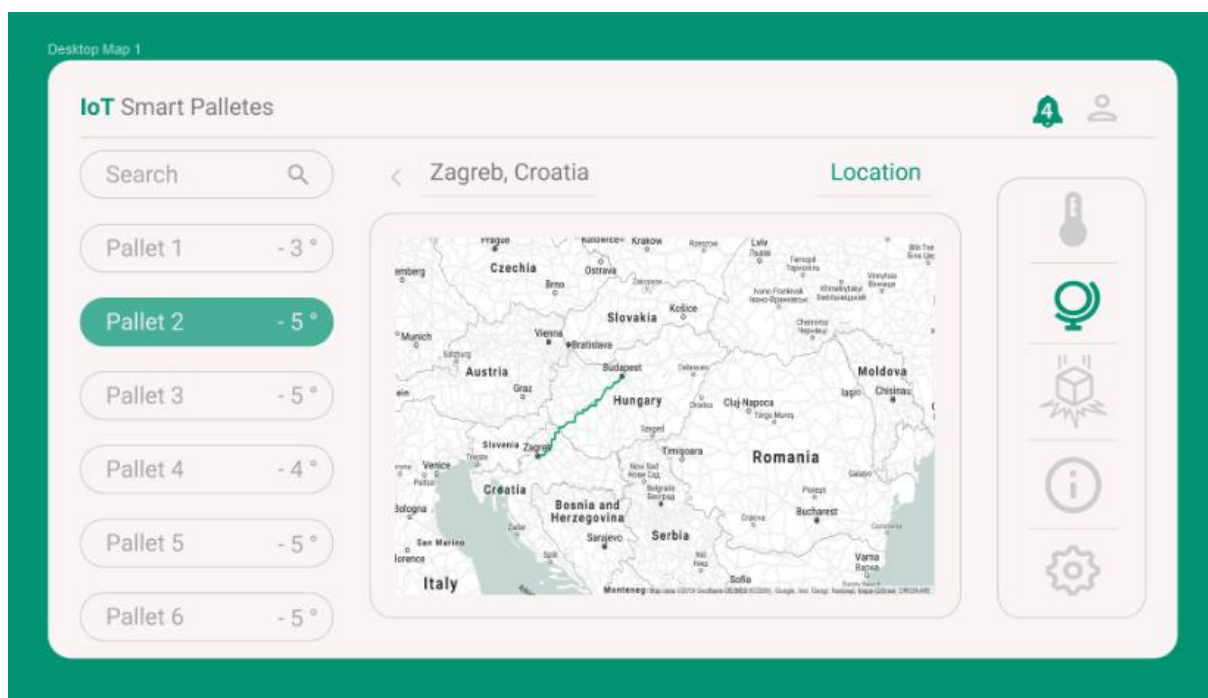
Prva prikazana stavka jesu **informacije o temperaturi**. Ovaj dio prikazuje graf koji pokazuje stanje temperature od dogovorenog trenutka (odabranog od strane tvrtke). Na grafu možemo pronaći označene amplitude koje ukazuju na najvišu odnosno najnižu temperaturu u zadanom razdoblju. Podno grafa nalaze se podaci poput trenutne, ugovorene, najviše, najniže te srednje temperature, kao što je to prikazano na slici 17.



Slika 17. Prikaz desktop aplikacije – stavak Temperatura

Izvor: Izradio autor

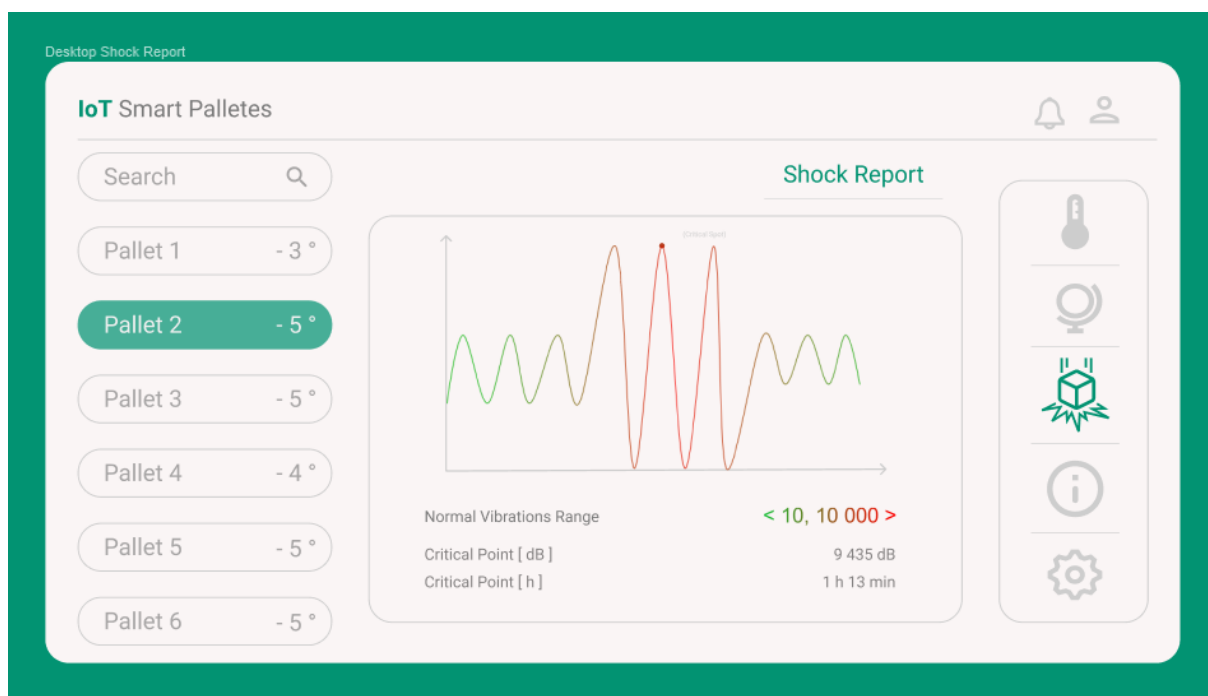
Klikom na ikonu globusa ulazi se u stavak **lokacije**, gdje se nalazi karta s trenutno prijeđenom rutom i označenom krajnjom destinacijom. Klikom na strelicu koja pokazuje ulijevo pronalazimo više informacija o lokaciji poput trenutne lokacije, dogovorenog mjesta i vremena primitka pošiljke, vremena i broja kilometara prijeđenih do trenutka gledanja te broja kilometara i vremena potrebnih do krajnje destinacije. Klikom na 'X' s desne strane zatvaramo dodatne informacije i vraćamo kartu u prvi plan, kao što je to prikazano na slici 18.



Slika 18. Prikaz desktop aplikacije – stavak Lokacija

Izvor: Izradio autor

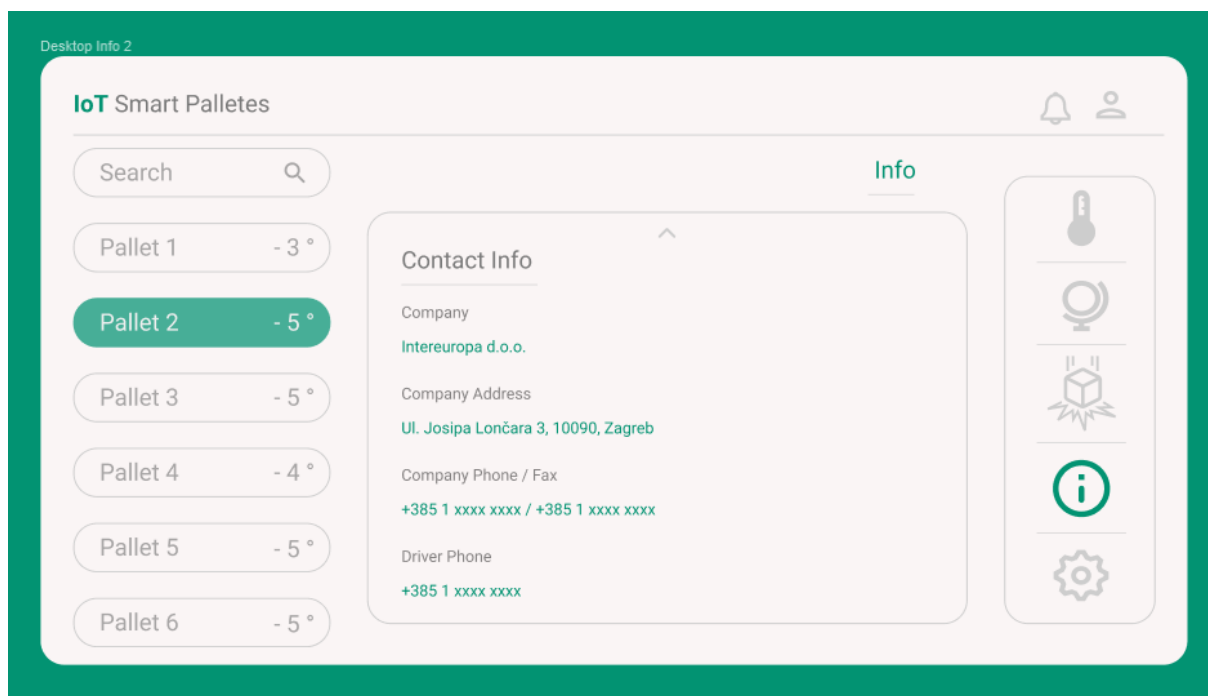
Klikom na ikonu padajuće kutije otvara se stavak **informacija o vibracijama robe**, odnosno izvješće o šoku. Na grafu su crvenom bojom označeni trenutci koji se bliže ili prelaze granice intervala prihvatljivih vibracija. Ako se pri prijemu robe otkriju oštećenja, crvene točke na grafu ukazuju na kritične točke u kojima je vjerojatno došlo do oštećenja. Na dnu sekcije pronalazimo informacije o intervalu prihvatljivih vibracija te su prikazane kritične točke u decibelima [dB] i vrijeme u kojem se dogodila kritična vibracija iskazano u minutama, kao što je to prikazano na slici 19.



Slika 19. Prikaz desktop aplikacije – stavak Izvješće o vibracijama

Izvor: Izradio autor

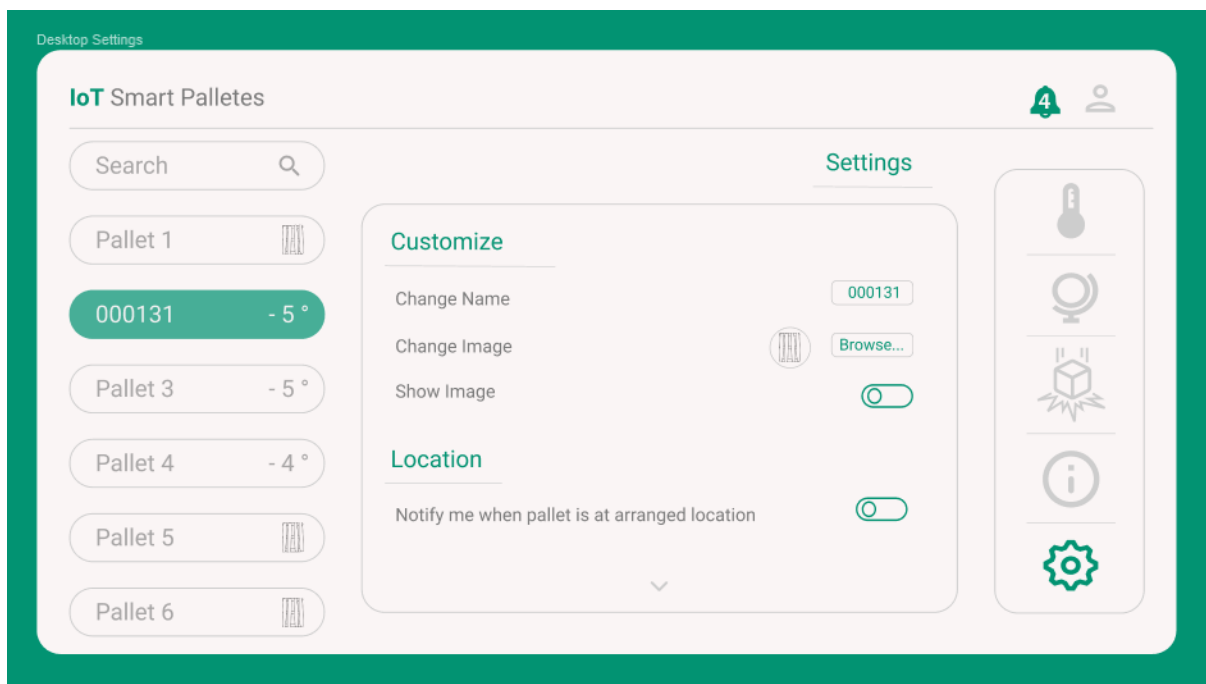
Klikom na ikonu sa slovom 'i' prelazi se stavak „Info“, u kojem se nalaze **informacije o robi i prijevozniku**. Informacije o robi su podaci propisani ugovorom dviju strana (temperatura, lokacija i vrijeme dostave). Klikom na broj pošiljke (Order No.) prelazi se u novi prozor koji sadrži podatke iz narudžbenice (otpremnice) poput podataka pošiljatelja i primatelja te podatke o samoj narudžbi (šifra artikala, jedinica, količina pojedinog artikla, masa, cijena po jedinici te ukupna količina, masa i cijena). U bilo kojem trenutku klikom na 'X' zatvara se trenutni prozor i vraća se u dio informacija o robi. Klikom na strelicu koja pokazuje u smjeru prema dolje pronalaze se informacije o prijevozniku. Ovdje se nalaze informacije o kompaniji te broj vozača, kako bi se moglo brzo reagirati, ukoliko primijetimo da stanje pošiljke nije prema ugovorenom, kao što je to prikazano na slici 20.



Slika 20. Prikaz desktop aplikacije – stavak Postavke

Izvor: Izradio autor

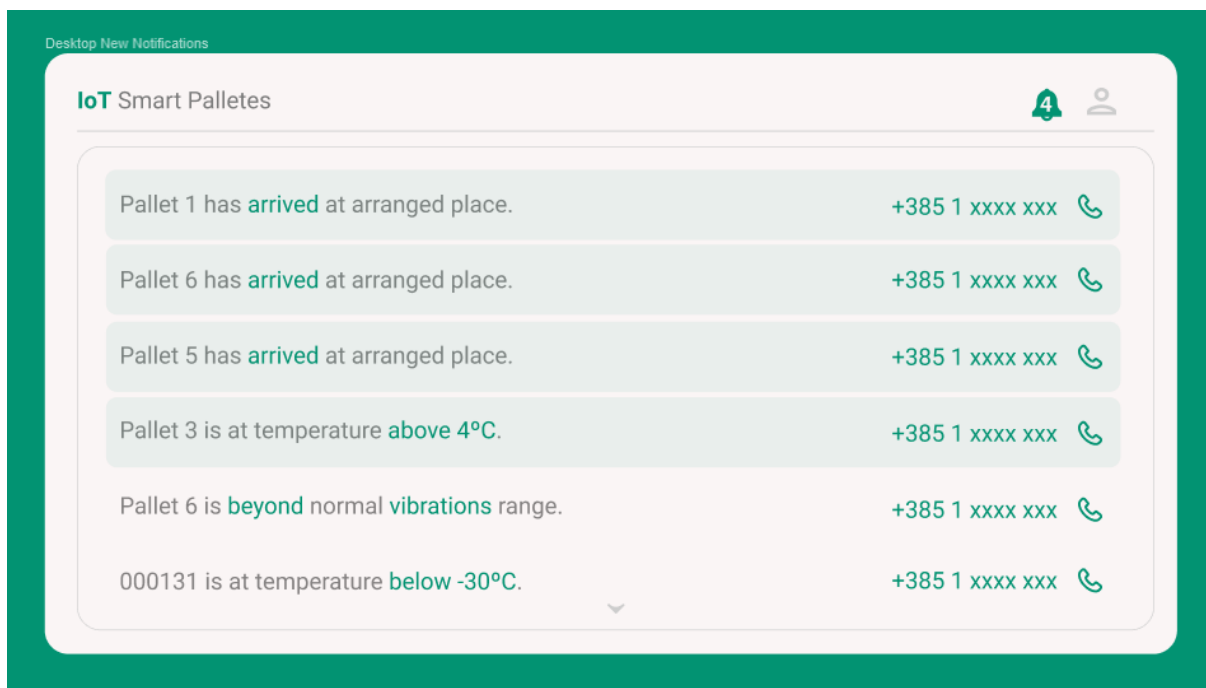
Klikom na ikonu postavki prelazi se u stavak **postavke**. U ovom stavku možemo izmijeniti ime pošiljke koju pratimo, promijeniti njenu sliku te odabrati brzi prikaz slike ili temperature. Ovdje se mogu promijeniti postavke obavijesti o dolasku robe na predviđenu lokaciju, interval vibracija te obavijesti o istima, kao i obavijesti o doseg temperature iznad, odnosno ispod zadane temperature, kao što je to prikazano na slici 21.



Slika 21. Prikaz desktop aplikacije – stavak Postavke

Izvor: Izradio autor

Među novim opcijama nalazi se ikona osobe te klikom na nju mogu se postaviti osobni podaci. Klikom na ikonu zvona mogu se pregledati nove i/ili postojeće obavijesti, kao što je to prikazano na slici 22.



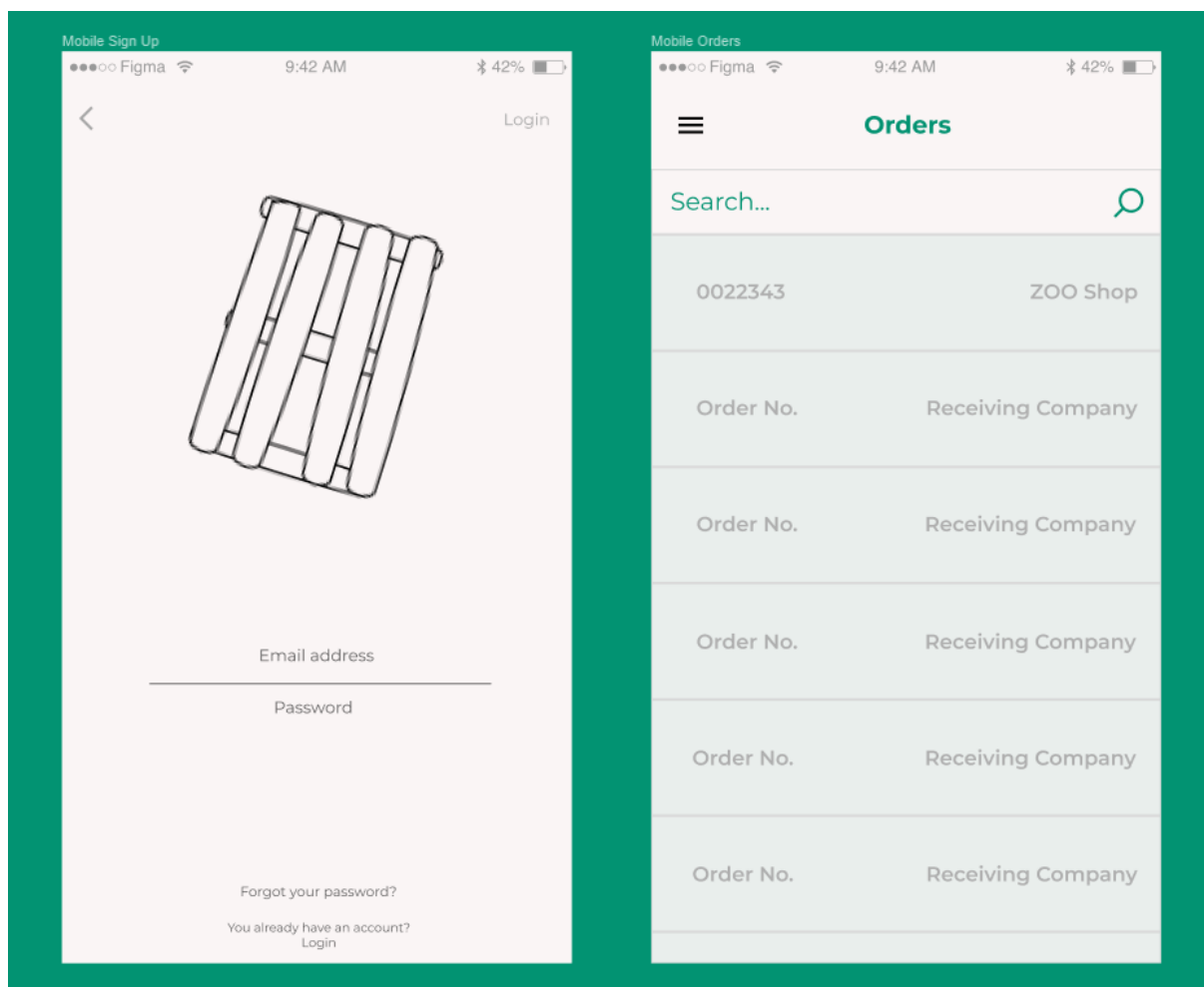
Slika 22. Prikaz desktop aplikacije – stavak Obavijesti

Izvor: Izradio autor

5.2.2. Mobilna aplikacija

Na [linku](#)¹ se nalazi demo verzija mobilne aplikacije čije su pojedine funkcionalnosti opisane u nastavku teksta. Za potrebe projekta, ova će se aplikacija dodatno unaprijediti u skladu s procijenjenim potrebama korisnika. Ovaj demo prikazuje aplikaciju koju bi koristili vozači na svojim pametnim telefonima. Cilj ove aplikacije je povezivanje terenskog i uredskog dijela posla logističara potvrđivanjem narudžbi na licu mjesta preuzimanja narudžbe. Potvrda o preuzimanju narudžbe bitan je korak u praćenju stanja robe. Putem mobilne i desktop aplikacije omogućena je potpuna kontrola baze podataka.

Nakon što se korisnik, odnosno vozač, prijavi u aplikaciju nudi mu se mogućnost pregleda svih narudžbi koje u tom trenutku prevozi uz odgovarajuću tvrtku kojoj dostavlja istu. Kliknemo li na narudžbu ulazimo u detaljniji pregled iste, kao što je to prikazano na slici 23.

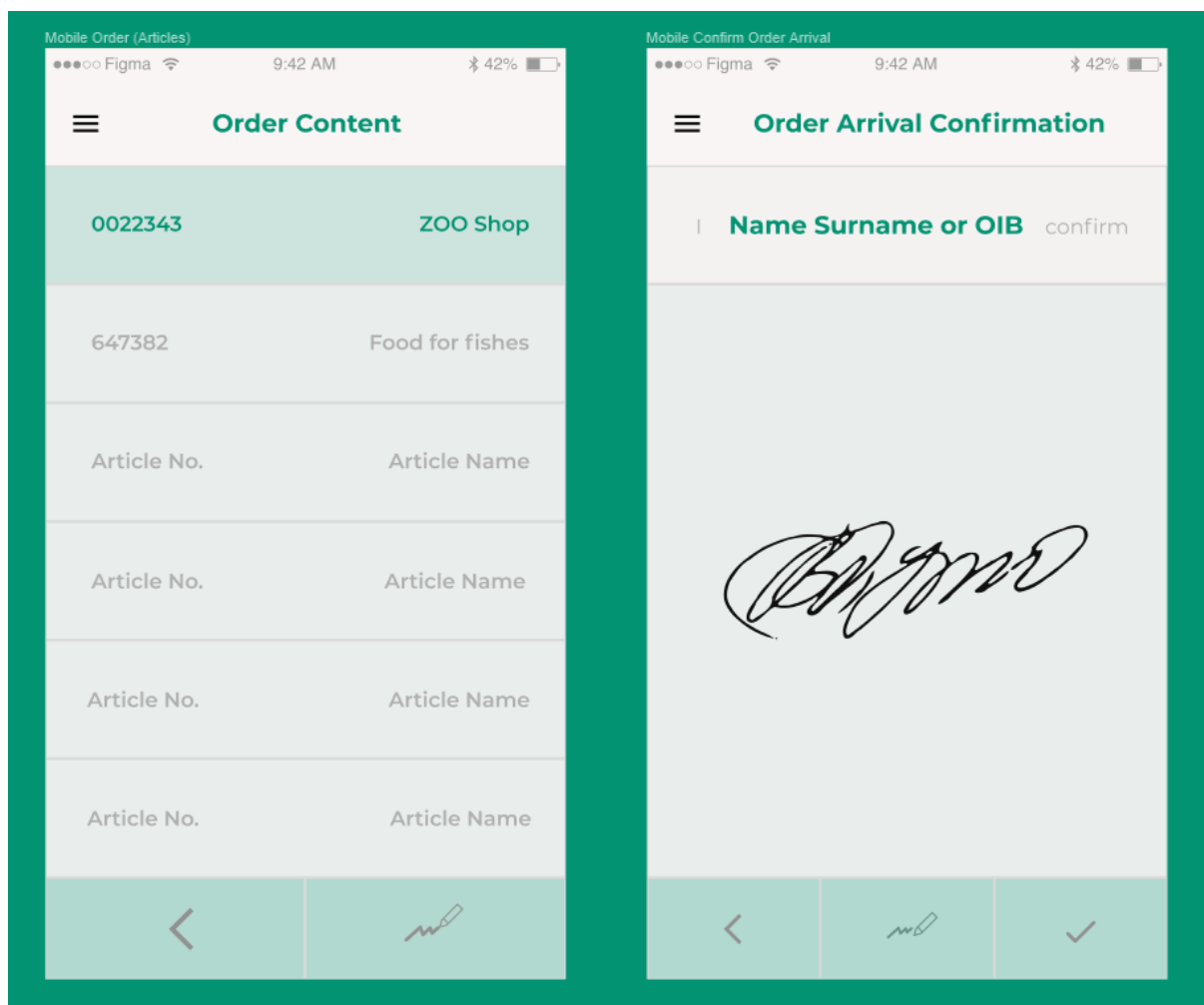


Slika 23. Prikaz mobilne aplikacije – stavci Prijava i Narudžbe

Izvor: Izradio autor

¹ <https://www.figma.com/proto/OR2OtonIzIpxcFjO1QUF9dg9/IoT-Smart-Palletes-Mobile?node-id=0%3A1&viewport=-163%2C387%2C1.05633&scaling=min-zoom>

U detaljnijem pregledu narudžbe nalazi se popis svih artikala. Sljedeća mogućnost je potvrda preuzimanja narudžbe gdje se upisuju ime i prezime ili osobni identifikacijski broj osobe koja ju preuzima. Kako bi ovaj korak bio dovršen i potvrđen, potrebno je zatražiti potpis navedene osobe. Nakon klika na ikonu kvačice završena je potvrda preuzimanja i slijedi povratak na početni stavak – Narudžbe, kao što je to prikazano na slici 24.



Slika 24. Prikaz mobilne aplikacije – stavci Narudžbe i Potvrda primitka narudžbe

Izvor: Izradio autor

5.3. Prilagođavanje SPIoT platforme na tržište

Zahtjevi korisnika sve su kompleksniji i predstavljaju jedan od najvećih izazova s kojim se logistička industrija danas susreće. Neki od zahtjeva koji korisnici postavljaju logističkom operateru su:

- brzina isporuke,
- točnosti isporuke,
- praćenje robe i paketa u stvarnom vremenu,
- mogućnost povrata pošiljke.

Upravo je segment povrata, odnosno povratne logistike, područje u kojem bi se projektno rješenje primjenjivalo. Uz povrat robe nadovezuje se i problem povrata paletnih jedinica. Koncept zelene i povratne logistike obuhvaća smanjenje negativnih utjecaja na okoliš te potiče korištenje transportne ambalaže. Platformom SPIoT želi se povećati kvaliteta korištenja transportne ambalaže (paletnih jedinica).

Korisnik bi imao svoje paletne jedinice s ugrađenim senzorima i od logističkog operatera bi zahtijevao da koristi samo njegove paletne jedinice u opskrbnom lancu. Osim toga, ovo rješenje bi rezultiralo i aplikacijom preko koje bi se sve navedeno pratilo te bi korisnik u svakom trenutku imao kontrolu nad sljedećim segmentima:

- gdje se nalazi paletne jedinica, odnosno roba koju sadrži,
- pruža li mu logistički operater uvjete definirane ugovorom (određene robe iziskuju određeni temperaturni režim), čime bi dobila mogućnost pravovremene reakcije u slučaju neispunjenja uvjeta.

5.4. Razlog uvođenja SPIoT platforme na tržište

Pametna paleta karakterizira široki spektar prednosti za korisnike, a neke od prednosti su:

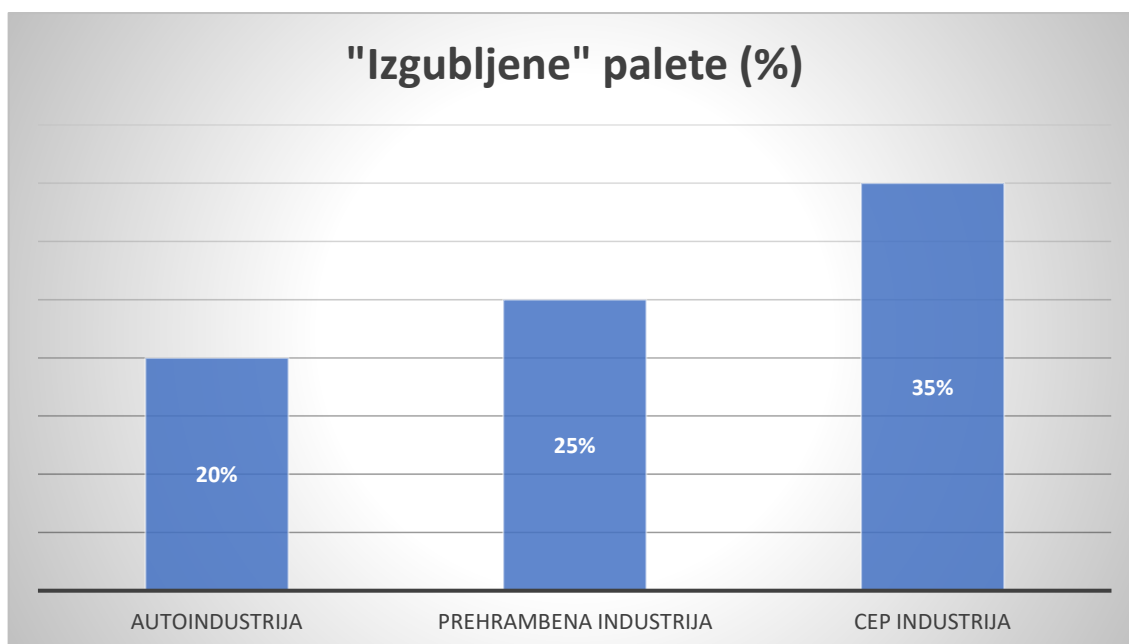
- informacija o trenutnoj lokaciji paletne jedinice,
- mogućnost kontrole ispunjavanja ugovorenih obaveza od strane logističkog operatera,
- značajna ušteda financijskih resursa,
- potpora konceptu zelene logistike smanjenjem otpadnih paletnih jedinica,
- podizanje razine kvalitete usluge logističkog operatera.

Informacije o trenutnoj lokaciji paletnih jedinica za korisnike predstavlja krucijalan dio usluge logističkog operatera. Korisnici žele u svakom trenutku znati gdje se njihove paletne jedinice nalaze. U većini slučajeva riječ je o količini robe koja ima veliku vrijednost i o velikom broju paletnih jedinica koje se nalaze u opskrbnom lancu te korisnici nad njima više nemaju kontrolu. Uvođenjem pametnih paleta u postojeći sustav korisnici bi bili u mogućnosti reagirati u slučaju neispunjenja ugovorenih obaveza od strane logističkih operatera te isto naplatiti

penalima ili primjenom određenih alata „prisile“. Konkretno, navedeno projektno rješenje omogućilo bi korisnicima uvid u sam proces te pravovremeno reagiranje u slučaju neispunjenja obaveza definiranih ugovorom. Mogućnost kontrole od strane korisnika glede uvjeta skladištenja (npr. Temperaturnog režima, vlažnosti zraka i sl.) direktno stavlja korisnika u povoljniji položaj te logističke operatore „prisiljava“ da se pridržavaju uvjeta definiranih ugovorom.

U sektoru povratne logistike gubitak, oštećenja te krađa paletnih jedinica problemi su koji bi se primjenom pametnih paleta eliminirali. Paletne jedinice cirkuliraju kroz opskrbni lanac, a neplanirani gubitak, oštećenja ili krađa istih rezultira troškom nabave novih paletnih jedinica. Budući da se u različitim industrijama postotak izgubljenih paleta kreće od 10 do 35% jasno je kako proces nabave novih paletnih jedinica rezultira značajnim troškom za kompaniju, a isti se mogu izbjeći primjenom SPIoT platforme. Slika 25. prikazuje grafikon postotaka „izgubljenih“ paleta u prehrambenoj, autoindustriji i sektoru CEP industrije (Courier, Express and Parcel). Pod CEP industriju misli se na poštanske, kurirske te usluge e-trgovine. Usluge e-trgovine se najbrže rastući sektor CEP industrije.

Iz grafikona se može zaključiti kako je stopa „izgubljenih“ paleta najveća u sektoru CEP industrije. Navedeno se odnosi na distribuciju paketa naručenih putem sustava e-trgovine. Podaci prikazuju stanje na tržištu CEP industrije u SAD-u. Postotci „izgubljenih“ paleta u autoindustriji i prehrambenoj industriji kreću se od 20 do 25% za tržište SAD-a, u periodu od godine dana. Sektor autoindustrije u SAD-u godišnje potroši 750 milijuna dolara na nabavu novih paletnih jedinica kako bi upotpunio prazno mjesto nastalo gubitkom paletnih jedinica. Uvođenjem SPIoT platforme troškovi nabave novih paletnih jedinica drastično bi se smanjili.



Slika 25. Udio „izgubljenih“ paleta u autoindustriji, prehrambenoj i sektoru CEP industrije (Courier, Express and parcel)

Izvor : Izradio autor

U praksi se u kanalima povratne logistike izgubi oko 2.5% paletnih jedinica. Ovi se podaci odnose na tvrtke u području e-trgovine, pa tako na primjer tvrtka koja na mjesečnoj bazi ima obrtaj od 15.637.000 paletnih jedinica, u povratu izgubi 391 paletnu jedinicu. Ako se u obzir uzme da je cijena jedne paletne jedinice 230,00 kn tada mjesečni troškovi za nabavu novih paletnih jedinica iznose 89.900,00 kn. Na godišnjoj razini tvrtka gubi 4692 paletne jedinice što za tvrtku predstavlja trošak u iznosu 1.079.160,00 kn na godišnjoj razini. Uz korištenje navedene SPIoT platforme broj izgubljenih paletnih jedinica bi se smanjio jer bi vlasnik paleta u svakom trenutku znao gdje se one nalaze te bi ih uz korištenje određenih „alata prisile“ vratio u svoj posjed.

Smanjenjem količine izgubljenih paletnih jedinica produžuje se životni ciklus postojećih. Na taj način podržava se koncept zelene logistike usmjeren na očuvanje okoliša, jer se postojeće paletne jedinice višestruko koriste. Također eliminacijom izgubljenih paletnih jedinica smanjuje se proizvodnja novih, a samim time se smanjuje i prekomjerno iskorištavanje šuma.

5.5. Financijski elementni SPIoT platforme

U tablici 3. prikazana je struktura troškova koji su potrebni za realizaciju platforme SPIoT. U nastavku teksta troškovi su detaljno izrađeni i opisani.

Struktura troškova sastoji se od pet komponenti troškova:

- troškovi nabave senzora IBC R1,
- troškovi izrade aplikacije SPIoT platforme,
- troškovi održavanja aplikacija,
- troškovi licenciranja,
- troškovi nabave paletnih jedinica.

Tablica 3. Struktura troškova

Naziv proizvoda	Količina [komad]	Jedinična Cijena [kn]	Ukupno [kn]
Senzor IBC tipa RC1	100	292,74	29.274,00
Aplikacija SPIoT	1	40.500,00	40.500,00
Usluga održavanja aplikacija [mjesečno]	12	1.000,00	12.000,00
Licenca za senzor	100	18.53	1853,00
Paleta	100	230,00	23.000,00
Promidžba projekta	12 mj	2.000,00	24.000.00
Trošak zaposlenika	3/12 mj	15.000,00	540.000,00
Ukupno			670.627,000

Izvor : izradio autor prema dobivenim podacima tvrtke LOKA Systems

Troškovi nabave senzora IBC tipa RC1 iznose 2.927,40 kn (100 kom), a jedinična cijena navedenog senzora iznosi 292,74 kn. Za izradu aplikacija SPIoT platforme u proračunu je potrebno osigurati 40.500,00 kn. Usluga održavanja se pruža na mjesečnoj bazi odnosno po potrebi, troškovi usluge održavanja aplikacija iznose 1.000,00 kn. Kako bi se navedeni senzori mogli koristiti, potrebno ih je licencirati. Jedinična cijena licence iznosi 18,53 kn, a ukupni troškovi licenciranja senzora iznose 1853,00 kn (100 kom). Za nabavu paletnih jedinica ukupni troškovi iznose 23.000,00 kn (100 kom), sukladno jediničnoj cijeni palete na tržištu u iznosu 230,00 kn. Sa zapošljavanjem tri osobe, ukupni troškovi potrebni za realizaciju SPIoT platforme iznose 655.627,00 kn, uključujući PDV.

Mobilnu aplikaciju SPIoT platforme tvrtka o svojem trošku instalira na službene pametne telefone ili tablet uređaje vozača.

5.6. Zaključena procjena uspješnosti SPIoT platforme

Ključni parametri koji opravdavaju ulaganje u ovu investiciju (platforma Smart Pallets Internet of Things) su:

- visok potencijal primjene na tržištu Republike Hrvatske, gdje nisu implementirana slična rješenja,
- na tržištu RH ne postoje kompanije koje nude ovakvo rješenje,
- praćenje imovine tvrtke (paletnih jedinica, robe, kamiona) sada je pristupačno, lako se instalira i održava,
- minimalna ulaganja (niska cijena senzora),
- vrlo dugi vijek trajanja baterije,
- značajna ušteda financijskih sredstava u usporedbi s trenutnim stanjem paletnog sustava koji je neodrživ,
- podizanje razine kvalitete usluge i zadovoljstvo logističkog operatera omogućavajući mu sigurnost logističkog lanca, mir i učinkovitost.

6. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu prikazana je pametna paleta u funkciji unaprjeđenja logističkih procesa. Spomenuta je industrijalizacija 4.0 koja svojim trendovima i inovativnim tehnologijama stvara nove izazove za logističke operatere. Prikazan je tehničko-tehnološki koncept pametne palete i razlozi za uvođenje iste.

U današnje vrijeme kako svijet ide naprijed, svakodnevno se podiže ljestvica za kvalitetnije i zahtjevnije poslovanje logističkih operatera, u svrhu zadovoljavanja potreba krajnjeg potrošača. Prethodne industrijske revolucije imale su veliki i značajan utjecaj na poslovanje logističkih tvrtki, također, četvrta industrijska revolucija pokazala je da se tehnologija rapidno razvija i da omogućuje raznorazna unaprjeđenja logističkih procesa.

Iz svega navedenog može se zaključiti kako je četvrta industrijska revolucija izazvala drastične promjene u logističkim procesima u svrhu optimizacije, uštede i kvalitete poslovanja. Globalni trendovi industrije 4.0 uvođenjem robotizacije u procese potiče na razmišljanje kakav će utjecaj imati na „pametne“ tvornice. Budućnost logističkog poslovanja teško je predvidjeti, stoga je potreban strateški pristup logističkih operatera kako bi ostvarili konkurentnost na tržištu.

Također može se zaključiti kako rapidan razvoj tehnologija četvrte industrijske revolucije znatno utječu na konstante promjene u poslovanjima. Digitalizacija donosi temeljne promjene unutar organizacijskim i među organizacijskim procesima. Napretkom industrijalizacije 4.0 logistika se susreće sa 11 tehnologija u koje spadaju : Internet ljudi, Internet stvari, računalstvo u oblaku, tehnologije velikih podataka, blockchain, proširena stvarnost, automatizacija, robotika, proizvodnja, simulacija i semantičke tehnologije. Prednostima, nedostacima i ključnim čimbenicima spomenutih tehnologija logistički operateri mogu donijeti odluku koja tehnologija je najadekvatnija za unaprjeđenje pojedinih logističkih procesa, kao i uvođenje istih.

U današnje vrijeme poslovanje logističkih tvrtki nalazi se u stalnim i značajnim promjenama prilagođavajući se sve većim i složenijim zahtjevima korisnika usluga. Optimizacijom svojih poslovanja u vidu pametnih, inteligentnih i inovativnih rješenja povećavaju svoju konkurentnost na tržištu. Iz toga možemo zaključiti da palete imaju veliku

važnost u distribuciji i logistici, ključni su čimbenici u većini dostavnih lanaca, stoga, unaprjeđenje paleta i paletnih sustava omogućuje nam da u svakome trenutnu znamo položaj i kretanje palete, temperaturu neposredne okoline u kojoj se paleta nalazi, te opterećenja, stanje, eventualni udar ili pad same paletne jedinice.

Na temelju prikazanog tehničko-tehnološkog koncepta pametna palete može se zaključiti da korištenje ovakve tehnologije znatno može poboljšati poslovanje logističkih tvrtki ne samo kroz spomenuta poboljšanja već i kroz sustav povratne logistike, eliminiranjem gubitaka paletnih jedinica te uštedom. Podizanje razine kvalitete usluge i zadovoljstvo logističkog operatera omogućuje mu sigurnost logističkog lanca, mir i učinkovitost.

POPIS LITERATURE

- [1] Izazovi logistike u 21.stoljeću [Internet]. [pristupljeno 25.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://www.supplychainmarket.com/doc/logistics-in-the-21st-century-0001>
- [2] Četvrta industrijska revolucija [Internet]. [pristupljeno 25.08.2022.]. Dostupno na URL:
<http://www.euromonitor.com/industry-40-the-future-impact-of-the-fourth-industrialrevolution/report>
- [3] Četvrta industrijska revolucija [Internet]. [pristupljeno 25.08.2022.]. Dostupno na URL:
<http://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/06/20/what-everyone-must-knowabout-industry-4-0/#46ef1db4e3b9>
- [4] Razvoj industrije [Internet]. [pristupljeno 25.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://en.supertek.de/products-and-services/machine-and-plant-engineering/industry-4.0>
- [5] Brajković L. - Industrija 4.0 i digitalna transformacija – završni rad. [Internet] Zagreb, 2019.
[pristupljeno: 25.08.2022]. Dostupno na URL:
<https://repozitorij.ffzg.unizg.hr/islandora/object/ffzg:634>
- [6] Industry 4.0 (2016.) European Parliament [Internet], 2016. [pristupljeno 25.08.2022.]
Dostupno na URL:
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)
- [7] Globalni trendovi industrije [Internet]. [pristupljeno 25.08.2022.]. Dostupno na URL:
[https://www.myforesight.my/wp-content/uploads/2017/12/myForesight_Mag_2018-1_\(Web\).pdf](https://www.myforesight.my/wp-content/uploads/2017/12/myForesight_Mag_2018-1_(Web).pdf)
- [8] Pejić Bach, M.; Krstić, Ž.; Seljan, S.; Turulja, L. Text Mining for Big Data Analysis in Financial Sector: A Literature Review [Internet], 2019. [pristupljeno 22.09.2022.]. Dostupno na URL: <https://doi.org/10.3390/su11051277>

- [9] What is the Internet of Things? [Internet], 2018. [pristupljeno 25.08.2022.].- Dostupno na URL: <https://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot>
- [10] The rise of “big data“ on cloud computing: Review and open research issues. [Internet], 2014. [pristupljeno 22.08.2022.]. Dostupno na URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306437914001288?via%3Dihub>
- [11] De Maruro A., Greco M., Grimaldi M. A formal definition of Big Data based on its essential features. [Internet], 2016. [pristupljeno 29.08.2022.]. Dostupno na URL: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/LR-06-2015-0061>
- [12] Budućnost poslovanja [Internet], 2019. [pristupljeno 26.08.2022.]. – Dostupno na URL: <http://www.duplico.hr/buducnost-poslovanja-inteligentna-tehnologija-i-industrija-4-0/>
- [13] The Industrial Internet and the Industrial Internet of Things, [Internet], 2016. [pristupljeno 29.08.2022.]. – Dostupno na URL: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-internet-things-iiotsaving-costs-innovation/industrial-internet/>
- [14] Basara - Digitalna transformacija kao temelj 4. industrijske revolucije - završni rad. [Internet], Pula, 2017, [pristupljeno 27.08.2022.]. Dostupno na URL: <https://repozitorij.politehnikapula.hr/islandora/object/politehnikapu:101/preview>
- [15] Cloud Computing, [Internet], 2009. [pristupljeno 26.08.2022.]. Dostupno na URL: <https://www.economist.com/briefing/2009/10/15/clash-of-the-clouds>
- [16] Fakhreddin f. Rad, Pejvak Oghazi, Maximilian palmie, Koteswar Chirumalla, Natallia Paskhevic, Pankaj C. Patel, Setayesh Sattari, Industry 4.0 and supply chain performance: A systematic literature review of the benefits, challenges, and critical success factors of 11 core technologies, [Internet], 2022. [pristupljeno 26.08.2022.]. Dostupno na URL: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.06.009>

- [17] Internet of people [Internet]. [pristupljeno 29.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574119217303723/>
- [18] Internet of things [Internet]. [pristupljeno 30.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://threws.com/future-of-iot-using-machine-learning/>
- [19] Računalstvo u oblaku [Internet]. [pristupljeno 30.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://www.spiceworks.com/tech/cloud/articles/what-is-cloud-computing/>
- [20] Tehnologije velikih podataka [Internet]. [pristupljeno 23.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://www.intellspot.com/big-data-technologies/>
- [21] Blockchain [Internet]. [pristupljeno 28.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://ccecosystems.news/en/classification-of-blockchain-based-applications-a-conceptualization-from-a-user-perspective/>
- [22] Proširena stvarnost [Internet]. [pristupljeno 28.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://www.azolifesciences.com/article/Role-of-Augmented-Reality-in-Science.aspx>
- [23] Automatizacija [Internet]. [pristupljeno 29.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://blog.solistica.com/en/automation-in-logistics>
- [24] Robotizacija [Internet]. [pristupljeno 29.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://www.europeanbusinessreview.com/ai-in-logistics-how-artificial-intelligence-is-transforming-the-logistics-industry/>
- [25] Aдитivna proizvodnja [Internet]. [pristupljeno 27.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://www.qualitymag.com/gdpr-policy?url=https%3A%2F%2Fwww.qualitymag.com%2Farticles%2F94881-additive-manufacturing-standards-aim-to-keep-pace-with-technology>
- [26] Simulacijski model skladišta [Internet]. [pristupljeno 23.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://blogs.sw.siemens.com/tecnomatix/high-bay-warehouse-and-logistics-simulation/>

- [27] Semantičke tehnologije [Internet]. [pristupljeno 25.08.2022.]. Dostupno na URL:
https://www.ontotext.com/blog/networked_lives_publishing_and_semantic_technologies/
- [28] Paletizacija [Internet]. [pristupljeno 27.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://www.prometna-zona.com/palete-i-paletizacija/>
- [29] Supply chain [Internet]. [pristupljeno 25.08.2022.]. Dostupno na URL:
<https://www.inboundlogistics.com/articles/the-power-behind-the-supply-chain/>
- [30] Smolar D.: Logistika prihvata i otpreme tereta na Zračnoj luci Zagreb, diplomski rad. [Internet], Zagreb, 2008., [pristupljeno 22.08.2022.]. Dostupno na URL:
http://repozitorij.fsb.hr/395/1/13_11_2008_Dean_Smolar_Diplomski_rad.pdf
- [31] Europaleta [Internet]. [pristupljeno 25.08.2022.]. Dostupno na URL:
https://hr.wikipedia.org/wiki/Europaleta#/media/Datoteka:Plan_palette-europe.svg

Popis slika

Slika 1. Razvoj industrije kroz povijest	4
Slika 2. Globalni trendovi industrije 4.0	6
Slika 3. Internet ljudi	17
Slika 4. Budućnost korištenja IoT tehnologije	19
Slika 5. Arhitektura računalstva u oblaku	21
Slika 6. Prikaz jednostavnog primjera ekosustava velikih podataka	23
Slika 7. Klasifikacija aplikacija temeljenih na blockchain-u	25
Slika 8. Primjer proširene stvarnosti u budućnosti	26
Slika 9. Prikaz korištenja automatizacije prilikom izvođenja skladišnih operacija	27
Slika 10. Prikaz učinkovitosti robotizacije	28
Slika 11. Primjer aditivne proizvodnje	30
Slika 12. Tecnomatix plant simulacijski model skladišta	31
Slika 13. Semantičke tehnologije	32
Slika 14. Euro-paleta	34
Slika 15. Prikaz povezivanja EURO palete i IoT tehnologije	36
Slika 16. Prikaz tehničkih elemenata hardverskog rješenja implementacijom spomenutih senzora	44
Slika 17. Prikaz desktop aplikacije – stavak Temperatura	45
Slika 18. Prikaz desktop aplikacije – stavak Lokacija	46
Slika 19. Prikaz desktop aplikacije – stavak Izvješće o vibracijama	47
Slika 20. Prikaz desktop aplikacije – stavak Postavke	48
Slika 21. Prikaz desktop aplikacije – stavak Postavke	49
Slika 22. Prikaz desktop aplikacije – stavak Obavijesti	49
Slika 23. Prikaz mobilne aplikacije – stavci Prijava i Narudžbe	50
Slika 24. Prikaz mobilne aplikacije – stavci Narudžbe i Potvrda primitka narudžbe	51
Slika 25. Udio „izgubljenih“ paleta u autoindustriji, prehrambenoj i sektoru CEP industrije (Courier, Express and parcel)	54

Popis tablica

Tablica 1. Prednosti, izazovi i ključni čimbenici uspjeha 11 tehnologija industrije 4.0	
.....	13
Tablica 2. Tehničke specifikacije uređaja LOKA PRIMIS	39
Tablica 3. Struktura troškova	55

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je **diplomski rad** isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi. Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom **PAMETNA PALETA U FUNKCIJI UNAPRIJEĐENJA LOGISTIČKIH PROCESA**, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, **rujan 2022.**

Student/ica:

