

Optimizacija procesa kod logističkog operatera automatizacijom

Leskovec, Marcela

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:106039>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

Marcela Leskovec

**OPTIMIZACIJA PROCESA KOD LOGISTIČKOG OPERATERA
AUTOMATIZACIJOM**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2022.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**OPTIMIZACIJA PROCESA KOD LOGISTIČKOG OPERATERA
AUTOMATIZACIJOM**

**OPTIMIZATION OF PROCESSES AT LOGISTICS OPERATORS BY
AUTOMATION**

Mentor: doc. dr. sc. Ivona Bajor

Student: Marcela Leskovec
JMBAG: 0135256509

Zagreb, rujan 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 4. svibnja 2022.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Planiranje logističkih procesa**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6823

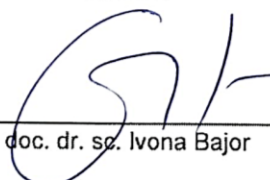
Pristupnik: **Marcela Leskovec (0135256509)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Optimizacija procesa kod logističkog operatera automatizacijom**

Opis zadatka:

U radu će se istaknuti mogućnosti optimizacije procesa automatizacijom. Rad će se temeljiti na procesima kod logističkog operatera, a dati će se pregled uvedenih optimalnih rješenja kao primjera dobre prakse.

Mentor:



doc. dr. sc. Ivona Bajor

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

SAŽETAK

OPTIMIZACIJA PROCESA KOD LOGISTIČKOG OPERATERA AUTOMATIZACIJOM

Unutar ovog rada navedeni su i objašnjeni pojmovi usko vezani uz logistiku i planiranje logističkih procesa. Zbog sve većih zahtjeva tržišta i kupaca, logističke tvrtke implementiraju razne sustave i nove tehnologije kako bi automatizirali logističke procese. Navedeno omogućuje brže odvijanje procesa bez grešaka čime se postiže smanjenje troškova i povećanje učinkovitosti. U radu je prikazan koncept automatizacije logističkih sustava primjenom drona. Mnoge skladišne aktivnosti još uvijek se obavljaju ručno što je sporo i sklono pogreškama. Neki od glavnih razloga korištenja dronova u skladištima su manji troškovi rada, povećanje sigurnosti te brže i točnije upravljanje zalihama.

KLJUČNE RIJEČI: logistički procesi; skladišta; automatizacija; dron;

SUMMARY

OPTIMIZATION OF PROCESSES AT LOGISTICS OPERATORS BY AUTOMATION

Within this work, terms closely related to logistics and planning of logistics processes are listed and explained. Due to the increasing demands of the market and customers, logistics companies are implementing various systems and new technologies to automate logistics processes. The aforementioned enables the process to take place faster without errors, thus achieving a reduction in costs and an increase in efficiency. The paper presents the concept of automation of logistics systems using drones. Many warehouse activities are still done manually which is slow and error prone. Some of the main reasons for using drones in warehouses are lower labor costs, increased safety, and faster and more accurate inventory management.

KEY WORDS: logistics processes; warehouses; automation; drones

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PLANIRANJE LOGISTIČKIH PROCESA	2
2.1. Logističko planiranje	3
2.2. Sustavi logističkog planiranja.....	4
2.2.1. Planiranje resursa poduzeća	6
2.2.2. Napredno logističko planiranje	7
3. AUTOMATIZACIJA LOGISTIČKIH PROCESA	8
3.1. Elektronička razmjena podataka.....	9
3.2. Sustav upravljanja skladištem	10
3.3. Proces implementacije sustava upravljanja skladištem	11
3.4. Sustav upravljanja prijevozom	12
4. KONCEPT AUTOMATIZIRANIH LOGISTIČKIH SUSTAVA.....	14
5. PRIMJENA NOVIH TEHNOLOGIJA U LOGISTIČKIM PROCESIMA	18
5.1. Internet stvari.....	19
5.2. Veliki podaci.....	20
5.3. Umjetna inteligencija.....	22
5.4. Računalstvo u oblaku.....	23
5.5. Peta generacija mobilnih mreža.....	24
5.6. Lanac blokova.....	25
6. ZAKLJUČAK	27
LITERATURA.....	29
POPIS KRATICA I AKRONIMA	33
POPIS SLIKA	34

1. UVOD

Globalnim razvojem opskrbeni lanac dobiva sve važniju ulogu u međunarodnoj trgovini, a samim time i skladišta kao jedan od elemenata opskrbnog lanaca. Današnji skladišni sustavi većinom se zasnivaju na tradicionalnim metodama upravljanja skladištem. Mnoge skladišne aktivnosti još se uvijek obavljaju ručno što je sporo i sklono pogreškama. Navedeno predstavlja problem pri pravovremenom odgovoru na zahtjeve korisnika što potencijalno može uzrokovati dodatne troškove i kašnjenje u isporuci. Posljednjih godina razvojem informacijsko-komunikacijskih tehnologija dolazi do digitalizacije industrije.

Potaknuto razvojem tehnologije, potrebom za smanjenjem troškova, povećanjem učinkovitosti i zahtjevom za sve većom neovisnošću u donošenju individualnih logističkih odluka dolazi do razvoja automatizacije. Dronovi imaju ključnu ulogu u automatizaciji postojećih skladišta.

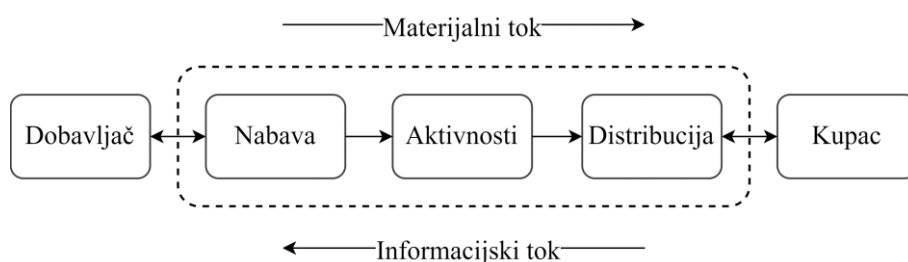
Svrha ovog rada je prikazati različite sustave i nove tehnologije kojima se postiže automatizacija logističkih procesa. Cilj ovog rada je prikazati optimizaciju procesa automatizacijom. Naslov završnog rada je: optimizacija procesa kod logističkog operatera automatizacijom. Rad se sastoji od šest poglavlja:

1. Uvod
2. Planiranje logističkih procesa
3. Automatizacija logističkih procesa
4. Koncept automatiziranih logističkih sustava
5. Primjena novih tehnologija u logističkim procesima
6. Zaključak

Nakon uvodnog poglavlja, u drugom poglavlju opisano je logističko planiranje te sustavi logističkog planiranja. U trećem poglavlju dana je definicija automatizacije logistike i opskrbnog lanca te su objašnjeni sustavi EDI, WMS i TMS koji omogućuju automatizaciju logističkih procesa. Kako bi logistički procesi bili automatizirani primjenom WMS i TMS sustava, potrebno ih je povezati ERP sustavom. U četvrtom poglavlju navedeni su razlozi primjene dronova u skladištu, prednosti i nedostaci primjene te je prikazan koncept automatiziranih logističkih sustava primjenom drona. U petom poglavlju navedene su i objašnjene nove tehnologije koje omogućavaju automatizaciju logističkih procesa i cijelog opskrbnoga lanca. U zadnjem dijelu rada doneseni su odgovarajući zaključci.

2. PLANIRANJE LOGISTIČKIH PROCESA

Logistika je složena znanost koja unapređuje poslovne procese tvrtke te omogućuje brz odgovor na sve veće zahtjeve tržišta i kupaca [1]. Cilj upravljanja logistikom obuhvaća planiranje i koordinaciju svih aktivnosti potrebnih za postizanje optimalne razine kvaliteta usluga (*engl. Quality of Service*) uz što manje logističke troškove. Djelokrug logistike proteže se kroz cijelu organizaciju, od upravljanja sirovina do isporuke gotovih proizvoda. Iz perspektive kompletnog sustava, upravljanje logistikom je proces kojim se zadovoljavaju zahtjevi kupca kroz koordinaciju tokova materijala i informacija koji se kreću od kupaca, kroz aktivnosti tvrtke pa sve do dobavljača (Slika 1) [2].



Slika 1 Proces upravljanja logistikom

Izvor: [2]

Zadatak svakog logističkog menadžera je osigurati odgovarajuće i efikasne logističke sustave. Logistički sustavi dijele se na sljedeće podsustave: logistiku distribucije (*engl. Outbound Logistics*), koja je također poznata kao fizička distribucija, a bavi se kretanjem i skladištenjem proizvoda od mjesta proizvodnje do krajnjeg kupca; logistiku nabave (*engl. Inbound Logistics*), koja se bavi kretanjem i skladištenjem materijala nabavljenih od dobavljača; i logistiku proizvodnje, koja se bavi skladištenjem i protokom materijala unutar tvrtke [3].

Postoje različite logističke aktivnosti koje treba uzeti u obzir kako bi se održala fleksibilnost logističkog sustava. Ovisno o važnosti upravljanja logistikom, te se aktivnosti dijele na primarne i prateće aktivnosti. Primarne aktivnosti pridonose postizanju logističkog cilja uključujući službu za korisnike, prijevoz, upravljanje zalihama i obradu narudžbi. Prateće aktivnosti koje podržavaju primarne aktivnosti uključujući skladištenje, kupnju ili nabavu, rukovanje materijalima, pakiranje, planiranje proizvodnje i održavanje informacija [4].

U poslovnom okruženju od dobavljača se zahtijeva efikasan protok robe i informacija bez grešaka. Stoga dobro provedeni logistički procesi moraju integrirati tokove materijala i

informacija, a zadatak im je koordiniranje navedenih procesa s ostalim logističkim procesima. Logistički proces je međusobno povezan s ostalim procesima u logističkom sustavu, a prilikom njihovog odvijanja uzimaju se u obzir aspekti kao što su cijena, vrijeme, mjesto i učinkovitost kako bi se postigla optimalna razina kvalitete usluge, odnosno zadovoljstvo kupca. Oni se općenito mogu podijeliti na primarne i prateće procese. Primarni spajaju procese koji se odvijaju u logističkim sustavima nabave, proizvodnje i distribucije, a prateći uključuju planiranje i donošenje odluka za oblikovanje, koordinaciju i optimizaciju logističkih sustava [5].

Uvođenjem novih tehnologija mijenja se praksa i važnost upravljanja logistikom te se naglašava njena važnost u strateškim funkcijama tvrtke. Informacijsko-komunikacijski sustavi i tehnologije mogu imati različite uloge u upravljanju opskrbnim lancem i logistikom. Koriste se za prikupljanje i analizu podataka, kao pomoć pri donošenju odluka, upravljanju i nadzoru aktivnosti opskrbnog lanca, predviđanju potražnje i olakšavanju komunikacije među subjektima opskrbnog lanca [3].

2.1. Logističko planiranje

Tijekom planiranja treba slijediti određenu hijerarhiju koja predstavlja različite vremenske razine planiranja, a koje se obično kategoriziraju kao strateška, taktička i operativna. Postoji preklapanje između različitih razina, naglašavajući da se određeni elementi mogu uzeti u obzir na različitim razinama tijekom planiranja. Ovisno o poslovanju, različiti elementi mogu imati različitu važnost. Vođenje efikasnog i efektivnog poslovanja zahtjeva međusobni odnos između planiranja i kontrole logističkih procesa. Nije potrebno odrediti koje će se strateške, taktičke i operativne odluke ili zadaće unutar tvrtke kategorizirati kao planiranje ili kao kontrola. Većina elemenata mora se pravilno planirati, nadzirati i kontrolirati od samog početka kako bi se osiguralo da se sve aktivnosti odvijaju kako bi trebale [6].

Strateške logističke odluke su dugoročne odluke koje se donose u razdoblju od jedne ili više godina, a donose ih menadžeri na višim razinama, investitori i izvršni direktori. Takve odluke često zahtijevaju predviđanja budući da su dostupni podaci često nepotpuni i neprecizni. Ove odluke predstavljaju ciljeve i misije logističke tvrtke te su polazna točka za logističko planiranje, koje zatim uključuje taktičke i operativne odluke prema hijerarhiji [3].

Strateške logističke odluke dizajniraju logističku mrežu. Na ovoj razini određuju se lokacije objekata, proizvodne tehnologije i kapacitet tvornice. Mreža se mora integrirati s dobavljačima i transportnim kanalima do kupaca. Osim troškova rada i prijevoza, također se

mora uzeti u obzir infrastruktura, opće poslovno okruženje, blizina tržišta i dobavljača, porezi i pristojbe, strateška savezništva i zajednička ulaganja [7].

Taktičke logističke odluke donose se na mjesečnoj, tromjesečnoj ili čak godišnjoj bazi. Najpoznatije vrste taktičkih logističkih odluka su one koje se odnose na planiranje proizvodnje, planiranje transporta i planiranje resursa. Menadžeri na srednjim razinama, odnosno logistički inženjeri često koriste raščlanjene podatke, kako bi se njima lakše upravljalo i kako bi se dobio uvid u trendove i uzorke, za donošenje taktičkih logističkih odluka. Operativne logističke odluke su ograničenog opsega jer se donose u stvarnom vremenu na dnevnoj ili tjednoj bazi. Operativne odluke donose menadžeri na nižoj razini, odnosno nadzornik, temeljem mnogo detaljnih podataka [3].

2.2. Sustavi logističkog planiranja

Logističke tvrtke moraju proaktivno upravljati svakim elementom svog opskrbnog lanca, od dobavljača preko proizvodnje do distribucije, kako bi bile konkurentne na današnjem globalnom polovnom tržištu. Sve je veća potražnja za alatima koji olakšavaju planiranje opskrbnih lanaca, značajnim napretkom u tehnologiji sklopovske podrške oni se sada dostupniji nego ikad prije [8].

Planiranje može pomoći u koordinaciji opskrbnog lanca i smanjenju nepotrebnih aktivnosti. Tijekom vremena razvijeno je nekoliko različitih sustava planiranja kao što su: Ekonomična količina nabave (*engl. Economic Order Quantity – EOQ*), Planiranje materijalnih potreba (*engl. Material Requirements Planning – MRP*), Planiranje resursa proizvodnje (*engl. Manufacturing Resources Planning – MRP II*), Planiranje resursa distribucije (*engl. Distribution Resources Planning – DRP*), Planiranje resursa poduzeća (*engl. Enterprise Resuring Planning – ERP*) i Napredno logističko planiranje (*engl. Advanced Planning Systems – APS*), a koji će u nastavku biti ukratko objašnjeni.

Stohastičko upravljanje zalihama funkcionira isključivo na temelju prognozirane potražnje. EOQ je jednostavan model koji koristi niz matematičkih metoda pri upravljanju zalihama na temelju informacija o prodaji ih prethodnog razdoblja. Model je jednostavan i lagan za obradu podataka na računalu. Stohastičko upravljanje zalihama ima niz značajnih ograničenja, a jedan od njih je da se buduća potražnja ne može uvijek predvidjeti na temelju povijesnih podataka [8].

Klasični EOQ model teži prema razmišljanju da postoji optimalna količina nabave, a time i optimalna količina zaliha na skladištu. Do optimalne količine nabave dolazi se usklađivanjem odnosa između troškova držanja zaliha i troškova u nabavi, odnosno troškova postavljanja proizvodnje [2]. EOQ izračunava se prema jednadžbi 1 [9].

$$EOQ = \frac{2 \cdot D \cdot C_o}{C_h}, \quad (1)$$

Gdje je:

Q – količina jedinica koja se nabavlja;

D – prognozirana potražnja u promatranom periodu;

C_o – trošak po nabavi;

C_h – trošak držanja zaliha.

MRP je sustav koji se koristi pri planiranju proizvodnje. On utvrđuje vrstu potrebnih materijala za proizvodnju, procjenjuje potrebne količine, predviđa kada će materijali biti potrebni u proizvodnom procesu kako bi se uskladila proizvodnja s proizvodnim planom i kontrolira raspored nabave, a sve s ciljem ispunjavanja zahtjeva i poboljšanja ukupne produktivnosti. Moderni MRP sustavi su zatvoreni, visoko integrirani sustavi koji pokrivaju cjelokupnu tvrtku. Ovaj sustav obuhvaća sakupljanje, obradu i dijeljenje informacija, potrebnih za planiranje nabave materijala (potrebnih sirovina i komponenti) i proizvodnog procesa, a zasniva se na glavnom planu proizvodnje gotovih proizvoda. Navedeni plan utvrđuje se temeljem tržišnih i prodajnih očekivanja. Osim glavnog plana proizvodnje, za rad ovog sustava također je nužna i sastavnica (*engl. Bill of Material*) koja sadrži podatke o osnovnom obliku i strukturi svakog proizvoda i svih njegovih komponenata. Promatrajući vrijeme nabave potrebne komponente koja se koristi u proizvodnom procesu, upotrebljava se MRP sustav kako bi se odredilo koje su komponente potrebne u kojim količinama i u kojem trenutku s obzirom na glavni plan proizvodnje za određeno razdoblje [8], [10].

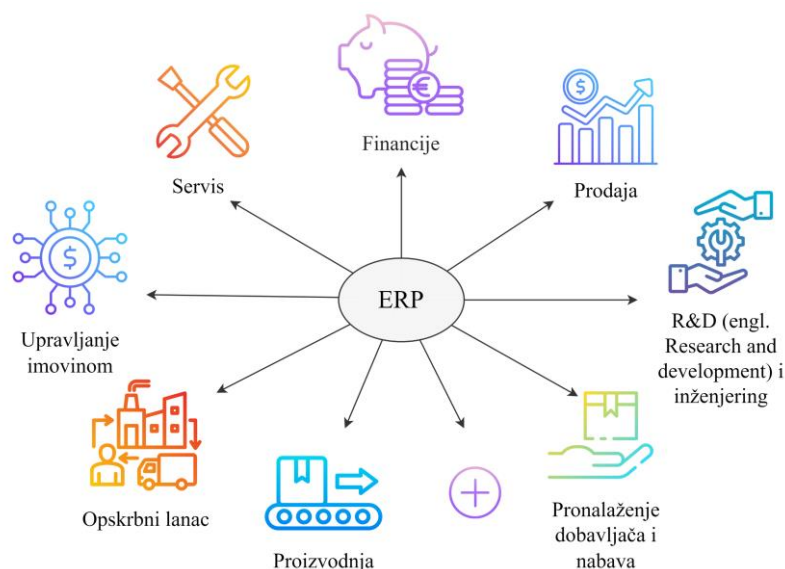
Prvobitna funkcija MRP sustava je planiranje proizvodnje, a u kombinaciji s pratećim procesima kao što su narudžbe kupaca, inventar, inženjering, nabava, kontrola proizvodnje, financije i računovodstvo, ovaj sustav naziva se planiranje resursa proizvodnje, odnosno MRP II sustav. Shodno navedenom MRP II sustav za planiranje razvijen je na temelju MRP sustava te predstavlja proširenje navedenog sustava. MRP II sustav određuje potreban kapacitet proizvodnje koji se određuje se unatrag od predviđenog vremena isporuke, temeljem glavnog plana proizvodnje. Ovaj sustav utvrđuje koji je kapacitet potreban, u kojoj količini i u kojem trenutku kako bi se sve narudžbe isporučile na vrijeme. Tijekom planiranja, važno je u ranijim

fazama poznavati koji će elementi kapaciteta u procesu proizvodnje postati usko grlo i u kojem trenutku [8], [10].

Glavni dijelovi distribucijske mreže uglavnom čine tvornice, središnji distribucijski centar i nacionalni prodajni centar, a glavne koordinacijske aktivnosti unutar distribucijske mreže su predviđanje prodaje, narudžbe, transport i zalihe. Načela MRP sustava su ovisna potražnja i periodičnost koji se također koriste i u upravljanju zalihama u distribucijskim mrežama DRP sustava. DRP predstavlja informacijski sustav kojemu je glavna svrha omogućavanje koordinacije aktivnosti unutar distribucijske mreže. Navedeni sustav bilježi tokove roba te zahtjeva dostupnost potrebnih informacija kao što su lokacija zaliha, roba u tranzitu i kretanje zaliha [8].

2.2.1. Planiranje resursa poduzeća

Svim poslovnim aktivnostima i procesima unutar poslovnog sustava upravlja ERP. ERP je alat za kompletno planiranje, koordinaciju i upravljanje zadacima tvrtke. Predstavlja skup međusobno povezanih modula od kojih svaki podržava specifične poslovne procese kao što su financije, računovodstvo, ljudski resursi, prodaja, nabava, proizvodnja, logistika i opskrbni lanac. Radi pojednostavljenja procesa i dijeljenja informacija unutar tvrtke, ERP moduli spojeni su u integrirani sustav koji koristi zajedničku bazu podataka (Slika 2). Razvojem tvrtke širi se i opseg ERP sustava [11].



Slika 2 Moduli ERP sustava

Izvor: [11]

ERP sustav automatizira, olakšava i integrira svakodnevne procese tvrtke i omogućuje dijeljenje podataka. Kako bi se ponudio jedinstven izvor informacija i podataka u cijelom poslovanju, većina podataka organizacije trebali bi biti smješteni u bazu podataka ERP sustava. ERP pojednostavljuje prikupljanje, pohranjivanje i korištenje podataka organizacije [11], [12].

Modul za nabavu pomaže pri nabavi materijala i usluga koje su potrebne kako bi tvrtka proizvodila robu ili prodavala gotove proizvode. Umjetna inteligencija obrađuje potrebne podatke te ih koristi za smanjenje pretjerane ili nedovoljne narudžbe, unaprjeđuje pregovore s dobavljačima te omogućuje povezivanje s mrežama kupaca. Modul za proizvodnju ključni je element za planiranje i izvođenje ERP sustava. Pomaže tvrtkama pri pojednostavljenju složenih procesa proizvodnje i osigurava usklađenost proizvodnje s potražnjom. Modul uključuje funkcionalnost za MRP sustav (planiranje proizvodnje, realizaciju proizvodnje, određivanje potrebne količine zaliha). Još jedna ključna komponenta ERP sustava je modul opskrbnog lanca koji prati kretanje robe i zaliha kroz opskrbni lanac organizacije. Pruža alate za upravljanje zalihama u stvarnom vremenu, skladišne aktivnosti, transport i logistiku te pomaže u povećanju otpornosti opskrbnog lanca [11].

2.2.2. Napredno logističko planiranje

APS sustav predstavlja jedan od naprednijih sustava za planiranje koji koristi podatke dobivene u stvarnom vremenu za generiranje rasporeda aktivnosti. Ovaj sustav pokriva cijeli opskrbni lanac i omogućuje gotovo trenutno odgovaranje na zahtjeve kupaca. APS-a u poslovanje rezultirati će boljim poslovnim rezultatima i višom razinom korisničke usluge. Kako bi se izradio optimizirani plan, APS sustav koristi nove tehnike planiranja i određivanja potrebnih rokova koji uključuju širok spektar ograničenja (dostupnost materijala, kapacitet radne snage i strojeva te potrebe korisničke usluge) [8].

3. AUTOMATIZACIJA LOGISTIČKIH PROCESA

Digitalna transformacija je već neko vrijeme najistaknutiji trend u sektoru logistike i opskrbnog lanca, predstavljajući značajne izazove praktičarima, a istovremeno im pružajući brojne prilike za postizanje konkurentske prednosti na svim razinama. Jedan od najvažnijih pomaka u tom pogledu je automatizacija informacijskih i fizičkih procesa koja ima potencijal dugotrajnog učinka na stratešku, taktičku i operativnu razinu planiranja i upravljanja logističkim sustavom. Potreba za smanjenjem troškova, povećanjem učinkovitosti i zahtjev za većom neovisnošću u donošenju individualnih odluka u logističkim sustavima samo su neki od razloga zašto se teži automatizaciji procesa. Automatizacija logistike i upravljanja opskrbnim lancem obuhvaća automatizaciju informacijskih i fizičkih procesa. Navedeni procesi podjednako su značajni i svaki on njih ima priliku za razvoj [13].

Automatizacija logistike i opskrbnog lanca prema [13] definira se kao „djelomična ili potpuna zamjena ili potpora ljudskog fizičkog rada ili informacijskog procesa strojem. To uključuje zadatke planiranja, kontrole ili izvršenja fizičkog toka robe kao i odgovarajućih informacijskih i financijskih tokova unutar središnje tvrtke i s partnerima u opskrbnom lancu“. Promatrajući automatizaciju fizičkih procesa u proizvodnoj logistici, vidljiva je naprednija automatizacija informacijsko-komunikacijskih procesa. Iako su s aspekta automatizaciji napredniji sustavi, prilikom implementacije javljaju se problemi usklađenosti s postojećim sustavom kao i troškovi same implementacije. U logističkim mrežama složenost implementacije se povećava te često uključuje usklađivanje i integraciju više partnera u složene globalne mreže.

Kako bi se postigla točnost zaliha, uvid u potražnju i ponudu u stvarnom vremenu, sigurni objekti i sigurnost radnika, skladišta proaktivno usvajaju digitalne tehnologije, kao što su barkodovi, QR kodovi, EDI i RFID pa sve do autonomnih robota i algoritama strojnog učenja koji predviđaju potražnju [14].

Barkod je linearni ili jednodimenzionalni kod. Nakon skeniranja naljepnice barkod čitačem, prevedeni podaci i informacije s naljepnice spremaju se u bazu podataka sustava za upravljanjem skladištem (*engl. Warehouse Management System - WMS*). Kod će se spremati u bazu podataka zajedno sa svim informacijama koji su sadržani u njemu, kao što su informacije o artiklima, uključujući njihovu cijenu, dostupnost, vrstu materijala (boja, veličina, model itd.) i gdje se artikli nalaze u skladištu [15].

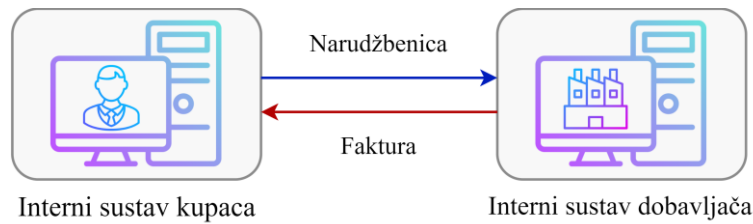
RFID je tehnologija koja se zasniva na elektromagnetskim valovima u radio frekvencijskom spektru. Tehnologija automatske identifikacije kao što je Auto-ID sustav temeljen na RFID tehnologiji važna je prednost za praćenje zaliha iz dva razloga. Identifikacija zaliha koju pruža ova tehnologija omogućuje točno definiranje trenutnog stanja. Dobivenim točnim trenutnim stanjem moguće je napraviti usporedbu između evidencije zaliha i stvarne količine. Nadalje RFID tehnologija može spriječiti ili smanjiti izvore pogrešaka. Prednosti korištenja RFID tehnologije uključuju smanjenje troškova rada, pojednostavljenje poslovnih procesa i smanjenje netočnosti evidencije zaliha [16].

3.1. Elektronička razmjena podataka

EDI ili elektronička razmjena podataka, je tehnologija koja omogućuje razmjenu elektroničkih poslovnih dokumenata između poslovnih partnera. Korištenjem EDI modela teži se postizanju visoke razine automatizacije postupaka putem integrirane razmjene podataka. Pritom se izbjegava razmjena pisanih i papirnatih dokumenata kao što su e-pošta, pošta i telefaks. Upotrebljava se za razmjenu informacija o narudžbama i za postupke fakturiranja između maloprodajnih tvrtki i proizvođača. Osim navedenog EDI se upotrebljava za slanje elektroničkih narudžbi potrebnih za dostavu pružateljima logističkih usluga gdje se navode informacije o artiklu ili informacije o obradi zahtjeva za plaćanje [17].

EDI model omogućuje kraće vrijeme prijenosa dokumenata između poslovnih partnera, integraciju dokumenata i podataka u postojeći informacijski sustav, izbjegavanje pogrešaka uzrokovanih ljudskim faktorom, bez ručne potrebe prilagodbe podataka, smanjenje troškova poslovanja, brzinu i točnost, povećanje učinkovitosti te omogućuje prednost na strateškoj razini. Rezultat navedenog je jednostavnija i efikasnija komunikacija između tvrtka [18], [19].

Proces razmjene poslovnih dokumenata, u ovom slučaju narudžbenice i fakture, između kupca i dobavljača prikazan je na slici 3. Kada zalihe kod kupca padnu na prethodno određenu razinu, njegov sustav nabave automatski generira i šalje narudžbenicu u EDI formatu. Nakon poslanih narudžbenice u nekoliko minuta sustav dobavljača prima EDI narudžbenicu te automatski obavještava otpremni odjel dobavljača da pripremi naručenu robu. Nakon što se naručena roba zapakira i pripremi za slanje, sustav za otpremu generira napredne obavijesti o otpremi (*engl. Advanced Ship Notices – ASN*) za slanje prijemnom odjelu kupca. Zatim dobavljačev ERP sustav generira EDI fakturu za prijenos dokumenta kupčevom sustavu plaćanja [19].



Slika 3 Razmjena poslovnih dokumenata putem EDI sustava

Izvor: [19]

Na slici 4 prikazana je EDI narudžbenica, EDI 810, koja najčešće sadrži sljedeće podatke: broj računa i datum, identifikacijski podaci o kupcu, prodavatelju i pošiljci, pojedinosti o narudžbi uključujući količinu i cijenu proizvoda, dodatne naknade, popusti, ukupni iznos, načini plaćanja, uvjeti plaćanja i podaci o porezu [20].

PO #	Ship Date	Vendor #					
0473289	4/15/2020	98098					
Line #	Buyer's Part #	Vendor Item #	Description	Quantity	UOM	Price	Amount
1	048392	180432	Grainer PO #: 0473289 Shipping Cost Description: Freight Charge	25	Each	25.22	630.5
Shipping Cost: 50.00 Other Charge Amount: 10.00 Other Charge Description: Handling Fee							
Total							690.50

Slika 4 EDI narudžbenica

Izvor: [20]

3.2. Sustav upravljanja skladištem

WMS pomaže tvrtkama u upravljanju i kontroli svakodnevnih skladišnih operacija. Ovaj sustav omogućava pregled cjelokupnog stanja zaliha tvrtke u stvarnom vremenu, kako u transportu tako i u skladištima, te je ključni dio upravljanja opskrbnim lancem. Uz upravljanje zalihama, sustav također pruža alate za korištenje resursa, analitiku, postupke komisioniranja i pakiranja i još mnogo drugih aktivnosti vezane uz upravljanje zalihama. Svaki aspekt upravljanja skladištem, uključujući postupke primanja, odlaganja, izuzimanja robe, pakiranja i otpreme, kao i praćenje zaliha i nadopuna zaliha, može se pojednostaviti uz pomoć WMS sustava. WMS upravlja svakim od navedenih aktivnosti putem jedinstvenog sučelja. Sustav se integrira s drugim alatima, uključujući skeniranje barkoda i RFID označavanje, napredniju robotiku i nosive uređaje s proširenom stvarnošću (*engl. Augmented Reality - AR*) i druga rješenja kao što su sustavi upravljanja prijevozom, ERP i logistička programska podrška [21].

Svaka tvrtka koje se bavi skladištenjem robe treba imati djelotvoran digitalni sustav upravljanja skladištem koji također pomaže u financijskim uštedama i stvara efikasnost u mnogim drugim područjima. Neke od prednosti WMS sustava su povećana operativna učinkovitost, smanjeni škart i troškovi, uvid u stanje zaliha u stvarnom vremenu, poboljšano upravljanje radom te bolje veze s klijentima i dobavljačima [21].

Umjesto tehnika ručnog prikupljanja podataka, podaci u stvarnom vremenu mogu se automatski prikupljati korištenjem WMS-a, a pri tome smanjujući pogreške nastale pri ručnom upisivanju. Prikupljeni podaci koriste se za mjerenje ključnih mjera (točnost zaliha, troškovi distribucije, vrijeme ciklusa narudžbe itd.) koje se koriste za različite analize. Sustav kreira vizualna izvješća koja se u kratkom vremenu šalju poslovnim partnerima te se koriste za prilagodbe [21].

Automatizacija sustava doprinosi smanjenju potrebe za radnom snagom, poboljšava sigurnost radnika te osigurava nesmetano funkcioniranje cijelog procesa, a obuhvaća daljnje praćenje podataka o artiklima u sustavu, vremenu koje provode u skladištu, podacima o dobavljaču i artiklima. Analizom ovih podataka tvrtke mogu lakše kontrolirati cjelokupno stanje zaliha i optimizirati iskorištenost skladišnog prostora [22].

3.3. Proces implementacije sustava upravljanja skladištem

Implementacija WMS-a je rad na provođenju postavljanja sustava za upravljanje skladištem. Postavljanjem ovog sustava u poslovanje omogućuje se digitalizacija logističkih aktivnosti, uklanjanje pogrešaka i koordinacija svih procesa koji se odvijaju unutar i izvan skladišta. Glavni razlog implementacije ovog sustava je taj što omogućuje vidljivost stanja i upravljanje zalihama u stvarnom vremenu [23].

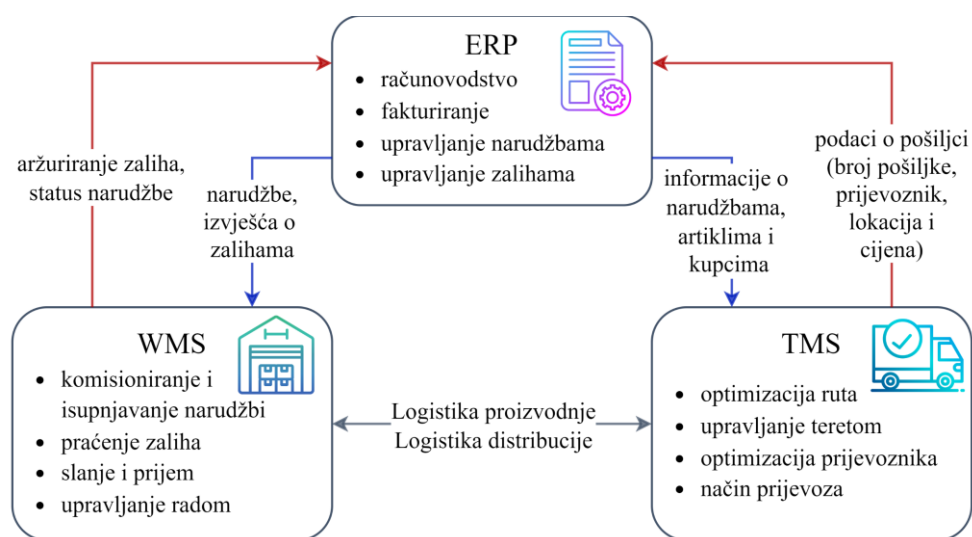
Implementacija sustava upravljanja skladištem sastoji se od sljedećih faza: pokretanje projekta, dizajn rješenja, konfiguracija sustava i puštanje u rad. Pokretanje projekta je početna faza tijekom koje se određuju potrebe klijenta, zadaci koje je potrebno izvršiti i kronologija projekta. Klijent i pružatelj WMS programske podrške (*engl. Software*) moraju dokumentirati operativne postupke i ciljeve tijekom ovog razdoblja. Sljedeća faza je dizajn rješenja u kojoj tim inženjera dizajnira detaljno rješenje na temelju prethodne analize potreba klijenta, tokova robe i operacija koje se odvijaju u skladištu. Ova faza zahtijeva potpunu koordinaciju između klijenta i pružatelja kako bi se definirala aplikacija programske podrške kao i konfiguracija sklopovske podrške (*engl. Hardware*) i sve opreme povezane s WMS-om. Nakon dizajniranja rješenja slijedi faza konfiguracije sustava. Prije pokretanja rješenja potrebno je pripremiti

skladište (konfiguracija terminala i radnih stanica, obuka zaposlenika, određivanje broja licenci). Prije puštanja sustava u rad pružatelj pokreće probni rad kako bi se provjerilo da je rješenje spremno za koordinaciju procesa koji se odvijaju u skladištu. Nakon provjere, zadnja faza implementacije je puštanje programske podrške u rad. Pružatelj vodi klijenta kroz postupak postavljanja kako bi osigurao da postavke i dizajn softvera zadovoljavaju logističke zahtjeve tvrtke [23].

3.4. Sustav upravljanja prijevozom

Sustav upravljanja prijevozom (*engl. Transportation Management System – TMS*) je sustav koji pomaže tvrtkama u upravljanju logistikom uključenom u premještanje fizičkih predmeta jednim ili kombinacijom više načina prijevoza. Logistička programska podrška TMS sastavni je dio većeg sustava upravljanja opskrbnim lancem, a pomaže osigurati pravovremenu isporuku robe optimizacijom utovara i ruta isporuke, praćenjem tereta na lokalnim i međunarodnim rutama i automatiziranjem prethodno dugotrajnih zadataka kao što je usklađivanje dokumentacije. TMS se povezuje sa sustavima prijevoznika te dohvaća, sprema i uspoređuje sveobuhvatne podatke o njima [24].

TMS ili WMS sustavi primaju podatke izravno iz ERP sustava. Kada integracija između dva sustava nije prisutna, mnoge funkcije moraju se obavljati ručno. S druge strane integracijom dva sustava podaci neometano teku u TMS ili WMS sustave radi daljnje obrade. Ispravna integracija ovih sustava ključna je za tok procesa između svih segmenata logističkog poslovanja [25].



Slika 5 Integracija ERP, WMS i TMS sustava

Izvor: [26]

Kao komponenta većeg sustava upravljanja opskrbnim lancem, TMS sustav surađuje s drugim programskim podrškama, a većina njih podržava ERP i WMS integraciju. ERP, WMS i TMS sustavi imaju određenu namjenu, a kada se integriraju uvelike olakšavaju proces isporuke robe do kupaca. ERP sustav upravlja računovodstvom, fakturiranjem i upravljanjem narudžbama, WMS sustav pomaže pri upravljanju funkcijama skladišta, uključujući paletizaciju (*engl. Palletization*) i ispunjavanje narudžbi, otpremu i primanje te praćenja stanja zaliha na skladištu, a TMS sustav odgovoran je za upravljanje teretom, optimizaciju ruta i prijevoznika [24].

Uloga WMS sustava unutar skladišta zasniva se na prikupljanju podataka pomoću barkoda i RFID oznaka te ažuriranju stanja skladišta za ERP. Nadalje ERP priprema podatke o pošiljci te ih prosljeđuje TMS-u za pripremanje isporuke pošiljke. Osim osnovnih podataka o pošiljci, kao što su ime i adresa kupca, ERP omogućuje detaljne informacije o pošiljkama. TMS šalje ERP-u podatke o pošiljci, uključujući broj pošiljke za praćenje, naziv prijevoznika i troškove. Primljene podatke, ERP, koristi za funkcije računovodstva i upravljanja narudžbama. Kako bi prodaja i služba za korisnike mogla obavijestiti klijente o statusu njihovih narudžbi, informacije o otpremi također se mogu poslati modulu za upravljanje odnosima s klijentima (*engl. Customer Relationship Management - CRM*) [26]. Opisano je prikazano na Slici 5.

4. KONCEPT AUTOMATIZIRANIH LOGISTIČKIH SUSTAVA

Unutar ovog poglavlja biti će prikazan koncept automatizacije logističkih sustava primjenom drona. Većina modernih poslovnih aktivnosti zahtijeva učinkovito upravljanje skladištem. Dronovi se koriste za automatizaciju procesa planiranja i kontrole zaliha, a njihovom primjenom također se postiže i veća sigurnost radnika u skladištu [27].

U posljednjih nekoliko godina povećava se primjena dronova u skladištima. Cilj velikih skladišta je povećati efikasnost većim ulaganjem u automatizaciju i robotiku. To nije neuobičajeno s obzirom da troškovi skladišnog poslovanja čine 30% ukupnih logističkih troškova. Nadalje, potreba za daljnjim poboljšanjem efikasnosti skladišnog poslovanja je porasla kao posljedica poteškoća u pronalazanju obučenih radnika, sve veća potražnja za korisničkim uslugama i razvoja e-trgovine. Dronovi imaju ključnu ulogu u automatizaciji postojećih skladišta. Popularni su zahvaljujući njihovoj sposobnosti da samostalno lete i lebde, izbjegavaju prepreke u različitim prostornim rasporedima skladišta, sigurno i točno lete određenim rutama unutar skladišta, precizno slijeću i imaju mogućnost letjeti u flotama [28].

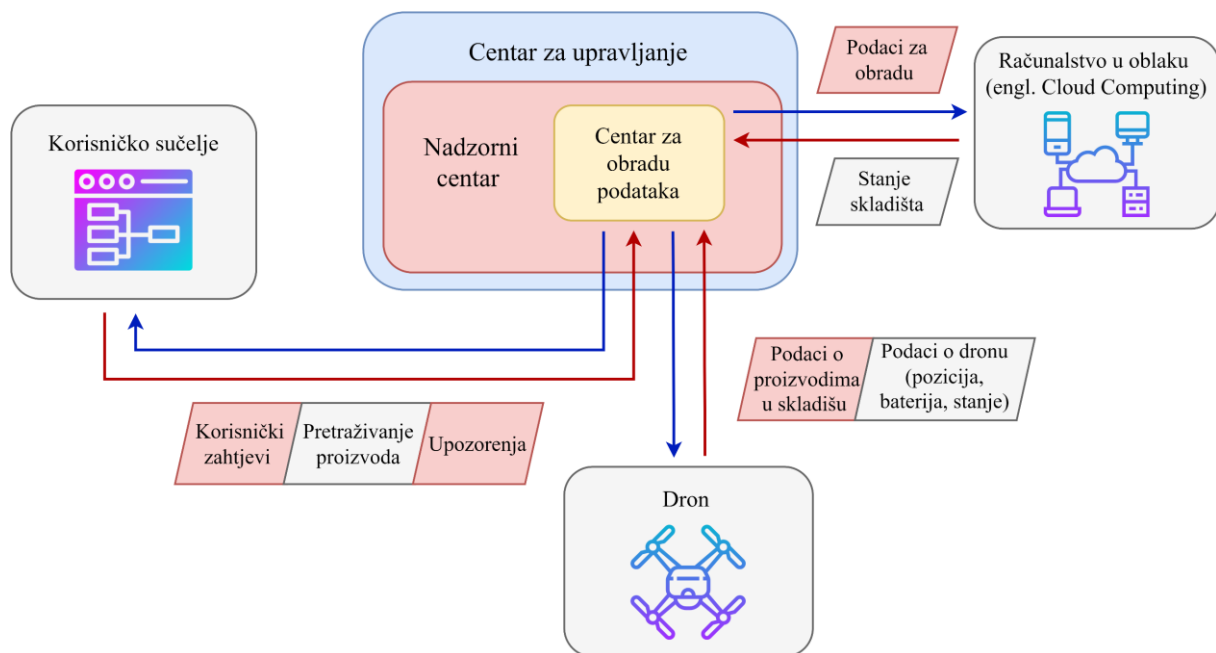
Dronovi mogu doseći uska skladišna područja, locirati predmete koje je teško pronaći i slati podatke u stvarnom vremenu putem oblaka za jednostavnu integraciju s WMS sustavima. Proširujući postojeće tehnologije koje su usvojila skladišta, dronovi pomažu u poboljšanju povrata ulaganja (*engl. Return on Investment - ROI*) na postojećoj infrastrukturi. Skladišni dronovi predstavljaju logično proširenje koje integrira vizualne informacijske procese s fizičkim skladišnim procesima [29].

U području upravljanja zalihama dronovi se koriste za sljedeće zadatke: kontrola zaliha, upravljanje zalihama, brojanje ciklusa, pretraživanje artikala, održavanje sigurnosnih zaliha i inventure zaliha. Inventura zaliha je fizička provjera količine artikala uskladištenih u skladištima, a najčešće se obavlja jednom u godini ili na kraju fiskalne godine. Dok brojanje ciklusa opisuje proces češćeg brojanja djelomične količine zaliha u skladištu. Ovaj zadatak obično svakodnevno ili tjedno obavlja mali obučeni tim osoblja za kontrolu zaliha u skladištu. Radnici odlaze do određenog mjesta u skladištu, skeniraju barkod artikla, broje jedinice i odlaze na sljedeću lokaciju prema svom rasporedu. Iako ova metoda povećava točnost inventara u usporedbi s godišnjim jednokratnim provjerama zaliha, ipak postoji nekoliko nedostataka. Između ostalog, brojanje ciklusa je sporo zato jer se taj zadatak obavlja ručno, radno je intenzivan te je potrebno nekoliko radnika, opasan je zbog obavljanja rada na velikim visinama, troškovi rada su visoki i zbog vrlo ponavljajućih zadataka obavljanje ovog zadatka je sklono

pogreškama. Dronovi mogu dodati vrijednost za optimizaciju ovog procesa. Glavni ciljevi korištenja dronova za upravljanje zalihama su povećanje točnosti planiranja i kontrole zaliha, smanjenje troškova rada i minimiziranje opasnih zadataka [28]. S poslovnog stajališta, podaci imaju središnju ulogu u digitalnoj transformaciji skladišta. S velikom količinom podataka koje predaje dron u gotovo stvarnom vremenu, logistički menadžeri moraju neprimjetno integrirati dobivene podatke u postojeće informacijske sustave i tokove rada. Velika količina dobivenih podataka može se analizirati pomoću umjetne inteligencije (*engl. Artificial intelligence - AI*) kako bi se pružio novi uvidi za bolje donošenje odluka u vezi s upravljanjem zalihama, odgovorom na potražnju opskrbnog lanca te zaštitom i sigurnosti [29].

Na slici 6 prikazana je arhitektura navedenog koncepta, automatizacije logističkih sustava primjenom dronova, koja se sastoji od četiri glavne komponente:

1. Centar za upravljanje (*engl. Control Center*),
2. Računalstvo u oblaku (*engl. Cloud Computing – CC*),
3. Dronova i
4. Korisničko sučelje (*engl. User Interface – UI*).



Slika 6 Koncept automatizacije logističkih sustava primjenom drona

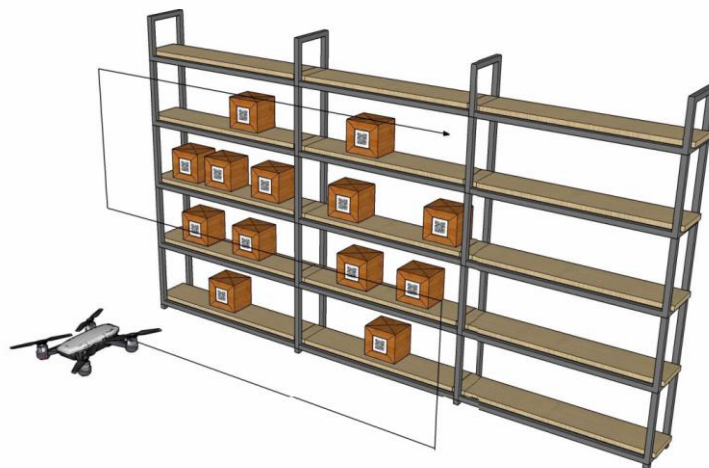
Izvor: Izradio autor

Centar za upravljanje predstavlja nadogradnju postojećeg sustava pomoću kojega se vizualiziraju trenutna stanja logističkih procesa. Centar za upravljanje u proizvodnoj logistici predstavlja središnju točku WMS sustava, koji podržava radnike u cjelokupnom nadzoru

skladišnog poslovanja. Omogućuje brzu reakciju na unutarnje smetnje i nepredviđene događaje, kako ne bi došlo do ugrožavanja nesmetanog protoka materijala unutar skladišta. Pomoću centra za upravljanje može se postići značajno povećanje proizvodnje i smanjenje troškova [30]. Centar za upravljanje unutar ovog sustava ima za cilj omogućiti komunikaciju između svih komponenti sustava, obradu i pohranu podataka te uvid u trenutno stanje cjelokupnog sustava. Sastoji se od nadzornog centra i centra za obradu podataka, nadzorni centar omogućuje uvid u podatke o dronovima, stanju u skladištu te obavještava o nastalim potencijalnim problemima. Centar za obradu podataka prikuplja podatke od dronovima te ih prosljeđuje CC, također na zahtjev korisnika šalje podatke korisničkom sučelju.

Računalstvo u oblaku predstavlja oblik mrežnog upravljanja kojim se omogućuje posluživanje podataka na zahtjev korisnika [31]. CC pohranjuje i obrađuje podatke primljene od centra za obradu podataka. Na osnovu primljenih podataka prikupljenih dronom definira novo stanje skladišta, obavještava o proizvodima koji nedostaju, proizvodima koji su višak te popunjava bazu podataka.

Dron po zahtjevu korisnika, voditelja skladišta, obavlja let skladištem. Svaka dron prolazi unaprijed određenom rutom kroz skladište te svojim tehnologijama (RFID, računalni vid (*engl. Computer Vision*)) detektira proizvode.



Slika 7 Detekcija QR kodova koji se nalaze na proizvodima

Izvor: [27]

Korišteni dronovi moraju imati mogućnost praćenja određene rute te određivati svoj relativni položaj unutar skladišta u stvarnom vremenu kako bi se izbjegli incidenti. Za navedeni problem kretanja kroz skladište mogu se koristiti različite tehnologije (Wi-Fi, Bluetooth

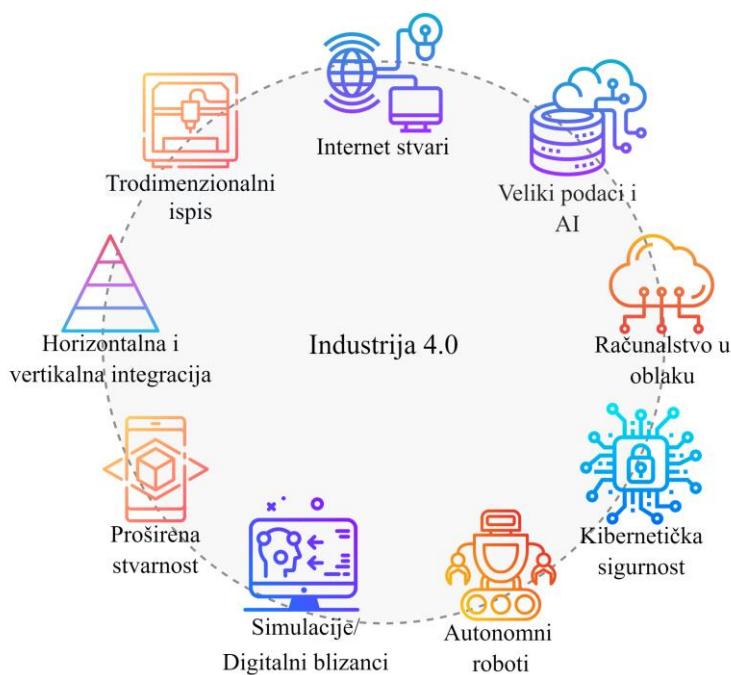
svjetionik (*engl. Bluetooth Beacon – BB*), računalni vid). Prema [27] tehnika korištenja za dokazivanje koncepta zasniva se na računalnom vidu. Primjenom računalnog vida vrši se prepoznavanje slike (*engl. Image Recognition*). Prepoznavanje slike predstavlja programsku podršku koja ima mogućnost identifikacije i klasifikacije dijelova unutar slike [22]. Dronovi letom kroz skladište vrše detekciju QR kodova koji se nalaze na proizvodima (Slika 7). Svaki QR kod sadržava određene podatke o proizvodu kao što su broj za prepoznavanje (ID), naziv proizvoda, minimalna i maksimalna temperatura na kojoj proizvod mora biti čuvan te oznaka položaja u skladištu [27].

Korisničko sučelje predstavlja točku interakcije između čovjeka i računala primjenom periferije računala [32]. Pronalazi svoju svrhu u prijenosu podataka između dronova i radnog osoblja skladišta. Uobičajeno dolazi kao izgrađena programska podrška pomoću koje voditelj skladišta pokreće proces inventure skladišta. Također pomoću navedenog dobiva uvid u trenutno stanje skladišta i stanje dronova te svih potencijalnih incidenata vezanih uz dronove (sudari, mehanički i programski kvarovi itd.).

Dronovi mogu sigurno obavljati i ubrzati aktivnosti kontrole zaliha u skladištima. Neke od prednosti njihova korištenja u odnosu na fizički rad čovjeka su: osigurava sigurnije okruženje za zaposlenike, radnici se mogu usredotočiti na procese veće vrijednosti jer dronovi preuzimaju ponavljajuće aktivnosti, povećava se efikasnost skladišnih procesa jer je moguće organizirati stalni rad bez odgađanja, troškovi skladišnih procesa se smanjuju zahvaljujući boljem upravljanju zalihama, a troškovi zaposlenika su racionalizirani, dronovi mogu vizualno pregledavati etikete, snimati fotografije, registrirati barkodove i koristiti RFID oznake za čitanje lokacije inventara i drugih podataka, jedan dron može koristiti i kombinirati nekoliko tehnika inventara, jer je opremljen različitim sensorima i kamerama, ne zahtijevaju nikakve dodatne vanjske postavke ili bilo kakvu posebnu infrastrukturu za korištenje, imaju optički sustav koji se može koristiti s računalnim vidom i dubokim strojnim učenjem i sustav automatski dronovi lako se integriraju s informacijskim sustavima tvrtke, poput WMS-a i ERP-a [22].

5. PRIMJENA NOVIH TEHNOLOGIJA U LOGISTIČKIM PROCESIMA

Industrija 4.0 revolucionira automatizaciju, nadzor i analizu opskrbnih lanaca putem pametne tehnologije. Industriju 4.0 pokreću internet stvari (*engl. Industrial Internet of Things - IIoT*) i kibernetički sustavi (*engl. Cyber-Physical System - CPS*). CPS su pametni autonomni sustavi koji koriste računalne algoritme za nadzor i kontrolu fizičkih predmeta poput strojeva, robota i vozila. Industrija 4.0 glavni je dio digitalne transformacije svake tvrtke. Sastoji se od devet tehnologija, a to su Veliki podaci (*engl. Big Data*) i AI, Horizontalna i vertikalna integracija, CC, AR, IIoT, Trodimenzionalni ispis (*engl. 3D Printing*), Autonomni roboti (*engl. Autonomous Robots*), Simulacije i Digitalni blizanci (*engl. Digital Twin*) i Kibernetička sigurnost (*engl. Cybersecurity*) (Slika 8). Navedene inovacije omogućuju stvaranje inteligentnih i autonomnih sustava povezivanjem fizičkog i digitalnog područja. Neke od ovih tehnologija trenutačno koriste tvrtke i opskrbni lanci, a kada se kombiniraju zajedno ostvaruje se puni potencijal Industrije 4.0 [33].



Slika 8 Tehnologije Industrije 4.0

Izvor: [33]

Logistika i opskrbni lanac unutar industrije 4.0 može se opisati kao suradnja između CPS-a. CPS sustavi neposredno povezuju fizičke objekte i procese s objektima i procesima obrade informacija putem otvorenih, djelomično globalnih i međusobno povezanih informacijskih mreža. CPS prati stvarne fizičke procese i kopira ih u virtualni svijet za

decentralizirani proces donošenja odluka. Koristi senzore u IoT sustavima za komunikaciju i međudjelovanje s objektima kao i s ljudima u sustavu u stvarnom vremenu. Konstruiran je integracijom sustava sklopovske podrške (senzora, robota, vozila) i CC kao centralizirane jedinice za pohranu podataka. Ova integracija pretvara tvornicu i sve njezine komponente, uključujući proizvode, usluge i logistiku, iz tradicionalnih u pametne. CPS i CC omogućuju pametnu logistiku (*engl. Smart Logistics*), drugim riječima oni omogućuju primjenu različitih tehnologija za poboljšanje učinkovitosti logističkih procesa koji djeluju na cijeli opskrbni lanac. Pametna logistika ili Logistika 4.0, koja se sastoji od pametnih proizvoda i usluga, povećava razinu fleksibilnosti logistike kako bi se zadovoljila vrlo fluktuirajuća tržišna potražnja za visoko individualnim uslugama i proizvodima. Sve veće smanjenje troškova skladištenja i proizvodnje dovodi do više razine zadovoljstva kupaca. Logistika 4.0 odnosi na uključivanje trenutnog koncepta logistike s inovacijama i aplikacijama koje dodaje CPS [34].

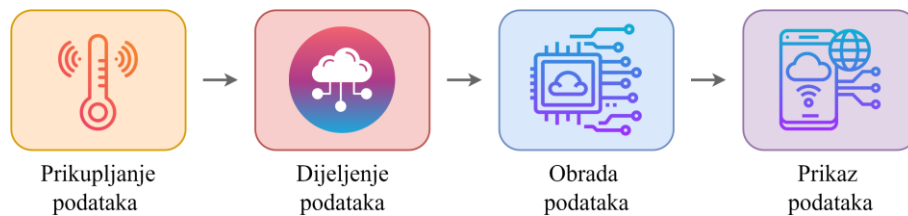
Predviđa se da će se pojaviti novi poslovni modeli kao rezultat utjecaja Industrije 4.0 na opskrbne lance, razlog tome je intenzivno korištenje podataka i digitalna povezanost svih partnera. Novi modeli prisiljavaju pružatelje logističkih usluga treće (*engl. Third-Party Logistics – 3PL*) i četvrte strane (*engl. Fourth-Party Logistics - 4PL*) da preusmjere pozornost s tradicionalnih poslovnih modela proizvodnje, maloprodaje i logistike na nove poslovne modele usmjerene na lanac vrijednosti. Stoga je potrebno promijeniti vrste i procese opskrbe kako bi se zadovoljile potrebe krajnjeg korisnika kroz prihvaćanje svojstva vertikalne i horizontalne integracije i inženjerske podrške u cijelom lancu vrijednosti [34].

Prema [34] Logistika 4.0, s obzirom na Industriju 4.0, definira se kao "Strateški tehnološki smjer koji integrira različite vrste tehnologija za povećanje učinkovitosti opskrbnog lanca, preusmjerujući pozornost organizacija na lance vrijednosti, povećanjem isporučene vrijednosti potrošačima i kupcima te postizanjem veće razine konkurentnosti. To se postiže povećanjem razine transparentnosti i decentralizacije između različitih strana kroz digitalizaciju".

5.1. Internet stvari

IoT su povezani objekti i uređaji koji su opremljeni sensorima, softverom i drugim tehnologijama koji im omogućuju prijenos i primanje podataka, prema i od drugih objekata i sustava, a koriste se u svrhu informiranja korisnika ili automatizaciju aktivnosti. Wi-Fi je kroz povijest primarna metoda povezivanja, ali danas se koriste 5G mreže i druge vrste mrežnih platformi koje omogućuju brzo i pouzdano dijeljenje i obradu velikih podataka. IoT uređaji

dohvaćaju sve podatke za koje su programirani, a ti se podaci prikupljaju i analiziraju kako bi pomogli u informiranju i automatizaciji naknadnih radnji ili odluka. Postoje četiri ključne faze u ovom procesu, a to su: prikupljanje podataka, dijeljenje podataka, obrada podataka i prikaz podataka (Slika 9) [35].



Slika 9 Četiri faze Internet stvari

Izvor: [35]

IoT uređaj prikuplja informacije iz svoje okoline putem senzora. Prikupljeni podaci u stvarnom vremenu mogu biti u obliku video prijenosa ili izmjerene temperature. Koristeći dostupne mrežne veze, IoT uređaji dijele prikupljene podatke javnom ili privatnom oblaku, drugom uređaju ili ih pohranjuju lokalno prema uputama rubnog računalstva (*engl. Edge Computing*), odnosno obrada podataka događa se bliže izvoru umjesto da se podaci prenose u centralizirani oblak ili podatkovni centar [35], [36].

Nakon obrađenih podataka programska podrška programirana je da na temelju prikupljenih podataka izvrši neku aktivnost poput uključivanja ventilatora ili slanja upozorenja. Prikupljeni podaci sa svih povezanih uređaja IoT mreže se analiziraju. Analiza podataka pruža uvid za informiranje o pouzdanim aktivnostima i poslovnim odlukama [35].

Proizvodnja i opskrbeni lanci su među industrijama u kojima se IIoT (*engl. Industrial Internet of Things*) tehnologija širi posebno velikom brzinom. Senzori u pametnoj tvornici mogu prepoznati, pa čak i predvidjeti mehaničke probleme kako bi aktivnosti funkcionirale bez poteškoća. Pametna tvornica je CPS sustav koji koristi napredne tehnologije kao što su AI i strojno učenje za analizu podataka i pokretanje automatiziranih procesa. Osim toga senzori mogu prikupljati i analizirati operativne podatke kako bi identificirali najbrže i najefikasnije tokove rada i procese, koje naknadno može automatizirati centralizirani sustav. IoT tehnologije pomažu pojednostaviti operacije u čitavom opskrbnom lancu [35].

5.2. Veliki podaci

Veliki podaci (*engl. Big Data*) je tehnologija koja se odnosi na sve alate, programske podrške i tehnike koje se koriste za obradu i analizu velikih podataka uključujući rudarenje,

pohranu, dijeljenje i vizualizaciju podataka, ali ne ograničavajući se samo na njima. Veliki podaci sastoje se od svih podataka, strukturiranih i nestrukturiranih, potencijalno važnih za poslovanje iz različitih nejednakih izvora. Nakon analize podataka, koriste se za pružanje boljeg uvida i točnijih informacija o svim operativnim područjima poslovanja i tržišta. Ove podatke koriste organizacije za donošenje odluka, poboljšanje procesa i politika te stvaranje proizvoda, usluga i iskustava usmjerenih na kupca [37].

Skupovi podataka klasificirani su u tri kategorije na temelju njihovih strukturnih karakteristika i toga mogu li se jednostavno indeksirati ili ne. Vrsta podataka koju je najlakše organizirati i pretraživati su strukturirani podaci (engl. *Structured Data*). Raspored unaprijed definiranih stupaca i redaka u proračunskoj tablici Excel programa olakšava pregled strukturiranih podataka. Zbog jasno klasificiranih komponenti, administratori baze podataka i dizajneri mogu jednostavno konstruirati jednostavne metode pretraživanja i analize. Velike količine nestrukturiranih podataka (engl. *Unstructured Data*) povijesno su zahtijevale dugotrajne ručne metode za pretraživanje, upravljanje i analizu. Rezultat toga su zastarjeli podaci, a troškovi su često bili previsoki da bi se mogli opravdati. Danas nestrukturirani podaci najčešće se čuvaju u podatkovnim „jezerima“, skladištima podataka i NoSQL bazama podataka, a ne u proračunskim tablicama ili relacijskim bazama podataka. Polu-strukturirani podaci (engl. *Semi-Structured Data*) kombinacija su strukturiranih i nestrukturiranih podataka i dijele karakteristike obje vrste podataka [37].

Kako bi se podaci mogli smatrati Velikim podacima moraju sadržavati najmanje pet sljedećih karakteristika: volumen (engl. *Volume*), brzinu (engl. *Velocity*), raznolikost (engl. *Variety*), istinitost (engl. *Veracity*) i vrijednost (engl. *Value*) [37].

Veliki podaci rade na način da na temelju analize podataka pruži relevantne i djelotvorne uvide koji značajno unaprjeđuju poslovanje. Kako bi tvrtke mogle implementirati tehnologiju velike količine podataka, moraju biti pripremljene za takvu transformaciju i osigurati spremnost sustava i procesa za prikupljanje, pohranu i analizu velikih podataka. Logističke tvrtke sve se više oslanjaju na analitiku velikih podataka kako bi optimizirale planiranje ruta, konsolidaciju tereta i mjere uštede goriva. Upravljanje velikim podacima ovisi o sustavima koji mogu obraditi i smisljeno analizirati velike količine različitih i složenih informacija. Stoga, Veliki podaci i AI imaju djelomično recipročan odnos i uvelike ovise jedan o drugome [37]. AI zahtijeva veliku količinu podataka za izvođenje analize, a kako bi se mnogo podataka moglo obraditi sustav zahtijeva AI [38].

5.3. Umjetna inteligencija

Cilj AI je usmjeriti strojeve da izvršavaju zadatke za koje je potreban intelekt čovjeka. AI se može definirati kao sustav koji percipira svoje okruženje, poduzima aktivnosti kako bi povećao vjerojatnost da će njegovi ciljevi biti postignuti te sposobnost tog sustava da razumije i analizira podatke. Rješenja koja pokreće AI omogućuju upravljanje velikim podacima. Složeni procesi mogu se automatizirati pomoću AI, resursi se mogu koristiti efikasnije, a poteškoće i prilike mogu se bolje predvidjeti što omogućuje pravovremenu pripremu. Neke od najčešćih i brzo naprednih AI tehnologija su sljedeće: strojno učenje (*engl. Machine Learning*), obrada prirodnog jezika (*engl. Natural Language Processing*), računalni vid i robotika (*engl. Robotics*) [38].

Strojno učenje, zajedno sa svim svojim komponentama, podskup je AI. U strojnom učenju, algoritmi se primjenjuju na različite vrste metoda učenja i tehnika analize, koje omogućuju sustavu da automatski uči i poboljšava se analiziranjem prethodnih situacija bez potrebe dodatnog programiranja. AI se osim strojnog učenja sastoji još i od podskupa dubokog učenja i neuronske mreže [38], [39].

Računalni vid omogućuje računalima i sustavima da prikupe informacije iz digitalnih slika, videa i drugih vizualnih inputa te da provode aktivnosti ili daju prijedloge na temelju tih informacija. AI računalima daje sposobnost razmišljanja, a računalni vid im daje sposobnost gledanja, promatranja i razumijevanja. Računalni vid zahtjeva mnogo podataka na temelju kojih provodi analize, uočava razlike i prepoznaje vizualne podatke. Za navedeno koriste se dvije osnovne tehnologije: duboko učenje i neuronsku mrežu. Strojno učenje koristi algoritamske modele koji omogućuju računalu da uči vizualne podatke. Neuronska mreža pomaže strojnom učenju ili dubokom učenju „gledati“ i rastaviti slike na piksele kojima se dodaju oznake ili naljepnice (*engl. Label*). Neuronska mreža pokreće konvolucije i provjerava točnost svojih predviđanja u nizu ponavljanja sve dok se predviđanja ne počnu ostvarivati [40]. AI, zajedno s IoT sensorima, omogućuje kapacitet za značajno proširenje djelokruga, volumena i vrste robotskih zadataka [38].

Nove generacije autonomnih robota pojavljuju se kao rezultat Industrije 4.0. Autonomni roboti, koji su dizajnirani za obavljanje aktivnosti uz minimalnu ljudsku intervenciju, dolaze u širokom rasponu oblika i veličina, od autonomnih dronova do mobilnih robota. Ovi roboti mogu prepoznati, analizirati i odgovoriti na informacije koje primaju iz svog okruženja zahvaljujući naprednoj programskoj podršci, AI, sensorima i računalnom vidu [33].

5.4. Računalstvo u oblaku

CC omogućava korištenje računalnih resursa na zahtjev korisnika putem interneta koji se nalaze u udaljenom podatkovnom centru i kojima upravlja davatelj usluga. Davatelj usluga naplaćuje korisniku resurse koje mu stavlja na raspolaganje definiranom pretplatom ili prema korištenju. Arhitektura usluga CC platforme sastoji se od tri modela za pružanje usluga u oblaku: Sklopovska podrška kao usluga (*engl. Cloud Software as a Service - SaaS*), Platforma kao usluga (*engl. Cloud Platform as a Service - PaaS*) i Infrastruktura kao usluga (*engl. Cloud Infrastructure as a Service - IaaS*) te od četiri modela implementacije: javni, privatni, hibridni i zajednički oblak [41].

SaaS je tehnološka platforma koja omogućuje dostupnost aplikacija koje se nalaze u CC i kojima se pristupa putem interneta. Korisnici koriste aplikacije putem različitih uređaja uz pomoć klijentskog sučelja. SaaS korisnici plaćaju definiranu mjesečnu ili godišnju pretplatu ili na temelju stvarne upotrebe. PaaS nudi korisnicima platformu na zahtjev za upravljanje, pokretanje i stvaranje vlastitih aplikacija. Ova platforma uključuje sklopovske podrške, cijeli skup programske podrške, infrastrukturu, pa čak i razvojne alate. Davatelj usluga omogućuje korisniku nadzor nad aplikacijama koje se pokreću na infrastrukturi CC u podatkovnom centru. IaaS nudi pristup osnovnim računalnim resursima (fizički i virtualni poslužitelji, programi, mrežna oprema i prostori za pohranu) na zahtjev putem interneta po principu naplate prema korištenju. Korisnici ne kupuju resurse, već ih koriste i plaćaju kao vanjsku uslugu prema potrebi [41].

Javni oblak (*engl. Public Cloud*) je vrsta CC u kojem davatelj usluga čini računalne resurse dostupnima korisnicima putem javnog interneta. Pristup resursima može biti besplatan ili se može naplatiti na temelju definirane pretplate. Kod privatnog oblaka (*engl. Private Cloud*) sva infrastruktura i računalni resursi namijenjeni su i dostupni samo jednom korisniku. Hibridni oblak (*engl. Hybrid Cloud*) je kombinacija infrastrukture javnog i privatnog CC-a, a povezuje privatne i javne usluge organizacije u jednu fleksibilnu infrastrukturu za pokretanje aplikacija [41].

CC pruža brojne prednosti logističkim tvrtkama jer omogućuje brz, učinkovit i fleksibilan pristup uslugama informatičkih tehnologija (*engl. Information Technology - IT*) i inovativnim rješenjima u opskrbnim lancima. Logističke tvrtke više ne moraju ulagati u nabavu programske i sklopovske podrške, razvijati vlastite IT sektore i koordinirati integracije s poslovnim partnerima [42].

5.5. Peta generacija mobilnih mreža

Peta generacija mobilnih mreža (*engl. Fifth-Generation Mobile Network - 5G*) predstavlja novi tehnološki napredak u prijenosu podataka primjenom viših frekvencijskih pojaseva. Visoka propusnost (*engl. High Bandwidth*), visoka gustoća (*engl. High Density Connection*), visoka pouzdanost, niska latencija i niska potrošnja energije samo su neke od karakteristika 5G tehnologije [43].

5G je prva mobilna mreža koja se prvenstveno usredotočuje na izravnu komunikaciju između strojeva (*engl. Machine-to-Machine*). U budućnosti 5G bežični sustavi podržavati će tri generičke usluge koje se klasificiraju kao: Izuzetno pouzdana komunikacija s niskom latencijom (*engl. Ultra Reliable Low Latency Communication – URLLC*), Poboljšana mobilna propusnost (*engl. Enhanced Mobile Broadband – eMBB*) i Masivna komunikacija strojnog tipa (*engl. Massive Machine Communication - mMTC*). URLLC podržava prijenose male latencije s vrlo visokom pouzdanošću s ograničenog skupa terminala. eMBB podržava stabilne veze s vrlo visokim vršnim brzinama prijenosa podataka kao i umjerenim brzinama za korisnike na rubu ćelija (*engl. Cell-Edge Users*). mMTC podržava veliki broj IoT uređaja koji su samo sporadično aktivni i šalju male količine podataka [44], [45].

Rezanje mreže (*engl. Network Slicing*) ili softverski definirana mrežna tehnologija (*engl. Software-Defined Networking*) omogućuje prethodno navedenim 5G područjima odvojen rad unutar 5G ekosustava. Svaki odsječak djeluje kao vlastita mreža sa svojim zahtjevima za pružanje usluga [46].

Jedan od glavnih razloga za implementaciju 5G mreže je u tome što omogućuje integraciju različitih tehnologija (IoT, AI, CC, Internet, veliki podaci, lanac blokova (*engl. Blockchain*)) u jedinstveni sustav. Navedene tehnologije mreži pružaju jedinstvene prednosti u različitim aspektima. Prednosti omogućuju široku primjenu 5G mreže u pametnoj logistici (*engl. Smart Logistics*) unutar Industrije 4.0 [47].

Sve većim razvojem mobilnih mreža javlja se potreba za stalnom kontrolom informacija te brzom obradom i prijenosom podataka. Cilj Industrije 4.0 je održati digitalizaciju aktivnosti poslovnih procesa povećanjem količine prenesenih podataka uz poboljšanje njihove sigurnosti, performansa, prilagodljivosti i fleksibilnosti. Kako bi mobilne mreže prenijele informacije duž lanca vrijednosti u stvarnom vremenu, trebale bi omogućiti širokopojasni pristup u bilo kojem trenutku i pružiti snažnu izvedbu u smislu dostupnosti i brzine [48].

5.6. Lanac blokova

Lanac blokova predstavlja niz blokova unutar kojih su sadržane liste transakcija. Blok se sastoji od zaglavlja (*engl. Block Header*) i tijela (*engl. Block Body*). Zaglavlje bloka uglavnom se sastoji se od vremenskih oznaka (*engl. Timestamp*), nonce, hash bloka i pokazivača, a u tijelu bloka sadržane su transakcije. Najveći broj transakcija koji blok može sadržavati ovisi o veličini bloka i veličini same transakcije. Kako bi se zaštitila transakcija, lanac blokova koristi asimetričnu kriptografiju (*engl. Asymmetric Cryptography*) za validaciju i autentifikaciju [49].

Ova tehnologija zasniva se na koncepciji decentralizirane baze podataka gdje je baza podataka dostupna na više računala, a svaka kopija baze podataka je identična. Arhitektura lanca blokova sastoji se od tri sloja: Aplikacijskog sloja (*engl. Application*), Decentralizirane knjige (*engl. Decentralized Ledger*) i Peer-to-Peer mreže (P2P). Aplikacijski sloj omogućuje korisniku čitljivo sučelje preko kojeg korisnici mogu pratiti svoje transakcije. Decentralizirana knjiga je srednji sloj u arhitekturi lanca blokova. U ovom sloju, transakcije se grupiraju u blokove koji su međusobno kriptografski povezani. Transakcije se definiraju kao razmjena tokena između dva korisnika, a svaka transakcija mora proći proces provjere prije nego li se može smatrati važećom transakcijom. Rudarenje (*engl. Mining*) je proces grupiranja transakcija koji se dodaje na kraj trenutnog bloka u lancu blokova. Lanac blokova koristi konsenzusni algoritam (*engl. Proof-of-Work*) kako bi se osigurao konsenzus između svih čvorova (*engl. Nodes*). Donji sloj arhitekture lanca blokova čini P2P mreža [50].

P2P mreža je model decentralizirane mrežne komunikacije koji se sastoji od grupe čvorova, odnosno uređaja, koji zajedno pohranjuju i dijele datoteke pri čemu svaki čvor djeluje kao pojedinačni „peer“. U ovoj mreži komunikacija se događa bez središnje administracije ili poslužitelja. Odnosno P2P mreža omogućuje da su sve transakcije u lancu blokova vidljive svakom čvoru u mreži [50], [51].

Mreža lanca blokova može se podijeliti na četiri glavne vrste, s obzirom na razine pristupa koja se omogućuje korisnicima, a koje su sljedeće: javne, privatne, hibridne i konzorcijske mreže (*engl. Consortium Blockchains Network*) [52].

Javna mreža lanca blokova (*engl. Public Blockchain Networks*) otvorena je za sve korisnike i nema ograničenje pristupa. Svi korisnici imaju jednaka prava pristupa, uređivanja i provjere valjanosti lanca blokova. Privatna mreža lanca blokova (*engl. Private Blockchain Networks*) nije otvorena za javnost i dostupna je samo korisnicima koji imaju pristup mreži. Ovu mrežu kontrolira jedna organizacija koja određuje tko može biti član i koja prava ima u

mreži. Hibridna mreža lanca blokova (*engl. Hybrid Blockchain Networks*) kombinira elemente javnih i privatnih mreža. Konzorcijskim mrežama lanaca blokova upravlja skupina organizacija. Unaprijed odabrane organizacije dijele odgovornost za određivanje prava pristupa podacima i održavanje lanca blokova. Najčešće ovu mrežu koriste organizacije koje imaju zajedničke ciljeve i koristi od dijeljenja zajedničke odgovornosti [53].

Neke od mogućnosti primjene tehnologije lanca blokova u logistici su sljedeće: brža i pouzdanija logistika u globalnoj trgovini, poboljšano praćenje i vidljivost robe u opskrbnim lancima i automatizacija komercijalnih ugovora između poslovnih partnera. Lanac blokova u logistici i opskrbnim lancima osigurava sigurnost, zaštitu i praćenje informacija, transparentnost podataka za sve partnere i korisnike, financijske uštede putem pametnih ugovora, razvoj novih poslovnih modela i ostalo [42].

6. ZAKLJUČAK

Kako bi logističke tvrtke omogućile brz odgovor na sve veće zahtjeve tržišta i kupaca, uz što manje logističke troškove, moraju pravilno planirati, nadzirati i kontrolirati svaki element u opskrbnom lancu. Zbog toga se logistički menadžeri sve više okreću raznim tehnologijama i sustavima za lakše planiranje sve složenijeg opskrbnog lanca.

Automatizacija u logistici odnosi se na korištenje sustava, strojeva ili programskih podrška za povećanje operativne učinkovitosti. Neki od sustava koji omogućuju automatizaciju logističkih procesa su EDI, WMS i TMS sustavi. EDI omogućuje visoku razinu automatizacije pri razmjeni poslovnih dokumenata što pruža značajne prednosti za brže i učinkovitije odvijanje aktivnosti. Ovim sustavom najčešće se razmjenjuju potrebni dokumenti između dobavljača i kupca. Odnosno ovaj sustav automatizira logistički proces nabave. WMS sustav omogućuje upravljanje i kontrolu skladišnih operacija, a TMS sustav omogućuje planiranje, kontrolu i praćenje, kao i optimizacija transportnih mreža. Integracijom WMS i TMS s ERP sustavom postiže se automatizacija logističkih procesa od dobavljača pa sve do kupca.

Inventura skladišta i brojanje ciklusa predstavljaju spor, radno intenzivan zadatak koji zahtijeva nekolicinu radnika te financijska sredstva. Također zbog strukture skladišta pojavljuje se pitanje sigurnosti radnika zbog obavljanja rada na velikim visinama. Navedeno predstavlja neke od razloga uvođenja automatizacije u postojeća skladišta primjenom drona. U radu je prikazan koncept drona koji se zasniva na članku [27]. Neke od prednosti primjene prikazanog koncepta su sigurnije okruženje za zaposlenike, povećava se efikasnost skladišnih procesa, troškovi skladišnih procesa se smanjuju, a troškovi zaposlenika su racionalizirani. Sustav automatskog drona lako se integrira s informacijskim sustavima tvrtke, poput WMS-a i ERP. Pored navedenih prednosti opisanog koncepta, komercijalna izvedba sličnog sustava zahtijevala bi povećana početna financijska sredstva. Sagleda li se aspekt drona, on mora biti opremljen modernim sensorima za detekciju proizvoda unutar skladišta te samu funkciju leta, odnosno izbjegavanje sudara. Pored navedenih senzora javlja se i potreba za pouzdanom komunikacijom s ostalim tehnologijama.

Integracija CPS, IOT i CC omogućuje primjenu različitih tehnologija za poboljšanje učinkovitosti logističkih procesa koji djeluju na cijeli opskrbni lanac. Automatizacija logističkih procesa ponajviše se zasniva na razmjeni i obradi velike količine podataka, prikupljenih pomoću IOT arhitekture, prikupljeni podaci obrađeni su tehnologijama AI i CC, a obrađeni podaci razmjenjuju se između raznih uređaja pomoću 5G tehnologije.

Kao krajnji zaključak zasnovan na sveobuhvatnoj analizi može se zaključiti da se automatizacijom skladišta postižu značajne prednosti. Također navedeno predstavlja izazov i motivaciju za daljnji rad u ovom području s ciljem izrade arhitekture sustava za komercijalnu primjenu.

LITERATURA

- [1] L. Pečený, P. Meško, R. Kampf, and J. Gašparík, “Optimisation in Transport and Logistic Processes,” *Transportation Research Procedia*, vol. 44, pp. 15–22, 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.02.003.
- [2] M. Christopher, *Logistics & Supply Chain Management*, Fifth Edition. Pearson, 2016.
- [3] R. Zanjirani Farahani, S. Rezapour, and L. Kardar, *Logistics Operations and Management Concepts and Models*, First Edition. Elsevier, 2011.
- [4] B. Doan, “Radio frequency identification (RFID) and its impacts on logistics activities,” Degree Thesis, Arcada, 2017.
- [5] M. Zasadzień and J. Žarnovský, “Improvement of Selected Logistics Processes Using Quality Engineering Tools,” *Management Systems in Production Engineering*, vol. 26, no. 1, pp. 55–59, Mar. 2018, doi: 10.2478/mspe-2018-0009.
- [6] A. Rushton, P. Croucher, and P. Baker, *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, Fifth Edition. 2014.
- [7] G. Schmidt and E. W. Wilbert, “Strategic, tactical and operational decisions in multi-national logistics networks: A review and discussion of modelling issues,” *Int J Prod Res*, vol. 38, no. 7, pp. 1501–1523, May 2000, doi: 10.1080/002075400188690.
- [8] A.R. van Goor, M.J. Ploos van Amstel, and W. Ploos van Amstel, *European distribution and supply chain logistics*, First Edition. Routledge, 2019.
- [9] M. Šafran, *Osnove upravljanja zalihama*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti. Sveučilište u Zagrebu, 2021.
- [10] SAP Insights, “What is MRP (material requirements planning)?” <https://www.sap.com/insights/what-is-mrp.html> (accessed Jun. 10, 2022).
- [11] SAP Insights, “What Is ERP?” <https://www.sap.com/insights/what-is-erp.html> (accessed Jun. 10, 2022).
- [12] Epicor, “What is ERP?” <https://www.epicor.com/en/blog/what-is-erp/> (accessed Aug. 30, 2022).
- [13] N. Benjamin, “Exploring the Potentials of Automation in Logistics and Supply Chain Management: Paving the Way for Autonomous Supply Chains,” *Logistics*, vol. 5, no. 3, p. 51, Aug. 2021, doi: 10.3390/logistics5030051.
- [14] FlytBase, “Drone Automation For Warehouse 4.0.” FlytBase, 2019. Accessed: Jun. 22, 2022. [Online]. Available: <https://flytbase.com/warehouse-management/>
- [15] N. Amanda Istiqomah, P. Fara Sansabilla, D. Himawan, and M. Rifni, “The Implementation of Barcode on Warehouse Management System for Warehouse Efficiency,” *J Phys Conf Ser*, vol. 1573, no. 1, p. 012038, Jul. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1573/1/012038.

- [16] C. Sun, "Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things," *AASRI Procedia*, vol. 1, pp. 106–111, 2012, doi: 10.1016/j.aasri.2012.06.019.
- [17] Editel, "Što je elektronička razmjena podataka EDI?" <https://www.editel.hr/sto-je-edi/> (accessed Jun. 22, 2022).
- [18] Comarch, "How EDI Improves Processes in Logistics and Transportation," Feb. 28, 2022. <https://www.comarch.com/trade-and-services/data-management/news/how-edi-improves-processes-in-logistics-and-transportation/> (accessed Jun. 22, 2022).
- [19] CData Arc, "What is EDI? The Complete Guide to Electronic Data Interchange." <https://arc.cdata.com/resources/edi/> (accessed Jun. 22, 2022).
- [20] True Commerce, "EDI 810." <https://www.truecommerce.com/edi-transaction-codes/edi-810> (accessed Aug. 09, 2022).
- [21] SAP Insights, "What is a WMS (warehouse management system)?" <https://www.sap.com/insights/what-is-a-wms-warehouse-management-system.html> (accessed Jun. 24, 2022).
- [22] J. Đurić, S. Jovanović, and T. Šibalića, "Improving the Efficiency of the Warehouse Storage Process With the Usage of Drones," *Advanced Quality*, vol. 46, no. 3–4, pp. 46–51, 2018.
- [23] Interlake Mecalux, "WMS implementation guide." <https://www.interlakemecalux.com/blog/wms-implementation> (accessed Aug. 30, 2022).
- [24] SAP Insights, "What is a transportation management system (TMS)?" <https://www.sap.com/insights/what-is-a-transportation-management-system-tms.html> (accessed Jun. 24, 2022).
- [25] Supply Chain Game Changer, "Integrating ERP with TMS and WMS in Logistics." <https://supplychaingamechanger.com/integrating-erp-with-tms-and-wms-in-logistics/> (accessed Aug. 10, 2022).
- [26] Tech Target, "Transportation Management System (TMS)." <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/transportation-management-system-TMS> (accessed Jun. 24, 2022).
- [27] D. Cristiani, F. Bottonelli, A. Trotta, and M. Di Felice, "Inventory Management through Mini-Drones: Architecture and Proof-of-Concept Implementation," in *2020 IEEE 21st International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks" (WoWMoM)*, Aug. 2020, pp. 317–322. doi: 10.1109/WoWMoM49955.2020.00060.
- [28] L. Wawrla, O. Maghazei, and T. Netland, "Applications of drones in warehouse operations." ETH Zurich, Aug. 2019.
- [29] FlytBase, "Drone Automation For Warehouse 4.0." 2019.
- [30] Saloodo, "Control Centre What is a Control Centre?" <https://www.saloodo.com/logistics-dictionary/control-centre/> (accessed Jun. 26, 2022).

- [31] P.Gurmeher Singh, T. Ravi, and S. Shipra, “A Review on Cloud Computing,” in *2019 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)*, Jan. 2019, pp. 63–68. doi: 10.1109/CONFLUENCE.2019.8776907.
- [32] Tech Target, “User Interface”, Accessed: Jul. 30, 2022. [Online]. Available: <https://www.techtarget.com/searcharchitecture/definition/user-interface-UI>
- [33] SAP Insights, “What is industry 4.0?” Preuzeto s: <https://www.sap.com/insights/what-is-industry-4-0.html> (accessed Jul. 31, 2022).
- [34] A. Mohamed, E. Mohamed, and K. Sally, “Logistics 4.0: Definition and Historical Background,” in *2019 Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference (NILES)*, Oct. 2019, pp. 46–49. doi: 10.1109/NILES.2019.8909314.
- [35] SAP Insights, “What is IoT and how does it work?” <https://www.sap.com/insights/what-is-iot-internet-of-things.html> (accessed Aug. 05, 2022).
- [36] SpiceWorks, “Top 10 Edge Computing Platforms in 2022,” *C. BasuMallick*, Jan. 08, 2022. <https://www.spiceworks.com/tech/edge-computing/articles/best-edge-computing-platforms/> (accessed Aug. 05, 2022).
- [37] SAP Insights, “What is Big Data?” <https://www.sap.com/insights/what-is-big-data.html> (accessed Aug. 06, 2022).
- [38] SAP Insights, “What is artificial intelligence?” <https://www.sap.com/insights/what-is-artificial-intelligence.html> (accessed Aug. 06, 2022).
- [39] SAP Insights, “What is machine learning?” <https://www.sap.com/insights/what-is-machine-learning.html> (accessed Aug. 07, 2022).
- [40] IBM, “What is computer vision?” <https://www.ibm.com/topics/computer-vision> (accessed Aug. 07, 2022).
- [41] S. Vennam, “Cloud Computing,” *IBM*, Aug. 18, 2020. <https://www.ibm.com/cloud/learn/cloud-computing> (accessed Aug. 07, 2022).
- [42] G. Radivojević and L. Milosavljević, “The Concept of Logistics 4.0,” in *4th Logistics International Conference*, 2019, pp. 283–292.
- [43] L. Shan, L. Lu, Y. Hua, Y. Keming, and G. Ting, “Research on 5G technology based on Internet of things,” in *2020 IEEE 5th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC)*, Jun. 2020, pp. 1821–1823. doi: 10.1109/ITOEC49072.2020.9141671.
- [44] Dr. J. Jakobsen, “The Benefit of 5G in the Factory.” HMS Industrial Networks Inc., 2019. Accessed: Aug. 28, 2022. [Online]. Available: <https://www.hms-networks.com/technologies/5G/Whitepaper>
- [45] P. Popovski, K. F. Trillingsgaard, O. Simeone, and G. Durisi, “5G Wireless Network Slicing for eMBB, URLLC, and mMTC: A Communication-Theoretic View,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 55765–55779, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2872781.
- [46] Antenova, “URLLC: What it is and how it works,” Dec. 08, 2021. <https://blog.antenova.com/urllc-what-it-is-and-how-it-works> (accessed Aug. 29, 2022).

- [47] L. Mei, “Research on the Development of Intelligent Logistics Based on 5G Technology,” in *2021 2nd International Conference on Urban Engineering and Management Science (ICUEMS)*, Jan. 2021, pp. 107–110. doi: 10.1109/ICUEMS52408.2021.00029.
- [48] R. Abderahman and J.G. Keogh, “5G Networks in the Value Chain,” *Wirel Pers Commun*, vol. 117, no. 2, pp. 1577–1599, Mar. 2021, doi: 10.1007/s11277-020-07936-5.
- [49] Z. Zheng, S. Xie, H. Dai, X. Chen, and H. Wang, “An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends,” in *2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, Jun. 2017, pp. 557–564. doi: 10.1109/BigDataCongress.2017.85.
- [50] S. Sarmah, “Understanding Blockchain Technology,” vol. 8, pp. 23–29, Aug. 2018, doi: 10.5923/j.computer.20180802.02.
- [51] T. K. Sharma, “Blockchain & Role of P2P Network.” <https://www.blockchain-council.org/blockchain/blockchain-role-of-p2p-network/> (accessed Aug. 30, 2022).
- [52] IBM, “What is blockchain technology? .” <https://www.ibm.com/topics/what-is-blockchain> (accessed Aug. 29, 2022).
- [53] Amazon, “What is Blockchain Technology?” <https://aws.amazon.com/what-is/blockchain/> (accessed Aug. 29, 2022).

POPIS KRATICA I AKRONIMA

EOQ	(Economic Order Quantity) Ekonomična količina nabave
MRP	(Material Requirements Planning) Planiranje materijalnih potreba
MRP II	(Manufacturing Resources Planning) Planiranje resursa proizvodnje
DRP	(Distribution Resources Planning) Planiranje resursa distribucije
ERP	(Enterprise Resuring Planning) Planiranje resursa poduzeća
APS	(Advanced Planning Systems) Napredno logističko planiranje
WMS	(Warehouse Management System) Sustav upravljanja skladištem
ASN	(Advanced Ship Notices) Napredne obavijesti o otpremi
TMS	(Transportation Management System) Sustav upravljanja prijevozom
CRM	(Customer Relationship Management) Upravljanje odnosima s klijentima
ROI	(Return on Investment) Return on investment
AI	(Artificial Intelligence) Umjetna inteligencija
CC	(Cloud Computing) Računalstvo u oblaku
UI	(User Interface) Korisničko sučelje
BB	(Bluetooth Beacon) Bluetooth svjetionik
IIoT	(Industrial Internet of Things) Industrijske Internet stvari
IOT	(Internet of Things) Internet stvari
CPS	(Cyber-Physical system) Kibernetički sustav
AR	(Augmented Reality) Proširena stvarnost
3PL	(Third-Party Logistics) Pružatelj logističkih usluga treće strane
4PL	(Fourth-Party Logistics) Pružatelj logističkih usluga četvrte strane
SaaS	(Cloud Software as a Service) Sklopovska podrška kao usluga
PaaS	(Cloud Platform as a Service) Platforma kao usluga
IaaS	(Cloud Infrastructure as a Service) Infrastruktura kao usluga
IT	(Information Technology) Informatičke tehnologije
5G	(Fifth-Generation Mobile Network) Peta generacija mobilnih mreža
URLLC	(Ultra Reliable Low Latency Communication) Izuzetno pouzdana komunikacija s niskom latencijom
eMBB	(Enhanced Mobile Broadband) Poboljšana mobilna propusnost
mMTC	(Massive Machine Communication) Masivna komunikacija strojnog tipa

POPIS SLIKA

Slika 1 Proces upravljanja logistikom	2
Slika 2 Moduli ERP sustava	6
Slika 3 Razmjena poslovnih dokumenata putem EDI sustava	10
Slika 4 EDI narudžbenica	10
Slika 5 Integracija ERP, WMS i TMS sustava	12
Slika 6 Koncept automatizacije logističkih sustava primjenom drona	15
Slika 7 Detekcija QR kodova koji se nalaze na proizvodima	16
Slika 8 Tehnologije Industrije 4.0	18
Slika 9 Četiri faze Internet stvari	20

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom Optimizacija procesa kod logističkog operatera automatizacijom, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Studentica: Marcela Leskovec

U Zagrebu, 05.09.2022.