

# Primjena koncepta Internet stvari u sustavu distribucije

---

**Kralj, Mislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:119:397507>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Mislav Kralj**

**PRIMJENA KONCEPTA „INTERNET STVARI“ U**  
**SUSTAVU DISTRIBUCIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2020**



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**DIPLOMSKI RAD**

**PRIMJENA KONCEPTA „INTERNET STVARI“ U  
SUSTAVU DISTRIBUCIJE**

**APPLICATION OF THE CONCEPT OF "INTERNET OF  
THINGS" IN THE DISTRIBUTION SYSTEM**

Mentor: prof. dr. sc. Kristijan Rogić  
Student: Mislav Kralj  
JMBAG:0135237403

Zagreb, rujan 2020.

## SAŽETAK

Budući da strukturu tokova u distribucijskim sustavima čine raznovrsni tokovi: tokovi sirovina, materijala, poluproizvoda, gotovih proizvoda i informacija i dr., na njih u velikoj mjeri utječu te ih dotiču razvojne implikacije u tehnološkoj, ekonomskoj i socijalnoj sferi ljudskog života. Promjene koje su uzrokovane intenzitetom razvoja ponajprije utječu na ljudske potrebe i navike, te s obzirom na novonastalu situaciju, zahtjevi korisnika i/ili sudionika u distribucijskim sustavima postaju sve složeniji. Za zadovoljavanje tih i inih zahtjeva, logistička industrija, ali i distribucijski sustavi postepeno evoluiraju u „Logistiku 4.0“. Ključni parametar tj. element za uspješnu tranziciju/evoluciju logističke industrije u industriju razine „Logistika 4.0“ jest implementacija odnosno primjena koncepta tehnologije „Interneta stvari“. Riječ je o pametnoj tehnologiji koja omogućava prikupljanje, pohranu i razmjenu informacija između ljudi, strojeva i uređaja, putem bežičnog pristupa internetu. Istraživanje ima za cilj teorijski obraditi, te prikazati spektar mogućnosti koji nude tehnologije na bazi koncepta „Interneta stvari“. U ovom diplomskom radu analiziran je utjecaj primjene pametnih tehnologija na distribucijske sustave primjenom baze „Interneta stvari“, te su detaljnije opisani i objašnjeni prednosti i nedostaci implementacije tehnologija „Internet stvari“ na distribucijske sustave.

**KLJUČNE RIJEČI:** logistika; distribucijski sustavi; internet stvari“; pametne tehnologije; pametne palete

## ABSTRACT

Since the structure of flows in distribution systems is made up of various flows: flows of raw materials, materials, semi-finished products, finished products and information, etc., the flow structure in distribution systems is greatly influenced and affected by the developmental implications in the technological, economic and social sphere. of human life. Changes caused by the intensity of development, in advance, affect human needs and habits, given the new situation, the requirements of users and / or participants in dust distribution systems are compounded. To meet these and other requirements, the logistics industry as well as distribution

systems are gradually evolving into Logistics 4.0. The key parameter, that is, the element for successful transition / evolution of the logistics industry into the Logistics 4.0 industry is the implementation or application of the "Internet of Things" technology concept. It is a smart technology that enables the collection, storage and exchange of information between people, machines and devices through wireless internet access. The aim of the research is to theoretically evaluate and present the range of possibilities offered by technologies based on the concept of the Internet of Things. In this diploma paper, the impact of the use of smart technologies, based on the Internet of Things, on distribution systems is analyzed, and the advantages and disadvantages of implementing the Internet of Things technologies on distribution systems are described and explained in more detail.

**KEYWORDS:** logistics; distribution systems; the Internet of Things "; smart technologies; smart pallets

# SADRŽAJ

1. Uvod .....	1
2. Primjena tehnologije „Internet stvari“ u logistici .....	3
2.1. Tehnologije „Industrije 4.0“ .....	4
2.1.1. CPS(Kiber-fizički sustav).....	7
2.1.2. Internet stvari“ (IoT).....	8
2.1.3. „Internet usluga“ (IoS) .....	9
2.1.4. “Pametne tvornice“ .....	10
2.2. Tehnologija „interneta stvari“ .....	10
2.3. Sinergija tehnologije IoT i logistike .....	13
2.4. Primjena tehnologije „interneta stvari“ u logistici .....	17
3. Tehnologija „Internet stvari“- „Pametne palete“ .....	29
3.1. Općenito o paletama .....	31
3.2. Povezivanje paletnog sustava s IoT tehnologijom .....	34
3.2.1. .Radio frekvencijska identifikacija (RFID) .....	35
3.2.2. Bluetooth tehnologija .....	37
3.2.3. WIFI .....	38
3.2.4. ZigBee .....	40
3.2.5. NFC (Near field communication).....	41
3.2.6. Sigfox .....	42
3.3. Tehnologija „Internet stvari“- „Pametne palete“ .....	44
3.3.1. Razvoj SPIoT platforme .....	46
3.3.2. Hardversko i softversko rješenje SPIoT platforme.....	48
3.4. Arhitektura mobilne i web aplikacije SPIoT platforme.....	56
4. Komparacija rješenja „Pametne palete“ u svijetu.....	60
4.1. IoT rješenja u svijetu .....	60
4.2. Komparativna analiza „Pametnih paleta“ u svijetu .....	65
5. Prednosti i nedostaci tehnologije „Pametne palete“ .....	67
5.1. Skladišni kapaciteti u RH .....	67
6. Zaključak .....	73
LITERATURA .....	75
POPIS SLIKA .....	77

POPIS TABLICA.....	78
POPIS KRATICA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



## 1. Uvod

Logistika je znanstvena disciplina čije se težište primarno postavlja na planiranje, nadzor, kontrolu i upravljanje procesima alokacije sirovine, materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda iz točke A do točke B. Temeljna zadaća logistike odnosno logističke industrije je promjena prostorno-vremenskih koordinata entiteta odnosno „predmeta“ potražnje krajnjih korisnika, u pravo vrijeme i na pravo mjesto, uz odgovarajuću razinu kvalitete usluge i minimalne troškove. Razvoj društva, poboljšavanje životnog standarda i povećanje kupovne moći u razvijenim zemljama posljedično dovodi do promjena preferencija i navika krajnjih korisnika što pak transformira tržište u korisnički orijentirano tržište. Nadalje, globalizacija je učinila sve proizvode i usluge dostupne u bilom kojem kutku Svijeta, što je uvelike moguće upravo zbog razvoja interneta odnosno usluga e- trgovine. S obzirom na navedeno, logističke kompanije, kao glavni posrednici između proizvodnje i krajnjih korisnika, neovisno o kojoj grani industrije je riječ, suočeni su s mnogobrojnim izazovima. Međutim, postojeći opskrbeni lanci ali i distribucijski sustavi nisu u mogućnosti zadovoljiti potrebe krajnjih korisnika. Zbog tih razloga nužno je provođenje i unapređenje postojećih distribucijskih sustava ali i opskrbenih lanaca u cijelosti.

U vremenima „Industrije 4.0. odnosno 4. industrijske revolucije u kojoj nastaju „Pametne tvornice“ neizbježna je i transformacija logistike u „Logistika 4.0.“ tj. logistiku 4. generacije. Kako je ranije navedeno, logistika predstavlja glavnog posrednika između industrije i krajnjih korisnika. S obzirom na navedeno, primjena IoT tehnologije nije samo neizbježna već je i ključna za daljnji razvoj kompanija, odnosno društva u cjelini. Implementacijom IoT tehnologija u logističku industriju poslovanje kompanija postaje racionalnije, ekonomičnije i ekološki prihvatljivije.

Rad je podijeljen u sljedećih sedam poglavlja:

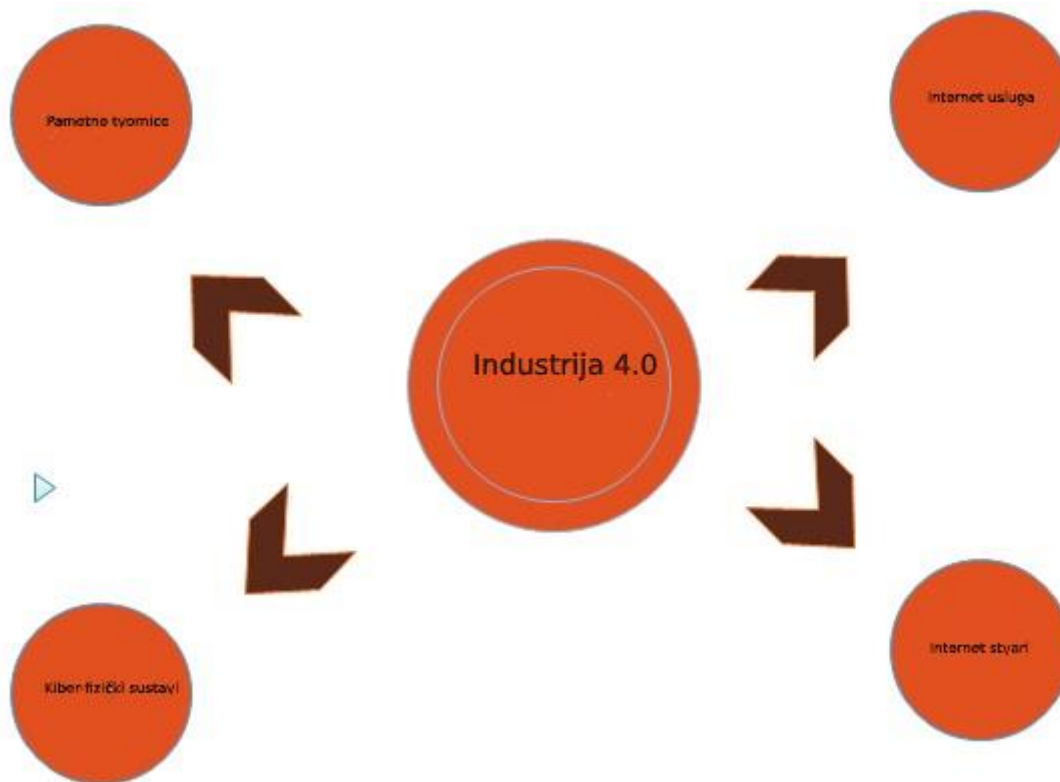
1. Uvod
2. Primjena tehnologije „Internet stvari“ u logistici
3. Analiza tržišta logistički usluga u Republici Hrvatskoj s aspekta tehnologija „Internet stvari“
4. Tehnologija „Internet stvari“- „Pametne palete“
5. Komparacija rješenja „Pametne palete“ u svijetu
6. Prednosti i nedostaci tehnologije „Pametne palete“
7. Zaključak

U prvom poglavlju je opisana IoT tehnologija i primjena IoT tehnologije u logistici. Težište drugog poglavlja je na analizi tržišta logističkih usluga s aspekta primjene IoT trećem poglavlju detaljno je opisana i objašnjena tehnologija „Pametne palete“. Primjeri primjene IoT tehnologije u svijetu, kao i usporedba IoT tehnologije, razvijene u svijetu, s tehnologijom SPIoT platforme opisana je u petom poglavlju. U šestom poglavlju su navedene i opisane prednosti a istovremeno i nedostaci primjene IoT tehnologije u logistici. U „Zaključku“ su iznesene spoznaje koje su stečene tijekom izrade diplomskog rada.

## 2. Primjena tehnologije „Internet stvari“ u logistici

Logistika je multidisciplinarna djelatnost koja za glavni cilj ima zadovoljavanje potreba krajnjih korisnika, a pritom se postavljeni cilj želi ostvariti uz minimalne troškove i na obostrano zadovoljstvo korisnika i logističkih operatera. Sve složeniji zahtjevi korisnika, kraći životni ciklus proizvoda, ali i progresivni razvoj ICT-a. mijenja percepciju logističkih operatera prema općeprihvaćenom i ustaljenom načinu poslovanja u distribucijskim sustavima, ali i opskrbnim lancima u cijelosti. U vremenima kada je 4. industrijska revolucija neizbježna i prijeko potrebna, mijenja se paradigma o važnosti pojedinog resursa odnosno primat u značaju zauzimaju informacije. Logistički operateri svjesni su činjenice da je nemoguće zadovoljiti potrebe korisnika bez fluidne, pravovremene i točne informacije tj. komunikacije između svih subjekata u opskrbnom lancu. Također, logistički operateri su svjesni i činjenice da im trenutni uvjeti i infrastruktura nisu dostatni za realizaciju njihovih ciljeva.

Industrija 4.0. jedna je od najbržih odnosno najprogresivnijih industrijskih revolucija u povijesti čovječanstva, te postoji jako puno razloga zašto je tome tako. Jedan od razloga se posebno ističe, a to je pojava i razvoj interneta općenito, ali i razvoj računala, softvera te aplikacija raznovrsnih namjena. Uspoređujući pokretače industrijskih revolucija u prošlosti, i „Industrije 4.0“, u kojoj se čovječanstvo trenutno nalazi, zaključuje se kako je intenzitet, ali i mogućnosti prilagodbe tih pokretača uvjetovala trajanje i snagu, te razmjere utjecaja industrijske revolucije na financijski, ekonomski i socijalni aspekt ljudskih života. Utjecaj „Industrije 4.0“ manifestira se kroz više sukcesivnih promjena, kao što su značajno umanjena potreba za radnom snagom, uzrokovana automatizacijom i decentralizacijom čega?, te promjenom ustaljene paradigme o načinu proizvodnje tj. načinu stvaranja dodane vrijednosti proizvoda. „Industrija 4.0. može se interpretirati kao promjena, odnosno odmak od dosadašnjeg načina stvaranja dodatne vrijednosti proizvoda, prema decentraliziranoj, autonomnoj proizvodnji dodane vrijednosti proizvoda. Modernizacija procesa kojima se stvara dodana vrijednost proizvoda postiže se primjenom inovativnih koncepata i tehnologija kao što su CPS(Cyber-Physical Systems), IoT(Internet stvari), IoS(Internet of Service) te pametne tvornice. Rezultati četvrte industrijske revolucije ponajprije su pametni proizvodni procesi, proizvodi i usluge.“ Struktura i elementi od kojih se sastoji industrija 4.0 prikazani su slikom 1.



**Slika 1.** Ključni elementi industrije 4.0

Izvor: Izradio autor

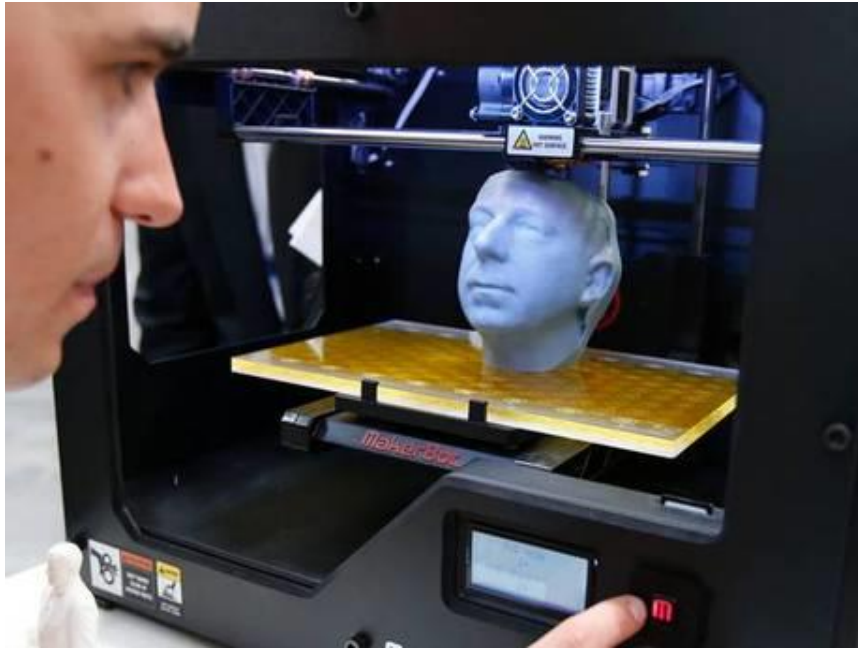
## 2.1. Tehnologije „Industrije 4.0“

Osnovni cilj industrije tj. pojedine grane industrije je zadovoljavanje potreba tržišta za određenim proizvodom. Industrijska proizvodnja je u direktnoj korelaciji sa potražnjom krajnjih korisnika. Usporedno s razvojem društva na svim razinama, povećanjem kupovne moći društva, razvojem državnih ekonomija i socijalnim napretkom društva, mijenjaju se želje, potrebe i navike krajnjih korisnika. Budući da je industrija po mnogočemu pokretač a ujedno i amortizer želja, potreba i navika društva, uz pomoć industrijskih revolucija i promjena u proizvodnji nastoje se prevladati tj. minimizirati razlike između kapaciteta proizvodnje i potreba krajnjih korisnika. Vraćajući se u prošlost, evidentno je kako se gotovo svaka strukturna promjena i otkriće novih izuma prvenstveno implementiralo u vojsku, a zatim u industriju, odnosno industrijsku proizvodnju. Valovi industrijskih revolucija zahvatili su i reformirali sve djelatnosti.

Prvom industrijskom revolucijom manualni rad tj. rad cehova olakšan je upotrebom resursa kao što su voda i para, naravno, preduvjet je bio otkriće parnog stroja. Otkriće prvog upotrebljivog parnog stroja dogodilo se u drugoj polovici 19. stoljeća. Primarno je bio

konstruiran za potrebe rudnika ugljena, kako bi se pomoću njega izbacivala voda koja se prelijevala u rudnike ugljena i na taj način otežavala posao rudarima. Ljudi su s vremenom uvidjeli sve prednosti parnog stroja, što je rezultiralo uvođenjem parnog stroja u industriju odnosno proizvodnju. Utjecaji i razdoblje koje se naziva druga industrijska revolucija potaknula je promjene čiji su se utjecaji manifestirali u svim djelatnostima odnosno sferama ljudskog života. Otkrićem električne energije tj. Teslinim generatorom izmjenične struje, koji je omogućavao prijenos električne energije na velike udaljenosti, sve se promijenilo. Međutim, valja napomenuti kako je druga industrijska revolucija, prije nego je ušla u fazu ekspanzije i proširila se svijetom poput virusa ili kakve zarazne bolesti, temeljila se na otkriću nafte, odnosno rafiniranih izvora energije poput benzina i drugi oblika fosilnih goriva proizašlih iz nafte. Prethodno spomenuto razdoblje druge industrijske revolucije smatra se razdobljem najsnažnijeg, najprogresivnijeg razvoja u povijesti čovječanstva. Prije nego li se potkrijepi teza „Četvrti industrijska revolucija je najsnažnija i najbrže rastuća industrijska revolucija ikad“, nužno je spomenuti i nezaobilaznu treću industrijsku revoluciju, koja je također, ali u nešto manjem opsegu utjecala i izgradila svijet kakav danas poznajemo. Iako se razdoblje treće industrijske revolucije približava svom kraju, važno je napomenuti kako je zapravo tijekom i zbog izuma u razdoblju treće industrijske revolucije svijet postao „globalno selo“. Otkrićima kao što su proizvodne linije koje omogućavaju masovnu proizvodnju, pa sve do otkrića tranzistora tj. nano čipova i sveopće digitalizacije društva, proizvodi i usluge iz svih dijelova svijeta dostupni su gotovo svima. Izum koji uvelike mijenja i logistiku kao jednu od najbrže rastućih multidisciplinarnih industrija je svakako izum 3D printera. Riječ je dakako o tehnologiji koja umanjuje značaj i ulogu transporta roba u ovom obliku kakvog danas poznajemo. „Proizvod se sada dizajnira na računalu i 'ispisuje' na 3D printeru, koji niže slojeve materijala i tako stvara čvrste objekte – od čekića do visokotehnoloških dijelova vojnih zrakoplova. S vremenom, takvi uređaji moći će proizvoditi sve – od garaža do sela u Africi.“[2]

Slikom 2. prikazan je 3D printer korišten za izradu modela ljudskog lica.



**Slika 2.** Izrada modela ljudskog lica uz pomoć 3D printera

Izvor: <https://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/features/3d-printing-for-dummies-how-do-3d-printers-work-8668937.html>

Bez obzira promatrala li se svijet globalno ili lokalno tj. bez obzira na to promatra li se svijet s mikroskopske, mezoskopske ili makroskopske razine, učinci koje uzrokuje razvoj inovativnih tehnologija koje čine okosnicu četvrte industrijske revolucije vidljivi su praktički na svakom koraku. Osnovni koncept na kojem počiva četvrta industrijska revolucija je umrežavanje ljudi, strojeva i raznoraznih gadgeta te senzora, tvoreći tako jednu cjelovitu simbiozu između ljudi kao živog faktora, strojeva i uređaja kao sredstava za proizvodnju i stvaranje dodane vrijednosti proizvoda i usluga i računalne elektroničke opreme tj. računala u svim svojim formama i oblicima. „Pojam „Industrija 4.0“ prvi puta se spominje 2011. godine na jednom institutu u Njemačkoj, smatra se da su za evoluciju u kojoj se svijet trenutno nalazi zaslužni upravo Nijemci. Izraz „Industrija 4.0.“ zapravo predstavlja revoluciju koja sjedinjuje skup tehnologija i koncepata vezanih za reorganizaciju lanca opskrbe. up tehnologija i koncepata vezanih za reorganizaciju lanca opskrbe.

Dakle, vizija „Industrije 4.0“ temelji se na komunikaciji u stvarnom vremenu, simultanom nadziranju i upravljanju fizičkim objektima odnosno sustavima. Sustavi komuniciraju i surađuju jedni s drugima, ali također i s ljudima a sve kako bi se omogućila decentralizacija u donošenju odluka na svim razinama menadžmenta u kompanijama. „Novonastala“ industrija stavlja fokus na povezivanje i razvoj novih procesa, proizvoda i

usluga. U literaturi je moguće pronaći različite nazive za pojam „Industrija 4.0“, npr. pametna industrija, pametne tvornice, industrija budućnosti, digitalna industrija itd.“ [3]

„Kamen temeljac“, 4. industrijske revolucije počiva na sljedeća četiri ključna elementa, a to su:

1. Kiber-fizički sustav (CPS)
2. Internet stvari (IoT)
3. Internet usluga (IOS)
4. Pametne tvornice, [4]

#### 2.1.1. CPS(Kiber-fizički sustav)

Kombinacijom tj. sinergijom znanja iz područja kibernetike i mehatronike nastaju kiber-fizički sustavi. Razvoj navedenih sustava još uvijek je u povojima i s vrlo niskim stupnjem praktične primjene. Međutim, kiber-fizički sustavi predstavljaju okosnicu industrijske revolucije. Jedan od najvažnijih razloga je, omogućiti komunikaciju između uređaja ali uz posve drugačiji pristup. Kiber-fizičkim sustavima se nastoji olakšati, pojeftiniti, ubrzati i povećati kvaliteta proizvodnih procesa, ali i cjelokupnih distribucijskih sustava. Proizvodnim procesima se stvara proizvod, od sirovina i repromaterijala kroz proizvodne procese nastaju materijali, poluproizvodi i gotovi proizvodi. Dobavljači sirovina i proizvođači su sastavni dio gotovo svakog distribucijskog sustava. Proizvodni proces distribucijskih sustava su tokovi materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda koje su proizveli drugi subjekti u distribucijskom sustavu. Rezultat tih proizvodnih procesa u distribucijskim sustavima je opet proizvod ili usluga koji su stigli do svojeg konačnog odredišta, tj. krajnjih korisnika. Ključ kiber-fizičkih sustava je omogućiti da se svi ovi procesi odvijaju brže, s manje troškova i s većom razinom kvalitete, ali uz pomoć komunikacije između uređaja koja bi se bazirala na računalnoj inteligenciji.

Kiber-fizički sustavi će se upotrebljavati u proizvodnji, medicini, razminiranju i spašavanju ljudi koji se nalaze na nepristupačnim terenima i još mnogo toga što za sad nije moguće čovjeku. „Kiber-fizički sustavi, potpuno autonomno, između sebe razmjenjuju informacije, na temelju kojih izvršavaju određene akcije i kontroliraju jedni druge. CPS sustave čine senzori, softver i komunikacijski elementi, kao i aktuatori za nadgledanje i djelovanje u realnom vremenu i s realnim objektima. CPS sustavi imaju dvije paralelne mreže, mreža za

kontrolu i povezivanje komponenti infrastrukture i kibernetičku mrežu inteligentnih kontrolera i komunikacijskih veza, koje zajedno čine zaokruženu cjelinu. Osnovni koncept CPS sustava sastoji se od višestrukih senzora, pokretača, jedinica za obradu i kontrolu te uređaja koji omogućavaju komunikaciju između svih elemenata.“[5]

### 2.1.2. Internet stvari“ (IoT)

„Izraz "Internet stvari" (IoT), prvi put upotrijebio je 1999. Kevin Ashton, britanski pionir tehnologije koji je osnovao Auto-ID centar u Massachusetts Institute of Technology( u daljnjem tekstu MIT), koji se nalazi sve više u fokusu javnosti. Kevin Ashton otvara IoT Week 2013 s unaprijed snimljenom video porukom, Ashton je inzistirao na paradigmi kako je IoT tehnologija prisutna u sadašnjosti; te da to nije tehnologija budućnosti već sadašnjosti. Između ostalog, na konferenciji se raspravljalo o tezi odnosno istraživanjima koja pokazuju kako će do 2020. godine biti preko 50 milijardi uređaja povezanih putem interneta. „[6]

Pojam „Internet stvari „sve je prisutniji u literaturi ali i praksi, riječ je dakako o novom pristupu u poslovanju kompanija u distribucijskim sustavima tj. opskrbnim lancima. Inovativne tehnologije, procedure i pravila koja se „kriju“ iza pojma IoT posljedično su uzrokovala i/ili uzrokuju industrijsku revoluciju četvrte generacije, te se upravo IoT tehnologija smatra glavnim pokretačem razvoja industrije četvrte generacije. Važno je spomenuti da se primjenom IoT tehnologije, u distribucijskim sustavima i opskrbnim lancima, stvaraju paralelni distribucijski sustavi i opskrbni lanci, koji funkcioniraju simultano i u realnom vremenu.

Glavni entitet tih paralelnih sustava nije roba u fizičkom smislu, već informacije o robi koja se nalazi u distribucijskim sustavima, njezinim tokovima i sl. Spektar prednosti koje primjena IoT tehnologije pruža svojim korisnicima još nije do kraja poznat, ali istraživanja pokazuju kako će primjena IoT tehnologije u distribucijskim sustavima omogućiti menadžmentu kompanija da brže, jasnije i preciznije donesu odluke koje će značajno utjecati ali i poboljšati njihovo poslovanje i osigurati im zadržavanje ili postizanje konkurentnosti na tržištu logističkih usluga.

IoT tehnologija, dakle omogućava povezivanje virtualnog i fizičkog svijeta, to jest koristi informacije kao entitet koji povezuje ta dva svijeta u jednu integriranu cjelinu. Npr. za svaku paletu, koja se nalazi u nekom od skladišta, u distribucijskom sustavu ili se transportnim sredstvima prevozi na novu lokaciju, kompanija koja je vlasnik paleta će u svakom trenutku znati na kojoj lokaciji se paleta zaista nalazi, u kojim uvjetima i sl. Mogućnost nadzora procesa odnosno promjene prostorne i vremenske komponente paleta, biti će zabilježena u sustavu i



dostupna osobama koje su vlasnici robe na paletama, osobama zaduženima za transport, pravnoj službi i sl. To će dakako omogućiti kompanijama i njezinim zaposlenicima da pravovremeno reaguju i spriječe nepotrebne troškove i zastoje u distribucijskim sustavima.

„Usporedno sa razvojem 5G mreže te njezinim širenjem, eksponencijalno će se povećavati broj uređaja, strojeva i inih sustava koji će imati pristup internetu, te će biti u mogućnosti potpuno autonomno i obrađivati i slati informacije između sebe. Na osnovu tih informacija, kompanije će moći i “pametnije“ planirati proizvodnju koja je u skladu sa potražnjom u stvarnom vremenu. Problemi koji se manifestiraju u stvarnom vremenu, u proizvodnji, transportu, skladištenju ili pak problemi koje imaju korisnici njihovih usluga moći će se brže, lakše i jednostavnije riješiti na obostrano zadovoljstvo korisnika i same kompanije.

Također, kompanije imaju velikih problema sa zadovoljavanjem potreba odnosno navika i želja korisnika njihovih proizvoda i usluga, promjene navika i želja korisnika danas se mijenjaju brže nego prije 10-20 godina. Budući da su današnja proizvodnja odnosno proizvodi i sluge fokusirani isključivo na korisnike odnosno potrošače, mogućnost pravovremene reakcije na promjenu u potražnji uz pomoć IoT tehnologije, uvelike olakšava i smanjuje kompleksnost i troškove budućih procesa“. Jedan od glavnih postulata logistike općenito glasi ovako “[7] Ponuda mora zadovoljiti potražnju i prije nego što je potražnja u potpunosti poznata“. Također, osnovni cilj logistike odnosno distribucijskih sustava je dostaviti robu na pravo mjesto, u pravo vrijeme, uz niske troškove i na obostrano zadovoljstvo svih subjekata.

### 2.1.3. „Internet usluga“ (IoS)

Inovativne tehnologije, u središte pozornosti dolaze uglavnom kroz ratove, ekonomske, socijalne i ino krize, te se koriste kao rješenje problema koji imaju strateški značaj za ekonomiju i društvo. Tehnologija „interneta stvari“ u fokus dolazi u vrijeme trenutne pandemije COVIDA-19, tehnologija „interneta stvari“ omogućuje stvaranje dodane vrijednosti proizvoda uz pomoć interneta. Pod tehnologijom „interneta stvari“ podrazumijeva se ukratko sve za čije se korištenje koristi internet, to uključuje sve aplikacije, softvere, baze podataka i tehnologiju koja omogućava komunikaciju putem interneta. „Razvoj tehnologija, povećanje razine životnog standarda, globalizacija i ino, simultano odvijani procesi, preoblikovali su današnji svijet i društvo u „društvo usluga“.

Budući da je potražnja kontinuirano u porastu, kao rješenje problema svijetu je predstavljena inovativna tehnologija „interneta stvari“ i „interneta usluga“, čime su najavljene

promjena proizvodnje, načina poslovanja kompanija odnosno najavljena je industrijska revolucija četvrte generacije. Tehnologijom „interneta stvari“, korisnicima se žele omogućiti usluge koje su lako dostupne putem interneta. Navedena tehnologija omogućuje tvrtkama i privatnim korisnicima kombiniranje, stvaranje i isporuku novih usluga s dodanom vrijednosti. Sagledavajući sve prednosti tehnologije „interneta stvari“, može se zaključiti kako će udjeli na IT tržištu i udjeli na tržištu internet davatelja usluga i baza podataka imati presudnu ulogu u ostvarivanju primata u budućim industrijama.“[8]

#### 2.1.4. “Pametne tvornice“

Globalizacija i liberalizacija tržišta, odnosno nacionalnih gospodarstava, uzrokuju tranziciju nacionalnih gospodarstava u jedinstveno globalno gospodarstvo. Liberalizacija tržišta omogućila je stranim kompanijama da prošire svoje tržište, povećavajući time obujam njihove proizvodnje, rast troškova ali i dobiti koje su kompanije ostvarivale na stranim tržištima. Povećana potražnja, porast troškova proizvodnje po proizvodu i destabilizirajuća situacija između potražnje i ponude rezultirali su potrebom za fleksibilnijom, jeftinijom i kvalitetnijom proizvodnjom.

Međutim, dosadašnji proizvodni procesi nalaze se na rubu svojih proizvodnih kapaciteta, te nisu u mogućnosti zadovoljiti ekspanziju potražnje kvantitativno niti kvalitativno. Iz tog razloga, države koje imaju snažniju i razvijeniju industriju iniciraju neizbježnu promjenu u načinu proizvodnje i poslovanju kompanija. Stoga se u literaturi može pronaći teza kojom se napominje kako je upravo razvoj “ pametnih tvornica“ glavni pokretač 4. industrijske revolucije. Kombinacija kibernetički-fizičkih sustava, tehnologije interneta stvari i interneta usluga je ono od čega se sastoje tzv. “pametne tvornice“. Međutim, transformacija s klasičnog načina proizvodnje na autonomnu proizvodnju nije nimalo lagan zadatak..

#### 2.2. Tehnologija „interneta stvari“

Pojam IoT („Internet of Things“) odnosno „Internet stvari“ prvi puta spominje se 80-ih i 90-ih godina prošloga stoljeća, kao tehnologija koja će biti „glavni“ pokretač 4. industrijske industrije tj. „Industrije 4.0.“. Britanski tehnološki pionir, Kevin Ashton, prvi je znanstvenik koji je jasno i koncizno definirao pojam IoT tehnologije ovim riječima:“ Gotovo svako područje, stroj ,uređaj ili softver, koji imaju pristup internetu i međusobno su povezani jedni s drugima, u stvarnom vremenu i na daljinu predstavljaju tj. kao takvi oni su primjer IoT tehnologije.“[9]. Međutim, postavlja se pitanje „Zašto je IoT tehnologija doživjela svoj

„procvat“ tek danas tj. početkom drugog desetljeća, u 21. stoljeću?“. Postoji više utemeljenih razloga koji daju odgovore na ovo složeno pitanje. Glavni razlog „zakašnjele“ reakcije industrije i društva, u slučaju razvoja i implementacije IoT tehnologije u proizvodnju, poslovanje kompanija ali i svakodnevne aktivnosti društva, manifestira se kroz nisku razinu razvijenosti tehnologija npr. mikročipova, računala, tehnologija za prijenosa podataka i informacija putem interneta i sl. Budući da navedene tehnologije nisu bile u dovoljnoj mjeri razvijene ili uopće nisu bile dostupne odnosno neke od njih još nisu niti postojale, IoT tehnologija je ostala vizija bez praktične primjene sve do danas. Međutim, situacija se promijenila, progresivan razvoj i napredak IT sektora i njegove tehnologije uzrokuje promjene i unaprjeđuje industrijsku proizvodnju u gotovo svim industrijskim granama. Dakle, IoT tehnologija omogućuje komunikaciju između kiber-fizički sustava, uređaja, aplikacija putem internetskog pristupa, svi elementi imaju mogućnost gotovo autonomno prikupljati, razmjenjivati, obraditi i izvršavati zadatke i na temelju tih informacija donositi odluke. Na taj način, IoT tehnologija, u stvarnom vremenu i iz daljine, može donositi odluke na svim razinama menadžmenta, a pritom procese/proizvodnju, poslovanje kompanija učiniti efikasnijim, jeftinijim i kvalitetnijim.

Budući da u literaturi ali i na internetu vidljiv određeni stupanj konfuzije između pojmova IoE („*Internet of Everything*“) i IoT (*Internet of Things*) tehnologija, potrebno je na jednostavan i egzaktn način objasniti temeljne razlike između navedenih tehnologija tj. njihovih koncepata. Osnovni koncept IoE jest omogućiti i implementirati odnosno ostvariti komunikaciju između svega bez obzira na fizičke i/ili psihičke karakteristike elemenata odnosno subjekta buduće komunikacije. Također IoE se osim komunikacije, bazira na viziji umjetne inteligencije svega. U fokusu IoT tehnologije „nalaze“ se isključivo objekti tj. aplikacije, uređaji, strojevi i mogućnost autonomnog donošenja odluka i provođenje akcija na temelju informacija, u stvarnom vremenu. U konačnici, IoT je jedna od grana IoE, jer je usmjerena isključivo na komunikaciju između „objekata“, dok se fokus IoE manifestira u viziji umjetne inteligencije i komunikacije između ljudi, strojeva i/ili uređaja. „Ključna razlika između „Interneta stvari“ i „Interneta svega“ definira se sljedećim razlikama:

- Fokus IoT je na povezivanju fizičkih objekata
- IoE obuhvaća sve četiri komponente( ljude, objekte, podatke i procese) [10]

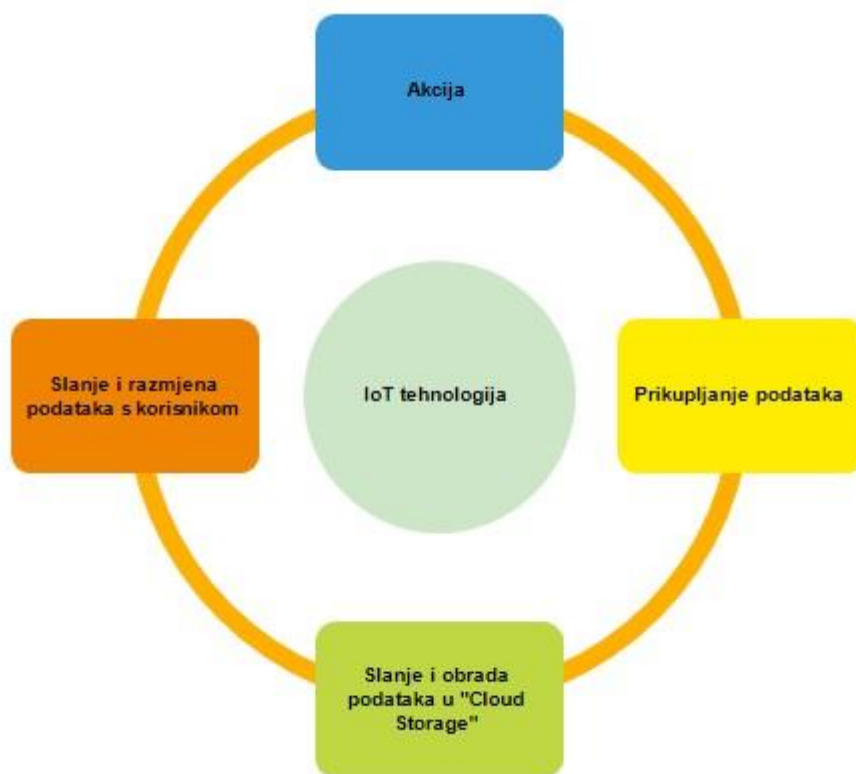
Za implementaciju IoT tehnologije, nužno je osigurati tj. omogućiti komunikaciju između uređaja, aplikacija i ljudi, te tehnologija „interneta stvari“ upotrebljava sljedeće tri vrste komunikacije:

- razmjena informacija između strojeva i uređaja (M2M)
- razmjena informacija između strojeva/uređaja i ljudi (M2P)
- razmjena informacija između ljudi (P2P)

Za tehnologiju „interneta stvari“ najznačajnija je M2M komunikacija, budući da je tehnologija interneta stvari, kako je i ranije navedeno, usmjerena na komunikaciju između fizičkih objekata tj. uređaja, strojeva itd. „Sustavi M2M su sustavi sastavljeni od računala, pametnih senzora, pokretnih uređaja i popratnih tehnologija koje omogućavaju bežičnu ili žičanu komunikaciju među strojevima bez ili uz minimalnu intervenciju čovjeka.“[11]. Razvoj tehnologije i implementacija inovativnih tehnologija u proizvodnju, omogućili su da M2M tehnologija bude manjih dimenzija, lakša i jeftinija, što će u konačnici uzrokovati ekstreman porast u eksploataciji iste. Međutim, funkcionalni M2M sustav zahtijeva pristup internetu, ali i IP(Internet Protocol) za svaki uređaju pojedinačno. Trenutni Ipv4 (Internet Protocol version 4) protokol nema dovoljan kapacitet tj. nema dovoljan broj jedinstvenih IP adresa koje bi onda dodijelio svim uređajima u M2M sustavima.

Koncept IoT tehnologije je povezati fizički i virtualni svijet u jedinstvenu i konzistentnu cjelinu, a pod tim se podrazumijeva da svaki uređaj, stroj ili aplikacija imaju jedinstvenu oznaku odnosno IP adresu s kojom će pristupiti internetu. Apstraktno rečeno, IP adresa predstavlja vezu između uređaju u fizičkom obliku i njegove „kopije“ u virtualnom svijetu. IoT sustavi rade na sljedeći način, senzori koji su integrirani u uređaj i/ili se nalaze na njemu prikupljaju podatke ovisno o njihovoj namjeni (podaci o lokaciji, temperaturi, stupnju vlage i sl.) Podatke koje su senzori prikupili šalju se putem interneta, bluetootha, NFC-a i sl. u tzv. „Cloud oblak“ a riječ je o platformi na koju se pohranjuju prikupljeni podaci. Podatke koje su senzori prikupili, softverom se analiziraju i potom šalju korisniku kao obavijest i/ili upozorenje o promjeni izlaznih vrijednosti u odnosu na ulazne vrijednosti koje je korisnik postavio kao zadane. Korisnik zatim prima informacije na svoje računalo, tablet ili smartphone, automatski ili prilikom prijave u sustav, te sustavu šalje povratnu informaciju koja se istim postupkom vraća do uređaja na kojem su primijećene promjene. Na temelju dobivenih informacija odnosno instrukcija, uređaj postavlja vrijednosti koje su u skladu sa zahtjevima korisnika. Slikom 3.

prikazane su faze odnosno princip rada IoT tehnologije, a riječ je o kružnom procesu koji se neprestano ponavlja, broj ponavljanja ovisi o potrebama/ preferencijama korisnika.



**Slika 3.** Princip rada IoT tehnologije

Izvor: Izradio autor

### 2.3. Sinergija tehnologije IoT i logistike

„Gdje postoji potreba, postoji i ponuda koja tu potrebu mora zadovoljiti“, u prošlosti su se potrebe za prirodnim bogatstvima, rudama, moći itd. zadovoljavale ratovanjem odnosno osvajanjem teritorija drugi zemalja. Međutim, prilikom ratnih sukoba, na teritoriju druge zemlje, bilo je potrebno dopremiti ljudstvo, konje, opremu, hranu i ostale potrepštine do mjesta sukoba odnosno bojišta. S obzirom da su matična zemlja osvajača i zemlja koju žele osvojiti, u većini slučajeva geografski udaljene jedna od druge, bilo je potrebno savladati prostorno-vremensku komponentu između dvije ili više zaraćenih zemalja. Uzimajući u obzir ovu konstataciju, može se zaključiti kako logistika kao industrija odnosno praktična djelatnost postoji od pamtivijeka, unatoč tomu što nije „nosila“ taj naziv.

Dakle, logistika svoje korijenje pušta već nekoliko tisućljeća i primarno se njezini počeci vežu uz vojsku. Međutim, danas se logistika zbog svoje uspješnosti odnosno efikasnosti i efektivnosti primjenjuje u gotovo svim sferama gospodarstva ali i u svakodnevnom životu pojedinaca. Zašto je logistika toliko uspješna tj. koji je njezin primarni cilj koji se niti nakon nekoliko tisućljeća nije promijenio? Odgovor je jednostavan, primarni cilj logistike je zadovoljiti potražnju u pravo vrijeme, na pravom mjestu, uz što veću kvalitetu usluge uz minimalne troškove. „U posljednjih nekoliko godina, globalizacija ali i postepena liberalizacija tržišta rapidno je povećala logističke tokove između kompanija i država, povećanjem tokova po obujmu i količini dolazi do potrebe za novim subjektima zbog kojih se razina kompleksnosti opskrbnog lanca povećava. Danas se kompanije, u opskrbnim lancima, nalaze pred konstantnim izazovima, radi kojih su kompanije prisiljene uvoditi odnosno mijenjati načine proizvodnje, poslovanja itd. Neki od izazova s kojima se suočavaju kompanije u logističkoj industriji su:

- porast međunarodne konkurencije
- povećanjem tržišta povećava se i ukupna potražnja
- kontinuirana volatilitnost tržišta
- personalizacija proizvoda
- kraći životni ciklus proizvoda
- korištenje outsourcinga[10]

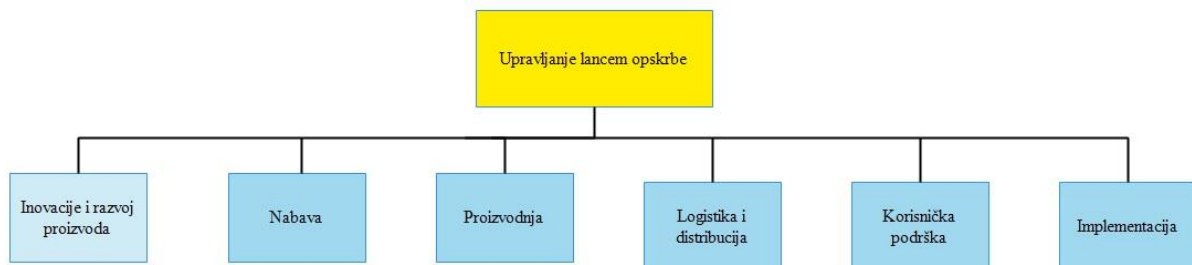
Kako bi logistička industrija, uspješno realizirala i prevladala izazove koji se pred njom nalaze, nužna je modernizacija odnosno rekonstrukcija i evolucija svih kompanija u opskrbnim lancima kao i njihova promjena u načinu poslovanja. Upravo iz tih razloga može se zaključiti kako logistika ima, to jest čini značajni segment u okvirima industrije 4.0. Međutim, važno je naglasiti kako je ishod 4. industrijske revolucije u direktnoj korelaciji s Logistikom 4.0., Industrija 4.0. temelji se na potpunom novom konceptu proizvodnje, organizacije, planiranja i poslovanja kompanija. Razvoj tehnologije odnosno progresivan tehnološki napredak, te simultano povećanje kompleksnosti zahtjeva korisnika logističkih usluga dovode do stvaranja potrebe odnosno vizije koja pak uključuje implementaciju inovativnih tehnologija i funkcionalnu adaptaciju logističke industrije u jednu sinergijski kompletnu cjelinu. „Nova tehnološka otkrića poput interneta stvari, „Big Data“ stvarajući mogućnosti ne samo za industriju, već i za razvoj logistike i upravljanja lancima opskrbe. Budući da logistika odnosno

logistička industrija zadovoljava potrebe industrije, ona izravno podupire industrijski razvoj tj. industrijska evolucija. Kako su Industrija 4.0. i Logistika 4.0. direktno povezane, usporedno s evolucijom industrije logistika evoluirala u tzv. „Pametnu logistiku“.

Do sad razvijena tehnologija senzora, koji imaju mogućnost prenijeti podatke u stvarnom vremenu, o stanju objekata, promjenama lokacije, temperature i dr. predstavlja inovativnu tehnologiju tj. inovativna rješenja kojima se optimiziraju logistički procesi. Implementacijom senzora u opskrben lance, logistički procesi u tim opskrbnim lancima postaju fleksibilniji, mjerljiviji i inteligentniji, otuda i dolazi naziv „ pametna logistika“. „Pametna logistika“ je u stanju povećati „logističku“ vidljivost i ovladati cjelokupnim lancem opskrbe. Pojednostavljeno rečeno, „ pametna logistika“ omogućava da tokovi sirovina, materijala, poluproizvoda, gotovih proizvoda i informacija budu vidljivi kroz cijeli opskrbni lanac koristeći pritom resurse koji pokreću taj opskrbni lanac, a to su proizvodi, ljudi i vozila u lancu. Sinergijom logističke industrije i inovativnih tehnologija kao što su „Internet stvari“ i „Internet usluga“ moguće je nadzirati odnosno kontrolirati i reagirati na promjene zahtjeva globalnih opskrbnih lanaca, trenutni raspored voznog parka itd. kako bi opskrbni lanci, kao svoj proizvod, krajnjim korisnicima ponudili ekonomičnu, sigurnu, pouzdanu i pravovremenu uslugu, bilo gdje i bilo kada. [12]

Važno je napomenuti da, iako je logistika ključna za zadovoljavanje zahtjeva korisnika, uvođenjem, te primjenom tehnologije „interneta stvari „dolazi do promjena kojima su zahvaćeni opskrbni lanci u cijelosti, ali i područje SCM (Supply Chain Managementa). Logistika tj. logistička industrija je u direktnoj korelaciji s SCM-om, štoviše logistička industrija predstavlja jedan od ključnih elemenata kod upravljanja lancima opskrbe. Budući da su logistika i SCM menadžment snažno isprepleteni i neraskidivo povezani, često dolazi do konfuzije između dva pojma. Ako bi SCM definirao kao sustav, tada bi logistika činila podsustav SCM-a, primarni cilj SCM-a je realizacija svih tokova u opskrbnim lancima. Međutim, SCM ima za cilj nadzirati, upravljati, kontrolirati i donositi odluke, na razini cijelog opskrbnog lanca, a u svrhu realizacije procesa iz kojeg se sirovine „pretvaraju“ u gotove proizvode i koji dolaze do krajnjih korisnika. Pojednostavljeno rečeno uloga SCM-a je da sirovine postanu gotovi proizvodi ili poluproizvodi koji će imati odnosno predstavljati tj. postići neku vrijednost za krajnjeg korisnika. Drugim riječima, jedna od uloga SCM-a je da se zadovolji potražnja tj. da se proizvod i/ili usluga proda krajnjem korisniku . Logistikom odnosno logističkim načinom razmišljanja ("I know how“) te logističkim procesima nastoji se organizirati, planirati i izvršiti odnosno realizirati ciljeve SCM-a. Npr. Zamislimo li da su SCM

i logistika dijelovi jedne kompanije, koja u svojem portfoliju ima niz kompanija iz srodnih i međusobno zavisnih djelatnosti, SCM bi predstavljao menadžment te kompanije tj. rukovodstvo koje donosi strateške odluke, a logistika bi predstavljala operativu tj. podsustav koji svojim djelovanjem provodi odluke donesene na strateškoj razini. Međutim, ako se pogleda dublje u strukturu svake kompanije pojedinačno, može se zaključiti kako svaka kompanija ima svoj vlastiti dio SCM-a tj. vlastiti menadžment i operativu koja odluke menadžmenta izvršava tj. realizira. Jedan primjer egzaktno definicije logistike i SCM-a je: „Prodaja, rukovanje materijalima, logistika, zalihe i upravljanje lancima opskrbe nastavili su se razvijati, zbog čega su se mnoga od ovih funkcionalnih područja počela presijecati, samim time razlike između ovih pojmova polako su počele nestajati. SCM, kako su objasnili profesori sa sveučilišta u Michiganu, Donald Bowersox, David Closs i M. Bixby, podrazumijeva suradnju između kompanija, povezujući dobavljače, proizvođače, distributere i krajnje korisnike u jednu sinergijski povezanu cjelinu. Na taj način ostvaruje se i povećava učinkovitost i stvara se vrijednost za krajnjeg potrošača. Pojednostavljeno, fokus SCM-a je na donošenju strateških odluka kojima se stvara vrijednost za krajnjeg korisnika, dok se logistika „koristi“ kao sredstvo za operativno provođenje tih odluka. „[13] Slikom 4. prikazana je struktura SCM-a i položaj logistike kao jedne od njegovih ključnih komponenata



**Slika 4.** Struktura SCM-a

Izvor: <https://www.michiganstateuniversityonline.com/resources/supply-chain/is-logistics-the-same-as-supply-chain-management/>

Osnovni cilj tj. ciljevi logistike jest kako i na koji način zadovoljiti potražnju uz postojeću ponudu odnosno kako uskladiti ponudu i potražnju da bi se ispunili ključni ciljevi odnosno primarna svrha opskrbnih lanaca. U osnovi logistika predstavlja djelatnost koja se bavi modeliranjem različitih sustava (nabave, proizvodnje, skladištenja, prodaje, distribucije itd.), planiranjem, prognoziranjem, kontrolom i upravljanjem tokovima odnosno entitetima koji se nalaze u lancu opskrbe. Postavljeni koncept logistike ostvaruje se kada roba i/ili usluga bude



isporučena krajnjem korisniku, u pravo vrijeme, na pravom mjestu uz zadovoljavajuću razinu kvalitete i minimalne troškove. „Cilj logistike je osigurati da kupac dobije željeni proizvod u pravo vrijeme i na pravom mjestu uz odgovarajuću kvalitetu i cijenu. S obzirom na navedeno logistiku je moguće podijeliti na ulaznu i izlaznu logistiku. Ulazna logistika obuhvaća aktivnosti vezane uz nabavu sirovina, materijala, alokacije, skladištenja i transporta. Izlazna logistika obuhvaća aktivnosti vezane uz prikupljanje, održavanje i distribuciju prema korisniku tj. kupcu. Ostale aktivnosti kao što su pakiranje, upravljanje zalihama, prognoziranje potražnje, uspostavljanje, kontrola i održavanje ravnoteže između ponude i potražnje, također su segmenti logistike. Ključne razlike između logistike i upravljanja lancem opskrbe jesu sljedeće:

- Upravljanjem lancem opskrbe povezuju se „glavni“ poslovni procesi u opskrbnom lancu, ali i pojedinačno u svakoj kompaniji koja je sudionik toga lanca opskrbe, stvarajući tako poslovnu mrežu tj. poslovni model visokih performansi koje donose konkurentsku prednost.
- Logistika se primarno odnosi na alokaciju resursa, njihovo skladištenje i protok robe, usluga i informacija unutar i izvan kompanija.
- Lanac opskrbe je fokusiran na ostvarivanje konkurentnosti, dok je logistika fokusirana tj. usmjerena na ispunjavanje zahtjeva krajnjih korisnika.
- Logistika je jedna od temeljnih aktivnosti lanca opskrbe.[14]

#### 2.4. Primjena tehnologije „interneta stvari“ u logistici

Eksplozivni porast kompleksnosti zahtjeva korisnika uzrokuje neizbježnu promjenu u poslovanju logističkih kompanija, promjene se manifestiraju tj. zahvaćaju cjelokupan lanac opskrbe ali i svakog pojedinačnog pravnog subjekta ponaosob. Menadžment kompanija „prolazi“ kroz neizbježnu evolucijsku preobrazbu na svim razinama tj. na strateškoj, taktičkoj i operativnoj razini. „Vrijeme kada je bilo dovoljno samo premještati robu od točke A do točke B prošlo je odavno. Zbog velike konkurencije i višestrukih izazova, glavni fokus stavlja se na kupce odnosno zadovoljavanje njihovih potreba i očekivanja.

Budući da logistika kao djelatnost tj. industrija prolazi kroz četvrto evolucijsko razdoblje, neki od najvažnijih ciljeva logističkih kompanija su osigurati pravovremenu isporuku, vidljivost lanca opskrbe, produljenje i transparentnost životnog ciklusa proizvoda i kvalitete usluge. Uspjeh logističkih kompanija leži u učinkovitom upravljanju zalihama i

skladištenju, automatizaciji internih poslovnih procesa, pravovremenoj isporuci te sigurnom skladištenju robe kao i o njezinoj kvaliteti.

Koncept 7R predstavlja teorijsku shemu odnosno plan i ciljeve koje logistička kompanija želi ostvariti. Uspješnom realizacijom odnosno uspješnim ostvarivanjem navedenih ciljeva logističke kompanije ustvari optimiziraju vlastito poslovanje tj. procese čime je ispunjena temeljna zadaća logistike. Temeljna zadaća logistike je optimizacija procesa, tokova robe, informacija i sl. radi postizanja strateških ciljeva kompanija. Strateški ciljevi kompanija s logističkog stajališta u velikom broju slučajeva su minimalizacija troškova poslovanja uz istovremeno povećanje efikasnosti i efektivnosti poslovanja kompanija uz odgovarajuću kvalitetu usluga. Budući da je fokus kompanija usmjeren isključivo na korisnike logističkih usluga tj. njihove potrebe i očekivanja, koncept 7R je slijedni proces kojim se zadovoljavaju potrebe i očekivanja korisnika logističkih usluga.

Cilj tzv. 7R logističkog koncepta je postizanje načela koja uključuju premještanje pravog proizvoda-u pravoj količini i stanju, u pravo vrijeme i po pravoj cijeni- na pravo mjesto i do pravog kupca. Kako je zadatak složen, sve je veća potreba za primjenom inovativnih rješenja za postizanje postavljenih ciljeva. Povezivanjem stvari, uređaja, strojeva i dr. putem interneta, događa se evolucija tj. revolucija logističke industrije kakvu danas poznajemo. IoT tehnologija sa sobom donosi, kako je već ranije navedeno, niz prednosti i mogućnosti, rješenja koja su utemeljena na IoT-u nailaze na pozitivne reakcije što rezultira njihovom implementacijom odnosno primjenom u logističkoj industriji. Praćenje lanca opskrbe, praćenje vozila, upravljanje zalihama, siguran transport i automatizacija procesa ključni su za IoT aplikacije i glavne su komponente povezanih logističkih sustava.“[15] „ Za optimizaciju logistike u kompanijama potrebno je raditi na logistici 7R, a svaki od navedenih ciljeva dio je većeg cilja i kao takav, svaki cilj predstavlja ključni element koji će kompaniju učiniti efikasnijom. Optimizaciju logistike tj. poslovanja i logističkih procesa kompanije postiže se ostvarivanjem sljedećih ciljeva:

1. Pravi proizvod
2. Prava količina
3. Pravi uvjeti

- 4 .Pravo mjesto
5. Pravo vrijeme
6. Pravi kupac
7. Prava cijena

1.Pravi proizvod – od presudne je važnosti da dobavljači imaju sirovine koje su potrebne za proizvodnju, doradu ili unapređenje postojećeg proizvoda-

2.Prava količina – održavanjem zaliha u odgovarajućim količinama omogućuje tj. osigurava efikasniju korištenje resursa i minimizira gubitak ili propadanje materijala, sirovina i proizvoda.

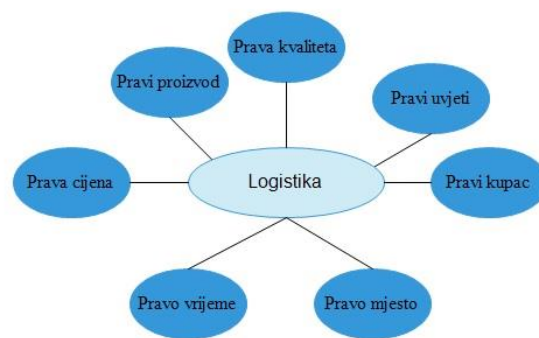
3.Pravi uvjeti - prilikom manipulacije, skladištenja i transporta te inih procesa s robom potrebno je voditi računa o uvjetima u kojima se ti proizvodi nalaze unutar tih procesa. S aspekta logistike ali i poznavanja materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda bitno je voditi računa o sastavu, svojstvima i životnom ciklusu istih.

4.Pravo mjesto – Svaka sirovina, materijal, poluproizvod i gotovi proizvod mora biti na odgovarajućem mjestu tj. lokaciji u skladištu te prijevoznom sredstvu. Na taj način. organizacijom prostora, bilo da je riječ o skladišnom prostoru ili teretnom prostoru prijevoznog sredstva postiže se optimalna iskoristivost skladišnog i/ili teretnog prostora prijevoznog sredstva.“[16] Empirijski je utvrđeno, kroz anketiranje tvrtki iz područja distribucije i logistike, da se kapacitet popunjenosti skladišta kreće u rasponu od 75 do 85 odnosno 90 %. Međutim, provođenjem istraživanja stručnjaci su utvrdili da se optimalna popunjenost skladišta kreće oko 85 %.

5.Pravo vrijeme – Vrijeme kao element u logistici je vrlo važan resurs , resurs koji se u logistici manifestira kao ograničenje u vidu roka isporuke. Vremenski okviri tj. prozori su izuzetno bitan čimbenik u logistici, rok isporuke predstavlja bazu prilikom planiranja, izrade i realizacije prijevoza. Međutim, vremenski okviri postoje i u mnogim djelatnostima različitog tipa, npr. vremenski okviri postoje u formi slotova za slijetanje i polijetanje zrakoplova na najpoznatijim i najfrekventnijim zračnim lukama na svijetu. Iz toga se može zaključiti kako je vrijeme presudan faktor u mnogim djelatnostima pa tako je vrijeme presudan faktor odnosno čimbenik i u logistici.

6. Pravi kupac – „Svi naši naponi bit će uzaludni ukoliko ne idemo prema ostvarivanju zacrtanih ciljeva. Od vitalnog je značaja da poslovni model kompanije obuhvaća „idealni“ segment korisnika tj. kupaca i da se procesi u kompanijama organiziraju na način da proizvodi ili usluge budu u pravo vrijeme i na pravom mjestu.

7. Prava cijena – Troškovna učinkovitost je odlučujući faktor. Poslovni model kompanije te organizacija i fluidnost odnosno efikasnost i efektivnost logističkih procesa kompanije, manifestiraju se kroz veće uštede u troškovima, ali bez žrtvovanja kvalitete i optimalnih uvjeta.[17]. Slikom 5. prikazan je koncept 7R logistike u grafičkoj formi.



**Slika 5.** Pravila 7R logistike

Izvor: <https://sites.google.com/site/businesslogistics0/7-rights>

Ranije navedene ciljeve moguće je realizirati uz pomoć IoT tehnologije, odnosno implementacijom IoT tehnologije u svoje poslovanje postiže se prethodno navedeni skup ciljeva. Realizacija navedenih ciljeva nužna je kako bi kompanije koje posluju u sferi logističke industrije zadovoljile potrebe i očekivanja korisnika logističkih usluga, a pritom ostvarile profit, te zadržale odnosno stekle konkurentan položaj na tržištu i privukle potencijalne nove korisnike logističkih usluga. Kako se tehnologija „interneta stvari“ trenutno nalazi na svojem začetku, potrebno je naglasiti kako su mogućnosti navedene tehnologije kao i mogućnosti njezine primjene u logističkoj industriji tj. distribucijskim sustavima još nedovoljno istražene. Upravo iz tih i inih razloga u radu su teorijski obrađene varijante tj. tipovi primjene tehnologije „interneta stvari“ u realnom sektoru koji već postoje u svijetu, u manjem obujmu. Primjeri primjene tehnologije „interneta stvari“:

1. Sustavi upravljanja lokacijom
2. Praćenje i skladištenje zaliha
3. Tehnologija „interneta stvari“ i prediktivna analitika

4. Tehnologija „interneta stvari“ i blockchain<sup>1</sup> za upravljanje lancem opskrbe

5. Autonomna vozila

6. Dostava s dronovima

### 1. Sustavi upravljanja lokacijom

U domeni logistike, tehnologija interneta stvari omogućuje stvaranje tzv. pametnog sustava za upravljanje lokacijom koji bi omogućio kompanijama praćenje aktivnosti vozača, određivanje lokacije vozila i status isporuke. Nakon što se roba isporuči ili dođe na određeno mjesto menadžera se obavještava push porukom. Navedeno rješenje predstavlja nezamjenjivu pomoć u planiranju isporuke, sastavljanju i pregledavanju rasporeda. Dakle, primjenom tehnologije interneta stvari kompanija i njezini klijenti dolaze do vrijednih informacija i u konačnici pojednostavljen je logistički proces. Implementacijom navedenog rješenja zadovoljavaju se postavljeni ciljevi, a najvažniji od njih su da roba bude u pravo vrijeme i na pravom mjestu.

### 2. Praćenje i skladištenje zaliha

Upravljanje zalihama i skladištenje čine ključan element u opskrbnim lancima. Postavljanje malih i jeftinih senzora omogućiti će kompanijama da prate stanje i lokaciju zaliha u stvarnom vremenu, omogućavajući tako stvaranje tzv. „Pametnog skladišta“. Uz pomoć tehnologije interneta stvari kompanija će uspješno spriječiti gubitke, osigurati sigurno skladištenje robe i lociranje odnosno određivanje trenutne lokacije zaliha određenog proizvoda u skladištu. Uvođenjem ovakvog tipa tehnologije interneta stvari ostvaruju se zamjetne vremenske uštede prilikom komisioniranja i inih skladišnih procesa s proizvodima odnosno robom, te se smanjuje postotak ljudskih pogrešaka, a samim time skladišni sustav te skladišni procesi postaju efikasniji. Povećanjem efikasnosti skladišnog sustava postiže se pozitivna reakcija koja se dalje prenosi na sve subjekte u opskrbnom lancu i distribucijskom sustavu.

Također, važno je napomenuti kako se primjenom senzora za određivanje lokacije postižu višestruki ciljevi, a neki od njih su sljedeći:

---

<sup>1</sup> „Blockchain“ tehnologija temelji se na algoritmu koji štiti digitalne informacije (digitalni novac, osobne podatke i sl.), pohranjujući informacije u zasebne blokove koji su povezani u lančane strukture u figurativnom smislu.

- Proizvodi se nalaze na pravom mjestu i u pravo vrijeme
- Količina i stanje proizvoda se kontinuirano prate (informacija o stvarnom stanju količine proizvoda). Slikom 6. prikazan je način pohrane robe u skladištu primjenom tehnologije interneta stvari.



**Slika 6.** Kombinacija IoT senzora i robota

Izvor: <https://sites.google.com/site/businesslogistics0/7-rights>

### 3. Tehnologija interneta stvari i prediktivna analitika

Prediktivna analitika zauzima središnje mjesto u različitim industrijama. Prediktivna analitika omogućava kompanijama donošenje učinkovitih strategija poslovnog razvoja, olakšava proces donošenja odluka, upravlja rizicima u poslovanju itd. Ukratko, uređaji kojima je osiguran pristup internetu prikupljaju velike količine informacija, te ih šalju u središnji sustav radi daljnje analize. Tehnologija interneta stvari i prediktivna analiza mogu se primijeniti za planiranje ruta i preventivno uočavanje nepravilnosti u prilikom eksploatacije vozila, stroja itd. Samim tim umanjuje se vjerojatnost nesreća te oštećivanja vozila ali i robe koja se prevozi s tim vozilom.

#### 4. Tehnologija interneta stvari i blockchain tehnologija za upravljanje lancem opskrbe

Kako bi se zadovoljili prethodno postavljeni ciljevi, kompanije provode rekonstrukciju poslovanja te uvode inovativne tehnologije kako bi zadovoljile potrebe i očekivanja svojih korisnika. Logistički koncept „7R“ može se realizirati samo i samo ako kompanije svoje poslovanje i infrastrukturu moderniziraju odnosno implementiraju inovativne tehnologije u svoje poslovanje i procese. Kombinacija tehnologije interneta stvari i tehnologije *blockchaina* nesumnjivo je primjer kombinacije koja će pozitivno utjecati na logistiku tj. opskrbni lanac u cjelini. Tehnologija *blockchaina* je tehnologija koja se temelji na sigurnosti povjerljivih informacija, informacija koje su najčešće financijskog karaktera. Samim time evidentno je kako takav tip informacija nužno treba zaštititi od „trećih strana“ odnosno pravnih ili fizičkih osoba koje bi, za vlastitu korist ili radi ostvarivanja koristi za i u ime drugih osoba, informacije takvog karaktera iskoristile i zloupotrijebile kako bi nanijele financijske štete kompanijama. Upravo iz tih razloga, kompanije prateći razvoj inovativnih tehnologija počinju primjenjivati tehnologiju *blockchaina* u vlastitom poslovanju. Tehnologija *blockchaina* bazira se na kodiranju informacija koje predstavljaju transakcije između dviju stranaka bez da u toj transakciji sudjeluje, kao posrednik, neka treća osoba. Međutim, transakcije se kodiraju i pohranjuju u baze podataka, a pristup vlastitim transakcijama ima samo osoba koja je te transakcije i izvršila. Potrebno je naglasiti kako se informacije pohranjuju na decentralizirane baze podataka koje čine vlastitu mrežu i gotovo da im je nemoguće ući u trag. Samim time prenošenje informacija uz pomoć tehnologije *blockchaina* kompanijama pruža sigurnost i štiti integritet vitalnih informacija za kompanije.

Međutim, kompanije mogu koristiti *blockchain* tehnologiju i u druge svrhe osim zaštite financijski vitalnih informacija. „Kompanije uz pomoć *blockchain* tehnologije, korisnicima njihovih usluga, pružaju mogućnost da prate životni ciklus proizvoda- od podrijetla robe do transporta robe do krajnjeg korisnika. Tehnologija *blockchaina* može riješiti odnosno minimizirati sigurnosne probleme i samim time utjecati na vrijednost opskrbnih lanaca. Treće mogućnost je u direktnoj povezanosti s prethodna tri navedena tipa IoT rješenja, a odnosi se na mogućnost postavljanja radiofrekvencijskih identifikacijskih oznaka i senzora koji će omogućiti praćenje pokazatelja kao što su temperatura i postotak vlage kojim je izložen proizvod. Podaci se bilježe i spremaju u *blockchain*, svaki proizvod ima digitalni ID koji osigurava informacije o njemu zajedno s izvornim ciklusom proizvoda.“[18]

Primjer eksploatacije *blockchain* tehnologije u logistici odnosno opskrbnom lancu je opskrbeni lanac američke tvrtke IBM (International Business Machines). „IBM“ je pokušao pojednostavniti upotrebu *blockchaina* u lancu opskrbe. IBM, je u partnerstvu s Samsungom razvio platformu ADEPT („Autonomna decentralizirana „peer to peer“ telemetrija“), koja koristi elemente osnovnog dizajna bitcoina za izgradnju distributivne mreže uređaja ili decentralizirani Internet stvari. „Platforma koristi tri protokola: „Bit Torrent“ (za dijeljenje), „Ethereum“ (za pametne ugovore) i „TeleHash“ (za peer-to-peer poruke.). IBM, Walmart i Nestle teže tome da upotrebom *blockchain* tehnologije njihovi opskrbeni lanci postanu transparentniji, autentičniji i pouzdaniji globalni opskrbeni lanci. U IBM, tehnologiju *blockchaina* vide kao tehnologiju koja će njihovim klijentima omogućiti da pravovremeno provode aktivnosti i razvijaju se, djeluju, upravljaju i osiguravaju vlastite poslovne mreže. Također, u IBM-u *blockchain* tehnologiju vide kao tehnologiju koja omogućava jedinstveni i u potpunosti siguran pregled svih transakcija između stranaka.“[19] Slikom 7. prikazana je usporedba struktura tradicionalnog i modificiranog opskrbnog lanca tvrtke IBM.



**Slika 7.** Implementacija tehnologije blockchaina u IBM-ov opskrbeni lanac

Izvor: Blockchain Technology Implementation in Logistics Edvard Tijan 1,\* , Saša Aksentijević 2 , Katarina Ivanić 1 and Mladen Jardas 1

## 5. Autonomna vozila

Promatrajući trenutnu situaciju, u kojoj se nalazi čovječanstvo, i globalni utjecaj koji gotovo u većini slučajeva simultano zahvaća najrazvijenije države svijeta i s određenim vremenskim odmakom širi se, te zahvaća ostatak svijeta. „ U skoroj budućnosti postati ćemo svjedoci sve raširenije upotrebe autonomnih vozila. Logističke kompanije zasigurno će prve iskoristiti novonastalu situaciju i integrirati će autonomna vozila u svoje poslovne procese. Iako je tehnologija interneta stvari odgovorna za prikupljanje i analizu velikih količina podataka,



analitički ih sustav pretvara u pametne rute i upute za vožnju. Na taj način tvrtke će minimizirati stopu automobilskih nesreća, smanjiti troškove održavanja vozila i smanjiti troškove poslovanja općenito, a samim time optimizirati će i eksploataciju cestovne infrastrukture.“[20]. Također je važno spomenuti kako kompanije iz sektora usluga odnosno pružatelji poštanskih i/ili kurirskih usluga eksploatiraju autonomna vozila za kapilarne (last mile) dostave. Autonomna vozila dolaze na lokaciju koju unese poštar i/ili kurir putem aplikacije, na taj način poštar i/ili kurir ne mora nositi pakete cijelim putem, već se autonomno vozilo pozicionira odnosno parkira sukladno redoslijedu dostave, prema unaprijed isplaniranoj ruti ili prema instrukcijama poštaru i/ili kurira. Slikom 8. prikazano je autonomno vozilo korišteno prilikom kapilarne („last mile“) dostave.



**Slika 8.** Eksploatacija autonomnog vozila prilikom „last mile“ dostave

Izvor: <https://itchronicles.com/automation/the-last-mile-to-automation-how-autonomous-vehicles-could-solve-the-last-mile-delivery-problem/>

## 6. Dostava dronovima

Ubrzani razvoj društva u svim segmentima industrije tj. gospodarstva može se promatrati kao skup manjih kotačića koji svojim pokretanjem zapravo pokreću jedan veći kotač, taj kotač, bez sumnje, se može nazvati „kotač života“. Dronovi ili bespilotne letjelice razvile su se prvotno u vojne svrhe, dok je začetak civilne upotrebe započeo relativno nedavno

, točnije 2010. godine. Važno je spomenuti kako je američka kompanija Amazon, najavila kako će svojim klijentima omogućiti dostavu paketa dronom. „Pojam dron ima široko značenje, te obuhvaća sve bespilotne letjelice – UAV (Unmanned Aircraft Vehicle) bile one na daljinsko upravljanje – RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) ili letjelice s određenom razinom autonomnosti. Može se reći da je riječ dron istog značenja kao i akronim UAS (Unmanned Aircraft System), koji označava spoj bespilotne letjelice i sustava potrebnog za njezino upravljanje. Naziv dron, koji je sve više zastupljen u javnosti ustvari dolazi od zvuka kojeg su proizvodile prve bespilotne letjelice prilikom leta. Dronovi su se uglavnom koristili samo u vojne svrhe do pojave multicoptera oko 2010. godine kada oni postaju sve poznatiji i lako dostupni civilnoj zajednici. Industrija dronova se počela naglo razvijati, te je u njoj bilo prostora za mnoge inovacije i prilagodbu drona običnom čovjeku. Mogućnost stvaranja novih radnih mjesta, ostvarivanja ekonomskog rasta, novih inovacija, te općih društvenih benefita od ove industrije ne nedostaje. Uz sve prednosti koje nova vrsta dronova sa sobom donosi potrebno je osigurati siguran i ekološki prihvatljiv razvoj nove industrije, te zaštititi ljude, njihove podatke i privatnost.“ [21]

Kapilarna distribucija se odnosi na „Last mile“ posljednju tj. zadnju dionicu prostorno-vremenske transformacije koju roba „ prolazi“ na svom putu do krajnjeg korisnika. Koncept je uveden od strane poštanskih i/ili kurirskih kompanija kao što su FedEx, DHL i dr., a označava rutu transporta od huba „LDC-a ili skladišta do krajnjeg odredišta tj. korisnika.

S logističkog aspekta odnosno aspekta distribucije paketnih pošiljaka, važno je obratiti pozornost na nosivost drona tj. na maksimalnu nosivost drona prilikom polijetanja istog.

S obzirom na navedeno potrebno je napraviti opću klasifikaciju bespilotnih letjelica odnosno dronova. U osnovnoj podjeli dronovi se dijele prema namjeni u sljedeće tri kategorije:

- Vojne;
- Civilne;
- Komercijalne

Prema konstrukciji, dronovi se dijele na:

- Dronove s fiksnim krilom,
- Dronove s rotirajućim krilom (multirotri),

- Lakše od zraka,
- Teže od zraka „[22]

Nadalje, kako je ranije navedeno s logističkog aspekta najbitnija karakteristika dronova tj. Key performance indicator (u daljnjem tekstu KPI-a) je maksimalna masa letjelice u polijetanju – MTOM. „Maksimalna masa letjelice u polijetanju – MTOM11 je dobar podatak prilikom klasificiranja dronova jer je u direktnoj korelaciji s kinetičkom energijom koju dron ima prilikom pada na zemlju, te u najvećoj mjeri utječe na sigurnost odvijanja same operacije. Klasifikacija temeljena na MTOM-u je prikazana u tablici 2 i uz težine donosi i operativne visine leta, te dolet dronova.“ [23]. Tablicom 1. prikazana je klasifikacija dronova prema MTOM-u.

**Tablica 1.** Klasifikacija prema MTOM

Klasa	MTOM (kg)	Dolet	Tipična maksimalna visina (m)
0	≤25	Bliski dolet	304,8 (1.000 ft)
1	25-500	Kratki dolet	4.572 (15.000 ft)
2	501-2000	Srednji dolet	9.144 (30.000 ft)
3	≥2000	Velikog doleta	više od 9.144 (30.000 ft)

Izvor: <https://repositorij.unizg.hr/islandora/object/fpz:1273/preview2018.>, str. 10. (izradio autor)

Kako je ranije i navedeno, s eksploatacijom dronova u logističkoj industriji započele su kompanije iz područja poštanskih i/ili kurirskih usluga odnosno kompanije koje primarno posluju na tržištu e-trgovine. Za primjer, kompanija DHL, koja posluje odnosno ima svoje podružnice i u Republici Hrvatskoj, 2013. godine uvela je mogućnost dostave paketa korisnicima svojih usluga uz pomoć dronova. „ Još 2013. godine odjel DHL Parcel krenuo je s projektom uporabe specijalnih dronova za transport pošiljaka. Prvo testiranje paketnog drona – Parcelcopter 1.0 bilo je u gradu Bonnu preko rijeke Rajne i njime je upravljano ručno. Druga testna lokacija izabrana je 2014. – otok Juist na Sjevernom moru, gdje su se Parcelcopterom 2.0 prevozili medicinski proizvodi i ostala nužna roba. Sva testiranja su obavljena u realnim uvjetima, na geografski zahtjevnim područjima.“ [24]. Dron naziva „Parcelcopter 2.0“ sastoji se od četiri rotora, te mu maksimalna brzina kretanja iznosi približno 43 km/h.

„Parcelcopter 3.0, nova je verzija, funkcijski i vizualno potpuno drugačija. Dizajniran je za dostavu paketa u geografski zahtjevnim alpskim regijama pa je većih dimenzija, većeg teretnog kapaciteta (do 2 kg) i s mogućnošću brzine od približno 70 km/h.

Ono što je velika promjena je automatizirani utovar i istovar paketa u Parcelcopter preko specijalne paketne stanice (eng. Packstation) inovativno nazvanoj Parcelcopter Skyport. U njoj

se prikupljaju podaci, kako o letu, tako i o vremenskim uvjetima u kojima se kreće Parcelcopter. Testiranje je izvršeno u bavarskoj općini Reit im Winkl.

Parcelcopteri su idealna solucija za transport nužnih pošiljaka na mjestima nerazvijene transportne infrastrukture ili u situacijama ekonomski neisplative vožnje. Prirodne prepreke; voda i planine danas se sve češće savladavaju uporabom paketnih dronova. DHL-ovi Copteri počinju igrati sve važniju ulogu u last-mile dostavi te se počinju uspješno integrirati u opskrbne lance.“ [25]. Na slici 9. prikazan je DHL dron „Parcelcopter 3.0 „



**Slika 9.** Dostava pošiljaka uz pomoć drona (DHL)

Izvor: <https://www.fpz.unizg.hr/prom/?p=399>

### 3. Tehnologija „Internet stvari“- „Pametne palete“

Progresivan razvoj tehnologija te gotovo simultano proširivanje opskrbnih lanaca tj. distribucijskih sustava prvenstveno je uzrokovano povećanjem kompleksnosti zahtjeva korisnika logističkih usluga odnosno krajnjih korisnika koji generiraju potražnju za sirovinama, poluproizvodima, gotovim proizvodima i uslugama. Temeljna „zadaca“ odnosno cilj logistike, kao znanstvene discipline i/ili industrije, jest zadovoljavanje potražnje krajnjih korisnika tj. drugim riječima promjena prostorno-vremenskih koordinata entiteta na način da potražnja krajnjih korisnika bude zadovoljena. Uz navedeno, potrebno je naglasiti da se navedena promjena nastoji izvršiti na način da potražnja krajnjih korisnika bude zadovoljena uz minimalne troškove, u pravo vrijeme i na pravome mjestu uz željenu razinu kvalitete koju očekuju krajnji korisnici. Uzročno-posljedična veza između krajnjih korisnika i distribucijskog sustava očituje se kroz nekoliko različitih elemenata a oni su:

- potražnja za materijalima, robom i uslugama
- vrijeme i mjesto dostave
- teretno-manipulacijska i prijevozna sredstva

Dakle, kako bi potražnja bila zadovoljena potrebno je promijeniti prostorno-vremenske koordinate entiteta odnosno predmeta potražnje. Budući da je za navedeni proces potrebna teretna-manipulacijska jedinica, u upotrebi je najzastupljenija paleta. Paleta je teretno-manipulativna jedinica koja se koristi za slaganje robe i njezin transport na odgovarajuće mjesto u dogovorenom vremenu i uz minimalne troškove. Riječ je o teretno-manipulativnoj jedinici čijom eksploatacijom se ostvaruju niz prednosti kao što su :

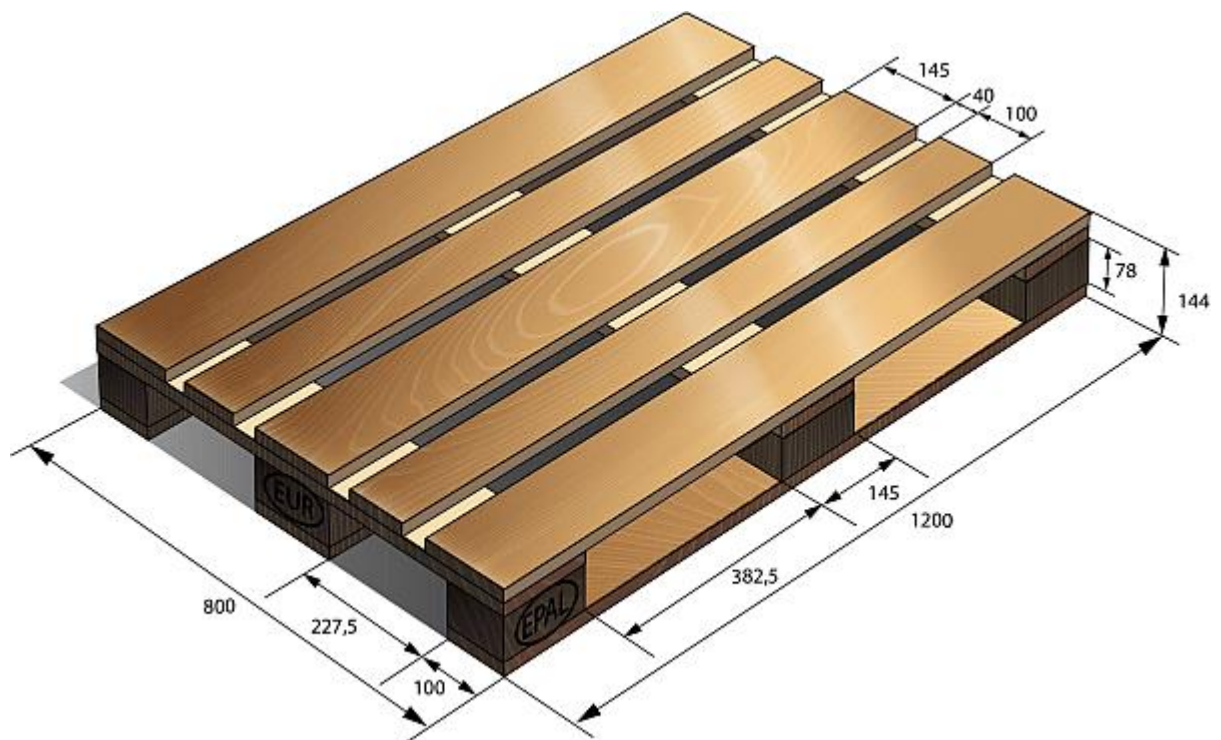
- objedinjavanje i okrupnjavanje manjih tereta u veće teretne jedinice
- smanjeni broj skladišnih procesa odnosno manipulacija s robom
- relativno jednostavno slaganje robe i održavanje istih
- višestruka eksploatacija paleta
- povećanje sigurnosti prilikom transporta
- veći stupanj iskoristivosti kapaciteta prijevoznog sredstva

- kontinuitet u opskrbi cjelokupnog opskrbnog lanca sirovinama, materijalima, poluproizvodima i gotovim proizvodima

Uzimajući u obzir navedene prednosti paleta u odnosu na druge kategorije teretno-manipulacijskih sredstava odnosno jedinica, kao i zastupljenosti cestovnog prometa u ukupnom prometu odnosno transportu roba vidljivo je kako je paleta neophodna te se „postavlja“ kao jedino logično rješenje za prijevoz robe cestovnim putem. Do danas razvijeno je i od struke prihvaćeno više tipova paleta odnosno dimenzija istih, no ipak u praksi prema stopi korištenja najzastupljenije su palete sljedećih dimenzija. Slikama 10. i 11. prikazane su najčešće korišteni tipovi paleta u proizvodnji, distribucijskim sustavima i transportu robe do krajnjih korisnika.

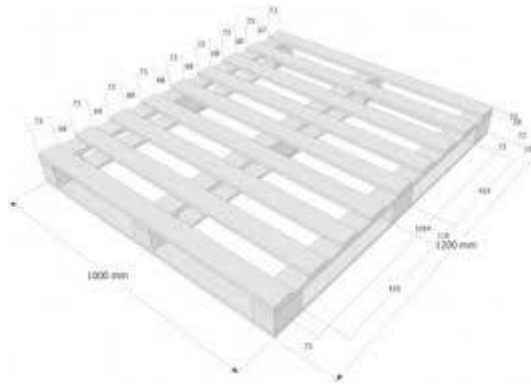
U praksi su najzastupljenije palete sljedećih dimenzija:

- 800x1200 mm
- 1000x1200 mm



**Slika 10.** Euro-paleta dimenzija 800x1200 mm

Izvor: <https://optolov.ru/hr/elektrichestvo/obzor-standartnyh-pallet-vse-tipy-razmery-i-vidy-pallet.html>



**Slika 11.** Prikaz palete dimenzija 1000x1200 mm

Izvor: [https://www.alibaba.com/product-detail/Wooden-Pallet-Size-1000-x-1200\\_180041104.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Wooden-Pallet-Size-1000-x-1200_180041104.html)

### 3.1. Općenito o paletama

Standard MH1-2016 definira paletu kao "prijenosnu, vodoravnu, krutu, kompozitnu platformu koja se koristi kao baza za sastavljanje, skladištenje, slaganje, rukovanje i prijevoz robe kao jediničnog tereta, često opremljen nadgradnjom. Nadgradnja je sklop koji je pričvršćen na nosivu bazu palete.

Paleta se koristi za slaganje, skladištenje, zaštitu i transport materijala tijekom rukovanja s opremom za rukovanje materijalima kao što su viljuškari, dizalice za palete ili transportere, pohranjuju se u regale ili za veliko skladištenje ili se postavljaju u transportna vozila. Paleta je najčešća baza za jedinično opterećenje, koja uključuje paletu i robu složenu na njoj, obično je osigurana omotačem rastezanjem, vezanjem, omotačem od nabora, ljepilom, okovratnikom palete ili drugim sredstvima stabilizacije, uključujući omote za višekratnu upotrebu, kaiševe i mreže.“[26]

Paleta kao teretno-manipulativna jedinica svoj eksploatacijski vrhunac „doživljavaju“ krajem 20. stoljeća. Međutim, opće prihvaćeno je stajalište struke kako njihov potencijal nije još uvijek u potpunosti iskorišten odnosno realiziran. Upotrebom paleta kao teretno-manipulativnih jedinica ostvaruje se u niz prethodno navedenih prednosti, a najznačajnija od njih je ušteda odnosno minimalizacija troškova skladišnih i transportnih procesa kao i vremena odnosno vremenskog okvira u kojem ti procesi odnosno potražnja moraju biti zadovoljeni. Eksploatacija paleta opravdana je iz više razloga, a eksploataciju paleta direktno podupiru sve složeniji zahtjevi krajnjih korisnika ali i sve kraći životni vijek proizvoda.

„Prema osnovnoj palete se dijele prema:“[27]

1. obliku i dimenzijama
2. vijeku trajanja
3. vrsti robe (univerzalne i specijalne)
4. proizvodnom materijalu
5. teretu kojemu su namijenjene
6. konstrukcijskim značajkama

Prema obliku, palete se mogu podijeliti u dvije skupine :

- Ravne palete (drvena euro paleta 1200x800 mm)
- Boks palete

Ravne palete uglavnom se izrađuju od drveta, ali postoje i palete izrađene od metala i plastike. Njihova je namjena primiti komadni teret koji je složen u teretnu jedinicu te se zajedno s navedenim teretom ukrcava, prevozi, iskrcava i skladišti, pomoću mehanizacije za ukrcaj i iskrcaj, a to su uglavnom viličari. Palete mogu imati dva ili četiri ulaza, vezano uz ulaz viličara, a dimenzije nosive površine palete definirane su ISO i EUR normama. Najviše se koriste palete dimenzija 1200 x 800 mm, 1000 x 800 mm, 1200 x 100 mm, 1600 x 1200 mm te 1800 x 1200 mm.

Boks palete su ravne palete na kojima se nalazi ugrađena ograda od drvenih ili metalnih okvira, visine maksimalno do jednog metra. One mogu biti otvorene ili zatvorene, s poklopcem ili složive.

Uz navedene, postoje još palete koje se nazivaju „stalak“ paletama, nasložne (stubne palete), specijalne palete te igloo palete. To su paleta sa školjkom koja služi u zračnom prijevozu za zaštitu tereta, ali i zrakoplova.



Prema dimenzijama palete se dijele na:

- A-paleta 1200x800 mm
- B-paleta 1200x1000 mm
- C-paleta 1600x1200 mm
- D-paleta 1800x1200 mm

Najčešće su u uporabi palete A i B ili Euro palete. Palete A se koriste u distribuciji pića, palete B u prerađivačkoj industriji, a palete C i D u pomorskom i riječnom transportu i e nazivaju se i „lučke palete“. Standardna EURO-POOL paleta ima dimenzije 800 x 1200 x 100 mm, nosivosti je 10 kN te vlastite mase od 28 kg. Prema obliku je ravna, drvena i ima pristup s četiri strane. Ova vrsta palete primjenjuje se od 1958. godine, a vijek trajanja svake je okvirno 6 godina“ [28]

Prema vijeku trajanja palete se mogu podijeliti na:

- Jednokratne palete - koje su namijenjene za jednokratnu upotrebu, nije moguće napraviti povrat istih.
- Višekratne palete – njihova eksploatacija je višestruka i smatra se da se ovakav tip paleta uz odgovarajuće rukovanje i održavanje mogu koristiti do 5 godina.

Prema vrsti tereta za koji su namijenjene mogu se podijeliti u dvije skupine:

- Univerzalne palete – namijenjene širokom spektru tereta
- Specijalne – namijenjene su za prijevoz, skladištenje tekućih, komadnih ili tereta u rasutom stanju

Prema proizvodnom materijalu palete se mogu podijeliti

- Drvene palete - su najučestalije, a otporne su na deformaciju i različitu težinu tereta.

Moguće ih je sklapati, nadograđivati i sl. Ono što je važno, obnavljaju energiju time što ih se po iskorištavanju može iskoristiti za loženje ili nešto drugo.

Metalne palete - su idealne za korištenje u skladištima jer zauzimaju minimalan prostor, a mogu se koristiti u različite namjene. Praktične su i može ih se jednostavno sklapati i rasklapati. Najviše se koriste u građevinskoj i prehrambenoj industriji, veletrgovinama, tekstilnom sektoru te u automobilskoj industriji. Za gore navedeno navedite izvor.

Plastične palete - za razliku od drvenih paleta ne obnavljaju energiju i ne mogu se zamijeniti istrošeni dijelovi, ali ih je moguće reciklirati čime pokrivaju određene standarde zaštite okoliša . Postoje još i aluminijske palete koje se za sada vrlo malo koriste, jer su cijene aluminijskih paleta osjetno više te ih je u konačnici teže za održavati zbog svojstva materijala od kojeg su izrađene.

### Paleta prema konstrukcijskim osobinama

U ove osobine ubrojiti se mogu sposobnost premještanja prema čemu se palete tada mogu podijeliti na statične i pomične. Najbrojnija obilježja paleta upravo su prema konstrukcijskim osobinama koje se razlikuju prema namjeni palete, specifičnosti robe, ali i materijala od kojeg su palete izrađene.

Uzimajući u obzir prethodno navedene tvrdnje o prednostima, neiskorištenom potencijalu paleta u opskrbnim lancima odnosno distribucijskim sustavima, dolazi se do ideje te neizbježne kombinacije euro paleta i inovativnih tehnologija, povezujući ih u jedinstvenu cjelinu. Iako su proizvodnja, eksploatacija i održavanje drvenih paleta u konačnici jednostavni procesi, postoje problemi s kojim se suvremeni distribucijski lanci ne mogu „nositi“. Problemi, kao primjerice gubitak i/ili krađa paleta, oštećenje palete i slično, sudionicima opskrbnih lanaca tj. distribucijskih sustava uzrokuju enormne troškove koji u konačnici utječu na poslovne rezultate odnosno vrijednost kompanija na tržištu. Iz tih i inih razloga provode se razna istraživanja, analize i rješenja za spajanje paleta i inovativnih tehnologija. Dakako cilj je minimizirati ili potpuno eliminirati ranije navedene probleme s kojima se današnji opskrbni lanci i/ili distribucijski sustavi suočavaju.

### 3.2. Povezivanje paletnog sustava s IoT tehnologijom

Pojam IoT odnosno „Internet of Things“ u daljem tekstu („Internet stvari“) kao što i sam naziv sugerira, riječ je tehnologiji koja omogućuje planiranje, upravljanje i kontroliranje „stvari“, odnosno uređaja i strojeva na daljinu putem interneta. Riječ je dakako o tome da uređaji i strojevi moraju biti opremljeni mikro čipovima koji imaju svoju IP adresu (Internet Protocol) adresu, svaki uređaj ili stroj „dobiva“ svoju jedinstvenu IP adresu, uz pomoć te IP adrese uređaj ili stroj manifestira se u materijalnom obliku kao i do sad, ali postoji i u virtualnom obliku te mu je moguće pristupiti uz pomoć mobitela ili računala odnosno uređaja koji ima osiguran pristup internetu. Uz pomoć ID-a čipa, njegove radio frekvencije ili inog tipa signala moguće je pristupiti uređaju i s njim upravljati tj. izvršavati željene akcije na daljinu.

Sustav se može jednostavno opisati kao cjelina koju čine odašiljač, prijamnik koji prima signale koje je odašiljač poslao, a prima ih u obliku paketa koji se šalju putem interneta. Postoje jednostavnije verzije, a postoje i one koje su kompleksnije, ali namjena im je ista. Primarna namjena uređaja i strojeva u kombinaciji s IoT tehnologijom je riješiti probleme koji ranije nisu bili rješivi te da se ljudima olakša njihova svakodnevnica.

Potrebno je napomenuti kako je za realiziranje kombinacije uređaja i IoT tehnologije potreban raznovrstan spektar uređaja, tehnologije, internet protokola i slično. Jedan od ključnih elemenata je komunikacijska tehnologija, uz pomoć koje se komunikacija između korisnika-uređaja te uređaja-uređaja realizira. Komunikacijske tehnologije se mogu podijeliti na sljedeće tipove komunikacijske tehnologije:

1. Radio frekvencijska identifikacija (RFID)
2. Bluetooth
3. WIFI
4. ZigBee
5. NFC (Near field communication)
6. Sigfox

### 3.2.1. .Radio frekvencijska identifikacija (RFID)

RFID (Radio-frequency identification) je bežična i beskontaktna tehnologija koja koristi radio frekvenciju kako bi se razmjenjivale informacije između prijenosnih uređaja/memorija i host računala.

RFID sustav se sastoji od RFID čitača i RFID medija koji izmjenjuju signale putem radio valova i tako izmjenjuju informacije. Mediji za identifikaciju koji su dostupni za identifikaciju mogu biti kartice, privjesci, narukvice, NFC (Near Field Communication) mobilni uređaji, pa čak i ključevi automobila. [30] RFID oznaka se sastoji od malenog integriranog kruga i antene koja omogućuje primanje signala, glavna odlika RFID oznaka je u tome što moraju imati toliko „veliki“ čip odnosno memoriju te mogu pohraniti kod odnosno kombinaciju biranih znamenki koje su za svaku RFID oznaku jedinstvene. Slikom 16. prikazani su elementi nužni za funkcionalnu primjenu RFID sustava. Princip rada je sljedeći:

1. RFID čitač odašilje signal prema RFID oznaci odnosno tagu istovremeno primajući signal s RFID oznake
2. RFID oznaka također prima informaciju s čitača te odašilje traženu informaciju prema rfid čitaču
3. RFID čitač kao i oznaka dekodiraju serijski broj ili kod i obradom informacija provodi se određena akcija

RFID tehnologija ima niz prednosti, a najvažnije prednosti RFID tehnologije jesu sljedeće:

- zaštita podataka (RFID karticu je gotovo nemoguće duplicirati)
- nema utjecaja vanjskog elektromagnetskog djelovanja na samu karticu ili neki drugi medij (ako držite magnetsku karticu u blizini vašeg mobilnog uređaja, postoji mogućnost da će prestati raditi)
- brzina čitanja traje u milisekundama
- veća otpornost na ostale vanjske utjecaje (vlaga, nečistoća, visoke temperature, mehanička otpornost)
- znatno duži vijek trajanja u odnosu na senzornu tehnologiju
- smanjenje troškova za energiju i održavanje
- mogućnost zapisa dodatnih podataka na karticu
- povezivanje i korištenje iste kartice s ostalim sustavima (plaćanje sadržaja unutar hotelskog kompleksa, otvaranje sefova, kontrola pristupa, evidencija i planiranje radnog vremena)“[32].

Slikom 12. prikazan je funkcionalni RFID sustav.



**Slika 12.** Funkcionalni RFID sustav

Izvor:

<http://www.efos.unios.hr/repec/osi/bulimm/PDF/BusinessLogisticsinModernManagement11/blimm1122.pdf>

### 3.2.2. Bluetooth tehnologija

Bluetooth je standard za bežični prijenos podataka između uređaja. Prijenos obavlja slični dio čipa ugrađenog u uređaj, pomoću kojeg može komunicirati sa sličnim modulom u bilo kojem drugom uređaju. Općenito govoreći, koristi ga se za prijenos malih količina podataka, pri čemu ne opterećuje značajno bateriju. Poznat je po tome što omogućava stabilnu vezu na malim udaljenostima.

Bluetooth koristi radiovalove u spektru 2,4 GHz. Tu kratko dometnu frekvenciju obično koristi većina uređaja koji trebaju bežičnu povezivost, uključujući preusmjerivače (routere) za Wi-Fi. Od drugih se tehnologija razlikuje po drukčijoj preraspodjeli podataka pri slanju i primanju, zahvaljujući kojoj se između ostalog može koristiti za povezivanje do osam različitih uređaja.

Kad Bluetooth poveže dva uređaja, nastaje mreža poznata po nazivu Personal Area Network (PAN). PAN ne mora biti povezan s internetom na bilo koji način kako bi obavio prijenos podataka.“ [32]. Poveznica između IoT i Bluetooth tehnologije očituje se u trenutku razvoja te izlaska na tržište Bluetooth 5.0 verzije. Verzija Bluetooth 5.0. razvijena je 2016. godine i primarno je fokusirana na povezivanje IoT tehnologije, uređaja i strojeva. Navedena verzija omogućava povezivanje tj. komunikaciju između uređaja i strojeva kroz malu potrošnju energije i brz prijenos podataka ali uz relativno malu domenu odnosno udaljenost na koju se podaci mogu prenijeti. Bluetooth tehnologija se najčešće ugrađuje u „Pametne kuće“, kako bi vlasniku iste omogućila upravljanje rasvjetom i klima uređajima. Međutim, kako je već ranije objašnjeno, vlasnik kuće mora biti u neposrednoj blizini svojeg doma. Tablicom 2. prikazane su verzije Bluetooth tehnologije, njihova maksimalna brzina te domet.

**Tablica 2.** Bluetooth tehnologija, maksimalna brzina i domet s obzirom na Bluetooth inačicu

Bluetooth verzija	Maksimalna brzina(Mbit/s)	Maksimalan domet(m)
3.0	25	10
4.0	25	60
5	50	240

Izvor: <https://repozitorij.etfos.hr/en/islandora/object/etfos%3A1651/datastream/PDF/view>

### 3.2.3. WIFI

Wi-Fi (eng. Wireless Fidelity) predstavlja tehnologiju bežičnog prijenosa podataka, za prijenos podataka upotrebljavaju se radio signali odnosno različiti spektar radio-frekvencijskog područja (okvirno 2,4 -5,0 GHz). WIFI je tehnologija za mrežnu komunikaciju između uređaja bazirana na IEEE 802.11 standardu. WIFI je našao primjenu u gotovo svim modernim uređajima današnjice počevši od računala, mobitela, printera i mnogih drugih. WIFI kompatibilni uređaji spajaju se na Internet putem WLAN-a i bežičnih pristupnih točaka. Unutar zatvorenog prostora doomet pristupne točke je dvadesetak metara, a to sve zavisi od prepreka odnosno zidova. Što se tiče dometa u otvorenom, on može biti par stotina metara odnosno nekoliko kilometara. Sve ovisi o optičkoj vidljivosti, kvaliteti i vrsti antene te broju pristupnih točaka. WIFI koristi frekvencije od 2.4 i 5 GHz gdje se frekvencija od 2.4 GHz najčešće koristi kod malih udaljenosti i spajanje mobitela na pristupnu točku. Frekvencija od 5GHz se koristi za spajanje pristupnih točaka koje se nalaze na većim udaljenostima. Jedna je od trenutno najkorištenijih tehnologija za mrežnu komunikaciju. Svaka WiFi mreža ima svoj SSID odnosno jedinstveni naziv. Također kod postavljanja mreže može se odabrati najpogodniji kanal odnosno kanal na kojemu će kvaliteta veze biti najbolja. Dvije najbitnije stvari u WIFI mreži su adapter i usmjerivači (eng. router). Adapteri omogućavaju uređajima spajanje na mrežu, a mogu biti spojeni preko USB, PCI ili neke druge podatkovne sabirnice. Usmjerivači koji su najčešće i pristupna točka omogućavaju izlaz na internet.“[33]

Budući da Wi-Fi tehnologija omogućava bežičan prijenos podataka, što je jedan od preduvjeta IoT tehnologije, jasno je kako su Wi-Fi i IoT tehnologija u potpunosti kompatibilne i kao takve pružaju korisnicima razne mogućnosti. Kako je ranije navedeno, primarni cilj IoT tehnologije je rješavanje problema na daljinu odnosno olakšavanje svakodnevnice korisnika. Kombinacija ovih dvaju tipova tehnologija jedna je od najboljih varijanti jer omogućava spajanje i upravljanje uređajima i strojevima bilo gdje i bilo kada gdje postoji pristupna točka odnosno pristup internetu. Važno je naglasiti kako je za pristup internetu nužno postojanje baznih stanica, ali budući da su telekomi odnosno tele-operateri svoje mreže baznih stanica proširili te je internet praktički dostupan u svakom kutku Zemlje, to više nije problem. Što se pak brzine interneta tiče, ona uvelike ovisi o mediju prijenosa odnosno vrsti kabela od kojih je mreža ISP-a (Internet Service Provider) izgrađena. Budući da se kao društvo nalazimo u vremenu evolucije i/ili revolucije što se tiče brzine prijenosa podataka (5G), kako bi zadržali korisnike ali i konkurentan položaj na tržištu, tele-operateri za medij prijenosa diljem RH

užurbano postavljaju optiku. Optički kablovi su osjetno skuplji a samim time i postavljanje optičke mreže zahtijeva velika financijska sredstva. Međutim, bez uvođenja optičkih kablova brzina prijenosa podataka neće omogućiti u potpunosti iskorištavanje punog potencijala IoT tehnologije. Također, trenutni IPv4 nije u mogućnosti generirati potreban broj jedinstvenih IP adresa, jer se svakom uređaju ili stroju pridružuje IP adresa koju samo on koristi za prijenos podataka na relaciji korisnik-uređaj ili uređaj-uređaj. Najznačajniji primjeri IoT tehnologije u kombinaciji s WiFi tehnologijom su tzv. „Pametni gradovi“, „Pametne tvornice“ i sl. Grad Songdo u Južnoj Koreji i luka Rotterdam su primjeri potpune integracije WiFi i IoT tehnologije, u realnom prostoru i vremenu. Slikom 13. prikazana je IoT platforma SAFETY4SEA implementirana u luci Rotterdam.



**Slika 13.** IoT platforma SAFETY4SEA u luci Rotterdam

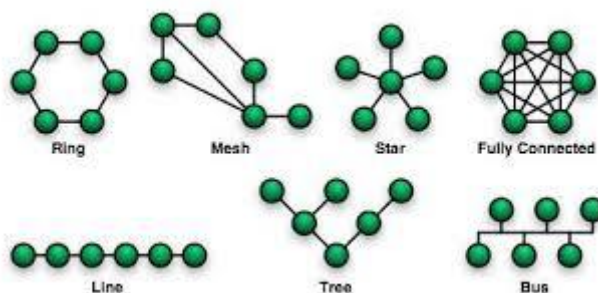
Izvor: [https://safety4sea.com/port-of-rotterdam-launches-iot-platform/?\\_\\_cf\\_chl\\_jschl\\_tk\\_\\_=5e6ecfbfc99e293d3fd6f500834bd6d00d68744b-1596105311-0-AbolMrPZqRVRwFrzghZMyeU7a5VdtZU\\_djm0Ercpxzv43SteNxcUsISQE0r1s7uMjRvtYTCeGn3NTBqDrgCMTDUMh1xHudM302Wv9vszrtFvR-eunfADgkeJHchYuTjEI--225hABpxEA9Twwg1112H50DUkNcmmI6M09xrTnsGVEpfpovWOGszi-nTrJDKEVFyfvGrmgfjdYoWU0YSilajkxa8HkOnQPilV2cungZMsOn7qACi6vre3ya0SuAFzNI2oKSFUipejmYkPC6aut0g1NtIR8fza2j9NFz77O2jMk7S09uh9FDE3LLVYTs3a-1t5UPVl6bywT31wuRY](https://safety4sea.com/port-of-rotterdam-launches-iot-platform/?__cf_chl_jschl_tk__=5e6ecfbfc99e293d3fd6f500834bd6d00d68744b-1596105311-0-AbolMrPZqRVRwFrzghZMyeU7a5VdtZU_djm0Ercpxzv43SteNxcUsISQE0r1s7uMjRvtYTCeGn3NTBqDrgCMTDUMh1xHudM302Wv9vszrtFvR-eunfADgkeJHchYuTjEI--225hABpxEA9Twwg1112H50DUkNcmmI6M09xrTnsGVEpfpovWOGszi-nTrJDKEVFyfvGrmgfjdYoWU0YSilajkxa8HkOnQPilV2cungZMsOn7qACi6vre3ya0SuAFzNI2oKSFUipejmYkPC6aut0g1NtIR8fza2j9NFz77O2jMk7S09uh9FDE3LLVYTs3a-1t5UPVl6bywT31wuRY)

### 3.2.4. ZigBee

ZigBee, u osnovi predstavlja bežični protokol koji radi prema standardu IEEE 802.15.4, te se temelji na bežičnoj mreži odnosno umrežavanju po principu „mesh“ mrežne topologije. „Mesh“ topologija je jedan od najčešće korištenih tipova odnosno topologija korištenih prilikom povezivanja većeg broja računala u LAN (Local Area Network) mrežu. U lokalnu mrežu mogu se povezati dva ili više računala pa sve do nekoliko stotina računala koja se nalaze na relativno malom području u okviru jedne zgrade ili više njih. Uz mesh topologiju postoje još i sljedeći tipovi topologije LAN mreža a to su:

- Linijska
- Prstenasta
- Zvezdasta
- Stablo
- Sabirnička

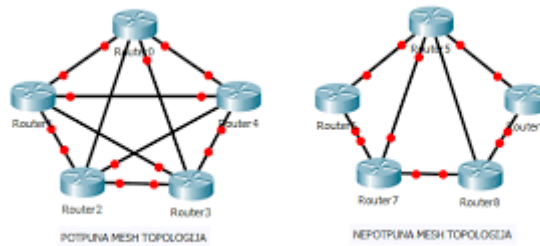
Najčešće korištena topologija mreže je „mesh“ topologija jer se njome osigurava veća robusnost mreže, fleksibilnost, sigurnost i visoka kvaliteta internetskog pristupa. „Mesh“ topologija se može podijeliti na potpunu i nepotpunu „mesh“ topologiju. ZigBee je cjelovito IoT rješenje odnosno univerzalni jezik koji koristi prednosti „mesh“ topologije za prijenos podataka između svih računala koji su dio neke LAN mreže, ali prema standardu 802.15.4. Na slikama 14. i 15. prikazane su moguće topologije LAN mreža, te potpuna i nepotpuna „mesh“ topologija.



**Slika 14.** Najznačajniji oblici topologije LAN mreže računala

Izvor: [http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/diplome/drad\\_kresimir\\_juric.pdf](http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/diplome/drad_kresimir_juric.pdf)





**Slika 15.** Prikaz potpune i nepotpune „mesh“ topologije

Izvor: <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1836/datastream/PDF/view>

„Protokol je nastao zbog potrebe umrežavanja uređaja kod kojih se razmjenjuje mala količina podataka, a aplikacije zahtijevaju veliku autonomiju uređaja, a samim time i veoma malu potrošnju energije. Ovaj protokol se najčešće koristi u mreži senzora kao što su senzori pokreta, senzori otvaranja vrata i prozora, senzori za detekciju dima i mnogi drugi. Sve češće ga se može susresti kao glavni komunikacijski protokol u sustavima pametnih kuća.

Po razini funkcionalnosti dijeli se na dvije osnovne klase uređaja, a to su FFD (eng. Fully Functional Device) i RFD (eng. Reduced Functional Device). FFD je potpuno funkcionalan uređaj i obično je spojen na stalni izvor napajanja te je energetska neovisan dok je RFD uređaj sa ograničenom funkcionalnošću i ima svoj vlastiti izvor napajanja, naprimjer baterije. Protokol definira uređaje po njihovoj funkciji. Tri glavne stavke u sustavu su koordinator, usmjerivač i uređaj. Koordinator dodjeljuje mrežne adrese i vodi brigu o komunikaciji između uređaja.

Usmjerivač služi za povećanje dometa mreži i mogućnost spajanja velikog broja uređaja u mrežu. Dok su uređaji obično senzori ili uređaji za kontrolu. Domet je od 10 do 100 metara. Brzina prijenosa 250 kbps. Arhitekturu ugrubo možemo podijeliti na 4 sloja, a to su fizički sloj, sloj za pristup mediju, mrežni i aplikacijski sloj. Fizički sloj aktivira i deaktivira predajnik, mjeri razinu energije signala i kvalitetu veze. Također vrši provjeru oslobođenosti i odabir kanala te šalje podatke.“[34]

### 3.2.5. NFC (Near field communication)

NFC (Near field communication) je još jedan tip bežične tehnologije koja se može kombinirati s IoT tehnologijom. Budući da se IoT tehnologija bazira na sensorima odnosno mikro čipovima kojima se podaci prenose između uređaja i korisnika i obrnuto, NFC je primjer komunikacijske tehnologije koja se koristi za prijenos male količine podataka na male udaljenosti. NFC čipovi danas se ugrađuju u pametne telefone i upravo iz tog ali inih drugih

razloga predstavljaju tehnologiju koja se koristi prilikom izrade IoT rješenja. Najčešća IoT rješenja kod kojih se primjenjuje NFC tehnologija su „Pametne kuće“. NFC u sklopu „Pametnih kuća“ se primjerice koristi kod otključavanja i zaključavanja kuće. Primjena NFC u japanskom javnom prijevozu prikazana je slikom 16.



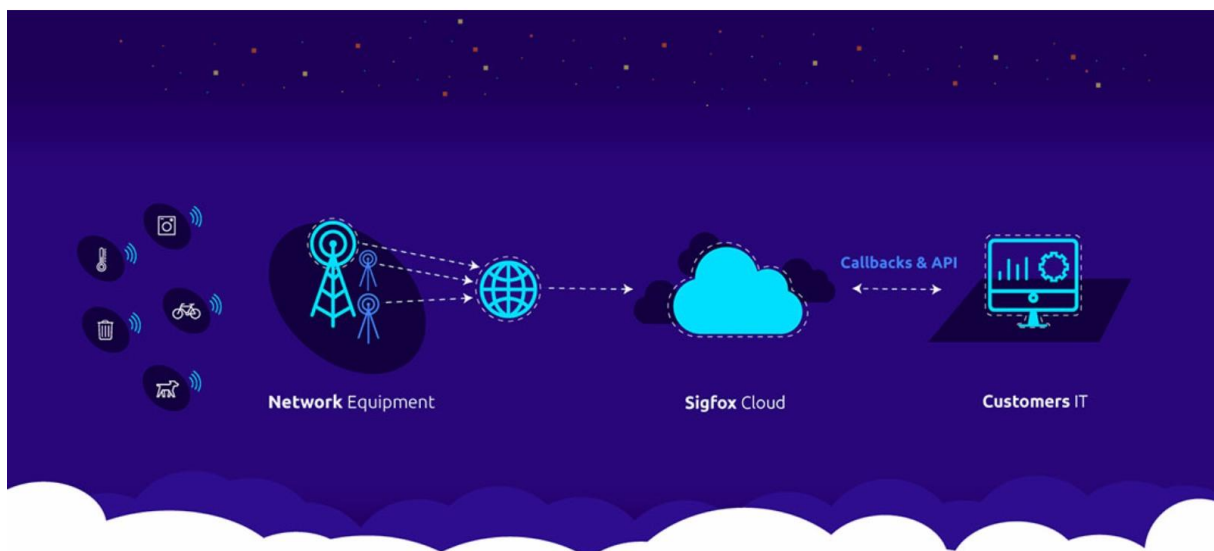
**Slika 16.** Primjena NFC tehnologije u Japanu

Izvor: <https://mob.hr/sto-je-i-kako-radi-nfc/>

### 3.2.6. Sigfox

Sigfox je francuski operater globalnog povezivanja odnosno umrežavanja uređaja koji troše male količine energije, nastao je kao „opozicija“ WiFi protokolu. Sigfox je osnovan 2010. godine , i od tada pa do danas prisutan je u preko 100 zemalja u svijetu. Tehnologija Sigfox-a se zasniva na širokom spektru senzora koji se mogu upotrebljavati u razne svrhe, te Sigfox cloud-a na kojem se pohranjuju i obrađuju podaci dobiveni od uređaja koji su priključeni na njihovu mrežu. Za korištenje Sigfox mreže nije potrebna licenca niti neka posebna dozvola,

jedini uvjet je da se koriste senzori i čipovi koji se nalaze u Sigfox-ovo bazi podataka na cloud-u. „Sigfox – alternativa širokopojasnim mrežama, svojim opsegom nalazi se između WIFI i mobilnih mreža i koriste ISM frekvencije koje su namijenjene u industrijske, znanstvene i medicinske svrhe u telekomunikacijama. Imaju veoma ograničen frekvencijski spektar te za njihovo korištenje nije potrebno imati nikakve dozvole i licence. Nastala je kao alternativna tehnologija WIFI tehnologiji koja ima relativno kratak domet, a s druge strane komunikacija putem mobilnim mreža je veoma skupa i troši puno energije. Sigfox koristi takozvanu Ultra narrow Band tehnologiju čija potrošnja iznosi 50 uW za razliku od primjerice mobilnih mreža koje troše 5000uW i omogućava gotovo stotinu puta veću autonomiju nego komunikacija putem mobilnih mreža. U nenaseljenom području ima domet od 30-50 km, dok se u naseljenom područja može ostvariti domet od 3-10 km. Brzina prijenosa podataka kreće se u rasponu od 10-1000bps. U Europi se koriste frekvencije od 868.0 do 868.6 Mhz.“[35] Struktura i elementi Sigfox mreže prikazani su slikom 17.



**Slika 17.** Princip rada Sigfox mreže

Izvor: <https://build.sigfox.com/sigfox>

### 3.3. Tehnologija „Internet stvari“- „Pametne palete“

Simultani ali i ubrzani razvoj inovativnih tehnologija, u svim sferama ljudskog života i svakodnevnice, manifestira se u obliku novih mogućnosti koje olakšavaju i rješavaju probleme s kojima se današnje društvo suočava. Neke od najznačajnijih mogućnosti, koje pruža IoT tehnologija, su „Pametni gradovi“, „Pametne kuće“, „Pametne luke“ ali i „Pametne palete“. „Pametne palete“ su jednostavan primjer kako sinergija inovativne tehnologije i klasičnog sustava imaju posve opravdani razlog zbog kojih je količina takvih kombinacija u ekstremnom porastu, pa se tako očekuje da će do kraja 2020. godine biti 50 milijuna stvari odnosno uređaja i strojeva koji će komunicirati međusobno.

Izazovi s kojima se suočavaju današnji distribucijski sustavi ali i opskrbni lanci u cjelini generiraju potrebu odnosno potražnju za unapređivanjem postojećih sustava i lanaca opskrbe. Unapređivanje postojećih distribucijskih sustava i opskrbnih lanaca jedino je moguće uz implementaciju IoT rješenja. IoT rješenja minimiziraju probleme i/ili ih u potpunosti eliminiraju, na taj način podižu razinu kvalitete usluga za krajnjeg korisnika, uz istovremeno povećanu fluidnost informacija i smanjenje troškova te povećanu razinu zaštite okoliša.

Budući da je poznato kako je pravovremena reakcija u direktnoj korelaciji sa primitkom pravovremene informacije, akcije kao i reakcije koje će menadžment kompanija poduzeti direktno utječu na poslovne rezultate, konkurentnost, položaj na tržištu ali i na pouzdanost i način na koji kompanije doživljavaju dobavljači ali i krajnji korisnici njihovih usluga. Zahtjevi korisnika postaju sve složeniji i pred logističke kompanije i subjekte u opskrbnim lancima postavljaju izazove s kojima se oni suočavaju na različite načine.

Ukoliko se pogleda situacija na tržištu logističkih usluga jasno se može vidjeti da se tržište nalazi u rasutom stanju bez koherentnosti i povezanosti između subjekata koji posluju na tržištu logističkih usluga na području RH. Tržište se sastoji od nekoliko velikih distributera i logističkih operatera koji nisu direktno povezani s malim distributerima i logističkim operaterima.

„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 unapređuje 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, Zavoda za transportnu logistiku, Fakulteta prometnih znanosti. Analizom tržišta Republike Hrvatske uočio se nedostatak primjene inovativnih rješenja na tržištu logističkih usluga, a 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,
- protočnosti 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 na paletne jedinice te ponuditi aplikaciju korisnicima.

Primjenom SPIoT platforme može se pratiti:

- položaj i kretanje paleta,
- temperatura neposredne okoline u kojoj se paleta nalazi,
- opterećenje, stanje, eventualni udar ili pad paleta.“ [36]

### 3.3.1. Razvoj SPIoT platforme

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 doseg 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.

Projekt je rezultat suradnje između profesora i studenata Fakulteta prometni znanosti, projekt SPIoT platforme realizira se kroz četiri faze. U prvoj fazi definirao se sve izraženiji problem na tržištu logističkih usluga u RH, kroz prijašnje projekte ali i iskustvo mentora projekta, studenti dolaze do ideje o izradi „Pametnih paleta“. U sklopu druge faze, provode se istraživanje tržišta s aspekta obujma paletnog „bazena“ u RH odnosno postotka oštećenih, izgubljenih paleta. U trećoj fazi se definira koncept te oprema i uređaji potrebni za izradu SPIoT platforme tj. pristupa se izradi financijske konstrukcije te poslovnog plana. Razvoj SPIoT platforme, predstavlja četvrtu fazu koja rezultira realizacijom projekta u fizičkom obliku. Implementacija i testiranje SPIoT platforme u realnom sektoru te rekonstrukcija platforme prema rezultatima testiranja predstavlja završnu fazu projekta SPIoT platforme. Razvoju SPIoT platforme pristupa se iz sljedećih razloga:

Pametne palete karakterizira široki spektar prednosti za korisnike, a neke od prednosti su:[37]

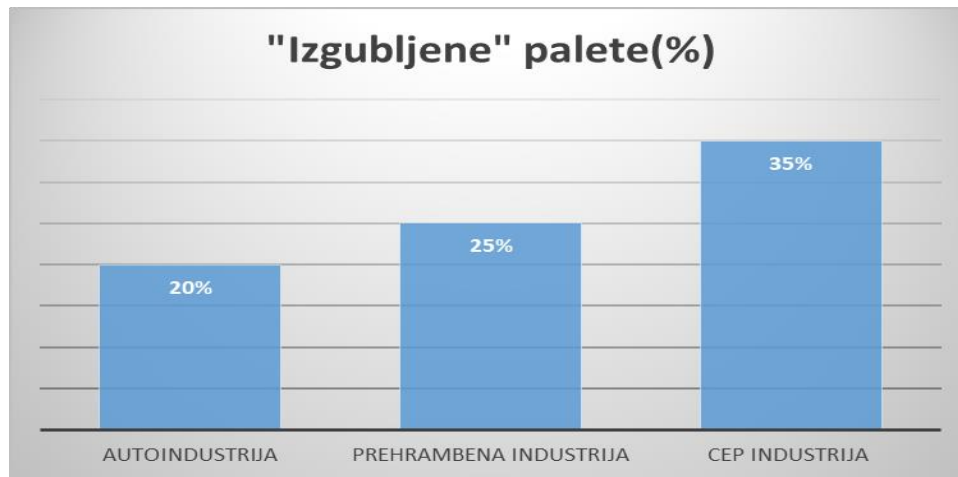
- informacija o trenutnoj lokaciji paletne jedinice,
- mogućnost kontrole ispunjavanja ugovorenih obaveza od strane logističkog operatera,
- značajna ušteda financijskih resursa,

- potpora konceptu zelene logistike smanjenjem otpadnih paletnih jedinica,
- podizanje razine kvalitete usluge logističkog operatera.

Informacije o trenutnoj lokaciji paletnih jedinica za korisnike predstavlja ključan 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 logističkog 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, oštećenje te krađa paletnih jedinica problemi su koji bi se primjenom pametnih paleta eliminirali. Paletne jedinice cirkuliraju kroz opskrbni lanac, a neplanirani gubitak, oštećenje 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. Slikom 18. prikazan je grafikon postotaka „izgubljenih“ paleta u prehrambenoj, autoindustriji i sektoru CEP industrije (Courier, Express and Parcel). Pod CEP industrijom misli se na poštanske, kurirske te usluge e-trgovine. Usluge e-trgovine su najbrže rastući sektor CEP industrije.

Iz grafikona se može dati zaključak 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 18.** Udio „izgubljenih“ paleta u autoindustriji, prehrambenoj i sektoru CEP industrije (Courier, Express and Parcel)

Izvor: SPIoT platforma Zaba

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 80,00 kn tada mjesečni troškovi za nabavu novih paletnih jedinica iznose 31.280,00 kn. Na godišnjoj razini tvrtka izgubi približno 4692 paletne jedinice što za tvrtku predstavlja trošak u iznosu od 375.360,00 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.“[38]

### 3.3.2. Hardversko i softversko rješenje SPIoT platforme

SPIoT platforma sastoji se od dva temeljna elementa odnosno sloja koji čine jednu smislenu cjelinu, platforma SPIoT se sastoji od hardverskog i softverskog dijela odnosno skupine elemenata od kojih su ta dva dijela napravljena. Hardversko rješenje sastoji se od senzora odnosno transpondera koji može istovremeno slati i primati signale tj. transponder



može slati podatke na mrežu i primiti podatke iz Sigfox-vog cloud-a. Transponder uz pomoć mikro senzora može odrediti lokaciju palete, stanje robe na paleti odnosno temperaturni režim u kojem se roba prevozi ili skladišti te mjeriti frekvenciju oko robe odnosno vibracije kojima je roba podvrgnuta.

S obzirom na to potrebno je napomenuti kako se hardversko rješenje prodaje u online trgovini Sigfox-ih partnera, na taj način se ostvaruje pristup Sigfox-om cloud-u bez potrebe za dodatnim troškovima koji su vezani za samu infrastrukturu. Tijekom evaluacije unaprijed definiranih ciljeva, odabire se X senzor, a njegove specifikacije prikazane su tablicom 3.

**Tablica 3.** Tehničke specifikacije senzora korištenog prilikom izrade SPIoT platforme

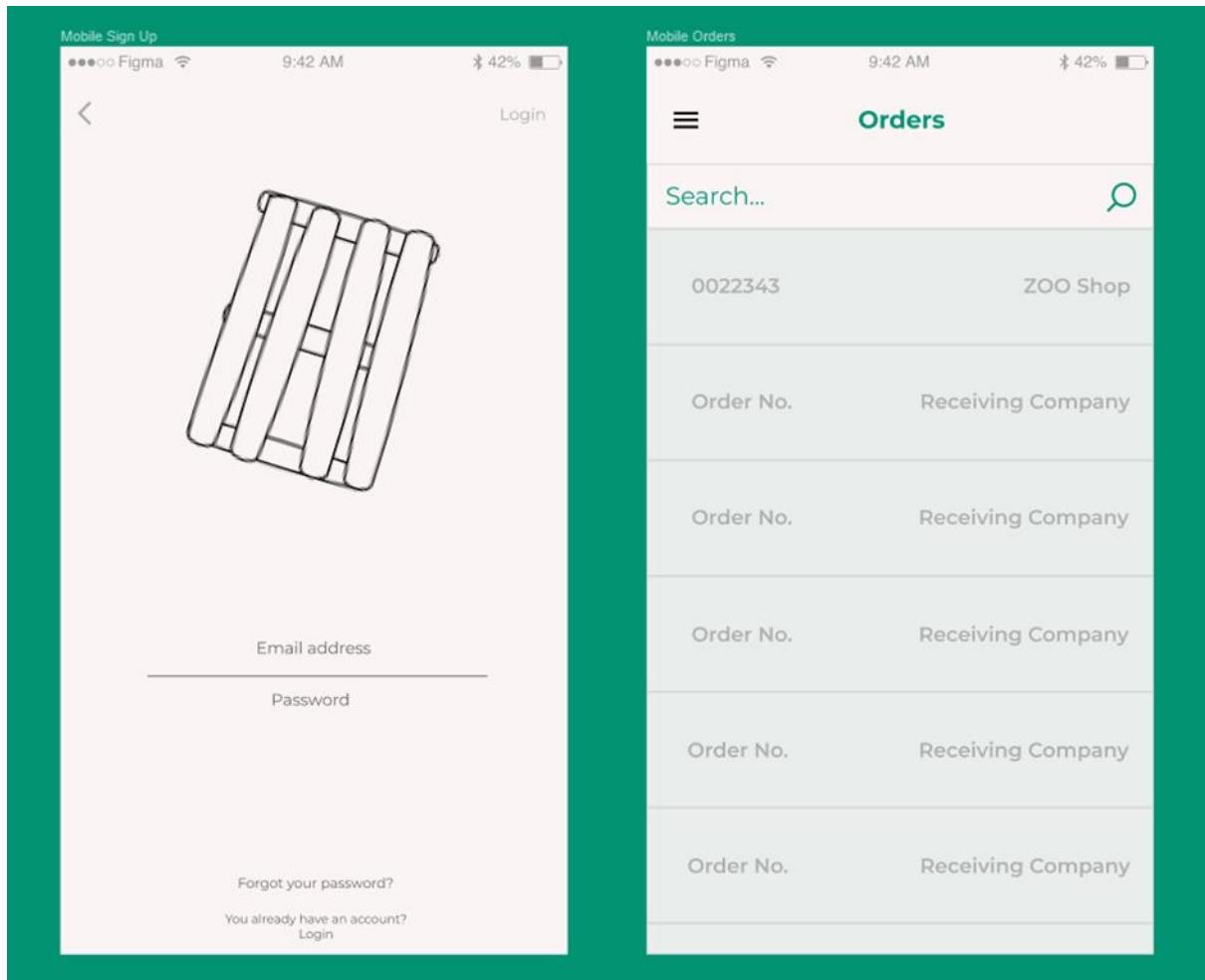
X senzor	
<b>Masa:</b>	25,4g(bez baterije)
<b>Dimenzije:</b>	D: 92mm; Š: 35mm; V:26mm
<b>Baterija:</b>	2 x AA litij / litij / punjivi litij
<b>Radna temperatura:</b>	-30°C to +85°C
<b>Ulaz VCC:</b>	Od 2.2 V do 5.5 V
<b>Potrošnja energije:</b>	Spavanje: 18uA Trčanje: 15mA Prijenos: 75 mA (~ 6 sec) ETSI, 180 mA (~ 2 sec) ETSI
<b>Vijek trajanja baterije:</b>	3 godine
<b>Senzori:</b>	Temperatura; brzinomjer; (Izborno: GPS, vanjski senzor temperature)
<b>Povezivanje:</b>	SigFox or NB-IoT
<b>Protokoli za povezivanje:</b>	Sigfox ETSI/Sigfox FCC
<b>Cijena senzora:</b>	292,74/kom

Izvor: Izradio autor prema projektnoj dokumentaciji

Platforma SPIoT, uz hardversko, nudi i softversko rješenje doneseno kroz mobilnu i desktop aplikaciju. Aplikacije se izdvajaju po dizajnu i jednostavnosti korištenja korisničkog sučelja. Kako bi aplikacija bila u korak s trenutnim trendom ali i konkurentna na tržištu aplikacija, aplikacija je dostupna u mobilnoj i desktop varijanti.

Mobilna aplikacija instalira se na mobilne uređaje vozača, vozači se prijavljuju putem korisničkog imena i lozinke. Kako bi se preventivno moglo reagirati, u slučaju da vozač zaboravi korisničko ime ili lozinku, omogućena je prijava putem unosa broja mobitela odnosno koda koji se šalje na mobilni uređaj vozača nakon što vozač odabere tu opciju prijave. Važno je napomenuti, kako je ovakav način prijave omogućen samo za mobitele u vlasništvu kompanije tj. pametne telefone koji su registrirani u bazi podataka koja je u vlasništvu i pod kontrolom kompanije odnosno menadžmenta. U sklopu mobilne aplikacije, vozač može vidjeti

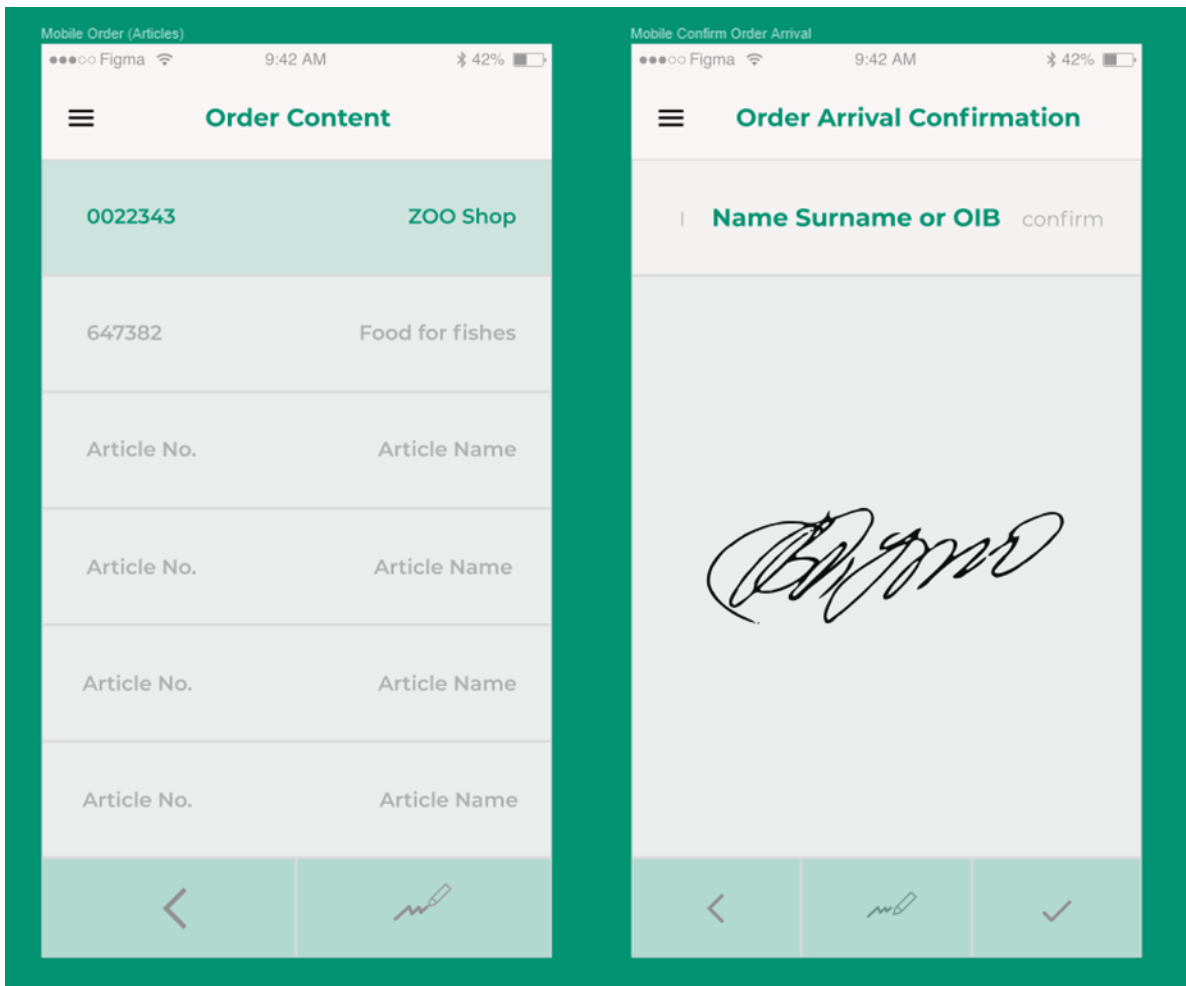
lokaciju robe, temperaturu, stanje te moguća oštećenja robe prilikom transporta. Slikama 19. i 20. prikazano je sučelje aplikacije i podaci o robi kao što su lokacija robe, temperaturni režim u kojem se roba nalazi, stanje robe i vibracije kojima je roba podvrgnuta prilikom transporta.



**Slika 19.** Sučelje mobilne aplikacije SPIoT platforme

Izvor: Izradio autor prema projektnoj dokumentaciji

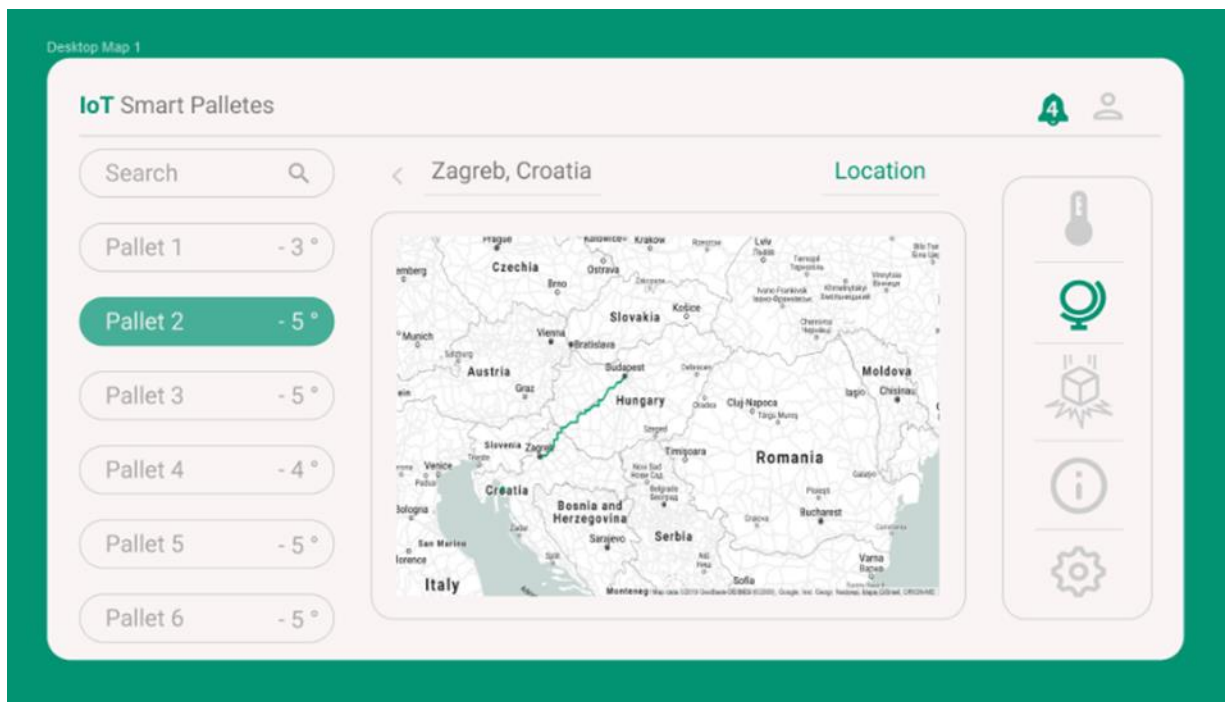
Na slici 23. prikazano je sučelje gdje vozač unosi podatke za prijavu, mail adresu i lozinku, te pretraživač narudžbi koje su zaprimljene u WMS-u (Warehouse Management System) kompanije. Na slici 24. prikazano je sučelje aplikacije koje nas vodi do stavka „Potvrda i Zaprimanje narudžbi“. Ukoliko svi podaci koji se nalaze u bazi podataka odgovaraju stvarnom stanju, vozač prihvaća narudžbu tj. robu i potpisuje se uz pomoć digitalnog potpisa, putem aplikacije.



**Slika 20.** Sučelje mobilne aplikacije SPIoT platforme-„Potvrda i Zaprimanje narudžbe“

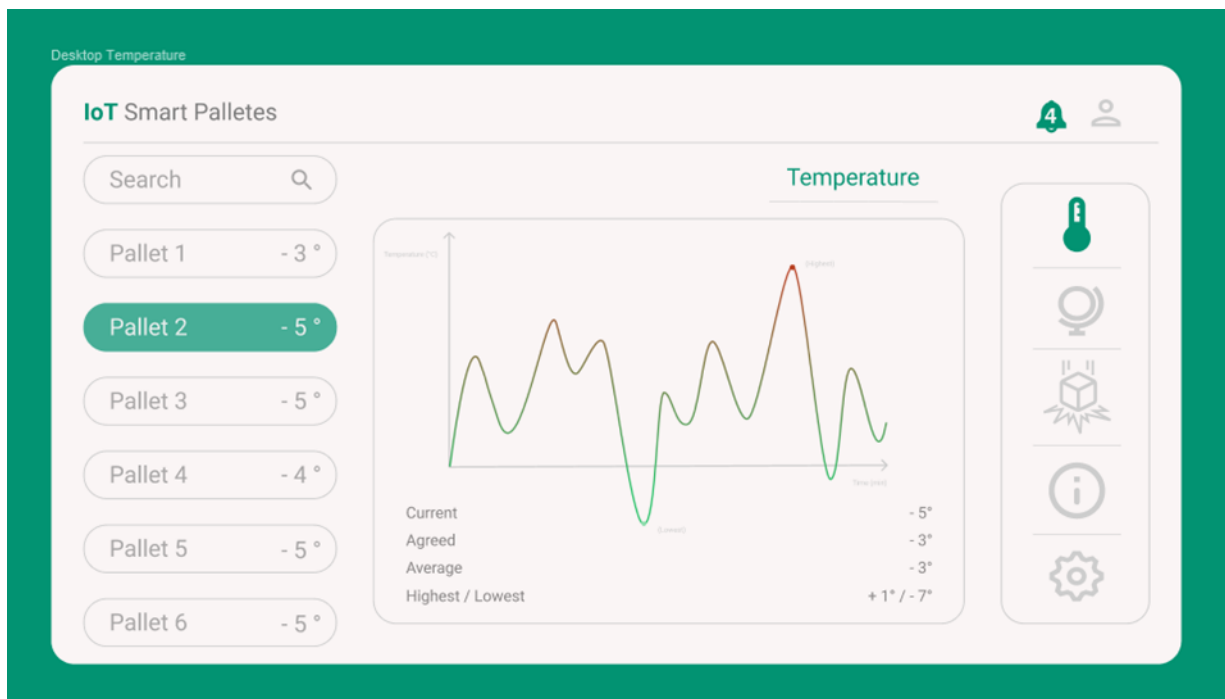
Izvor: Izradio autor prema projektnoj dokumentaciji

Kada je pak riječ o desktop aplikaciji, postupak prijave je identičan kao i u slučaju mobilne aplikacije, putem sučelja desktop aplikacije, korisniku su dostupne informacije o lokaciji temperaturi, oštećenjima odnosno stanju robe. Slikom 21. i 22. prikazano je sučelje desktop aplikacije gdje su korisniku dostupne informacije o lokaciji palete i temperaturnom režimu u kojem se roba nalazi.



**Slika 21.** Prikaz lokacije robe preko sučelja desktop aplikacije SPIoT platforme

Izvor: Izradio autor prema projektnoj dokumentaciji



**Slika 22.** Prikaz sučelja desktop aplikacije SPIoT platforme-stavak „Temperatura“

Izvor: Izradio autor prema projektnoj dokumentaciji

Na isti način tj. kroz isti tip sučelja korisniku su dostupne informacije o robi, vibracijama i stanju robe prilikom transporta. „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.“ [39]. Dakako, putem aplikacije moguće je doći do generalnih informacija o robi i prijevozniku.

Implementacija senzora, RFID oznaka na paletu predstavlja konstrukcijsko rješenje, pozicija odnosno položaj senzora i/ili RFID oznaka ovisi o tipu IoT tehnologije koja se primjenjuje tj. ukoliko se primjenjuje NFC tehnologija potrebno je osigurati jednostavan i lak pristup skladišnom radniku koji uz pomoć čitača očitava oznaku. Ako je riječ o sensorima odnosno kit-u tj. skupu senzora koji su povezani u zajedničko kućište tada treba voditi računa o tipu viličara i regala koji kompanija koristi u skladišno-transportnim procesima. S aspekta implementacije IoT tehnologije na paletu, RFID oznake su najjednostavnije, RFID oznaka se postavlja odnosno zalijepi na prednju stranu kocke palete te je time omogućen lak pristup skladišnom radniku i jednostavno očitavanje oznake. Slikom 23. prikazana je „Pametna paleta“ kompanije RM2 koja implementira IoT tehnologiju odnosno RFID oznake na paletu.



**Slika 23.** RM2 „Pametna paleta“ s RFID oznakom

Izvor: <https://rm2.com/reach-sustainability-goals-on-the-rm2-iot-smart-pallet/>

Međutim, implementacija RFID oznaka zahtjeva značajna financijska ulaganja u infrastrukturu dok za implementaciju senzora odnosno kitova, u palete, nisu potrebna značajna financijska ulaganja već uobičajena Wi-Fi tehnologija. Implementacija kitova odnosno skupa senzora koji imaju zajedničko kućište, predstavlja konstrukcijsko rješenje, budući da kit potrebno ugraditi u paletu, u većini slučajeva kućište sa sensorima ugrađuje se u središnju

dasku ili prednju kocku palete, ovisno o dimenzijama samog kućišta. Slikama 24. i 25. prikazane su moguće izvedbe odnosno načini ugradnje senzora u palete.



**Slika 24.** T-Mobile kit ugrađen u prednju kocku palete

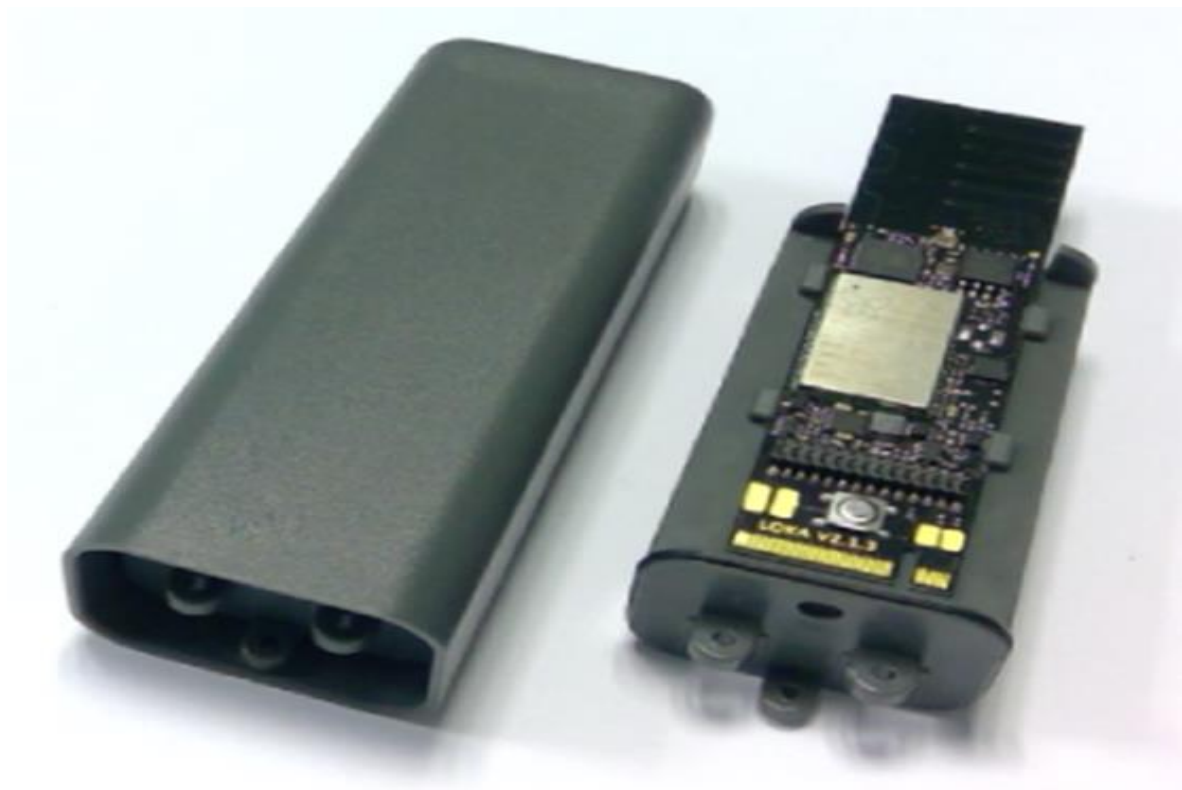
Izvor: <https://www.worldofmaterialhandling.com/en/future-of-music/Smart-pallet/>



**Slika 25.** Senzori su ugrađeni u središnju dasku palete

Izvor: <https://www.ennomotive.com/iot-smart-pallets/>

U slučaju SPIoT platforme senzori odnosno kit se ugrađuje u središnju dasku palete, s gornje strane. Dimenzije kućišta kita su 25x24mm, a središnja daska palete ima dimenzije 145x1200mm, što je sasvim dovoljno prostora za ugradnju senzora odnosno kita u paletu. Kit se sastoji od senzora za temperaturu, vibracije te senzora za određivanje lokacije palete odnosno GPS-a. Kućište sa sensorima, koje se ugrađuje u SPIoT paletu prikazano je slikom 26.



**Slika 26.** Senzori SPIoT platforme

Izvor: <https://solutionbook.io/product/loka-primis/>

U kućište koje se nalazi na SPIoT platformi ugrađen je senzor koji osigurava povezivanje SPIoT „Pametne palete“ sa oblakom odnosno bazom podataka koja se nalazi na SigFox mreži odnosno serveru uz pomoć Wi-Fi tehnologije. Nadalje, u sklopu kita odnosno kućišta nalaze se i senzori za bluetooth komunikaciju, u slučaju da je prijenos podataka Wi-Fi tehnologijom onemogućen.

### 3.4. Arhitektura mobilne i web aplikacije SPIoT platforme

„Moderan život“ odnosno današnja svakodnevnica, svoju prekretnicu započinje 2007. godine patentom odnosno izumom android sustava tj. tzv. „Pametnih telefona“. Razvojem android sustava mobitelima se omogućuje pristup internetu tj. mobiteli postaju minijaturna računala. Istovremeno, računalnu tehnologiju zahvaća val otkrića te inovacija u proizvodnji mikročipova i mikroprocesora te se računalima povećava memorija, kroz višejezgrene procesore čime se postižu bolje performanse i radni obujam računala. Razvoj računala i „Pametni telefona“, omogućio je progresivan razvoj IT sektora, samim tim i širokog spektra aplikacija raznovrsne namjene. Poboljšana odnosno unaprijedovala računalna i/ili mobilna tehnologija predstavljaju ključni segment za razvoj i implementaciju inovativnih IoT tehnologija u realni sektor.

Budući da je glavni preduvjet za razvoj IoT tehnologija konačno zadovoljen, prelazi se na sljedeći fazu razvoja tehnologija, kako bi se širok spektar problema, procesa pojednostavnio, pojeftinio dok se bi razina kvalitete proizvoda ili usluge povećala. Zbog ranije navedenih razloga odnosno pojednostavljenja, racionalizacije te smanjenja vremena trajanja procesa i simultanog povećanja razine kvalitete proizvoda, na palete se postavljaju senzori, RIFD oznake i sl.

U sklopu projekta Fakulteta prometnih znanosti, sinergijom između profesora i studenta za potrebe projekta izrađeno je idejno rješenje SPIoT platforma te web i mobilna aplikacija SPIoT platforme. Sučelje i funkcije su identične na oba tipa aplikacija, ali postoje razlike u izradi odnosno arhitekturi aplikacija. U slučaju SPIoT platforme, mobilna aplikacija izrađena je za potrebe vozača i potencijalnih korisnika odnosno radi ostvarivanja mogućnosti praćenja, nadzora i kontrole, u realnom vremenu, neovisno o trenutnoj lokaciji potencijalnih korisnika platforme i/ili robe. S druge strane web aplikacija je izrađena zbog sigurnijeg i lakšeg pristupa djelatnika kompanije, te mogućnosti pravovremene i odgovarajuće reakcije odnosno rješenja problema.

Iako aplikacije imaju identično sučelje, funkcije, dizajn, riječ je o potpuno dva različita i neovisna proizvoda, osnovna razlika između ove dvije aplikacije je to što mobilna aplikacija ne zahtjeva aktivnu vezu odnosno internetski pristup već se podaci mogu pregledavati kroz povijest zabilježenih rezultata. Nasuprot tome web aplikacije zahtijevaju aktivni pristup internetu, te podatke nije moguće pregledavati bez pristupa internetu.



Sljedeća bitna razlika između web i mobilnih aplikacija je u načinu njihove izrade, primjerice web aplikacije se najčešće izrađuju uz pomoć JavaScript-a, CSS-a ili HTML-a odnosno programskih jezika namijenjenih za razvoj aplikacija, raznovrsnih programa i sl. S druge strane, mobilne aplikacije izrađuju pomoću određenih jezika i IDE, ovisno namjeni platforme za koju se aplikacija izrađuje. Međutim, razvoj mobilnih aplikacija je skuplji te kompliciraniji zbog toga što se mobilne aplikacije rade „iz nule“, dok se za izradu web aplikacija programeri koriste predlošcima tj. kodovima već postojećih aplikacija. Sve aplikacije odnosno većina njih, napisane su tzv. „otvorenim kodom“ što u konačnici znači da programeri mogu pri razvoju aplikacija koristiti već napisan kod te ga po potrebi mijenjati. Iako su mobilne aplikacije ustvari skuplja verzija web aplikacije, mobilne aplikacije su brže i omogućuju simultani rad s većim brojem operacija.

Arhitektura mobilnih i web aplikacija temelji se na troslojnoj arhitekturi, arhitektura aplikacija sastoji se od tri sloja odnosno layer-a, a slojevi su:

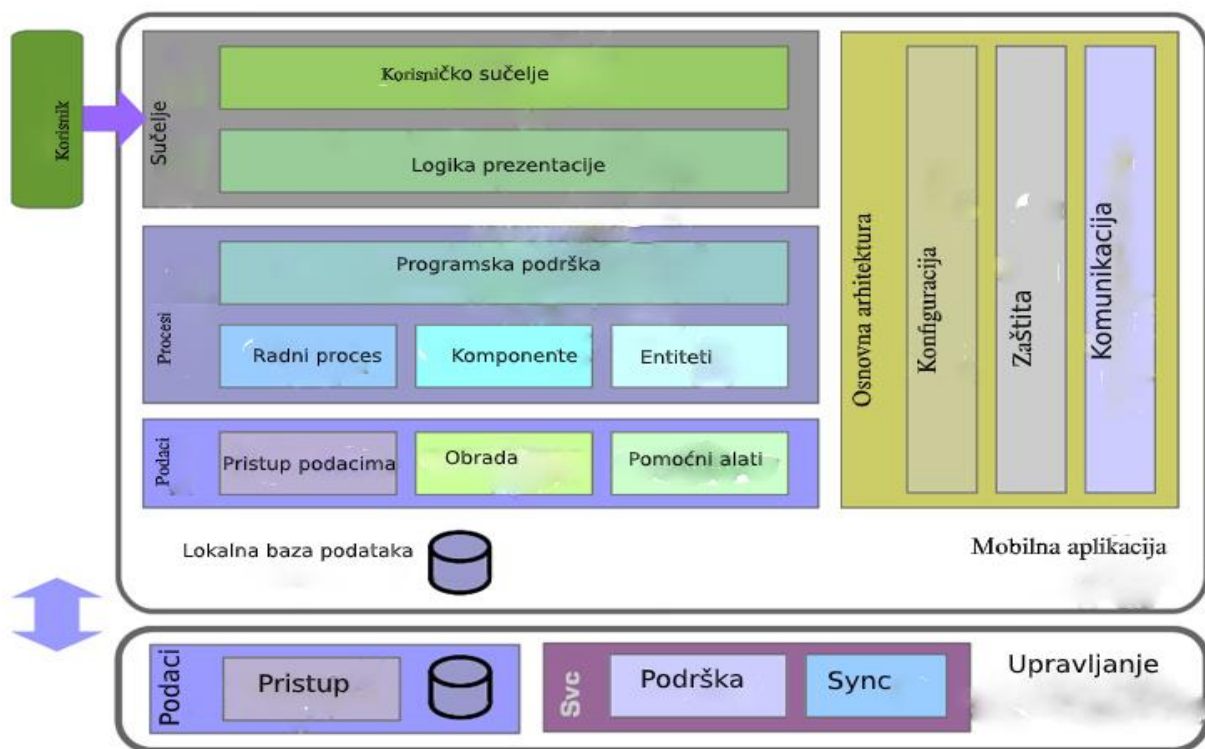
- Korisničko sučelje i prezentacija
- Programska podrška (primanje i obrada podataka tj. informacija)
- Memorija i podrška za slanje podataka tj. informacija

Mobilne aplikacije su gotovo identične softverima na računalima tj. mobilne aplikacije su „replike“ računalnih softvera implementirane na android platformu. Međutim, razvojem IT tehnologija ovakav pristup se rijetko koristi, već programeri mobilne aplikacije odnosno platforme razvijaju ispočetka. Na primjer, mobilna aplikacija koja koristi GPS koordinate za određivanje trenutne lokacije ljudi, robe, ne podržava niti jedan ranije napisan kod već zahtjeva od programera kompletnu strukturu koda jer određivanje lokacije odnosno lokacija ljudi, robe i sl. nikad nije ista. Također, mobilne aplikacije su programirane za samo jednu vrstu platforme i nisu kompatibilne s infrastrukturom drugih platformi. Mobilne aplikacije se dijele na:

- Izvorne
- Hibridne aplikacije
- Hibridne aplikacije s više platformi

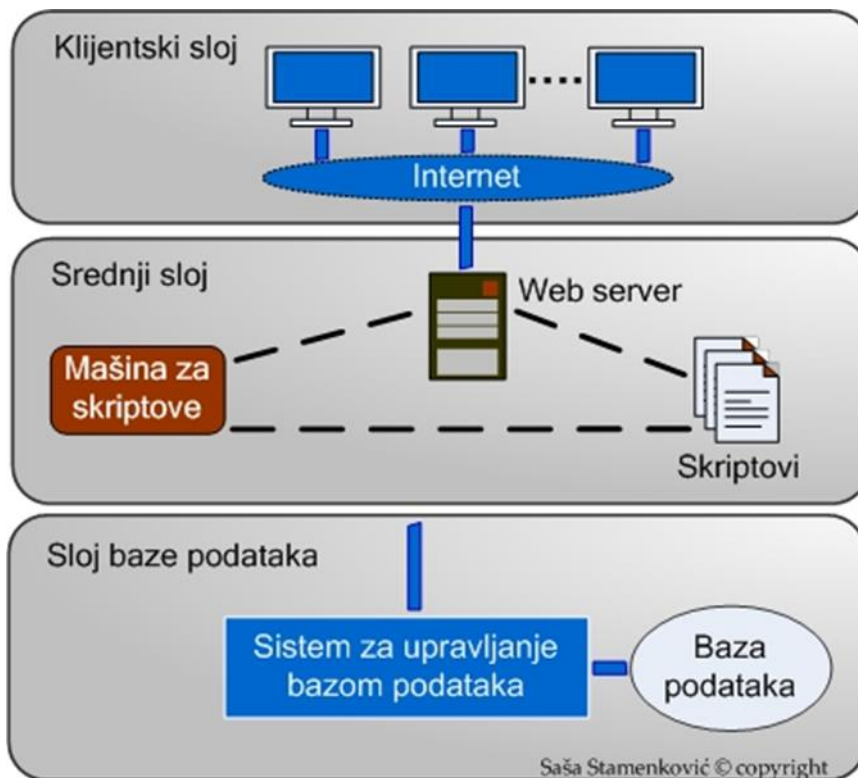
Izvorne aplikacije su razvijene isključivo za određeni operativni sustav mobilnih uređaja, aplikacije su „izvorne“ za određenu platformu ili uređaj. Izvorne aplikacije su dostupne korisnicima na točno određenim web lokacijama tj. izvorne aplikacije koristi ciljana skupina korisnika. S financijskog aspekta, troškovi planiranja, projektiranja, dizajna i izrade su višestruko veći, veći troškovi razvoja te izrade rezultiraju većom cijenom u odnosu na druge tipove mobilnih aplikacija.

Hibridne aplikacije se izrađuju pomoću multiplatformske web tehnologije(npr. JavaScript, HTML-a i sl.), hibridnim aplikacijama kombiniraju se prednosti i nedostaci izvornih te web aplikacija. Nadalje, hibridne multiplatformske aplikacije, su kompatibilne s više platformi zbog čega su pogodnije za razvoj. Unificirana struktura arhitekture multiplatformskih aplikacija garantira jednostavno održavanje i ažuriranje učenja, funkcija, podataka i dr. Slikama 27. i 28. prikazane su arhitekture mobilne te web aplikacije.



Slika 27. Arhitektura mobilne aplikacije

Izvor: <https://www.slideshare.net/hassandar18/architecture-of-mobile-software-applications>



**Slika 28.** Prikaz arhitekture web aplikacije

Izvor: <http://www.sasastamenkovic.com/infrastruktura-za-elektronsko-uenje/e-n-poslovanje-i-baze-podataka/>

## 4. Komparacija rješenja „Pametne palete“ u svijetu

Vizije i ciljevi kompanija u sektoru logističke industrije ali i raznim drugim sektorima ne razlikuju se u velikoj mjeri jer kompanije žele poslovati profitabilno odnosno ostvarivati dobit uz istovremeno povećavanje poslovnih prihoda. Također, kompanije imaju za cilj da svojim proizvodima i uslugama zadrže postojeće klijente i pridobiju nove potencijalne klijente, kompanije na taj način šire tržišta na kojima plasiraju svoje proizvode i usluge. Budući da proširivanje tržišta tj. ulazak na nova tržišta zahtjeva enormne količine ulaganja, kompanije žele povećati prihode, zadržati ili osigurati konkurentan položaj na tržištu. Konkurentnost u poslovnom svijetu ponekad znači više od samih prihoda koje su kompanije ostvarile u toj poslovnoj godini, prije svega potrebno je naglasiti da prihodi dolaze od konkurentnosti, pouzdanosti i povjerenja krajnjih korisnika u kompanije i njihove proizvode i usluge.

Konkurentnost, pojam koji pred kompanije postavlja nove izazove moguće je ostvariti ukoliko kompanije doista idu u korak s vremenom i prate, te transformiraju svoje poslovanje prema sadašnjim i budućim trendovima na globalnom logističkom tržištu. Trendovi budućnosti ogledaju se u primjeni inovativnih tehnologija odnosno IoT tehnologija u poslovanju kompanija odnosno realnom sektoru. Stabilnim i financijski opravdanim ulaganjima u modernizaciju i digitalizaciju poslovanja, uvođenjem IoT tehnologije odnosno rješenja u poslovanje, kompanije osiguravaju ispunjenje svojih vizija i ciljeva.

### 4.1. IoT rješenja u svijetu

Mnoge kompanije u svijetu, laganim koracima uvode tj. implementiraju IoT rješenja u svoje poslovanje, te se na taj način pripremaju za „Digitalnu eru“ odnosno eru u kojoj i poslije koje više ništa neće biti isto. Upravo iz tih i inih razloga kompanije ulažu enormna financijska sredstva i užurbano rade na razvoju i proizvodnji IoT rješenja. Upotrebom IoT rješenja dolazi do značajnih ušteda resursa kompanije, povećanja sigurnosti procesa ali i produktivnosti radnika odnosno distribucijskog sustava i opskrbnog lanca u cjelini. Kompanije koje su implementirale neki oblik IoT tehnologije, u svoje poslovanje su:

- DHL(Dalsey, Hillblom and Lynn International GmbH)
- Toyota(Toyota Motor Corporation)
- IBM(International Business Machines Corporation)

- Visa(Visa International Company)
- BASF(Badische Anilin & Soda-Fabrik)

### DHL (Dalsey, Hillblom and Lynn International GmbH)

Dalsey, Hillblom and Lynn International GmbH ( u daljnjem tekstu DHL) je njemačka kurirska kompanija koja ima globalnu mrežu te je ujedno i jedan od globalnih integratora na tržištu, jednako kao i UPS, FedEx i drugi. Kompanija DHL, unutar svojih terminala koristi razne inovativne tehnologije kao što su „Pametne palete“, „Pametne palete“ koje DHL koristi razvijene su od strane kompanije RM2.

„Pametne palete“ koje je DHL implementirao u svoje skladišne i transportne procese su opremljene RFID oznakama, te uz pomoć tih oznaka oni dolaze do informacija o trenutnoj lokaciji paleta, temperaturi i stanju u kojem se roba nalazi. „Pametne palete“ koje koristi DHL u svojim terminalima, prikazane su slikom 29.



**Slika 29.** „Pametne palete“ u DHL-vom terminalu

Izvor: <https://www.supplychaindigital.com/company/rm2-iot-smart-pallet-unlocking-supply-chain-visibility>

Međutim, kompanija DHL se nije zaustavila samo na tom obliku IoT tehnologije, već je svoje terminale u potpunosti opremila s visoko sofisticiranom WiFi opremom, te su u svojim terminalima implementirali tehnologije proširene stvarnosti odnosno AR (Augmented reality) tehnologije. Također, DHL svojim korisnicima, u nekim područjima dostavlja pakete uz pomoć dronova a planiraju napraviti i dostavu paketa uz pomoć mreže kioska. S obzirom na

navedeno, DHL nastoji zadržati položaj lidera na tržištu, implementirajući gotovo sve oblike inovativnih tehnologija koje su dostupne u nekoj mjeri na globalnom tržištu, te ih dodatno razvija i prilagođava zahtjevima koji se pred kompanijom nalaze. Slikom 30. prikazano je DHL skladište koje je u potpunosti opremljeno IoT tehnologijom i kao takvo pripremljeno je za implementaciju AR tehnologije.



**Slika 30.** Terminal DHL opremljen IoT tehnologijom(WiFi tehnologija)

Izvor: <https://discover.dhl.com/content/dam/dhl/downloads/interim/full/dhl-trend-report-internet-of-things.pdf>

### Toyota(Toyota Advanced Logistics)

Toyota Advanced Logistics (u daljnjem tekstu TAL) je japanska kompanija koja se primarno bavi projektiranjem i proizvodnjom logističkih rješenja za optimizaciju logističkih procesa i opskrbnog lanca u cjelini. Toyot-u je davne 1937. godine osnovao Kiichiro Toyoda, te danas kompanija posluje kao javno dioničko društvo, a TAL je osnovan 2017. godine u Sjevernoj Americi.

. Samim time, može se zaključiti kako je Toyota, jedan od lidera u automobilske industriji, u potpunosti spremna prihvatiti novu evoluciju i transformirati svoje poslovanje uz pomoć IoT tehnologije. Promatrajući s logističkog aspekta, kompanija je napravila značajan iskorak, konstruirali su i u svojim skladištima koriste paletne dronove koji izgledom podsjećaju na električne viličare, međutim tim se dronovima upravlja iz daljine i preko interneta. Na slici 29. prikazan je Toyota-in paletni dron.

Kompanija TAL dio je Toyota grupe, kompanija se primarno bavi projektiranjem i proizvodnjom logističkih rješenja potrebnih za optimizaciju logističkih procesa te optimizaciju cjelokupnog lanca opskrbe. Kompanija je dio „Toyota Industries Corporation“ (u daljnjem tekstu TICO) i lider je u svijetu prema broju proizvodnji logističkih rješenja. „Kružna“ poslovna politika TAL-a rezultira akvizicijom kompanije „Bastian Solutions“ (u daljnjem tekstu BS), kompanija BS se primarno bavi poslovima savjetovanja i upravljanjem materijalima, razvojem projektima vezanima za razvoj logističkih rješenja u području robotike te automatizacije procesa u distribuciji, prodaji i proizvodnji.



**Slika 31.** Eksploatacija Toyota paletnog drona

Izvor: <https://news.microsoft.com/digitaldifference/photos/toyota-material-handling-europes-autonomous-pallet-drone-prototype-on-display-at-hannover-messe-2018/>

## BASF(Badische Anilin & Soda-Fabrik)

„Badische Anilin & Soda-Fabrik ( u daljnjem tekstu BASF) je jedan od najvećih proizvođača kemikalija i ulja na svijetu. Provodeći istraživanja i prateći situaciju na globalnom tržištu kompanija BASF okreće se digitalnoj ekonomiji. Prema istraživanjima internacionalnih institucija, kao što je primjerice TWB( The World Bank) ( u daljnjem tekstu Svjetska banka), udio digitalne ekonomije u globalnoj ekonomiji iznosit će, do 2025. godine, 25% prihoda globalne ekonomije odnosno oko 100 trilijuna dolara. S obzirom na navedene podatke, kompanija BASF odlučuje se na suradnju s nizozemskom start-up kompanijom Ahrma Holding BV (u daljnjem tekstu Ahrma). Kompanija Ahrma ponudila je BASF cjelovito IoT rješenje odnosno „Pametne palete“ i svoj server odnosno bazu podataka na kojoj BASF ima sve podatke na jednom mjestu. Međutim, zahvaljujući uspješnoj suradnji, BASF započinje sa akvizicijom Ahrma kompanije, investirajući 5 milijuna eura u dionice te kompanije. „[40] Na slici 33. prikazana je „Pametna paleta“ koji u eksploataciji koristi BASF kompanija



**Slika 33.** „Pametne palete“ BASF kompanije

Izvor: <https://packagingrevolution.net/why-basf-is-investing-in-a-smart-pallet-start-up/>



## 4.2. Komparativna analiza „Pametnih paleta“ u svijetu

„Pametne palete“ predstavljaju jednostavno IoT rješenje odnosno kombinaciju IoT tehnologija i paleta kao teretno-manipulativnih jedinica koje se danas koriste u gotovo svim sferama gospodarstva odnosno industrijskim granama. Budući da „Pametne palete“ odnosno stupanj kompleksnosti njihove proizvodnje nije se eksponencijalno povećao, a pri tome „Pametne palete“ pružaju niz mogućnosti i rješavaju probleme čije su manifestacije u opskrbnom lancu daleko financijski zahtjevnije, ekonomski je opravdano ulaganje odnosno investicija u nabavu „Pametnih paleta“. Nakon istraživanja potrebno je provesti analizu tehničkih značajki odnosno usporedbu „Pametnih paleta“ u svijetu i „Pametnih paleta“ koje čine SPIoT platformu. Usporedba „Pametnih paleta“ dana je tablicom 4.

**Tablica 4.** Usporedba tehnologije „Pametne palete“ prema tehničkim karakteristikama

Tehničke specifikacije	RM2	Ahram Smart Pallet	SPIoT
Dimenzije (mm):	<b>1219x1016x116,84</b>	<b>1200x800x150</b>	<b>1200x800x144</b>
Vlastita masa (kg):	<b>24.60</b>	<b>14,50 kg (+/-3%)</b>	<b>≈ 22</b>
Materijal:	<b>Kompozitni materijali</b>	<b>Kompozitni materijali</b>	<b>Drvo</b>
Otvor za vilice viličara(širina):	<b>91.44 mm</b>		<b>227,5-382,5 mm</b>
Otvor za vilice viličara(visina):	<b>400.05mm</b>		
Temperatura (°C):			
Minimalna temperatura:	<b>-40°C</b>	<b>-40°C</b>	<b>-35°C</b>
Maksimalna temperatura:	<b>80°C</b>	<b>82°C</b>	<b>85°C</b>
Nosivost (kg):			
Maksimalno statička nosivost(kg):	<b>27,215</b>	<b>4000</b>	<b>4000</b>
Maksimalno dinamička nosivost(kg):	<b>4,218</b>	<b>1500</b>	<b>1500</b>
Cijena(kn)			<b>979,91/kom</b>
Tehnologija povezivanja:	<b>RFID oznaka</b>	<b>WiFi</b>	<b>WiFi</b>

Izvor: Izradio autor prema [https://rm2.com/wp-content/uploads/2016/05/RM2-BLOCKPal-48-x-40\\_April-2016\\_USA.pdf](https://rm2.com/wp-content/uploads/2016/05/RM2-BLOCKPal-48-x-40_April-2016_USA.pdf)

Iz tablice 4. može se primijetiti nekoliko drastičnih odstupanja, „Pametne palete“ od sva tri proizvođača imaju svojih prednosti u odnosu na konkurenciju. „Pametne palete“ koje proizvodi kompanija RM2, imaju najveću komponentu maksimalnog dinamičkog i statističkog opterećenja odnosno nosivosti, te imaju integrirane RFID oznake kao medij za prijenos podataka putem interneta. Međutim, RFID oznake su, iako najjednostavnija tehnologija za povezivanje na Internet, ograničene s dometom i količinom informacija koje se mogu u njih pohraniti. Prednost RM2 „Pametne palete“ očituje se i kroz materijal izrade, riječ je o kompozitnom materijalu kojeg tvore plastika od poliuretana i drva. Samim tim, paleta je izdržljivija i lakša za održavanje odnosno čišćenje u odnosu na drvene palete platforme SPIoT.

„Pametne palete“ kompanije Ahram Holding BV, ističu se zamjetno manjom vlastitom masom od 14,50 kg +/- 3%, izrađene su od kompozitnih materijala tj. plastike i ploča od mikro vlakna koje su poprskane slojem BASF-vog spreja. SPIoT „Pametne palete“ i „Pametne palete“ kompanije Ahram za povezivanje na internet, te slanje i primanje informacija iz baze podataka koriste WiFi tehnologiju.

Budući da je riječ o inovativnoj tehnologiji koja u potpunosti mijenja opskrbeni lanac, do podataka o cijeni pojedinačnog proizvoda kompanija RM2 i Ahram, nije bilo moguće doći. Pojedinačna cijena „Pametnih paleta“ SPIoT platforme iznosi približno 979,91 kn/kom., a kako je riječ o inovativnim tehnologijama u potpunosti je razumljivo da je cijena „Pametnih paleta“ 10 puta veća od standardne cijene za paletu.

„Pametne palete“ ne treba promatrati samo kao paletu, već kao integrirani sklop više tehnologija koje su integrirane u paletu kao teretno-manipulativnu jedinicu.

Iako cjenovno osjetno skuplja varijanta, „Pametne palete“ su investicija koja je dugoročno u potpunosti financijski opravdana.

## 5. Prednosti i nedostaci tehnologije „Pametne palete“

Budući da je globalna percepcija o održivom životu na Zemlji u fokusu javnosti, u zadnjih desetak godina segmenti zelene i povratne logistike sa ekološkog aspekta prolaze kroz fazu implementacije inovativnih tehnologija uz pomoć kojih industrija i/ili logistika ekološki samoodržive. Tehnologijom „Pametne palete“ industrija i logistika minimiziraju gubitke resursa, čime značajno pridonose očuvanju okoliša i ostvarivanju ekoloških, socijalnih i ekonomskih prednosti implementacije inovativnih tehnologija u realni sektor.

Potencijalni korisnici tehnologije „Pametne palete“ prvenstveno su industrijski orijentirane kompanije te kompanije iz sektora logistike odnosno distribucije. Visok obrtaj proizvodnje i/ ili prodaje sirovina, materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda u direktnoj je korelaciji s količinom paleta koje se nalaze u opticaju. Budući da je riječ o operacijama koje su ponavljajućeg karaktera, oštećivanje, gubitak ili krađa paleta nisu rijedak slučaj. Upravo zbog tih razloga kompanije iz sektora industrije i logistike odnosno distribucije ulažu u razvoj, implementaciju te efikasni i efektivnu primjenu inovativnih tehnologija u poslovanju odnosno realnom sektoru.

„Simultani razvoj znanosti i inovativnih tehnologija uzrokuje promjenu paradigme glede ekoloških sirovina i materijala koji se upotrebljavaju za izradu palete te produljuju njihov životni vijek. Implementacijom IoT tehnologije odnosno RIFD mikročipova, širokog spektra senzora i sl. kompanije uspješno prate i provode akcije u slučaju nepoštivanja ugovorom definiranih obaveza od strane ugovorom obuhvaćenih stranaka. Upravo zbog „financijskih utega“ odnosno penala kompanije uvode, poštuju, te se pridržavaju ugovorom definiranih obaveza, što posljedično dovodi do racionalizacije poslovanja i zadržavanja odnosno stjecanja konkurentnog položaja na tržištu logističkih usluga u RH.“ [41]

### 5.1. Skladišni kapaciteti u RH

Skladišta odnosno skladišni kapaciteti čine okosnicu opskrbnog lanaca, u njima se sirovine, materijali, poluproizvodi te gotovi proizvodi čuvaju odnosno pohranjuju do njihove upotrebe u proizvodnji i/ili plasmana na tržište. „Skladište je objekt u opskrbnom lancu koji služi za konsolidaciju proizvoda u svrhu smanjenja troškova transporta, postizanja ekonomije razmjera u proizvodnji ili kupnji ili osiguranju procesa dodanih vrijednosti i skraćanja vremena odziva. Skladištenje je prepoznato kao jedna od glavnih operacija gdje tvrtke mogu pružiti prilagođene usluge svojim klijentima i postići konkurentsku prednost.“ [42]

Glavne komponente skladišnog sustava su: [43]

- skladišni objekti (zgrade, uređene površine,...),
- sredstva za uskladištenje i sredstva za odlaganje materijala (sredstva za oblikovanje jediničnih tereta),
- transportna sredstva,
- pomoćna skladišna oprema (računalna oprema, oprema za pakiranje, sredstva za paletizaciju i depaletizaciju, za kontrolu i mjerenje,...) te
- dodatna oprema (protupožarna, oprema za grijanje i hlađenje, rasvjeta, oprema održavanja čistoće itd.).

Unutar procesa uskladištenja se odvijaju mnoge planirane aktivnosti kojima se roba dovodi u stanje mirovanja, a uključuje fizički proces rukovanja i pohrane materijala, te metodologiju za provedbu tih procesa. Treba spomenuti da skladišni sustav uključuje brojne funkcije. Glavne funkcije skladišta, a pri tome i osnovne funkcije skladišnog sustava su: prijem robe, smještaj i čuvanje te izdavanje i otprema robe. Upravljanje skladištem je sastavni dio ukupnog logističkog sustava i jedan je od bitnih čimbenika uspješnog upravljanja poslovnim politikom i strategijom poslovanja proizvodnih i trgovačkih poduzeća. [44]

„Skladišta se mogu kategorizirati prema korisnicima koje opslužuju, na sljedeći način:

- distribucijski centar za trgovinu na malo,
- distribucijski centar za rezervne dijelove,
- distribucijski centar za katalošku ili e-prodaju,
- 3PL skladište,
- distribucijski centar za lako kvarljivu robu“ [44]

Kako bi se došlo do podataka o tržištu skladišnih kapaciteta u RH, provedena je anketa a anketirane stranke su kompanije iz sektora proizvodnje, distribucije i prijevoza odnosno transporta, na području RH.

Tablicom 5. prikazani podaci o tipu, površini, veličini te broju paletnih mjesta u skladištima, na području RH.

Tablica 5.Podaci o skladišnim kapacitetima u RH

TVRTKA	UKUPNA VELIČINA SKLADIŠTA (m <sup>2</sup> )	UDIO NA TRŽIŠTU
LAGERMAX AED CROATIA d.o.o.	37 100	7,18%
INTEREUROPA d.o.o.	175 000	33,86%
GEBRÜDER WEISS d.o.o.	6 100	1,18%
CARGO-PARTNER d.o.o.	7 600	1,47%
INTEGRALOG d.o.o.	12 500	2,42%
QUEHENBERGER LOGISTICS d.o.o.	39 500	7,64%
ZAGREBŠPED, d.o.o.	16 700	3,23%
TRAST d.d.	30 000	5,80%
TRANŠPED d.d.	1 000	0,19%
RAIL CARGO LOGISTICS - CROATIA d.o.o.	2 150	0,42%
DOMUS CARGO d.o.o.	1 000	0,19%
TKALEC TRANS d.o.o.	1 000	0,19%
TTI d.o.o.	6 000	1,16%
STANIĆ d.o.o.	20 750	4,01%
ATLANTIC GRUPA d.d.	21 000	4,06%
CRO EKSPRES d.o.o.	5 000	0,97%
RICARDO	8 000	1,55%
RALU LOGISTIKA d.o.o.	11 500	2,22%
TEX LOGISTIKA d.o.o.	40 000	7,74%
MILŠPED d.o.o.	19 000	3,68%
KUEHNE & NAGEL d.o.o.	16 000	3,10%
AGIT d.o.o.	40 000	7,74%
UKUPNO	516 900	100%

Izvor:[44]

Iz tablice 5 vidljivo je kako kompanija „Intereuropa d.o.o.“ u svom vlasništvu ima površinom najveće skladište u RH, ukupna površina skladišta je 175 000 m<sup>2</sup>. Analizom je utvrđeno kako skladišni kapaciteti, u RH, ukupno zauzimaju površinu od 516 900 m<sup>2</sup>. Tip odnosno vrste skladišnih kapacitete koje posjeduju kompanije u RH prikazane su tablicom 6.

**Tablica 6.**Prikaz vrsta skladišta u RH

TVRTKA	OTVORENO	ZATVORENO	CROSS DOCKING
LAGERMAX AED CROATIA d.o.o.	DA	DA	DA
INTEREUROPA d.o.o.	DA		
GEBRÜDER WEISS d.o.o.		DA	
CARGO-PARTNER d.o.o.	DA	DA	DA
INTEGRALOG d.o.o.		DA	DA
QUEHENBERGER LOGISTICS d.o.o.		DA	
ZAGREBSPEd, d.o.o.	DA	DA	DA
TRAST d.d.	DA	DA	
IN TIME d.o.o.		DA	
ENGLMAYER d.o.o.		DA	
TRANŠPED d.d.		DA	
RAIL CARGO LOGISTICS - CROATIA d.o.o.	DA	DA	
OVERSEAS TRADE Co LTD d.o.o.		DA	
DOMUS CARGO d.o.o.		DA	DA
TKALEC TRANS d.o.o.		DA	
VM2 d.o.o.		DA	
TTI d.o.o.	DA	DA	
STANIĆ d.o.o.		DA	
ATLANTIC GRUPA d.d.		DA	
RICARDO d.o.o.		DA	
DHL INTERNATIONAL d.o.o.		DA	
LA LOG d.o.o.		DA	
RALU LOGISTIKA d.o.o.		DA	
FA5 LOGISTIKA d.o.o.	DA	DA	
TEX LOGISTIKA d.o.o.		DA	
MILŠPED d.o.o.		DA	
GLS d.o.o.		DA	
AGIT d.o.o.	DA	DA	

Izvor: [44]

Iz tablice 6. vidljivo je kako je u RH najzastupljeniji zatvoreni tip skladišta, a neke kompanije iz sektora transporta u vlasništvu imaju i otvoren te cross-docking tip skladišta ovisno o vrsti robe koju distribuiraju. Broj paletnih mjesta po skladišnim kapacitetima te ukupan broj paletnih mjesta u RH, prema provedenoj analizi tržišta logističkih usluga u RH prikazan je tablicom 7.

**Tablica 7.** Broj paletnih mjesta po kompanijama te njihov udio na tržištu RH

TVRTKA	UKUPAN BROJ raspoloživih paletnih mjesta	UDIO NA TRŽIŠTU
LAGERMAX AED CROATIA d.o.o.	44 000	22,66%
GEBRÜDER WEISS d.o.o.	6 500	3,35%
CARGO-PARTNER d.o.o.	6 200	3,19%
INTEGRALOG d.o.o.	9 000	4,64%
ZAGREBŠPED, d.o.o.	10 300	5,30%
TRAST d.d.	30 000	15,45%
RAIL CARGO LOGISTICS - CROATIA d.o.o.	3 000	1,55%
DOMUS CARGO d.o.o.	700	0,36%
VM2 d.o.o.	9 000	4,64%
STANIĆ d.o.o.	9 460	4,87%
ATLANTIC GRUPA d.d.	21 000	10,82%
RALU LOGISTIKA d.o.o.	10 000	5,15%
TEX LOGISTIKA d.o.o.	20 000	10,30%
MILŠPED d.o.o.	15 000	7,73%
UKUPNO	194 160	100,00%

Izvor: [44]

Iz tablice 7. vidljivo je kako obujam paletnog „bazena“, u RH iznosi 194 160 paletnih mjesta, sljedeće kompanije drže otprilike 59,23% tržišta: „Lagermax AED Croatia d.o.o.“(22,66%), „Trast d.d.“(15,45%), „Atlantic Grupa d.d.“(10,82%) i kompanija „TEX Logistika d.o.o.“(10,30%). Empirijski je utvrđeno kako se iskoristivost skladišnih kapaciteta kompanija u RH kreće u rasponu od 75-85%. prema podacima medijan iznosi 77,5%. S obzirom na razinu iskoristivosti skladišnih kapaciteta od 77, 5%, može se izračunati kako su dnevno u opticaju 150 474 palete. Budući da je empirijski utvrđeno kako kompanije, iz sektora distribucije i transporta u prosjeku „gube“ oko 7 do 10 % paleta, medijan iznosi 8,5 %, što znači da kompanije na svakih 100 paleta izgube njih čak 9.

Budući da je riječ o velikom broju paleta koje su svakodnevno u opticaju kompanije vrše nadzor i prate operacije, lokaciju i stanje robe uz pomoć WMS i EDI (Elektronička razmjena podataka) sustava. WMS sustavi značajno umanjuju mogućnost pogreške, moguću repetaciju operacija zbog ranije napravljene pogreške. samim time WMS sustavi podižu kvalitetu skladišnih operacija te cjelokupno poslovanje skladišnog sustava postaje efikasnije i efektivnije uz istovremeno minimalne troškove. WMS sustavi povećavaju stupanj iskoristivosti

skladišnih kapaciteta prateći robu od trenutka ulaska do trenutka izlaska robe iz skladišnog sustava. Također, WMS sustavi omogućavaju upotrebu skenera, što smanjuje mogućnost pogreška pri unosu šifri u skladišni sustav te inventuri. Eksploatacijom sustava elektroničke razmjene podataka optimizira se tok informacija u lancu opskrbe, a dokumenti i narudžbe šalju se elektroničkim putem. Kombinacija WMS sustava i sustava elektroničke razmjene podataka je prvi korak prema potpunoj automatizaciji skladišno-transportnih odnosno logističkih procesa.

S financijskog odnosno ekonomskog stajališta, kompanije u RH se nalaze na graničnom opterećenju glede stupnja iskoristivosti skladišnih kapaciteta, proširenje sadašnjih kapaciteta je neizbježno. Budući da krivulja potražnje krajnjih korisnika kontinuirano raste, uz istovremeno smanjivanje raspoloživog skladišnog kapaciteta, potencijal za proširenjem postojećeg paletnog bazena u RH je enorman. Proširenje paletnog bazena, novi skladišni kapaciteti i zanemarivo niska razina primjene IoT tehnologije u realnom sektoru ostavlja ogroman prostor tj. potencijal za tržište logističkih usluga u RH. S tehnološkog aspekta, primarni cilj IoT tehnologije je potpuna automatizacija procesa, zaključuje se kako je tržište logističkih usluga na samo početku transformacije i tržište logističkih usluga u RH ima ogroman potencijal za razvoj i u konačnici evoluciju u Logistiku 4.0.



## 6. Zaključak

Manifestacijom gotovo simultane globalizacije te liberalizacije međunarodnih tržišta, širok spektar proizvoda i usluga dostupan je svima, po jednakim uvjetima, bez obzira na njihovu lokaciju. Širok spektar mogućnosti za krajnje korisnike uzrokuje promjenu u njihovom načinu života, njihovim potrebama i navikama. Promjene u potražnji krajnjih korisnika, pred kompanije postavljaju izazove, transformirajući tržišta i industrije u industriju 4. generacije. Ideje i vizije o industriji 4. generacije prvi put su „ugledale svijetlo dana“ početkom 30-ih godina prošlog stoljeća. Međutim, nedovoljno razvijena tehnologija, kao glavni nositelj industrije 4. generacije, prolongirala je i odgodila je početak industrije digitalnog doba do prvog desetljeća 21. stoljeća.

Logistika odnosno logistička industrija je temeljni kreator i izvršitelj promjene prostorno-vremenskih koordinata entiteta odnosno proizvoda i/ili usluga od proizvodnje do krajnjih korisnika. Budući da je logistička industrija glavni posrednik između proizvodnje i krajnjih korisnika od ključne važnosti da zadovolji potražnju krajnjih korisnika uz minimalne utroške resursa a pritom najvišu razinu kvalitete usluga. Sve kompleksniji zahtjevi krajnjih korisnika za većom točnošću isporuke, kraćim vremenom i bržom dostavom, pred kompanije postavljaju ciljeve koji zahtijevaju transformaciju iz klasičnog u moderno digitalno poslovanje. Progresivan razvoj inovativnih tehnologija, logističkim operaterima omogućava zadovoljavanje potražnje krajnjih korisnika uz minimalne troškove i visoku kvalitetu usluga kakvu krajnji korisnici i očekuju.

IoT tehnologija predstavlja te obuhvaća široki spektar tehnologija, a osnovni odnosno temeljni preduvjet je dostupnost interneta odnosno internetskih adresa. IoT tehnologija funkcionira na način da uređaje i strojeve čini virtualno dostupnima uz pomoć senzora i interneta. Važno je spomenuti i baze podataka, koje podatke prikupljene u realnom vremenu, obrađuju, pohranjuju i šalju na uređaje i strojeve odnosno njihovu memoriju. Dostava paketa i pošiljki dronom, primjena „Pametnih paleta“ u distribucijskim centrima, skladištima i proizvodnim pogonima, kao i VR/AR u kombinaciji sa WMS-om te komisioniranje robe „Pick by voice“ i/ili „Pick by light“ predstavljaju primjenu inovativnih tehnologija u distribucijskim sustavima ali i opskrbnim lancima u cjelini.

Analizom tržišta logističkih usluga u Republici Hrvatskoj, utvrđeno je kako većina sektora posluje profitabilno sa relativno malim oscilacijama po pitanju broja zaposlenih.

Sektoru u kojima se iz godine u godinu povećava neto dobit iz poslovanja, nositelji su transformacije cjelokupnog tržišta logističkih usluga ali i gospodarstva Republike Hrvatske u cjelini.

Primjeri primjene inovativnih tehnologija očituju se kroz korištenje dronova u dostavi paketa od strane Hrvatske pošte, kao nacionalnog davatelja univerzalnih te ostalih poštanskih usluga. Nadalje, implementacija IoT robota u distribucijski centar kompanije „Atlantic Trade“, primjer je ozbiljnosti i odgovornosti koju je navedena kompanija preuzela. Glavne prednosti IoT tehnologije su ušteda resursa, povećanje stope učinkovitosti te sigurnosti u proizvodnim, skladišno-transportnim procesima. Analizom je utvrđeno kako su pozicije lidera, po sektorima, zauzele kompanije koje su među najsnažnijim kompanijama u djelatnost kojom se bave. To i ne čudi, jer cijene nabave i implementacije su pretežito visoke, a samim time manjim i većini srednjih kompanija nedostupne. Međutim, u trenutku kada se IoT tržište i tehnologije toliko razvijaju da budu dio tehnologije koja se upotrebljava u komercijalne svrhe, nesumnjivo će tržište logističkih usluga u Republici Hrvatskoj biti u potpunosti pokriveno i IoT digitalizirano.

## LITERATURA

### Knjige:

1. Bassi A, Bauer M, Fielder M, Thorsten K, Van Kranenburg R, Lange S, Meisser S. Enabling Things to Talk. New York: Springer Heidelberg.; 2013
2. Kenneth E. Industry 4.0 In Internet Of Things And The Benefits Of IoT. Newcastle: Datafloq; 2017.

### Znanstveni i stručni članci, prezentacije i studije:

- [1] Douaiou, K., Fri, M., Mabroukki, C., Semma, E.: The interaction between industry 4.0 and smart, Faculté des Sciences et Techniques – Université Hassan I. Settat, Maroc., 2018.
- [2] Suresh, P., Vijay Daniel, J., Parthasarathy, V., Aswathy, R.H.: A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment, 2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR), 2014.
- [3] Bajor, I., Rogić, K., Živičnjak, M., Matijević, M., Dujmović, N., Kralj, M., Dokoza, K., Martić, J., Buturić, F.: Smart pallets internet of things, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2019.

### Internet izvori:

- [1] <https://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/features/3d-printing-for-dummies-how-do-3d-printers-work-8668937.html> (srpanj, 2020)
- [2] <https://www.sam-solutions.com/blog/what-is-internet-of-everything-ioe/> (srpanj, 2020)
- [3] [https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/Seminar\\_-\\_Matija\\_Srbic.pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Seminar_-_Matija_Srbic.pdf) (srpanj, 2020)
- [4] <https://www.michiganstateuniversityonline.com/resources/supply-chain/is-logistics-the-same-as-supply-chain-management>(srpanj, 2020)
- [5] <https://channels.theinnovationenterprise.com/articles/how-the-internet-of-things-will-revolutionize-the-logistics-industry> (srpanj, 2020)
- [6] <https://sites.google.com/site/businesslogistics0/7-rights>
- [7] <https://channels.theinnovationenterprise.com/articles/how-the-internet-of-things-will-revolutionize-the-logistics-industry> (srpanj, 2020)
- [8] Blockchain Technology Implementation in Logistics Edvard Tijan 1,\* , Saša Aksentijević 2 , Katarina Ivanić 1 and Mladen Jardas (kolovoz, 2020)
- [9] <https://itchronicles.com/automation/the-last-mile-to-automation-how-autonomous-vehicles-could-solve-the-last-mile-delivery-problem/> (kolovoz, 2020)

- [9] <https://repositorij.unizg.hr/islandora/object/fpz:1273/preview> (kolovoz, 2020)
- [10] <https://www.fpz.unizg.hr/prom/?p=3990> (kolovoz, 2020)
- [11] <http://hcpm.agr.hr/docs/mplan-segmentacija.pdf> (kolovoz, 2020)
- [12] <https://www.fina.hr/documents/52450/137175/Obja%C5%A1njenja+pokazatelja+poslovanja+iz+informacije+o+bonitetu+BON+22.10.2018.pdf/b08cd1ff-382b-cdef-722e-461f50230319> (kolovoz, 2020)
- [13] <https://www.fina.hr/documents/52450/137175/Obja%C5%A1njenja+pokazatelja+poslovanja+iz+informacije+o+bonitetu+BON+22.10.2018.pdf/b08cd1ff-382b-cdef-722e-461f50230319> (kolovoz, 2020)
- [14] <https://mreza.bug.hr/podravka-inovacije-i-znanje-u-zaristu-poslovanja/> kolovoz, 2020)
- [15] <https://www.atlanticgrupa.com/hr/novosti/korporativne/atlantic-grupa-uvodi-u-poslovanje-logisticke-robot/> (kolovoz, 2020)
- [16] <https://www.posta.hr/hrvatska-posta-uspjesno-dostavila-posiljku-dronom-8167-8168/8168> (kolovoz, 2020)
- [17] <https://optolov.ru/hr/elektrichestvo/obzor-standartnyh-pallet-vse-tipy-razmery-i-vidy-pallet.html> (kolovoz, 2020)
- [18] <https://packagingrevolution.net/pallets-introduction-to-pallet-usage/> (kolovoz, 2020)
- [19] <https://repositorij.veleri.hr/islandora/object/veleri%3A1633/datastream/PDF/view> (kolovoz, 2020)
- [20] <https://repositorij.etfos.hr/en/islandora/object/etfos%3A1651/datastream/PDF/view> (kolovoz, 2020)
- [21] <https://www.tportal.hr/tehnolo/clanak/ne-znate-sto-je-bluetooth-skupili-smo-sve-kljucne-informacije-na-jednom-mjestu-20180923> (kolovoz, 2020)
- [22] <https://blog.spica.com/cro/sto-zapravo-je-rfid/> (kolovoz, 2020)
- [23] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/etfos:1651/datastream/PDF> (kolovoz, 2020)
- [24] <https://packagingrevolution.net/why-basf-is-investing-in-a-smart-pallet-start-up/> (kolovoz, 2020)
- [25] <https://hr.scienceval.com/33186-4-0-industry-technologies-supply-chain-97c857de14ae-95> (kolovoz, 2020)
- [26] <https://www.posta.hr/hrvatska-posta-uspjesno-dostavila-posiljku-dronom-8167-8168/8168> (kolovoz, 2020)

## POPIS SLIKA

<b>Slika 1.</b> Ključni elementi industrije 4.0 .....	4
<b>Slika 2.</b> Izrada modela ljudskog lica uz pomoć 3D printera.....	6
<b>Slika 3.</b> Princip rada IoT tehnologije.....	13
<b>Slika 4.</b> Struktura SCM-a .....	16
<b>Slika 5.</b> Pravila 7R logistike .....	20
<b>Slika 6.</b> Kombinacija IoT senzora i robota.....	22
<b>Slika 7.</b> Implementacija tehnologije blockchaina u IBM-ov opskrbni lanac .....	24
<b>Slika 8.</b> Eksploatacija autonomnog vozila prilikom „last mile“ dostave .....	25
<b>Slika 9.</b> Dostava pošiljaka uz pomoć drona (DHL).....	28
<b>Slika 10.</b> Euro-paleta dimenzija 800x1200 mm .....	30
<b>Slika 11.</b> Prikaz palete dimenzija 1000x1200 mm .....	31
<b>Slika 12.</b> Funkcionalni RFID sustav.....	36
<b>Slika 13.</b> IoT platforma SAFETY4SEA u luci Rotterdam .....	39
<b>Slika 14.</b> Najznačajniji oblici topologije LAN mreže računala.....	40
<b>Slika 15.</b> Prikaz potpune i nepotpune „mesh“ topologije.....	41
<b>Slika 16.</b> Primjena NFC tehnologije u Japanu.....	42
<b>Slika 17.</b> Princip rada Sigfox mreže .....	43
<b>Slika 18.</b> Udio „izgubljenih“ paleta u autoindustriji, prehrambenoj i sektoru CEP industrije (Courier, Express and Parcel).....	48
<b>Slika 19.</b> Sučelje mobilne aplikacije SPIoT platforme.....	50
<b>Slika 20.</b> Sučelje mobilne aplikacije SPIoT platforme-„Potvrda i Zaprimanje narudžbe“ .....	51
<b>Slika 21.</b> Prikaz lokacije robe preko sučelja desktop aplikacije SPIoT platforme .....	52
<b>Slika 22.</b> Prikaz sučelja desktop aplikacije SPIoT platforme-stavak „Temperatura“ .....	52
<b>Slika 29.</b> „Pametne palete“ u DHL-vom terminalu .....	61
<b>Slika 30.</b> Terminal DHL opremljen IoT tehnologijom(WiFi tehnologija).....	62
<b>Slika 31.</b> Eksploatacija Toyota paletnog drona .....	63
<b>Slika 32.</b> „Pametne palete“ BASF kompanije .....	64

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Klasifikacija prema MTOM.....	27
Tablica 3. Tehničke specifikacije senzora korištenog prilikom izrade SPIoT platforme .....	49
Tablica 4. Usporedba tehnologije „Pametne palete“ prema tehničkim karakteristikama.....	65
Tablica 5. Podaci o skladišnim kapacitetima u RH .....	69
Tablica 6. Prikaz vrsta skladišta u RH .....	70
Tablica 7. Broj paletnih mjesta po kopanijama te njihov udio na tržištu RH.....	71

## POPIS KRATICA

ADEPT autonomna decentralizirana „peer to peer“ telemetrija	(Autonomous Decentralized Peer-to-Peer Telemetry)	
AR	(Augmented Reality)	proširena stvarnosti
BASF	(Badische Anilin & Soda-Fabrik)	njemačka kompanija
CPS	(Cyber-Physical Systems)	kiber-fizički sustav
CEP poštanskih/kurirskih usluga	(Courier, express and parcel)	industrija
EBITDA Amortization)	(Earnings Before Interest Tax Depreciation and financijski parametar operativne dobiti kompanije	
EDI razmjena podataka	(Electronic Data Interchange)	elektronička
FFD računala u osobnoj mreži računala	(Full Functional Device)	koordinator između
IBM kompanija	(International Business Machines)	američka računalna
ID oznaka, dokument	(Identity document)	identifikacijska
ICT informacijsko-komunikacijska tehnologija	(Information and communications technology)	
IoT	(Internet of Things)	internet stvari
IoS	(Internet of Service)	Internet usluga
IP	(Internet Protocol)	Internet protokol
IPv4	(Internet Protocol)	32 bitna verzija
IPv6	(Internet Protocol)	128 bitna verzija
ISP usluga	(Internet Service Provider)	pružatelj internetski
LAN mreža	(Local Area Network)	lokalna računalna
kbits podataka	(kilobit per second)	jedinica za prijenos
KPI performansi	(key performance indicator)	ključni pokazatelji

M2M između uređaja i strojeva	(Machine to Machine)	komunikacija
M2P čovjek	(Machine-to-People)	komunikacija uređaja-
MTOM uzlijetanja	(Maximum TakeOff Mass)	maksimalna masa
NFC	(Near Field Communication)	tehnologija bliskog dodira
PAN	(Personal Area Network)	računalna mreža
P2P čovjek	(Person-to-Person)	komunikacija čovjek-
RFD računala u osobnoj mreži računala	(Reduced Functional Device)	koordinator između
RFID tehnologija	(Radio-frequency identification)	radiofrekvencijska
ROE	(Return on Equity)	povrat glavnice
RPAS	(Remotely Piloted Aircraft System)	bespilotne letjelice
SAD	(United States of America)	Sjedinjene Američke Države
SCM opskrbnim lancem	(Supply Chain Management)	sustav upravljanja
SSID	(Service Set Identifier)	sigurnosni ključ
SPIoT prometnih znanosti	(Smart Pallets Internet Of Things)	projekt Fakulteta
UAS	(Unmanned Aerial Systems)	bespilotna letjelica
UAV	(Unmanned Aerial Vehicle)	bespilotna letjelica
WI-FI povezivanje	(Wireless Fidelity)	bežično
WLAN mreža	(Wireless Local Area Network)	bežična lokalna
WMS skladištem	(Warehouse Management System)	sustav upravljanja