

5G tehnologija u unaprjeđenju logističkih procesa u pomorstvu

Premuž, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:701319>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-29**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

IVAN PREMUŽ

**5G TEHNOLOGIJA U UNAPRJEĐENJU LOGISTIČKIH
PROCESA U POMORSTVU**

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**5G TEHNOLOGIJA U UNAPRJEĐENJU LOGISTIČKIH
PROCESA U POMORSTVU**

**5G TECHNOLOGY IN THE IMPROVEMENT OF LOGISTICS
PROCESSES IN THE MARITIME INDUSTRY**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Informacijske tehnologije u logistici

Mentor: Prof. dr. sc. Edvard Tijan

Komentor: Izv. prof. dr. sc. Saša Aksentijević

Student: Ivan Premuž

Studijski smjer: LMPP

JMBAG: 0112070983

Rijeka, rujan 2023.

Student: Ivan Premuž

Studijski program: LMPP

JMBAG: 0112070983

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

5G TEHNOLOGIJA U UNAPRJEĐENJU LOGISTIČKIH PROCESA U POMORSTVU

izradio samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Edvarda Tijana

te komentorstvom izv. prof. dr. sc. Saše Aksentijevića.

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezoao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student – autor



(potpis)

Ivan Premuž

Student: Ivan Premuž

Studijski program: LMPP

JMBAG: 0112070983

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student – autor



(potpis)

SAŽETAK

U radu se na temelju teorijskih i praktičnih saznanja analizira primjena 5G tehnologije u unaprjeđenju logističkih procesa u pomorstvu. Ciljevi istraživanja bili su: istražiti teorijske značajke 5G tehnologije i logističkih procesa te uz praktična saznanja o primjeni 5G tehnologije u logističkim procesima u pomorstvu ukazati na značaj 5G tehnologije u unaprjeđenju logističkih procesa u pomorstvu. Rezultati istraživanja pokazali su da 5G tehnologija zbog poboljšanog širokopojsnog pristupa za mobilne telefone, iznimno brze i pouzdane komunikacije, niske razine latencije te izravne komunikacije strojeva, doprinosi poboljšanju logističkih procesa u pomorstvu. 5G tehnologija potiče promjene u logističkom sustavu i pomorskom prometu, a konkurentnost dionika pomorskog prometa u znatnoj je mjeri ovisna o implementaciji inovacijskih rješenja temeljenih na 5G tehnologiji. Transformacija hrvatskih luka u pametne luke doprinijela bi povećanju konkurentnosti na tržištu logističkih usluga u pomorstvu.

Ključne riječi: 5G tehnologija, automatizacija, digitalizacija, pametne luke.

SUMMARY

Based on theoretical and practical knowledge, the paper analyzes the application of 5G technology in the improvement of logistics processes in shipping. The goals of the research were: to investigate the theoretical features of 5G technology and logistics processes, and with practical knowledge about the application of 5G technology in logistics processes in shipping, to point out the importance of 5G technology in the improvement of logistics processes in shipping. The results of the research showed that 5G technology, due to improved broadband access for mobile phones, extremely fast and reliable communication, low level of latency and direct communication of machines, contributes to the improvement of logistics processes in shipping. 5G technology encourages changes in the logistics system and maritime transport, and the competitiveness of maritime transport stakeholders is largely dependent on the implementation of innovation solutions based on 5G technology. The transformation of Croatian ports into smart ports would contribute to increasing competitiveness on the market of maritime logistics services.

Keywords: 5G technology, automation, digitalization, smart ports.

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	II
SADRŽAJ	III
1. UVOD	1
2. OPĆA OBILJEŽJA 5G TEHNOLOGIJE	3
2.1. POVIJESNI PREGLED RAZVOJA 5G TEHNOLOGIJE	3
2.2. POJAM I OBILJEŽJA 5G TEHNOLOGIJE.....	6
2.2.1. <i>Obilježja 5G tehnologije</i>	6
2.2.2. <i>Razvoj 5G standarda</i>	8
3. TEMELJNE ZNAČAJKE LOGISTIČKIH PROCESA U POMORSTVU	11
3.1. POJAM LOGISTIKE	11
3.2. LOGISTIČKI PROCESI U POMORSTVU.....	12
4. PRIMJENA 5G TEHNOLOGIJE U UNAPRJEĐENJU LOGISTIČKIH PROCESA U POMORSTVU	15
4.1. PRIMJENA 5G TEHNOLOGIJE U POMORSKOM PRIJEVOZU	16
4.2. UPOTREBA 5G TEHNOLOGIJE U LUKAMA	21
4.3. UČINCI I PREDNOSTI 5G TEHNOLOGIJE U LOGISTIČKOJ INDUSTRIJI.....	22
4.4. TRANSFORMACIJA TRANSPORTNE I LOGISTIČKE INDUSTRIJE POD UTJECAJEM 5G TEHNOLOGIJE	24
5. STUDIJA SLUČAJA: PRIMJERI PRIMJENE 5G TEHNOLOGIJE U LUKAMA	26
5.1. 5G U REPUBLICI HRVATSKOJ	26
5.2. LUKA LIVORNO.....	33
5.3. LUKA BARCELONA	37
5.3. LUKA ANTWERPEN-BRUGES	38
6. ZAKLJUČAK	41
LITERATURA	43
KAZALO KRATICA	49
POPIS TABLICA	51
POPIS GRAFIKONA	51
POPIS SHEMA	51
POPIS SLIKA	51

1. UVOD

Primjena 5G tehnologije započela je 2019. godine. To je peta generacija bežične tehnologije. Ona je logičan slijed razvoja bežične tehnologije koji, otprilike svakih deset godina, donosi nova, poboljšana rješenja u odnosu na prethodnu generaciju. 5G tehnologija, zbog poboljšanog širokopojasnog pristupa za mobilne telefone, iznimno brzu i pouzdanu komunikaciju, kao i mogućnosti izravne komunikacije strojeva, doprinosi poboljšanju unutar različitih područja primjene pa i poboljšanja u logističkim procesima u pomorstvu.

Problem istraživanja ovog završnog rada odnosi se na nedovoljno poznavanje učinaka 5G tehnologije na logističke procese u pomorstvu.

Predmet istraživanja je istražiti unaprjeđenja u logističkim procesima u pomorstvu uz pomoć 5G tehnologije.

Svrha istraživanja je istražiti značajke 5G tehnologije i njenu primjenu u logističkim procesima u pomorstvu.

Ciljevi istraživanja su: istražiti teorijske značajke 5G tehnologije i logističkih procesa te uz praktična saznanja o primjeni 5G tehnologije u logističkim procesima u pomorstvu ukazati na značaj 5G tehnologije u unaprjeđenju logističkih procesa u pomorstvu.

Kako bi se obradila tema završnog rada, prikupljeni podaci obrađeni su uz pomoć sljedećih metoda znanstvenog istraživanja: povijesna metoda, deskriptivna metoda, metoda klasifikacije te metoda analize i sinteze.

Završni rad je podijeljen u šest poglavlja.

U prvom poglavlju istaknuti su problem, predmet, svrha i ciljevi istraživanja, metode znanstvenog istraživanja i kompozicija rada.

Drugim poglavljem daje se uvid u opća obilježja 5G tehnologije. Pri tome su predstavljeni povijesni pregled razvoja 5G tehnologije, pojam 5G tehnologije i njena obilježja.

U trećem poglavlju daje se uvid u značajke logističkih procesa u pomorstvu. Uz pojam logistike istaknuta su obilježja logističkih procesa u pomorstvu.

Četvrtim poglavljem obuhvaćena je primjena 5G tehnologije u unaprjeđenju logističkih procesa u pomorstvu. Pri tome je predstavljena primjena 5G tehnologije u pomorskom prijevozu s naglaskom na trgovačke brodove te njezina upotreba u lukama. Posebno su prikazani učinci i prednosti 5G tehnologije u logističkim procesima te transformacija transportne i logističke industrije pod utjecajem 5G tehnologije, kroz

digitalizaciju, transparentnost, minimiziranje rizika u opskrbnim lancima, pružanje informacija u stvarnom vremenu, upotrebu proširene stvarnosti za implementaciju procesa komisioniranja te bolju uslugu korisnicima.

U petom poglavlju se kroz studiju slučaja istražuje 5G tehnologija u lukama od državnog značaja za Republiku Hrvatsku te europskim lukama u kojima je primijenjena 5G tehnologija: Livorno, Barcelona i Antwerpen-Bruges.

Šesto poglavlje je zaključak. U njemu je dan kratak pregled zaključaka po pojedinim poglavljima.

2. OPĆA OBILJEŽJA 5G TEHNOLOGIJE

5G je mobilna mreža pete generacije koja slijedi razvoj bežične mreže 1G, 2G, 3G i 4G.¹ Pregledom općih obilježja 5G tehnologije, u ovom dijelu završnog rada, daje se temelj za bolje sagledavanje njene primjene u pomorskoj industriji.

2.1. POVIJESNI PREGLED RAZVOJA 5G TEHNOLOGIJE

Počeci razvoja mobilnih telekomunikacija vezuju se uz James Clark Maxwelllovo otkriće elektromagnetskih valova 1860-ih godina i njegovu viziju da putuju brzinom svjetlosti. Heinrich Hertz je 1887. godine svojim eksperimentima potvrdio Maxwelllovo otkriće te detektirao širenje elektromagnetskih valova, nazvavši ih “radio valovi”.² Otkriće elektromagnetskih valova potaknulo je promišljanje o njihovoj upotrebi u prijenosu podataka. No, trebalo je proći još više od pola stoljeća da bi se dogodile značajnije promjene u razvoju mobilnih telekomunikacija.

Prva generacija telekomunikacijske tehnologije, 1G, primijenjena je u uređajima za komunikaciju kasnih 1940-ih i 1950-ih godina. To su bili prvi “mobilni telefoni”, ali sa znatnim ograničenjima koja su proizlazila iz same veličine uređaja, sigurnosnim problemima i smetnjama u prijenosu signala. Ovu generaciju mobilnih uređaja naziva se 0G.³ Koristili su otvorenu mrežu dostupnu za komercijalnu upotrebu. Obično su se ugrađivali u cestovna vozila. Ipak, trebalo je proći još dva desetljeća da bi bio predstavljen pravi mobilni telefon. Godine 1979. NTT, Nippon Telegraph i Telephone predstavili su automatiziranu mobilnu mrežu, poznatu kao prva generacija mobilne mreže.⁴ Za prijenos podataka u 1G mreži korišteni su analogni signali, a prijenos je bio praćen šumovima. Mobilni telefoni su imali “ispodprosječni kapacitet, nekontroliranu primopredaju podataka, slabije glasovne

¹ *Everything you need to know about 5G.*, <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g> (25.06.2023.)

² Paudel, P., Bhattarai, A.: 5G Telecommunication Technology: History, Overview, Requirements and Use Case Scenarion in Context of Nepal, *Conference Paper*, 2018., p. 2, online: https://www.researchgate.net/publication/325250893_5G_Telecommunication_Technology_History_Overview_Requirements_and_Use_Case_Scenario_in_Context_of_Nepal (29.06.2023.)

³ Bhalla, M.R., Bhalla, A.V.: Generations of Mobile Wireless Technology: A Survey, *International Journal of Computer Applications*, vol. 5, no. 4, 2010., p. 26, online: https://www.researchgate.net/publication/45601908_Generations_of_Mobile_Wireless_Technology_A_Survey (18.05.2023.)

⁴ Paudel, P., Bhattarai, A.: op. cit., p. 2.

asocijacije i sigurnosne probleme”⁵. No, ipak su označili značajan napredak u razvoju telekomunikacija.

Daljnji razvoj mobilnih telekomunikacija, tzv. druge generacije (2G) obilježila je zamjena analognog prijenosa podataka digitalnim. Finski GSM (engl. *Global System for Mobile communication*) operater Radiolinja, u ožujku je 1991. godine na svojoj mreži obavio prvi GSM telefonski poziv na svijetu. Već u srpnju 1991. godine mreža je otvorena za komercijalnu upotrebu. GSM je bio osmišljen za uspostavu glasovne komunikacije među ljudima.⁶ Problemi vezani uz pojavu šumova u prethodnoj generaciji otklonjeni su odašiljanjem signala u digitalnom obliku. Sigurnost prijenosa podataka, također, je podignuta na višu razinu. Digitalnim šifriranjem podataka bili su dostupni samo primateljima. Razvoj je išao dalje, te je uslijedila pojava 2.5G i 2.75G, modificiranije 2G tehnologije. Isto je bilo i s GPRS (engl. *General Packet Radio Service*)⁷ i EDGE (engl. *Enhanced Data Rate For GSM Evolution*)⁸ tehnologijom, mobilnim Internet sustavima, koji su imali teorijsku propusnost od 50-kilobita u sekundi odnosno jedan megabit u sekundi.

No, ni ova tehnologija nije mogla zadovoljiti rastuću potrebu za propusnošću podataka e-pošte (engl. *e-mail*) i Interneta. Nakon što je dosegnuta kritična granica propusnosti, uslijedilo je predstavljanje treće generacije mobilne telekomunikacijske tehnologije. 3G tehnologija je prvi put predstavljena 2000-ih godina u Japanu u aranžmanu NTT. Iako nije bilo značajnih poboljšanja vezano za telefonske pozive i slanje poruka, 3G je omogućila znatno veću brzinu prijenosa podataka u odnosu na 2G. Brzina prijenosa podataka povećala se na 7,2 megabita u sekundi.⁹ Osim toga, povećana je i razina sigurnosti prijenosa podataka. Nakon 3G tehnologije uslijedili su 3,5G i 3,75G, koje su omogućile povećanje brzine prijenosa podataka, a korisnicima su nudile mogućnost pristupa Internetu s bilo koje lokacije.¹⁰ No, ni ove generacije ubrzo nisu imale kapacitet za zadovoljenjem sve većih potreba korisnika u prijenosu podataka.

⁵ Bhalla, M.R., Bhalla, A.V.: op. cit., p. 26.

⁶ Grakalić, I., Franušić, M., Štern, A.: *Telekomunikacijski aspekti upravljanja flotom*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, vol. 1, 2013., p. 279, online: <https://hrcak.srce.hr/file/151924> (28.06.2023.)

⁷ “GPRS (engl. *General Packet Radio Service*) je protokol koji omogućava prijenos podataka bežičnim putem kroz GSM mrežu.” Novac.net, Što je GPRS?, online: <http://novac.net/help-info/sto-je-gprs/> (28.06.2023.)

⁸ “EDGE (engl. *Enhanced Data Rate For GSM Evolution*) koristi unatrag kompatibilno proširenje GSM-a digitalne mobilne tehnologije koja mu omogućava veću brzinu prijenosa podataka od uobičajenog GSM-a”. Furuskär, A. et al.: EDGE, Enhanced Data Rates for GSM and TDMA/136 Evolution, *EEE personal communications*, vol. 6, no. 3, p. 56, online: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=1f320dc500b63ea4eba2da28209038e331f0878f> (28.06.2023.)

⁹ Bhalla, M.R., Bhalla, A.V.: op. cit., p. 26.

¹⁰ Ibidem.

Godine 2009. puštena je u promet četvrta generacija telekomunikacijske tehnologije u Oslu i Stockholmu. 4G tehnologija, ili komercijalno nazvana LTE (engl. *Long Term Evolution*) pružila je značajno veće brzine prijenosa podataka. Brzina preuzimanja bila je više od 100 Mb/s, s o ograničenjem prijenosa na preko 50 Mb/s.¹¹ Drugo značajno poboljšanje u 4G tehnologiji, osim bolje sigurnosti i enkripcije, odnosilo se na latenciju. 4G tehnologija ima vrijeme odziva (latencija¹²) od 50 ms, što je, u vrijeme, njezinog puštanja u promet, bilo sasvim dovoljno za bilo koji zadatak koji se mogao u tom trenutku zamisliti. Za većinu bežičnih komunikacija 4G je trenutni standard. No, 4G nije u mogućnosti ispuniti sve zahtjeve koji se pred ovu tehnologiju postavljaju.¹³ Primjerice, ne može zadovoljiti zahtjeve koje postavlja Internet stvari (engl. *Internet of Things*, IoT). 4G tehnologija trebala je korisnicima pružiti mogućnost pristupa Internetu putem mobilnih uređaja te biti podrška tehnologiji stroj prema stroju (engl. *Machine-to-Machine*, M2M), odnosno komunikaciji između umreženih uređaja.¹⁴ Komunikacija između uređaja “odvija se automatski i samostalno bez pojedinačne čovjekove intervencije”¹⁵. Kako bi se to postiglo potrebna je, međutim, brzina prijenosa podataka znatno veća nego što to pruža 4G. Istraživanja su, stoga, išla dalje prema novoj generaciji mobilnih telekomunikacija, 5G. Svaka nova generacija mobilnih telekomunikacija donosi nove mogućnosti koje otvaraju put ka novim idejama i inovacijama. Njihovo praćenje, povratno, utječe na daljnji razvoj mobilnih tehnologija.

¹¹ Ibidem.

¹² “Latencija je vrijeme potrebno za isporuku podatkovnog paketa.” Agarwala, N., Guduru, S.S.K.: The potential of 5G in commercial shipping, *Maritime Technology and Research*, vol. 3, no. 3, 2021., p. 257, online: https://www.researchgate.net/publication/350917308_The_potential_of_5G_in_commercial_shipping (22.05.2023.)

¹³ Livaja, I., Klarin, Z.: *Utjecaj 5G mreže na Internet stvari*, Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku, vol. 14, no. 1-2, 2020., p. 155, online: <https://hrcak.srce.hr/clanak/350814> (28.06.2023.)

¹⁴ Li, S., Xu, L.D., Zhao, S.: 5G Internet of Things: A survey, *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 10, 2018., prema: Ibidem, p. 159.

¹⁵ Grakalić, I., Franušić, M., Štern, A.: op. cit., p. 279.

2.2. POJAM I OBILJEŽJA 5G TEHNOLOGIJE

5G je, kako je već navedeno, peta generacija mobilne tehnologije s brzinom prijenosa podataka koja zadovoljava trenutne potrebe. To je nova tehnologija koja sažima sve korisne značajke iz prethodnih generacija, poput 2G, 3G i 4G, kako bi se stvorio bolji sustav koji će korisnicima pružiti šire mogućnosti primjene od 4G koja je još u primjeni. U ovom dijelu završnog rada dati će se uvid u opća obilježja 5G tehnologije i razvoj 5G standarda koji daje okvir tehnološkim rješenjima unutar 5G koncepta.

2.2.1. Obilježja 5G tehnologije

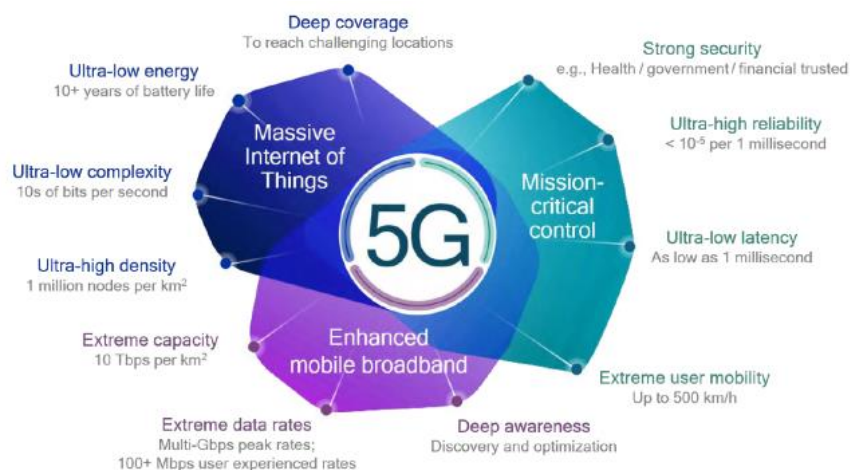
Ideja 5G tehnologije bila je pružiti korisnicima propusnost veću od jednog Gb/s i vrijeme odziva (latenciju) manji od jedne milisekunde. Postignuta je iznimno niska latencija korištenjem viših frekvencija elektromagnetskih valova. Mrežama je, time, pružena veća pouzdanost i dostupnost, zajedno s ogromnim kapacitetom brzine isporuke podataka od 20 Gb/s i preuzimanja od 7,5 Gb/s.¹⁶ Osim toga, gustoća veze (broj uređaja koji se mogu istovremeno povezati u kvadratnom kilometru) za 5G mnogo je veća u odnosu na 4G, blizu milijun u odnosu na samo 100.000.¹⁷ Glavni zahtjevi koji se pred 5G mobilnu tehnologiju postavljaju podijeljeni su u tri glavna scenarija upotrebe mobilnih komunikacija (Shema 1.):¹⁸

- poboljšana mobilna širokopolasna veza (engl. *enhanced mobile broadband*, eMBB),
- kontrola kritičnog zadatka (engl. *mission-critical control*, MCC), uključujući usluge koje se ne mogu otkazati kao što je, primjerice, komunikacija između vozila i automatizacije tvorničkih postavki,
- masivni IoT za povezivanje uređaja male snage i niske razine složenosti, kao što su senzori, pametna brojila i sl.

¹⁶ Agarwala, N., Guduru, S.S.K.: op. cit., p. 257.

¹⁷ Ibidem.

¹⁸ Schafer, A.: *Enhanced Mobile Broadband – 5G Innovation for consumers?*, 12.11.2019., online: <https://www.qualcomm.com/news/onq/2019/12/enhanced-mobile-broadband-5g-innovation-consumers> (29.06.2023.)



Shema 1. Shematski prikaz značajki 5G tehnologije

Izvor: Schafer, A.: *Enhanced Mobile Broadband – 5G Innovation for consumers?*, 12.11.2019., online: <https://www.qualcomm.com/news/onq/2019/12/enhanced-mobile-broadband-5g-innovation-consumers> (29.06.2023.)

Ono što 5G tehnologiju razlikuje u odnosu na prethodne generacije mobilne tehnologije može se sažeti u tri ključne karakteristike. Prva je što 5G tehnologija generira ogromnu količinu podataka. Prema podacima Međunarodne telekomunikacijske unije (engl. *International Telecommunication Union*, ITU) u 2022. godini 5,3 mlrd. ljudi koristilo je Internet, što je oko 66 % svjetske populacije, a 73 % stanovništva starijeg od 10 godina posjedovalo je mobilni uređaj,¹⁹ pridonoseći stvaranju iznimno guste mreže. To posljedično dovodi do enormnog rasta količine podataka, koje je 5G tehnologija u mogućnosti obraditi. Druga karakteristika proizlazi iz potrebe davanja podrške visokointeraktivnim aplikacijama, koje zahtijevaju iznimno nisku latenciju i visoku razinu propusnosti. Treća karakteristika odnosi se na potrebu davanja potpore heterogenom okruženju kako bi se omogućila interoperabilnost različite korisničke opreme (npr. pametni telefoni i tableti), udovoljavanje zahtjevima visoke razine kvalitete usluga (npr. različite razine latencije i propusnosti za multimedijске aplikacije), različitim vrstama mreža (npr. IEEE 802.11²⁰ i IoT) i dr.²¹ 5G mobilna tehnologija pruža povećanu učinkovitost korištenja energije te visoku razinu sigurnosti, što u konačnici dovodi do novih usluga i novih korisničkih iskustava, povećanja razine automatizacije, smanjenja troškova poslovanja i dr.²²

¹⁹ *Three-quarters of the world's population own a mobile phone*, <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/2022/11/24/ff22-mobile-phone-ownership/> (27.06.2023.)

²⁰ Standard IEEE 802.11 poznat i kao WiFi, utvrđuje arhitekturu i specifikacije bežičnih LAN-ova (WLAN). WiFi ili WLAN koriste visokofrekventne radiovalove umjesto žica za povezivanje uređaja u LAN. *What are IEEE 802.11 networks?*, online: <https://www.tutorialspoint.com/what-are-ieee-802-11-networks> (27.06.2023.)

²¹ Hassan, N., Yau, K-L.A., Wu, C.: Edge Computing in 5G: Review, *IEEE Access*, vol. 7, 2019., p. 127276, online: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8821283> (27.06.2023.)

²² Livaja, I., Klarin, Z.: op. cit., p. 159-160.

2.2.2. Razvoj 5G standarda

Specifikacija 5G protokola je u nadležnosti *Third Generation Partnership Project (3GPP)*, standardizacijskog tijela osnovanog 1998. godine. 5G je definiran u 3GPP izdanju 15 (*Real-15*) i izdanju 16 (*Real-16*), koji uključuju nove tehnologije kao što su nova tehnika radijskog prijenosa (*New Radio, NR*) i *NextGen Core* te poboljšane tehnologije proizašle iz prethodnih generacija mobilnih tehnologija kao što je LTE: *EPC Evolution* i *LTE Advanced pro Evolution*.²³ 3GPP definira sve protokole i mrežna sučelja koja omogućavaju funkcioniranje cijelog mobilnog sustava: kontrolu poziva i sesija, upravljanje mobilnošću, pružanje usluga i dr. Protokol 5G je definiran u nekoliko faza. Prvu fazu, pokrenutu 2015. godine, definira 3GPP-ovo izdanje 15 kojim se uvodi NR i drugi ključni koncepti kao što su pouzdanost, proširena modularnost ili brže vrijeme odziva. Kako bi ponudio takva rješenja i općenito poboljšao korisničko iskustvo, 5G koristi skup namjenskih tehnologija kao što su virtualizacija mrežnih funkcija (engl. *Network Function Virtualization*) i mrežno rezanje (engl. *Network slicing*) za povećanje modularnosti, *Edge Computing*²⁴ za ubrzanje vremena kod odziva, nezemaljske mreže (engl. *Non-Terrestrial Networks, NTN*)²⁵ i satelitske komunikacije za postizanje visokog stupnja pokrivenosti mrežom itd. Ova faza specifikacije 5G završila je u rujnu 2019. godine. Standard *Release 15* koriste prve komercijalne 5G mobilne mreže već u travnju 2019. godine.²⁶ Razvoj *Release 16* standarda označio je drugu fazu u razvoju 5G mobilne tehnologije. Dovršen je u srpnju 2020. godine. Ovaj je standard omogućio razvoj novih aplikacija za 5G NR tehnologiju izvan tradicionalnih širokopojsnih usluga. Specifikacije i značajke *Release 16* standarda omogućile su bolje performanse i učinkovitost 5G mreže. Također su predstavljene nove mogućnosti u RAN-u i jezgri koje smanjuju latenciju mreže i podržavaju aplikacije u stvarnom vremenu u različitim sektorima, kao što su, primjerice, pomorstvo i industrijski IoT. *Release 16* uveo je niz poboljšanja u različitim područjima koja uključuju usluge aplikacijskog sloja *Vehicle-to-everything (V2X)* (komunikacija između vozila i bilo kojeg entiteta koji može djelovati na vozilo), 5G satelitski pristup, podršku lokalne mreže u 5G, bežičnu i žičanu

²³ *The Development of 5G Protocol Standardization*, 24.02.2021., online: <https://www.section.io/engineering-education/the-development-of-5g-protocol-standardization/> (27.06.2023.)

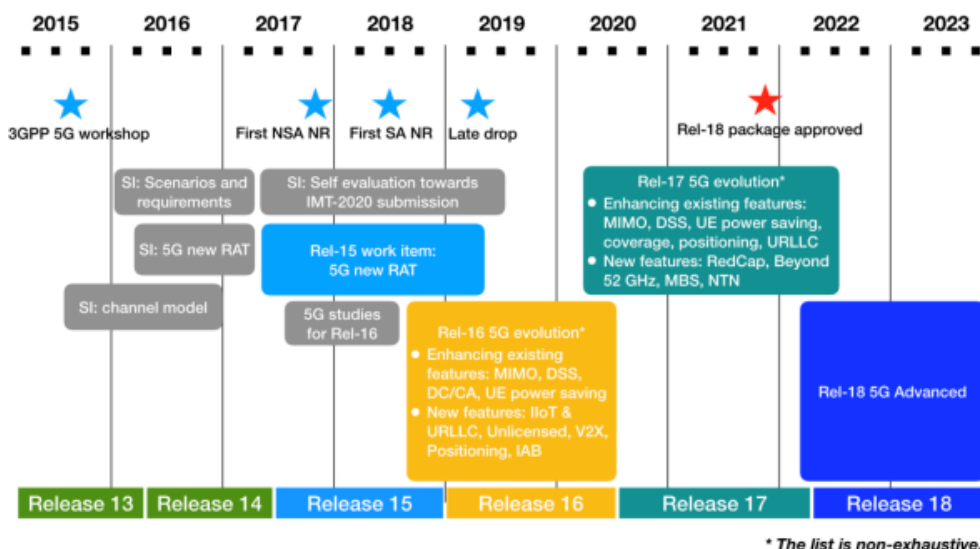
²⁴ “*Edge Computing* označava decentraliziranu obradu podataka na rubu mreže, tzv. *Edge* (za rub).” Klapdor, M.: *Informacije o temama 3: Edge Computing 5G – Digital Project*, 20.08.2018., online: http://digit-project.eu/fileadmin/documents/Workshops/Januar_2019/HR_Themen-Info_3_Edge_Computing_5G_cro.pdf (28.06.2023.)

²⁵ Nezemaljske mreže (engl. *Non-Terrestrial Networks*) su komunikacijske mreže ili dijelovi komunikacijskih mreža koje za prijenos koriste komponentama u svemiru i zraku, primjerice, bespilotne letjelice, satelite i druge uređaje za pružanje bežične veze. *5G Non-Terrestrial Networks (NTN)*, online: <https://www.everythingrf.com/community/5g-non-terrestrial-networks> (28.06.2023.)

²⁶ Livaja, I., Klarin, Z.: op. cit., p. 159.

konvergenciju za 5G, pozicioniranje i lokaciju terminala, komunikacije u vertikalnim domenama i automatizaciju mreže te nove radio tehnike.²⁷

Za 3GPP *Release 17* standard, objavljen u 2022. godini, posebno je znakovito objavljivanje specifikacije za nezemaljske mreže. To je ujedno bio veliki iskorak u području satelitskih komunikacija s obzirom da specifikacije mogu pomoći dionicima na terenu u izgradnji sustava koji mogu bez ograničenja i uz manje napora uspostaviti suradnju s operaterima telekomunikacijskih mreža. *Release 17* standard uključuje osnovne funkcije za NTN u podršci NR, bežično sučelje 5G.²⁸ *Release 18* standard čini početak rada na prvom *Release 5G-Advanced*, u 2022. godini. Ovaj bi standard trebao poboljšati operacije nacionalnih regulatornih tijela, na primjer povećanjem pokrivenosti za ručne terminale i rješavanjem pitanja mobilnosti i kontinuiteta usluga između NTN-ova i telekomunikacijskih mreža.²⁹ Izdanje posebno sadrži rad na prihvaćanju tehnologija umjetne inteligencije (engl. *artificial intelligence*, AI) i strojnog učenja (engl. *machine learning*, ML) u razvoju 5G Advanced. U pripremi je i početak rada na *Release 19* standardu.³⁰ Vremenski slijed razvoja 5G standarda prikazan je Shemom 2.



Shema 2. 3GPP-ov plan razvoja 5G od 5G do 5G Advanced

Izvor: Lin, X.: An Overview of 5G Advanced Evolution in 3GPP Release 18, *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 6, no. 3, 2022., p. 77., doi:10.1109/MCOMSTD.0001.2200001

²⁷ What is 3GPP Release 16?, online: <https://www.everythingrf.com/community/what-is-3gpp-release-16> (29.06.2023.)

²⁸ Lin, X.: An Overview of 5G Advanced Evolution in 3GPP Release 18, *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 6, no. 3, 2022., p. 77., doi:10.1109/MCOMSTD.0001.2200001

²⁹ Majamaa, M. et al.: Multi-Connectivity in 5G and Beyond Non-Terrestrial Networks, *Journal of Communications Software and Systems*, vol. 18, no. 4, 2022., p. 351. (350-358), online: <https://hrcak.srce.hr/file/421581> (29.06.2023.)

³⁰ Lin, X.: op. cit., p. 77.

5G tehnologija, dakle, odgovara trenutnim potrebama korisnika. Oblikovana je kako bi zadovoljila potrebe korisnika za masovnom komunikacijom, poboljšanim mobilnim širokopoljnim pristupom i komunikacijom iznimno visoke razine pouzdanosti i vrlo niske razine latencije. Evidentno je, također, da se 5G standard stalno nadograđuje prilagođavajući se potrebama korisnika.

3. TEMELJNE ZNAČAJKE LOGISTIČKIH PROCESA U POMORSTVU

Razumijevanje logističkih procesa u pomorstvu iziskuje definiranje samog pojma logistike. Stoga se u ovom dijelu završnog rada obrađuju sljedeće teme: 1) pojam logistike i 2) logistički procesi u pomorstvu.

3.1. POJAM LOGISTIKE

Pojmovno određena, logistika se povezuje s Platonovim vremenom, oko 5. stoljeća prije nove ere. Korijen pojma je u grčim riječima “logistikos” i “logos”. Prva riječ, “logistikos” označava vještinu računanja i prosuđivanja.³¹ Druga riječ “logos” označava razum, mišljenje, prosuđivanje.³² Kroz povijest, ove su dvije riječ utkane u logistiku kakva je danas poznata. U suvremenom poslovanju, logistici se daje ključna uloga u postizanju uspješnosti. Sastavljena je od niza aktivnosti čiji je cilj minimiziranje troškova uz istovremeno pružanje maksimalne efikasnosti usluga.³³ To uključuje upravljanje opskrbnim lancem, transportom, skladištenjem, upravljanjem zalihama i drugim aspektima koji omogućuju da roba i usluge stignu do krajnjih korisnika na najučinkovitiji način.

Definiranju logistike prilazi se s različitih aspekata. Fokusom u definiranju logistike na tok, tokove i protoke, logistika se promatra kao “obuhvat svih djelatnosti kojima se planira, upravlja, ostvaruje i kontrolira prostorno-vremenska transformacija dobara i sve transformacije u vezi s količinom, vrstom i svojstvom dobara, rukovanjem dobrima, kao i logističkim određivanjem dobara”³⁴. Njihovim zajedničkim djelovanjem dobra se pokreću od točke isporuke do točke primitka. Učinkovitost logistike dolazi do izražaja kada je točka primitka opskrbljena potrebnim proizvodima u točno vrijeme uz minimalne troškove. Prema Američkom udruženju stručnjaka za upravljanje lancem opskrbe (engl. *Council of Supply Chain Management Professionals*) logistika je “postupak planiranja, provedbe i kontrole procesa efikasnog i efektivnog prijevoza i skladištenje robe, uključujući usluge, i povezane

³¹ Zelenika, R., Nikolić, G.: *Teorijske značajke globalne logistike*, Zbornik radova 1. Znanstvenog kolokvija “Poslovna logistika u suvremenom managementu”, Ekonomski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2001., p. 27.

³² Ibidem.

³³ Ibidem.

³⁴ Zelenika, R., Pavlić Skender, H.: *Upravljanje logističkim mrežama*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007., p. 15.

informacije od mjesta nastanka do mjesta potrošnje u svrhu usklađivanja sa zahtjevima kupaca. Ova definicija uključuje ulazne, izlazne, unutarnje i vanjske tokove.”³⁵ Europsko logističko udruženje (engl. *European Logistics Association*), također, daje definiciju logistike s fokusom na tokove roba, kao “organizaciju, planiranje, kontrolu i provedbu toka robe od razvoja i nabave, preko proizvodnje i distribucije, do krajnjeg kupca kako bi se zadovoljili zahtjevi tržišta uz minimalne troškove i korištenje kapitala”³⁶.

U literaturi se nailazi i na definicije koje u fokus stavljaju životni ciklus proizvoda i usluge. Logističke aktivnosti usmjeravaju se ka određenoj preobrazbi proizvoda ili usluge u određenoj fazi životnog ciklusa, fazi uvođenja, rasta, zrelosti i opadanja. Logistika se, pri tome, definira kao “podupirući menadžment koji za vrijeme trajanja jednog proizvoda jamči učinkovitije korištenje servisa i odgovarajuće ostvarenje logističkih elemenata u svim fazama životnoga ciklusa, tako da se pravodobnim posezanjem u sustav jamči efektivno upravljanje potrošnjom resursa”³⁷.

Od navedenih definicija razlikuju se definicije logistike usmjerene na uslugu. Logistika se, u tom kontekstu, promatra kao “proces koordinacije svih nematerijalnih aktivnosti, koji se trebaju ispuniti da bi se jedna usluga ostvarila na efektivan način u pogledu troška i u odnosu na kupca (tj. korisnika)”³⁸.

Ovo ukazuje da u literaturi nema jedinstvenog pristupa definiranju logistike, već je prisutan veći broj definicija.

3.2. LOGISTIČKI PROCESI U POMORSTVU

U svrhu boljeg razumijevanja logistike i logističkih procesa u pomorstvu potrebno je razmotriti dva područja koja čine pomorsku logistiku, pomorstvo te logistiku i upravljanje opskrbnim lancem.

Pomorstvo je “u širem smislu skup djelatnosti, vještina i društvenih odnosa na moru ili u vezi s morem. Obuhvaća pomorsko gospodarstvo, odnosno djelatnosti koje se bave iskorištavanjem mora ili morskog bogatstva ili su u izravnoj vezi s tim djelatnostima (npr.

³⁵ *Supply Chain Management Terms and Glossary*, Council of Supply Chain Management Professionals, 2013., online: https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx (30.06.2023.)

³⁶ *Definition of Logistics*, online: <https://www.concargo.com/client-lounge/definition-of-logistics/> (30.06.2023.)

³⁷ Zelenika, R., Pavlić Skender, H.: op. cit., p. 15.

³⁸ Ibidem.

brodarstvo, ribarstvo, pomorska špedicija i dr.), kao i negospodarske djelatnosti, poput obrazovne, znanstveno-istraživačke i dr.”³⁹. Uži pojam od pomorstva je pomorski prijevoz, kojim se omogućava prijevoz robe morskim putem. U tom kontekstu pomorski prijevoz se definira kao “gospodarska djelatnost prijevoza robe i putnika brodovima morem”⁴⁰. Lanac opskrbe se shvaća kao “skup karika koje sudjeluju u opskrbi koga, čega ili sebe nečime”⁴¹. On se, u biti sastoji od niza aktivnosti i organizacija kroz koje se materijali, sirovine ili usluge kreću na putu od početne točke preuzimanja do krajnje točke isporuke, odnosno do konačnog kupca. Upravljanje opskrbnim lancem uključuje integraciju svih ključnih poslovnih operacija kroz opskrbni lanac. Logistika je sastavni dio opskrbnog lanca.

Značajke logistike i upravljanja lancem opskrbe pokazuju da se pomorska logistika kao koncept u velikoj mjeri odnosi na premještanje robe s jednog mjesta na drugo korištenjem trgovačkih brodova.⁴² Naglasak je posebno u kontejnerskom prijevozu stavljen na uslugu prijevoza od vrata do vrata kao i na ključne čimbenike utjecaja na kontejnerski prijevoz, kao što su troškovi, efikasnost, pristupačnosti, razina kvalitete usluge i pouzdanosti. Stoga su tradicionalni korisnici usluga u pomorskom prijevozu preusmjerili svoj fokus na cjelovite usluge kojima su obuhvaćene sve faze prijevoza, od vrata do vrata. Preferiraju pružatelje usluga s najmanjim troškovima i visokom razinom efikasnosti. U tom kontekstu, distribucija robe morskim putem do krajnjeg odredišta na kopnu postala je ključnom dimenzijom razvoja globalnih lanaca opskrbe. Osim toga, dostupnost kopnom te druge logističke funkcije i značajke, također, dobivaju na važnosti sa svrhom postizanja viših performansi i povećanja konkurentnosti luka.⁴³

Ciljevi logistike u 21. stoljeću usklađeni su s ciljevima pomorskog prometa. Opći cilj logistike je učiniti kupca zadovoljnim pružanjem visokokvalitetne usluge s niskim ili prihvatljivim troškovima u određenom vremenu. Nedvojbeno je da je pružanje usluga i u logistici i u pomorskom prometu vezano uz vrijeme i mjesto. Dodana vrijednost i logistike i pomorskog prometa je učiniti proizvode dostupnima u pravo vrijeme i na pravom mjestu. U tom kontekstu dostava robe na određeno mjesto i dostava robe u određeno vrijeme postaju dodane vrijednosti.

³⁹ *Natuknica Pomorstvo*, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., online: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=49370> (30.06.2023.)

⁴⁰ Zelenika, R.: • *Tehnologija – Organizacija – Ekonomika – Logistika – Menadžment*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001., str. 42.

⁴¹ Zelenika, R.: *Logistički sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2005., p. 256.

⁴² Panayides, P.M.: *Maritime Logistics and Global Supply Chains: Towards a Research Agenda*, *Maritime Economics & Logistics*, vol. 8, no. 1, p. 6, doi:10.1057/palgrave.mel.910

⁴³ *Ibidem*.

Logistika ima niz pokazatelja kojima mjeri u kojoj se mjeri postižu logistički ciljevi. To uključuje upravljanje potražnjom i ponudom kako bi se izbjegli viškovi i nedostaci, potpuno iskorištavanje resursa, minimiziranje gubitaka u prijevozu, smanjenje troškova prijevoza i skladištenja, zadovoljavanje potreba kupaca kako bi se ispunile i poboljšale korisničke usluge i komunikacije s kupcima. To su pokazatelji koji se također primjenjuju u mjerenju performansi operacija u pomorskom prijevozu. Navedeno ukazuje da je konvergencija pomorskog prijevoza i logistike bila neizbježna s obzirom na konvergenciju ciljeva, konvergenciju pokazatelja uspješnosti i integraciju načina prijevoza. Njihovo preklapanje ističe važnost pomorske logistike u opskrbnom lancu.

4. PRIMJENA 5G TEHNOLOGIJE U UNAPRJEĐENJU LOGISTIČKIH PROCESA U POMORSTVU

Pomorski prijevoz je posljednjih godina doživio ekspanziju zahvaljujući globalizaciji i rastu trgovine. Oko 80 % međunarodne trgovine odvija se pomorskim prijevozom. Pomorska trgovina je u 2021. godini sudjelovala s 10.985 milijuna metričkih tona dok je u 1990. godini iznosila 4.008 milijuna metričkih tona.⁴⁴ To znači da je u 20 godina međunarodna trgovina morem gotovo utrostručena. Rast pomorske trgovine prekinut je u 2020. godini pandemijom Covid-19 s padom trgovine za 3,8 % u odnosu na 2019. godinu. No, već je u 2021. godini došlo do oporavka te je zabilježen rast od 3,1 %. Novi poremećaji zabilježeni su u 2022. godini uslijed rata u Ukrajini, rasta inflacije i životnih troškova. U Kini, najvećem svjetskom izvozniku, politika nulte stope Covida pokrenula je gašenje proizvodnje i poremetila proizvodne, logističke i opskrbe lance. U Ukrajini, velikom izvozniku hrane, od početka rata luke u Crnom moru bile su zatvorene. Na pomorski prijevoz utjecali su i drugi čimbenici, poput štrajkova u većem broju luka širom svijeta, uključujući Njemačku, Koreju, Južnu Afriku i Veliku Britaniju, kao i vremenske nepogode.⁴⁵ Svi ti problemi stvaraju dodatne probleme u globalnom opskrbnom lancu i logistici, kao i pomorskoj trgovini. Takve okolnosti, više nego ikad istaknule su važnost digitalne povezanosti.

Pandemija Covid-19 je ubrzala promjene ponašanja potrošača te povećala broj *online* narudžbi robe široke potrošnje za čiji se prijevoz koriste kontejneri. U 2019. godini globalna e-trgovina sudjelovala je s 15 % u ukupnoj maloprodaji, a u 2021. godini taj je udio povećan na 21 %.⁴⁶ Pandemija je uzrokovala poremećaje u lučkom poslovanju, dugo čekanje brodova u lukama uslijed nedostatka radne snage i dr. To je dovelo i do preispitivanja logistike brodara i istaknula nužnost povećanja automatizacije i digitalizacije. Karakteristike 5G tehnologije kao što su povezivost, niska latencija i masovna komunikacija daju joj ulogu medija koji omogućuje implementaciju brojnih tehnologija s potencijalom stvaranja velikog utjecaja na sektor logistike i pomorskog prijevoza. U ovom dijelu završnog rada prikazati će se njena primjena u unaprjeđenju logističkih procesa u pomorstvu.

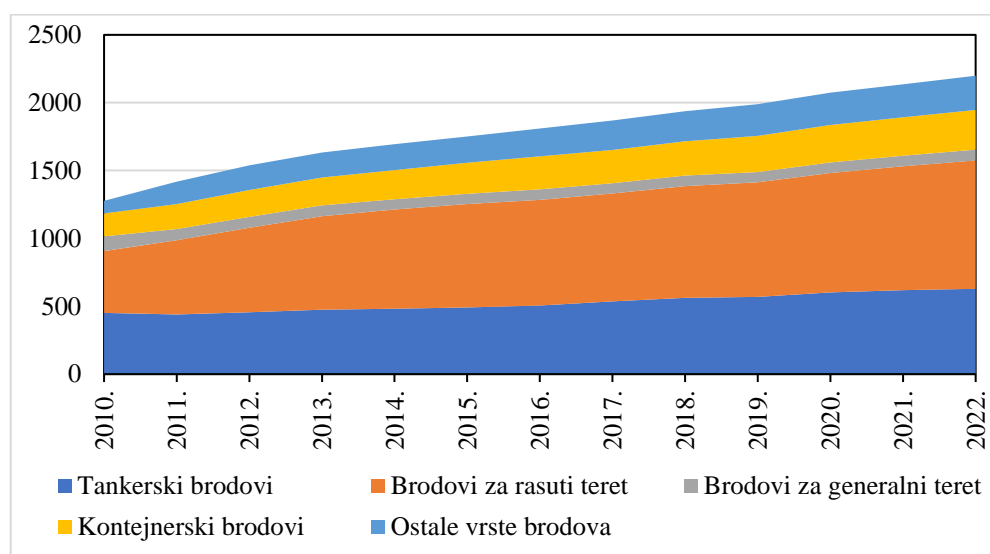
⁴⁴ *Review of maritime transport 2022.*, United National Conference on Trade and Development, New York, 2022., p. 3., online: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2022_en.pdf (1.07.2023.)

⁴⁵ *Ibidem*, p. XVII.

⁴⁶ *Ibidem*, p. 19.

4.1. PRIMJENA 5G TEHNOLOGIJE U POMORSKOM PRIJEVOZU

U 2022. godini nosivost svjetske trgovačke flote iznosila je 2,2 mlrd. dwt s ukupno 103 tisuće brodova, što je porast za 63 milijuna dwt u odnosu na 2021. godinu.⁴⁷ Tonaža je posljednjih godina značajno povećana u svim segmentima pomorskog prijevoza osim u segmentu generalnog tereta. U odnosu na 2017. godinu broj brodova povećan je za šest tisuća s porastom tonaže za 331 tisuću dwt.⁴⁸ Kretanje svjetske trgovačke flote može se vidjeti iz Grafikona 1.



Grafikon 1. Svjetska flota prema vrsti plovila, 2010.-2022. godine

Izvor: *Merchant fleet – UNCTAD Handbook of Statistics 2022.*, online: <https://hbs.unctad.org/merchant-fleet/> (2.07.2023.)

Iz Grafikona 1 može se vidjeti da u svjetskoj floti dominiraju brodovi za rasuti teret, čiji je broj udvostručen u razdoblju od 2010. do 2022. godine (s 457 na 946). Vidljiv je, također, značajan rast kontejnerskih brodova, sa 169 u 2010. godini na 293 u 2022. godini. Broj tankera je povećan s 450 na 629 ili za 39,8 %.

Trgovački brodovi prikupljaju i prenose veliku količinu podataka. Kako bi prijenos podataka bio učinkovit, već su dugo u pomorskom prijevozu prihvaćene bežične komunikacije. Neki od primjera su pomorske instalacije vrlo visokih frekvencija (engl. *Very High Frequency*, VHF), sateliti i WiFi (engl. *wireless fidelity*)⁴⁹. Te su tehnologije unijele

⁴⁷ *Merchant fleet – UNCTAD Handbook of Statistics 2022.*, online: <https://hbs.unctad.org/merchant-fleet/> (2.07.2023.)

⁴⁸ Ibidem.

⁴⁹ "WiFi je bežični mrežni protokol koji omogućuje prijem i prijenos informacija između pristupnih točaka i klijenata. Omogućuje lokalnu razmjenu informacija (paketi podataka) ili pristup Internetu." *WI-FI: Što ovaj koncept znači i čemu služi WI-FI mreža*, online: <https://fondaco.ru/hr/vai-fai-chto-oznachaet-eto-ponyatie-i-dlya-chego-nuzhna-set-wi-fi/> (28.06.2023.)

promjene u pomorstvu koje se nastavljaju s četvrtom industrijskom revolucijom, sadržanom u umjetnoj inteligenciji, IoT-u, virtualnoj stvarnosti, proširenoj stvarnosti, *blockchain* tehnologiji i dr., a koje su sastavni dio digitalnog okruženja. Neke od tih tehnologija imaju izravan utjecaj na aktivnosti na brodu, kao što su praćenje opreme na brodu, identificiranje i predviđanje potencijalnih problema, daljinsko poslovanje, kretanje brodova itd. Druge se, pak, koriste za uspostavu veze između brodova i obale u svrhu boljeg logističkog upravljanja i osiguranja financijskih transakcija. No, ono što je zajedničko svim tim, i svim drugim digitalnim tehnologijama koje se razvijaju, je da njihova učinkovitost ovisi o brzini protoka podataka. Za njihovo funkcioniranje potrebne su velike brzine prijenosa podataka s visokom latencijom. Te osobine ima 5G tehnologija koja bi u konačnici trebala biti okosnica nesmetanog prijenosa podataka i poslovanja.

Od pojave radiotelegrafije, koja koristi Morseovu azbuku, početkom 20. stoljeća do danas komunikacija između broda i obale doživjela velike promjene. Sedamdesetih godina 20. stoljeća Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization*, IMO) postavila je pravila komunikacije između brodova te broda s obalom uz određenu razinu kompjutorizacije. Za komunikaciju brodova međusobno i/ili s obalom korištene su dostupne stanice na obali pa i sateliti. U sljedećem razdoblju koriste se VHF radio i digitalno selektivno pozivanje (engl. *Digital Selective Calling*, DSC).⁵⁰ Razvoj mobilne telekomunikacije donio je promjene u komunikaciji među brodovima i broda s kopnom, ali i komunikaciji posade s njihovim obiteljima. Time je uvelike olakšan rad i boravak posade na brodovima.

Posebice se aktualizira potencijal mobilne telekomunikacije u stvaranju potpune automatizacije broda. Brodarska industrija se, naime, oslanja na žičanu povezanost elektronike, koja je pouzdana i sigurna. No, kod žičane povezanosti nije moguća podrška s velikih udaljenosti. Zbog toga brodske operacije zahtijevaju angažman većeg broja ljudi, čineći cijeli proces sporim, neučinkovitim, dugotrajnim, sklonim pogreškama i, povremeno, nesigurnim za samog operatera.⁵¹ 5G tehnologija pomaže u transformaciji žičane na potpuno bežičnu vezu stvarajući znatno sigurnije radno okruženje za operatera kroz veću automatizaciju. Uz pomoć 5G moguće je međusobno spajanje brodske opreme i uređaja bez labirinta žica. 5G, nadalje, pruža “virtualni pristup” brodskoj opremi timovima za održavanje u luci, kako bi mogli pratiti i analizirati njihovu ispravnost. Osim toga, uz pomoć 5G postaje znatno jednostavnije izbjegavanje nesreća u zatvorenim vodama. Takav tehnološki razvoj pomaže revolucionirati pomorsku industriju na globalnoj razini, a time i globalnu trgovinu

⁵⁰ *Marine Communication*, online: https://marine-digital.com/article_maritime_communication (28.06.2023.)

⁵¹ Agarwala, N., Guduru, S.S.K.: op. cit., p. 255.

dobara smanjenjem vremena robe u tranzitu i vremena provedenog u luci pri utovaru i istovaru broda, zbog poboljšanih navigacijskih sustava i učinkovitijih sustava rukovanja teretom u lukama. Pozitivni učinci mogu se identificirati i u dugoročnom razdoblju kroz smanjenje emisije ugljičnih plinova iz pomorskog prometa i u znatnoj mjeri dekarbonizacije pomorske industrije.⁵²

5G, također, omogućava upotrebu sofisticiranih bespilotnih letjelica (dronova) kako bi se omogućio nadzor brodova u stvarnom vremenu tijekom manevriranja u lučkom području i regulacije broskog prometa. Na brodovima, kao što su kontejnerski brodovi, 5G može pomoći u boljem nadzoru robe u tranzitu. Značaj praćenja tereta proizlazi iz samog rizika koji prati pomorski prijevoz pod utjecajem, prvenstveno, vremenskih neprilika. U 2020. i 2021. godini izgubljeno je 3.113 kontejnera što je značajan porast u odnosu razdoblje 2017.-2019. godine kada ih je bilo izgubljenih 779.⁵³ Razlog tako velikom broju izgubljenih kontejnera su bili jako loši vremenski uvjeti. U 2020. godini došlo je do gubitka 1.800 kontejnera kontejnerskog broda One Apus u Tihom oceanu, a u 2021. godini 750 kontejnera broda Maersk Essen.⁵⁴ Svi kontejneri izgubljeni u moru predstavljaju opasnost za sigurnost i zaštitu okoliša. Osim što se dio kontejnera svake godine izgubi u moru, roba u kontejnerskom prijevozu često dolazi oštećena ili pokvarena na svoje odredište zbog loših uvjeta. Gubiteci mogu biti mjerljivi u milijunima dolara. Zbog toga se postavlja pitanje održivosti prijevoza roba kontejnerima. 5G tehnologija može značajno pridonijeti uklanjanju postojećih problema. Primjena tehnologije pametnih kontejnera (engl. *Smart container technologies*, RFID) jedan je od načina kako se može izgraditi učinkovitiji, sigurniji i održiviji opskrbeni lanac. To su obični kontejneri, ali sa instaliranim senzorima koji su povezani na mrežu. Ti senzori mogu prikupiti sve podatke u stvarnom vremenu, od temperature u kontejneru do njihove točne lokacije, zahvaljujući GPS praćenju. Prikupljanje tih podataka može pomoći u optimizaciji opskrbnog lanca. Senzori odašilju iznimno precizne informacije o lokaciji kontejnera, omogućujući optimizirano upravljanje voznim parkom.

U kontejnerskom prometu često dolazi do troškova potrošnje energije uslijed otpremanja i premještanja praznih kontejnera za potrebe kupaca na drugim lokacijama. Procjenjuje se da su troškovi kod tih aktivnosti oko 20 mlrd. USD godišnje.⁵⁵ Izbjegavanjem

⁵² Ibidem.

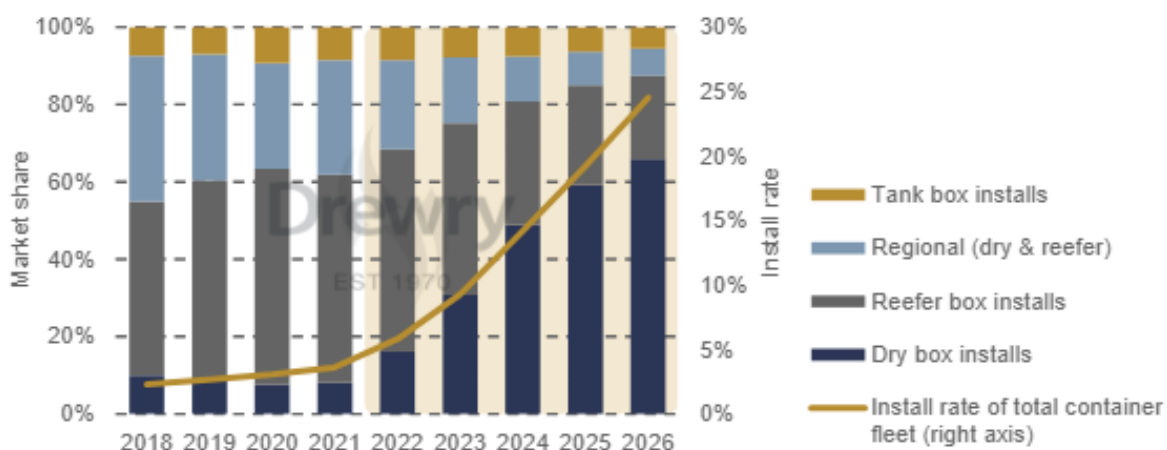
⁵³ *Containers Lost at Sea*, World Shipping Concil, 2022., p. 3, online: <https://mb.cision.com/Main/20134/3589985/1596185.pdf> (3.07.2023.)

⁵⁴ Ibidem.

⁵⁵ *Smart containers key to improved supply chains*, online: <https://www.ingwb.com/progress/insights-sustainable-transformation/smart-containers-key-to-improved-supply-chains> (2.07.2023.)

prijevoza praznih kontejnera doprinijelo bi se smanjuju ispuštanja emisije ugljika. Pametni kontejneri omogućavaju operatorima produženje vremena obrtaja kontejnera i tako poboljšaju dostupnost opreme. Vlasnicima tereta omogućuju praćenje lokacije njihovog tereta i na taj način bolju kontrolu svojih opskrbnih lanaca.

Senzori, također, nude podatke na temelju kojih brodovi mogu izbjeći potencijalno opasne vremenske neprilike koje bi mogle dovesti do izbacivanja ili oštećenja tereta te uzrokovati značajnu materijalnu i financijsku štetu. Senzori omogućuju praćenje kontejnera na njihovom putu, što može lučkim operaterima omogućiti predviđanje kada bi brodovi mogli stići na svoje odredište, sprječavajući uska grla u opskrbnom lancu koja uzrokuju nepotrebna kašnjenja i zagušenje tijekom procesa iskrcaja. Podaci koje nude pametni kontejneri mogu se koristiti u optimizaciji opskrbnih lanaca. Prema procjenama, stvaranjem optimiziranog procesa mogu se postići uštede od sedam milijardi USD.⁵⁶ Senzori, nadalje, mogu analizirati i regulirati uvjete unutar kontejnera te doprinijeti da, primjerice, teret osjetljiv na temperaturu poput hrane, dođe na odredište u ispravnom stanju. Poremećaji u opskrbnom lancu uzrokovani pandemijom Covid-19 ubrzali su upotrebu pametnih kontejnera. Procjenjuje se da je do kraja 2021. godine oko 3,6 % kontejnera bilo opremljeno pametnim tehnološkim uređajima. Pri tome je njihova upotreba znatno veća u hladnjačama i intermodalnim kontejnerima u odnosu na sektor suhih kontejnera (Grafikon 2). Prema procjenama oko trećine kontejnera hladnjača opremljeno je pametnim uređajima, a preko 40 % u intermodalnim kontejnerima.⁵⁷



Grafikon 2. Globalni tržišni udio pametnih kontejnera prema vrsti kontejnera

Izvor: *Smart containers key to improved supply chains*, online: <https://www.ingwb.com/progress/insights-sustainable-transformation/smart-containers-key-to-improved-supply-chains> (2.07.2023.)

⁵⁶ Ibidem.

⁵⁷ Ibidem.

Prema Grafikonu 2. predviđa se rast broja pametnih kontejnera u razdoblju do 2026. godine, posebice instalacija senzora u suhim kontejnerima. Pri tome je sasvim jasno da će 5G tehnologija imati važnu ulogu u obradi podataka pametnih kontejnera.

U 2023. godini započela je suradnja Sateliota i Sensefinity na pokretanju 5G IoT satelitske povezanosti za 1.000 pametnih kontejnera i uštedu srednjih brodarskih tvrtki do 1,4 mil. USD godišnje na održavanju i popravcima kontejnera.⁵⁸ Bez NB-IoT pokrivenosti na otvorenom moru, uređaji za praćenje tereta i senzori u kontejnerima mogu zabilježiti podatke o pametnim kontejnerima samo kada su plovila blizu obale. No, to može biti prekasno. Primjenom 5G NB-IoT satelitske konstelacije biti će moguće prijaviti lokaciju, temperaturu, vlagu, vibracije i dr. u gotovo stvarnom vremenu, kao i dospjeće kontejnera u more, upozorenje na požar u kontejneru, upozorenje na prekide hladnog lanca za osjetljive terete, kao što su hrana i lijekovi te izvješćivanje o udarima i štetama na kontejnerima.⁵⁹ To bi brodarima omogućilo bolju kontrolu robe u transportu i smanjilo rizike koji proizlaze iz transporta kontejnera.

5G tehnologija bi sofisticiranom povezanošću broda s kopnom mogla pridonijeti daljnjem razvoju plovila bez posade. Plovidba takvih brodova mogla bi biti duža u odnosu na one brodove kojima upravljaju ljudi, što bi rezultiralo povećanom produktivnošću, smanjenjem oslanjanja na ljudske resurse te bi smanjilo moguće ljudske pogreške. Senzori povezani s IoT-om koji se napajaju 5G vezom mogu povećati rad na daljinu i kontrolu u svrhu brže integracije autonomnih brodova. Veće brzine Interneta mogu, nadalje, omogućiti bolju povezanost senzora koji mogu pomoći u potrazi i spašavanju pružanjem informacija u stvarnom vremenu i točnim pozicioniranjem plovila u nesreći. Općenito, senzori povezani s IoT-om generiraju ogromne količine podataka koje brodarske tvrtke mogu prikupiti, analizirati i pretvoriti u izvještaje kako bi poboljšale poslovanje.

Može se zaključiti kako 5G tehnologija ima značajan potencijal u poboljšanju poslovanja brodarka, sigurnosti tereta i plovila, prijevoza mora te optimizaciji opskrbnih lanaca poboljšanjem povezanosti brodova međusobno i broda s kopnom. To posljedično donosi dobrobit svim sudionicima u pomorskom prijevozu.

⁵⁸ Sateliot 5G IoT to connect Smart Containers, online: <https://www.iotm2mcouncil.org/iot-library/news/smart-logistics-news/sateliot-5g-iot-to-connect-smart-containers/> (2.07.2023.)

⁵⁹ Ibidem.

4.2. UPOTREBA 5G TEHNOLOGIJE U LUKAMA

Luke imaju važnu ulogu unutar transportnih lanaca kao distribucijsko i logističko središte.⁶⁰ Globalni logistički zastoje započeo je u 2020. godini i intenziviran je u 2021. godini. Luke su teško uspjevale odgovoriti na izazove koji su se pred njih postavile povećanjem potražnje uslijed nedostatka opreme, radne snage i skladišnih prostora. Kao posljedica takvih događanja, prosječna globalna kašnjenja rasporeda kontejnera su se udvostručila.⁶¹ Zbog toga su mnoge luke u svijetu izgubile svoju poziciju, a robni tijekovi su preusmjereni u druge luke. Kako bi zadržale svoju poziciju na tržištu luke se sve više automatiziraju i digitaliziraju. No, u suvremenom poslovanju to nije moguće postići bez 5G mreže koja omogućava učinkovitu i sigurnu razmjenu podataka. Značajke ove inovativne tehnologije trebale bi pružiti bolju pouzdanost, veliku brzinu, energetska učinkovitost i brz odgovor na izazove s kojima se luke susreću. Pri tome se primjena koncepta 5G najviše odnosi na optimalizaciju lučkih operacija. U lukama 5G će omogućiti bržu razmjenu podataka između sudionika uključenih u operacije terminala te prikupljanje velikog broja podataka u stvarnom vremenu i njihovu analitiku, povećanje inteligentne automatizacije i postavljanje temelja za bolju koordinaciju između ljudi i uređaja. Također će omogućiti korisnicima upotrebu ključnih inovacija, kao što su usluge u oblaku, IoT, komunikacija robota/dronova, V2X i taktilog Interneta⁶² (engl. *Tactile Internet*).⁶³

5G može pružiti veću automatizaciju i digitalizaciju prijevoznih sredstava u lukama, daljinsko upravljanje vozilima, prekrcajnim sredstvima i dr. Nadalje, 5G tehnologija može pomoći u povećanju sigurnosti lučkih radnika primjenom daljinskog upravljanja autonomnim vozilima za utovar i istovar tereta, regulacijom prometa brodova prije dolaska u luku, analitikom podataka u svrhu poboljšanja poslovanja i dr. Kako je prethodno navedeno, praćenjem tereta lučki operatori mogu predvidjeti dolazak tereta u luku i izbjeći čekanja brodova na iskrcaj te zagušenje prometa u lučkom prostoru. 5G donosi promjene u obrascima lučkog poslovanja. *TradeLens* globalna trgovinska platforma, razvijena u

⁶⁰ Kolanović, I., Badurina, E.: Lučki sustav u logističkom lancu, *Pomorski zbornik*, vol. 40, no. 1, 2002., p. 223, online: <https://hrcak.srce.hr/pretraga?q=LU%C4%8CKI+SUSTAV+U+LOGISTI%C4%8CKOM+LANCU> (26.06.2023.)

⁶¹ *Review of maritime transport 2022.*, op. cit., p. XX.

⁶² Taktilni Internet (engl. *Tactile Internet*) se definira kao internetska mreža koja kombinira ultra nisku latenciju s ekstremno visokom dostupnošću, pouzdanošću i sigurnošću. Kavanagh, S., Mundy, J.: What is the Tactile Internet, 17.11.2021., online: <https://5g.co.uk/guides/what-is-the-tactile-internet/> (30.06.2023.)

⁶³ Cavalli, L. et al.: Addressing Efficiency and Sustainability in the Port of the Future with 5G: The Experience of the Livorno Port. A Methodological Insight to Measure Innovation Technologies' Benefits on Port Operations, *Sustainability*, vol. 13, no. 21, 2021., p. 3, online: <https://doi.org/10.3390/su132112146> (17.06.2023.)

suradnji AP Moller - Maersk (integrirane logističke tvrtke) i IBM, primjerice, koristi *blockchain*.⁶⁴ Luke poboljšavaju svoje operacije, sigurnost, infrastrukturu i menadžment upotrebom pametnih senzora i IoT-a, zajedno s automatizacijom terminala, lučkih sustava i sustava upravljanja prometom. Procjenjuje se da bi između 2022. i 2027. godine globalno tržište pametnih luka moglo porasti s 1,9 mlrd. USD na 5,7 mlrd. USD.⁶⁵ Stoga je broj luka koje su probno koristile ili implementirale 5G opciju kako bi unaprijedile svoje poslovanje, u porastu. Među njima su luka Livorno, Barcelona i Antwerpen-Bruges, o kojima će biti više riječi u petom poglavlju rada.

4.3. UČINCI I PREDNOSTI 5G TEHNOLOGIJE U LOGISTIČKOJ INDUSTRIJI

Za digitalne tehnologije se može reći da su ključni element u razvoju logističkog sektora. Digitalna revolucija, koja svoje početke bilježi u 1980-im godinama, temeljem sve raširenije upotrebe automatizacije, umjetne inteligencije i robotike u proizvodnim procesima, dovodi do promjena u logistici na globalnoj razini. Takva logistika se naziva i Logistika 4.0.⁶⁶ Logistika treba odgovoriti potrebama eksponencijalnog rasta e-trgovine i globalizacije lanaca opskrbe. Zahtjevi su usmjereni ka sve složenijoj i naprednijoj logistici koja implementira najsuvremeniju tehnologiju, poput IoT-a koji omogućava praćenje transporta robe unutar opskrbnog lanca. Unutar industrije 4.0, logistika 4.0 ima nekoliko specifičnosti. Prvi je masovna personalizacija usluge, održivost, važnost ljudskog resursa u razvoju, optimizacija kvalitete usluge i smanjenje pogrešaka u složenim okruženjima.⁶⁷ Logistics 4.0 je pametna logistika (engl. *smart logistics*). To je logistički sustav koji može povećati fleksibilnost i prilagodbu tržišnim promjenama, približavajući tvrtku potrebama kupaca.⁶⁸ Logistika 4.0 koristi IoT, računalstvo u oblaku, umjetnu inteligenciju, analitiku velikih podataka, robotiku, tehnologiju lanca blokova (engl. *blockchain*), proširenu stvarnost. Sve te tehnologije, učinkovito integrirane, omogućuju bolje performanse procesa

⁶⁴ *Review of maritime transport 2022.*, op. cit., p. 20.

⁶⁵ Ibidem.

⁶⁶ Acciaro, M., Renken, K. El Khadiri, N.: *Technological Change and Logistics Development in European Ports*, In: Carpenter, A., Lozano, R. (ed.), *European Port Cities in Transition, Strategies for Sustainability*, Springer, Cham., 2020., p. 73., online: https://doi.org/10.1007/978-3-030-36464-9_5 (1.06.2023.)

⁶⁷ Winkelhaus, S., Grosse, E.H.: *Logistics 4.0: A Systematic Review towards a New Logistics System*, *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 1, 2020, p. 19, online: https://www.researchgate.net/publication/332684253_Logistics_40_a_systematic_review_towards_a_new_logistics_system (1.06.2023.)

⁶⁸ Ibidem.

lanca opskrbe u smislu učinkovitosti, integracije, suradnje, odaziva, fleksibilnosti, kvalitete i transparentnosti. Ove integrirane tehnologije imaju za cilj kreirati kibernetičke fizičke sustave koji procesuiraju cjelokupan opskrbni lanac. Daljnji razvoj logistike ide ka Logistici 5.0, koja objedinjuje zelenu, održivu i digitalnu logistiku s ljudskom komponentom.⁶⁹ 5G može podržati naprednu tehnologiju kojom se povećava učinkovitost svake faze opskrbnog lanca. 5G može povećati brzinu, točnost i pouzdanost tehnologije. Nudi znatno bolju povezanost, povećavajući vidljivost unutar cijelog opskrbnog lanca. Tehnologije za koje je potrebna 5G, a koja dovodi do promjena u logistici i upravljanju opskrbnim lancem su:⁷⁰

- senzori i kamere visoke rezolucije, koji omogućavaju prepoznavanje i upravljanje teretom i putnicima,
- umjetna inteligencija, koja se koristi za prepoznavanje i tumačenje slika,
- digitalni blizanci (engl. *Digital twins*), koji omogućavaju veću kontrolu pozicioniranja robe, njezinog sadržaja, podrijetla i odredišta,
- *blockchain*, koji se koriste za upravljanje dokumentacijom uključenom u logistički proces i za veću slijedivost,
- veliki podaci (engl. *Big Data*), za prikupljanje podataka u stvarnom vremenu i dobivanje različitih obrazaca koji pomažu u donošenju boljih operativnih odluka,
- IoT, primijenjen na vozila za dobivanje podataka o vožnji, praćenju i predviđanju radi smanjenja nesreća.

Već se iz prethodnog teksta rada moglo vidjeti da 5G ima značajan utjecaj na razvoj svih dionika logističkog procesa u pomorstvu. 5G je izuzetno pouzdana mreža koja omogućava bržu obradu podataka i poboljšanu učinkovitost. Logistička industrija korištenjem 5G može smanjiti troškove poslovanja. Primjerice, automatizacijom nekih procesa i uklanjanjem papirologije, dionici mogu znatno smanjiti svoje troškove.⁷¹ Osim toga, povezivanje uređaja za praćenje tereta putem mobilne mreže pruža iznimnu sigurnost u odnosu na druge IoT standarde. Posebno je važno istaknuti da se od 5G očekuje da će pridonijeti postizanju ciljeva ekološke održivosti.

⁶⁹ Trstenjak, M. et al.: *Logistics 5.0 Impementation Model Based on Decision Support Systems*, Sustainability, vol. 14, no. 11, 2022., p. 1, online: <https://doi.org/10.3390/su14116514> (20.05.2023.)

⁷⁰ *Impact and benefits of 5G technology in the logistics industry*, Kale Logistics, <https://kalelogistics.com/the-impact-and-benefits-of-5g-in-logistics/> (17.05.2023.)

⁷¹ Ibidem.

4.4. TRANSFORMACIJA TRANSPORTNE I LOGISTIČKE INDUSTRIJE POD UTJECajem 5G TEHNOLOGIJE

Automatizacija i digitalizacija već mijenjaju proces rada u transportnoj i logističkoj industriji. U digitalizaciji pomorske logistike važnu ulogu imaju veliki podaci, simulacija i modeliranje te održivi pomorski promet. Kako je već istaknuto, nove tehnologije i analitika velikih podataka utječu na povećanje učinkovitosti operacija na brodovima, kao i optimizaciju pomorskog prometa kroz razmjenu podataka između sudionika brod-brod i brod-kopno. Lučki sustavi i sustavi e-transformacije temeljeni na informatičkoj tehnologiji transformiraju i unaprjeđuju unutarnje i vanjske vrijednosne lance kao i aktivnosti prekrcaja u lukama. Tehnologija pametnih kontejnera i praćenje tereta u stvarnom vremenu povećavaju transparentnost na putu od pošiljatelja do primatelja. Korištenje suvremenih tehnologija senzornih čipova, veliki broj podataka već se bilježi na moru i analizira na kopnu, što omogućava optimizaciju tokova procesa na brodu, kao i pri rukovanju u lukama. Nadalje, smanjuje vrijeme čekanja i troškove.⁷² Sasvim je evidentno da će količina podataka u području optimalizacije prometa, lučkih manipulacija i tehnologije pametnih kontejnera (npr. RFID i senzorske tehnologije) rasti. 5G tehnologija može odgovoriti na rastuće potrebe.

5G može transformirati logistiku rješavanjem trenutnih izazova u lukama. Prisutan trend sve većeg nedostatka vozača kamiona i izgubljeno vrijeme na terminalima zbog papirologije i niske razine implementacije digitalizacije u prometu stvara dodatne troškove. Procjenjuje se da navedeni razlozi stvaraju u Belgiji i Nizozemskoj troškove u visini od oko 100 milijuna eura godišnje.⁷³ Činjenica je da potpuno autonomni prijevoz još uvijek nije moguć u svim radnim uvjetima, no daljinsko upravljanje može doprinijeti poboljšanju logističkih procesa i transformaciji logistike. U daljinskom upravljanju ljudi nadziru i kontroliraju kamione i plovila, a te se funkcije obavljaju iz udaljenog kontrolnog centra. To je moguće uz uspostavu komunikacije između vozila i kontrolnih soba, koja mora biti sigurna, široko dostupna i pouzdana u svakom trenutku. Upravo te funkcije preuzima 5G. 5G tehnologiji se daje zadatak povećanja učinkovitosti operacija uključenih u opskrbni lanac. Primjerice, umjesto čekanja tereta na terminalu i povećanja troškova koji se mogu izbjeći, operater može daljinski upravljati s nekoliko različitih vozila istovremeno. Dodatnim

⁷² Fruth, M., Teuteberg, F., Liu, S.: Digitization in maritime logistics – What is there and what is missing?, *Fruth & Teuteberg, Cogent Business & Management*, vol. 4, no. 1411066, 2017., p. 2, online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311975.2017.1411066> (27.06.2023.)

⁷³ *How 5G will accelerate shipping digitalization*, 23.07.2022., online: <https://safety4sea.com/cm-how-5g-will-accelerate-shipping-digitalization/> (30.06.2023.)

funkcijama automatizirane vožnje može se upravljati kamionom u niskorizičkim situacijama kao što je zagušenje prometa i pristajanje na terminal s daljinskim nadzorom.

Koristi 5G se sve više prepoznaju na nacionalnoj i međunarodnoj razini. U prilog tome ide i činjenica da je Europska unija u 2020. godini pokrenula projekt 5G-Blueprint s ciljem razvoja tehničke arhitekture, modela poslovanja i upravljanja za neprekinuti prekogranični teleoperirani transport temeljen na 5G povezanosti. U tu svrhu istražuje se ekonomija 5G alata u prekograničnom transportu i logistici, kao i putničkom prometu.⁷⁴ Osim toga u sklopu programa Horizon potiče se uspostava javno-privatnog partnerstva na 5G u svrhu ubrzanja istraživanja i inovacija u razvoju 5G tehnologije.⁷⁵ Time se potiče implementacija 5G tehnologije na području Europske unije, a što će doprinijeti razvoju logističkih procesa na europskom prostoru.

Činjenica je da digitalizacija donosi koristi pomorskom prometu kao i logističkoj industriji, a 5G ima potencijal njene izgradnje brzom razmjenom podataka u velikim količinama.

⁷⁴ Ibidem.

⁷⁵ *Shaping Europe's digital future*, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/5g> (19.07.2023.)

5. STUDIJA SLUČAJA: PRIMJERI PRIMJENE 5G TEHNOLOGIJE U LUKAMA

Automatizacija i digitalizacija postaju važan čimbenik postizanja konkurentnosti luka na globalnom tržištu. Važnu ulogu pri tome ima 5G tehnologija koja omogućava optimizaciju lučkih operacija. U ovom dijelu završnog rada daje se uvid u primjenu 5G tehnologije u lukama od državnog značaja za Republiku Hrvatsku te u lukama Livorno (Italija), Barcelona (Španjolska) i Antwerpen-Bruges (Nizozemska) u kojima je implementirana digitalizacija lučkih operacija s 5G i IoT-om.

5.1. LUKE OD DRŽAVNOG ZNAČAJA ZA REPUBLIKU HRVATSKU

U Hrvatskoj je 435 luka namijenjenih javnom prijevozu. No, šest je luka od državnog značaja, odnosno luka kategoriziranih kao luke otvorene za javni promet od osobitog (međunarodnog) značaja, i to luke u: Splitu, Zadru, Rijeci, Šibeniku, Pločama i Dubrovniku.⁷⁶ U pomorstvu Republike Hrvatske luke imaju veliko potencijalno značenje zbog povoljnog geografskog položaja.⁷⁷ One su najkraća veza istočnog Sredozemlja i srednjoeuropskih zemalja. Pogodnost im pruža i dubina Jadranskog mora koja je na hrvatskoj strani između 50 i 100 metara pa je pristup lukama omogućen i najvećim brodovima. Potrebno je, također, istaknuti kako se Hrvatska nalazi na sjecištu međunarodnog paneuropskog prometnog koridora V. i X., a koridor V.b povezuje luku Rijeku s Budimpeštom, dok koridor V.c povezuje luku Ploče i Budimpeštu.⁷⁸

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku, hrvatske luke su u 2022. godine imale ukupan promet od 342.752 prispjela broda s 33.836 tisuće putnika i 23.608 tisuća tona robe.⁷⁹ Ostvarenim prometom približile su se rezultatima poslovanja u 2019. godini, odnosno godini prije pandemije Covid-19 (Tablica 1).

⁷⁶ Luke, Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, <https://mmpi.gov.hr/more-86/luke-106/106> (17.07.2023.)

⁷⁷ Zelenika, R., Mrvčić, A., Pavlič Skender, H.: Analiza i ocjena stupnja uspješnosti u poslovanju teretnih morskih luka u Republici Hrvatskoj, *Brodarstvo i luke*, vol. 58, no. 1-2, 2011., p. 12, <https://hrcak.srce.hr/pretraga?q=morske%20luke&start=10> (4.07.2023.)

⁷⁸ Ibidem.

⁷⁹ *Promet u morskim i zračnim lukama*, Statistika u nizu, Državni zavod za statistiku, 11. veljače 2022., online: <https://podaci.dzs.hr/hr/podaci/transport/pomorski/> (4.07.2023.)

Tablica 1. Promet hrvatskih luka, 2013.-2022. godine

	Promet brodova, prispjeli	Promet putnika, tis.	Promet robe, tis. t	Verižni index		
				Promet brodova	Promet putnika	Promet robe
2013.	246.939	28.791	19.365	-	-	-
2014.	258.670	24.711	18.603	104,8	85,8	96,1
2015.	314.145	28.514	18.930	121,4	115,4	101,8
2016.	332.047	29.238	18.551	105,7	102,5	98,0
2017.	338.603	32.526	20.797	102,0	111,2	112,1
2018.	353.720	33.975	20.239	104,5	104,5	97,3
2019.	359.223	35.575	20.580	101,6	104,7	101,7
2020.	249.012	18.787	21.413	69,3	52,8	104,0
2021.	310.434	27.324	21.643	124,7	145,4	101,1
2022.	342.752	33.836	23.608	110,4	123,8	109,1

Izvor: Izrada studenta prema: *Promet u morskim i zračnim lukama*, Statistika u nizu, Državni zavod za statistiku, 11. veljače 2022., online: <https://podaci.dzs.hr/hr/podaci/transport/pomorski/> (4.07.2023.)

Podaci u Tablici 1 pokazuju rast broja prispjelih brodova u hrvatske luke u razdoblju od 2013. do 2022. godine za 39,2 %. U istom je razdoblju povećan i broj putnika (za 17,5 %) te promet robe (za 21,9 %). Najveći promet robe ostvaruju luka Rijeka i Ploče, te Omišalj s terminalom za ukapljeni zemni plin (UPP) (Tablica 2). Manje teretne luke u Hrvatskoj su luka Pula, luka Zadar, luka Šibenik i luka Dubrovnik.

Tablica 2. Promet tereta u hrvatskih luka, 2021.-2022. godine

		2021.		2022.		2022./2021.	
		Ukrcaj	Iskrcaj	Ukrcaj	Iskrcaj	Ukrcaj	Iskrcaj
Bakar	Unutarnji promet	605.079	19.199	449.613	110.950	74,3	577,9
	Međunarodni promet	629.602	1.208.409	504.010	1.315.080	80,1	108,8
	Tranzit s prekrcajem	-	424.368	-	485.743	-	114,5
Omišalj	Unutarnji promet	-	-	891	13.247	-	-
	Međunarodni promet	333.051	4.056.444	174.233	3.846.271	52,3	94,8
	Tranzit s prekrcajem	-	2.578.848	-	2.358.791	-	91,5
Ploče	Unutarnji promet	26.000	185.015	101.917	123.533	392,0	66,8
	Međunarodni promet	200.367	824.997	635.217	1.196.080	317,0	145,0
	Tranzit s prekrcajem	499.707	2.086.825	414.787	1.944.019	83,0	93,2
Raša	Unutarnji promet	24.955	-	30.025	1.225	120,3	-
	Međunarodni promet	472.976	76.060	429.994	95.277	90,9	125,3
	Tranzit s prekrcajem	-	-	-	-	-	-
Rijeka	Unutarnji promet	2.106	330	81.652	19.285	38,8	58,4
	Međunarodni promet	2.031.336	1.887.798	2.007.052	2.198.352	98,8	116,5
	Tranzit s prekrcajem	50.415	43.033	46.126	2.584	91,5	6,0
Split	Unutarnji promet	18.757	416.854	37.220	381.490	198,4	91,5
	Međunarodni promet	1.367.059	348.528	1.230.020	669.904	90,0	192,2
	Tranzit s prekrcajem	2.219	51.249	32.989	53.977	14,9	105,3
RH	Unutarnji promet	738.664	735.761	985.039	987.429	133,4	134,2
	Međunarodni promet	5.274.573	9.157.338	5.170.716	10.124.442	98,0	110,6
	Tranzit s prekrcajem	552.341	5.184.840	493.902	5.845.114	89,4	112,7

Izvor: Izrada studenta prema: *Promet u morskim i zračnim lukama*, Statistika u nizu, Državni zavod za statistiku, 11. veljače 2022., online: <https://podaci.dzs.hr/hr/podaci/transport/pomorski/> (4.07.2023.)

Podaci u tablici pokazuju da Omišalj u odnosu na druge luke ostvaruje najveći međunarodni promet koji je u 2021. godini iznosio 333,1 tis. tona ukrcaja i 4,1 mil. tona

iskrcaja tereta kao i tranzit s prekrcajem u iskrcaju od 2,6 mil. tona. U 2022. godini promet tereta u ovoj luci pokazuje značajno smanjenje. Druge luke su u 2022. godini ostvarile rast međunarodnog prometa robe u iskrcaju. Najveći rast imala je luka Split. No, u međunarodnom prometu robe u ukrcaju može se uočiti smanjenje prometa. Ako se izuzme luka Omišalj s terminalom za UPP, može se uočiti da je luka Ploče ostvarila najveći promet s 5,4 mil. tona tereta u 2022. godini te je sudjelovala s 22,9 % u ukupnom prometu hrvatskih luka. Luka Rijeka je imala promet od 4,4 mil. tona čime je sudjelovala s 18,4 % u ukupnom prometu hrvatskih luka. Ove dvije luke su najznačajnije teretne luke u Hrvatskoj. U ukupnom prometu tereta sudjeluju s više od 40 %. No, unatoč unaprjeđenju poslovanja i modernizaciji lučkih procesa te porasta teretnog prometa, teretne luke u Hrvatskoj još uvijek ne postižu konkurentnost u odnosu na sjevernojadranske luke. Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2030. godine ukazuje na potrebu kvalitetnijeg uključivanja luka u koncept lokalne logistike kako bi se povećala efikasnost i smanjio utjecaj na okoliš.⁸⁰ Identificirano je zaostajanje hrvatskih luka za sjevernojadranskim lukama zbog nedostatne logističke ponude.

Riječko lučko područje obuhvaća bazene Rijeku, Sušak, Bakar, Rašu (Istra) i Omišalj (Krk), a briga o njegovom razvoju i upravljanju data je Lučkoj upravi Rijeka.⁸¹ Luka Rijeka (Slika 1) je tijekom proteklih godina realizirala sedam razvojnih projekata vrijednosti 132,9 mil. eura, čime je rekonstruirana zastarjela tehnologija na terminalu za rasuti teret Bakar⁸² te moderniziran kontejnerski terminal Brajdica. Zadržavanje pozicije intermodalnog središta i ulazno-izlazne luke za srednju i istočnu Europu jedan je prioriteta ove luke. U izgradnji je novi kontejnerski terminal na Zagrebačkoj obali koji bi trebao biti otvoren do 2025. godine. Očekivani promet u prvoj fazi na ovom terminalu je 650 tisuća TEU.⁸³ Terminal bi trebao biti u potpunosti automatiziran i digitaliziran, što bi omogućilo suradnju i komunikaciju između različitih dionika koja bi se odvijala digitalnim putem.

⁸⁰ Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017.-2030.), Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, Zagreb, 2017., p. 165., online: https://vlada.gov.hr/UserDocsImages/ZPPI/Strategije/MMPI%202017-2030%20STRAT%20PROM%20RZV%20RH%2025-8_17.pdf (4.07.2023.)

⁸¹ *Port Authority – Lučka uprava Rijeka*, online: <https://www.portauthority.hr/lucka-uprava-rijeka/> (17.07.2023.)

⁸² *Završen projekt modernizacije infrastrukture luke Rijeka na terminalu za rasute terete Bakar*, 21.12.2021., online: <https://www.novolist.hr/rijeka-regija/rijeka/zavrшена-projekt-modernizacije/> (5.07.2023.)

⁸³ *Novi riječki kontejnerski terminal otvara više od 1.000 radnih mjesta! Evo koliko bi država mogla zaradivati*, 6.03.2023., <https://www.novolist.hr/novosti/hrvatska/novi-rijecki-kontejnerski-terminal-otvara-vise-od-1000-radnih-mjesta-evo-koliko-bi-drzava-mogla-zaradivati/> (6.07.2023.)

Slika 1. Novi terminali Luke Rijeka



Izvor: *Novi terminali Luke Rijeka*, online: <https://www.rijeka.hr/gradska-uprava/gradski-projekti/aktualni-projekti-2/gospodarstvo/luka-rijeka/> (19.07.2023.)

Lučke funkcije riječkog lučkog područja su geografski disperzirane što iziskuje dodatne ljudske i financijske resurse za podršku različitim lokacijama i modalitetima prijevoza tereta unutar lučkog područja.⁸⁴ Procesi ukrcaja i iskrcaja broda te isporuke i prijem prethodno transportiranog tereta procesuiraju se kroz poslovne informacijske sustave koncesionara te poslovne informacijske sustave operacija na terminalima (engl. TOS).⁸⁵ Na kontejnerskom terminalu implementirana je suvremena informacijsko-komunikacijska tehnologija koja omogućava praćene ukrcaja i iskrcaja kontejnera, njihovo skladištenje i otpremu. Prekrcajna mehanizacija je kompatibilna s informacijsko-komunikacijskim sustavom. Na dijelu kontejnerskog terminala implementirana je oprema namijenjena odlaganju izotermičkih kontejnera. Informacijsko-komunikacijska tehnologija omogućava njihov stalni nadzor čime je osigurana potpuna kontrola skladištenja kontejnera. Povezivanje luke Rijeka s vanjskim korisnicima, posebice u sustav TOS (terminalni operativni sustav, engl. *Terminal Operating System*) još je jedan korak ka povećanju konkurentnosti luke. Koncesionar *International Container Terminal Services* implementirao je ovaj sustav na kontejnerskom terminalu Brajdica čime je unaprjeđena obrada terminalskih podataka.⁸⁶

⁸⁴ Torlak, I. et al.: Analysis of Port Community system Introduction in Croatian Seaports – Case Study Split, *Transactions on maritime science*, vol. 09. no. 2, 2020., p. 335., online: <https://hrcak.srce.hr/249607> (5.07.2023.)

⁸⁵ Zec, D. et al. (izr.): *Elaborat razvoja jedinstvenog sučelja za formalnosti u pomorskom prometu* (NSW), Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2017., p. 39.

⁸⁶ Smokvina, R.: *Digitalna luka*, online: <http://www.pomorskodobro.com/prijedlozi/633-digitalna-luka.html> (19.07.2023.)

U 2017. godini potpisan je ugovor o realizaciji projekta razvoja i implementacije informacijsko-komunikacijskog rješenja za *Port Community System* (engl. *Port Community System Information and Communications Technology*, PCS ICT) koji se temelji na PCS ICT rješenju koji je razvijen u luci Ploče. Daljnji korak bi bio integracija PCS ICT u jedinstveno nacionalno sučelje (engl. *National Single Window*, NSW) i sustav CIMIS (engl. *Croatian Integrated Maritime Information System*, CIMIS), eCarinu i druge aplikacije u upotrebi.⁸⁷ Realizacija ovog projekta znači povezivanje različitih informacijskih sustava korisnika i pružatelja usluga u lučkom području, standardizaciju i centralizaciju protokola te poruka koje razmjenjuju članovi lučke zajednice, kao i razmjenu podataka između luke i vanjskih subjekata dionika pomorskog prometa. Preusmjeravanjem tereta u luku Rijeka iz sjevernojadranskih destinacija smanjilo bi vrijeme potrebno za prijevoz tereta do zemalja srednje i istočne Europe, što luku Rijeka čini konkurentnom, no bez digitalizacije i razvoja željezničke i cestovne infrastrukture to neće biti moguće. Pri tome implementacija 5G tehnologije ima važnu ulogu.

Transformacija luke Rijeka u pametnu luku uz podršku 5G pridonijela bi povezivanju svih korisnika i dionika operacija u luci Rijeka te međusobno povezala dislocirane bazene, terminale i koncesionare. Prikupljanje podataka i mogućnost njihovom pristupu za sve korisnike smanjilo bi vrijeme koje je sad potrebno zbog umnožavanja podataka i potrebe njihovog unošenja nekoliko puta na više adresa. Osim toga smanjila bi se mogućnost pogrešaka koje pri tome nastaju i povećala učinkovitost administrativnih postupaka i postupaka povezanih s teretom.

Luka Ploče posljednjih godina ulaže u razvoj kako bi postigla konkurentnost na tržištu pomorskih usluga. Izgrađen je novi terminal za rasuti teret, a razvojni planovi postoje i za kontejnerski terminal koji je izgrađen i otvoren 2011. godine. Luka koristi aplikativni sustav *PCM* ili *Port Community Management* za manipulaciju tereta u lučkom prostoru. "Namijenjen je automatizaciji poslovnih procesa uz povezivanje svih sektora Luke Ploče, vanjskih aplikacija i korisnika koji sudjeluju u lučkom poslovanju."⁸⁸ Primjena ovog aplikacijskog rješenja povećava učinkovitost rada u luci. Aplikativni sustav se sastoji od niza aplikacija koji omogućavaju obavljanje lučkih poslova, kao što su planiranje rada, priprema rada, održavanje objekata i opreme unutar lučkog prostora, evidencija radnih naloga i dr.⁸⁹ Sustav je integriran s Lučkom upravom te se time podigla razina automatizacije poslovanja

⁸⁷ Ibidem.

⁸⁸ *Luka Ploče, IT Podrška*, <https://www.luka-ploce.hr/terminali-i-usluge/it-podrška/> (6.07.2023.)

⁸⁹ Ibidem.

na višu razinu što je doprinijelo ubrzanju lučkih procesa. Time je Luka Ploče dijelom integrirana u NSW.

Luka Šibenik je tijekom proteklih godina u izgradnju nove cestovne i rekonstrukciju željezničke mreže te uređenja operativne obale i radne površine. Raspolaze s tri terminala za prekrcaj rasutog i generalnog tereta, sirovog fosfata i drvene građe.⁹⁰ Lučka uprava Šibenik upravlja razvojem lučkog područja. U razdoblju od 2019. do 2021. godine Lučka uprava Šibenik je sudjelovala u projektu DigLogs, koji je uključio suradnju Italije i Hrvatske. Cilj projekta je bio razviti potreban koncept, tehnološka rješenja, model i planove kako bi se digitalizirali logistički procesi unutar multimodalnog prijevoza tereta i putnika obuhvaćenih programskim rješenjem.⁹¹ Projekt je financiran iz EU fondova i Državnog proračuna u mjeru 85%:15%. Informatički modul treba omogućiti brže i učinkovitije izdavanje ID iskaznica za ulazak u međunarodni dio lučkog područja Luke Šibenik. Ključni element projekta je implementacija inovativnih rješenja kontrole pristupa, što uključuje automatizirani sustav digitalnog pristupa u skladu s ISPS-om, drugim sigurnosnim pravilima luke i važećim propisima.⁹²

Luka Zadar ima šest vezova namijenjenih iskrcaju tekućeg, generalnog, rasutog i ro-ro tereta te pretovaru voća. U 2020. godini završena je izgradnja novog terminala namijenjenog kontejnerskom ili ro-ro teretu. Luka Zadar predstavlja intermodalno čvorište koje je modernom brzom cestom spojeno s autocestom, a u samu luku ulazi i željeznička pruga.⁹³

Luka Split namijenjena je za iskrcaj generalnog i rasutog tereta, kontejnera i ro-ro tereta. Modernizacija prati i ovu luku, posebice na kontejnerskom terminalu. No, ni u ovoj luci se ne prate trendovi digitalizacije lučkih procesa.

Prema dostupnim podacima, 5G tehnologija nije još zaživjela u hrvatskim morskim lukama od državnog značaja. Jedina morska luka od državnog značaja koja u Hrvatskoj implementira 5G tehnologiju je Luka Dubrovnik. Ova luka ima ugrađene senzore koji mjere kvalitetu zraka koji šalju podatke u udaljenu jedinicu s koje se može upravljati temperaturom zraka.

⁹⁰ *Luka Šibenik*, online: <http://lukasibenik.hr/nasi-planovi/> (19.07.2023.)

⁹¹ *Ibidem*.

⁹² *Ibidem*.

⁹³ *Luka Gaženica, Intermodalno čvorište*, Hrvatska gospodarska komora – Županijska komora Zadar, Zadar, 2016., online: <https://www.hgk.hr/documents/gazenica-intermodalno-cvoristebros1-157c7e007f2636.pdf> (19.07.2023.)

Razlozi za izostanak implementacije 5G tehnologije u lukama od državnog značaja su višestruki. Prvenstveno se mogu tražiti u nedovoljnoj razvijenosti širokopojasnog pristupa i zakašnjoj reakciji uvođenja 5G mreže na nacionalnoj razini. Naime, prva komercijalna 5G usluga puštena je u promet tek u listopadu 2020. godine. U ožujku 2021. godine donijet je Nacionalni plan Vlade Republike Hrvatske za razdoblje od 2021. do 2027. godine kojim je predviđen daljnji razvoj širokopojasnog pristupa i uvođenje 5G mreža kako bi se pridonijelo daljnjem razvoju elektroničkih komunikacijskih mreža i usluga u skladu s ciljevima postavljenim na razini Europske unije.⁹⁴ Dražbom frekvencijskog spektra za 5G i izdavanjem dozvola za frekvencije za 5G u kolovozu 2021. godine omogućena je izgradnja 5G mreže na nacionalnoj razini. Ipak, do izrade ovog rada, u srpnju 2023. godine, pokrivenost 5G mrežom iznosi 60-70 %, a gradovi u kojima se nalaze luke od državnog značaja pokriveni su 5G mrežom.

Činjenica je, također da inovacije podržane 5G tehnologijom nisu kompatibilne s postojećim rješenjima korištenim u hrvatskim lukama. Uvođenje inovacija temeljenih na 5G tehnologiji u tradicionalno okruženje zahtijeva značajna ulaganja u digitalizaciju hrvatskih luka kao i infrastrukturu koja bi mogla uz podršku 5G koristiti tehnologiju koja bi pridonijela povećanju učinkovitosti logističkih procesa u lučkom području, kao što su senzori i kamere visoke rezolucije, umjetna inteligencija, *blockchain*, digitalni blizanci i dr. S obzirom da je razvoj i upravljanje lukama od državnog značaja povjereno lučkim upravama, može se pretpostaviti da za implementaciju 5G tehnologije nedostaju financijska sredstva, a i sam državni sustav opterećen birokratizacijom i administracijom je spor. Tome u prilog ide činjenica da je digitalizacija hrvatskih luka u samim počecima, dok je primjerice, luka Kopar započela s digitalizacijom početkom 1990-ih godina, dakle gotovo tri desetljeća ranije. U 2000. godini u luci Kopar je postavljena testna 5G mreža u okviru programa Europske unije Horizont koji usmjerenog na komunikacijsku infrastrukturu i provedbu 5G-javno-privatnog partnerstva.⁹⁵ Po uzoru na ovu luku moguće je i u Republici Hrvatskoj primijeniti javno-privatno partnerstvo u implementaciji 5G tehnologije u suradnji s operaterima 5G mreže u Hrvatskoj i privatnim koncesionarima u lukama. U ovom projektu sudjeluje Telekom Slovenija i Luka Koper d.d. U okviru projekta Luka Koper testira konkretna rješenja poboljšanja sigurnosti lučkih operacija, optimizaciju prekrcajnih procesa,

⁹⁴ Nacionalni plan razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2021. do 2027. godine, Vlada Republike Hrvatske, Zagreb, 2021., p. 4.

⁹⁵ *U luci Koper u Sloveniji postavlja se 5G mreža – Radio Sarajevo*, online: <https://www.google.com/search?q=luci+Koper+je+postavljena+testna+5G&oq=luci+Koper+je+postavljena+testna+5G&aqs=chrome..69i57j33i160l3.501800j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (19.07.2023.)

povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje utjecaja na okoliš.⁹⁶ Telekom Slovenija uspostavlja 5G mrežu koja daje podršku te omogućava testiranje i razvoj takvih rješenja u luci. Europske luke, poput luke Livorno, Barcelona i dr., također, provode testiranje 5G tehnologije kroz javno-privatno partnerstvo. Kroz programe Europske unije Horizon i Interreg može se financirati unaprjeđenje digitalizacije u hrvatskim lukama. Takvi projekti već su u planu u malim lukama u Republici Hrvatskoj, poput pilot projekta koji je planiran u komunalnom dijelu luke Rab koji bi se trebao uspostaviti sustav za pametno upravljanje malim lukama.⁹⁷ Pilot projekt je dio projekta Framesport prekogranične suradnje Italije i Hrvatske kojim se podržava održivi razvoj malih luka na Jadranu.

Implementacija 5G tehnologije u hrvatske luke imala bi značajne koristi, kao što je smanjenje operativnih troškova vezanih uz rukovanje teretom, minimiziranje neiskorištene energije, a posebno je potrebno naglasiti održivost poslovanja i zaštitu okoliša. Povećanjem razine digitalizacije u svim lukama potencijal koji proizlazi iz strateškog položaja hrvatskih luka mogao bi se u potpunosti iskoristiti. Moderni sustavi u lukama uz 5G tehnologiju omogućuju unaprjeđenje logističkih procesa u pomorstvu. Stoga je za sve dionike od iznimne važnosti uspostaviti moderan sustav temeljen na 5G tehnologiji koji će donijeti značajne koristi pomorskom sustavu, kako kroz uštede, tako i kroz sigurnost obavljanja poslova i održivost poslovanja.

5.2. LUKA LIVORNO

Luka Livorno (Slika 2) je smješтана u Tirenskom moru u sjevernoj Toskani. To je jedna od najvećih i najznačajnijih talijanskih morskih luka, s godišnjim ograničenjem prometa od oko 31,7 milijuna tona tereta i više od 700.000 TEU-a (2020. godine).⁹⁸

Od 2015. godine u suradnji s Nacionalnim međusveučilišnim konzorcijem za telekomunikacije (engl. *National Inter-University Consortium for Telecommunications*, CNIT) luka Livorno se koristi za ispitivanje uvođenja i evaluacije novih tehnoloških rješenja. Osmišljen je plan transformacije luke u pametnu luku. U tom kontekstu digitalizacija je postala ključna komponenta upravljanja lukom zbog poboljšanja protoka informacija,

⁹⁶ Ibidem.

⁹⁷ Kroz projekt "Framesport" luka Rab postaje prva pametna luka u Hrvatskoj, online: <https://www.pgz.hr/objave/kroz-projekt-framesport-luka-rab-postaje-prva-pametna-luka-u-hrvatskoj/> (19.07.2023.)

⁹⁸ Cavalli, L. et al.: op. cit., p. 3.

povećanja kvalitete podataka i brže razmjene informacijama. U razdoblju od 2015. godine provedeno je niz aktivnosti usmjerenih ka modernizaciji luke, što ju je svrstalo u jednu od vodećih luka na Sredozemlju po pitanju inovacija i razvojnih poboljšanja.⁹⁹



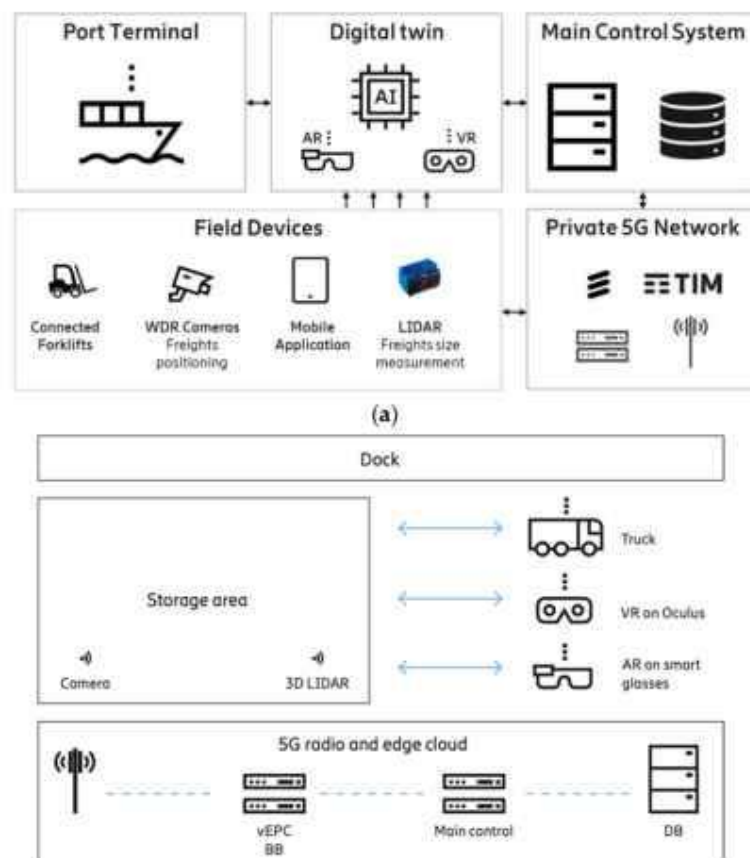
Slika 2. Luka Livorno

Izvor: Aterini, L.: Sarà Livorno il primo porto italiano a sperimentare la navigazione autonoma, grazie al 5G, 30.03.2023., online: <https://greenreport.it/news/economia-ecologica/sara-livorno-il-primo-porto-italiano-a-sperimentare-la-navigazione-autonoma-grazie-al-5g/> (3.07.2023.)

Reengineering i digitalizacija lučkih zadataka s 5G i IoT-om započela je 2016. godine, kada je talijanska podružnica Ericssona počela koristiti Livorno kao poligon za oblikovanje “Luke budućnosti”. Kako bi se nova dostignuća prenijela u tradicionalno okruženje, nužna je bila suradnja lučkih stručnjaka i partnera u korištenju nove tehnologije što se tiče intenziteta, održavanja i upravljanja tehnologijom. Cilj je uvođenja novih tehnologija u realna okruženja povećanje konkurentnosti, učinkovitosti i održivosti transformacijom postojećih poslovnih procesa. Te se aktivnosti provode u sklopu programa Europske unije Horizon 2020. namijenjenog istraživanju razvoja pod nazivom COREALIS – *Capacity with pOsitive enviRonmEntal i societAL footprInt: portS in the future*. S obzirom da 5G daje prilagodljivost, visok kapacitet prijenosa podataka i nisku latenciju, ključnim se nametnulo poticanje implementacije inovacija za poboljšanje aktivnosti terminala. Projekt COREALIS preliminarno uključuje upravljački modul temeljen na 5G mreži, nazvan RTPORT (eng.

⁹⁹ Pagano, P., Antonelli, S., Tardo, A.: C-Ports: A proposal for a comprehensive standardization and implementation plan of digital services offered by the “Port of the Future”, *Computers in Industry*, vol. 134, no. 103556, 2022., p. 4, online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361521001639> (1.07.2023.)

Model Driven Real-Time Module), osmišljen za koordiniranje i potporu upravljanju operacijama generalnog tereta u stvarnom vremenu, prikupljanje podataka putem operatora u lučkom prostoru i ugrađenih senzora te donošenje operativnih odluka temeljenih na analitičkoj obradi u stvarnom vremenu. Putem 5G mreže (na temelju specifikacija 3GPP *Release 15* standarda, ogromna količina podataka prikuplja se s IoT uređaja na terenu kao što su 3D LIDAR-ovi, kamere širokog dinamičkog raspona (engl. *Wide Dynamic Range*, WDR), mobilne aplikacije (koje rade na tabletima) i uređaji za praćenje instalirani na viličarima. Temeljem ovih podataka, glavni kontrolni sustav, korištenjem algoritama umjetne inteligencije, određuje redoslijed logističkih zadataka i aktivnosti koje operatori kontejnerskog terminala izvršavaju uključujući rukovanje, pozicioniranje i praćenje vozila i tereta. Konačno, podaci se putem privatne i prototipne 5G mreže prikupljaju u digitalnom blizancu, koji obrađuje virtualni prikaz lučkog područja dajući operatorima na terenu virtualnu navigaciju unutar virtualnog okruženja (Shema 3a).



Shema 3. a) 5G-osposobljeni uređaji kontrolnog modula za operacije upravljanja teretom, b) 5G-osposobljeni procesi kontrolnog modula za operacije upravljanja teretom

Izvor: Pagano, P., Antonelli, S., Tardo, A.: C-Ports: A proposal for a comprehensive standardization and implementation plan of digital services offered by the “Port of the Future”, *Computers in Industry*, vol. 134, no. 103556, 2022., online:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361521001639> (1.07.2023.)

Modul RTPORT fokusiran je na operativne faze iskrcaja (iz kamiona) i ukrcaja (na brod) u procesu upravljanja generalnim teretom. To uključuje sljedeće operacije:¹⁰⁰

- nakon što je teret iskrcan iz kamiona, 3D LIDAR uređaj identificira teret temeljem svih povezanih podataka (primjerice, jedinstveni identifikator, duljina, širina, visina itd.) u glavni kontrolni sustav,
- automatski se identificira odgovarajući viličar na lučkom području (na temelju njegovog statusa i udaljenosti od razmatranog tereta), a zatim prenosi teret u skladišni prostor. Nakon što WDR kamera otkrije viličar, započinju operacije praćenja teretnih i dvorišnih vozila. Teret se prati WDR kamerom do dolaska na određište,
- koristeći proširenu stvarnost (engl. *Augmented Reality*, AR), vozača viličara vodi se do skladišnog prostora kako bi se teret mogao istovariti i pravilno pohraniti. Kada je teret pozicioniran, WDR kamere se koriste za unakrsnu provjeru konačnog položaja tereta i te podatke registrira glavni upravljački sustav. Svako daljnje premještanje tereta tijekom rukovanja također se prati WDR kamerama,
- konačno, tijekom utovara na plovilo, viličari se identificiraju i šalju u skladišni prostor za premještanje tereta ispred ispravne dizalice. Dok se približava ovom području, vozač viličara podržan je od strane glavnog upravljačkog sustava koristeći AR informacije povezane s položajem određenog tereta koji se premješta, također navigacijom unutar modela digitalnog blizanca pomoću virtualne stvarnosti (engl. *Virtual Reality*, VR). Tijekom ovog završnog postupka operacije se i dalje nadziru i kontroliraju putem WDR kamera, kako je prikazano na Shemi 3b).

Luka Livorno, dakle, implementira inovativnu tehnologiju uz pomoć 5G i na taj način nastoji zadržati konkurentnost na tržištu. Procjenjuje se da bi luka Livorno mogla:¹⁰¹

- uštedjeti 2,5 mil. eura godišnje (kroz optimizirano pristajanje plovila),
- poboljšati produktivnost za 25 % (putem 5G dizalica s daljinskim upravljanjem).

Iz navedenog su vidljive potencijalne prednosti koje upotreba 5G tehnologije ima u luci Livorno.

¹⁰⁰ Cavalli, L. et al.: op. cit., p. 4.

¹⁰¹ Cardone, R.: The 5G Port of the Future, 27.11.2020., online: <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/7/the-5g-port-of-the-future> (4.07.2023.)

5.3. LUKA BARCELONA

Luka Barcelona se nalazi u Barceloni u Španjolskoj (Slika 3). Prostire se na 7,86 km² podijeljenih u tri zone: Port Vell, komercijalna/industrijska luka i logistička luka. Ukupni promet roba u 2022. godini iznosio je 64,1 mil. tona, što je u odnosu na 2021. godinu povećanje za 6,5 %.¹⁰²



Slika 3. Luka Barcelona

Izvor: Port de Barcelona, online: <https://www.portdebarcelona.cat/en/web/Port-dels-Negocis/contenedores> (2.07.2023.)

U luci je implementiran pilot projekt poboljšanja sigurnosti luka korištenjem 5G u suradnji APM terminali Barcelona koji upravljaju kontejnerskim terminalom u luci Barcelona (u sklopu tvrtke Maersk) i *Mobile World Capital Barcelona*. Projekt se oslanja na tehnologiju povezanih automobila C-V2Y i nisku latenciju 5G tehnologije i *Edge Computing* kako bi se poboljšala koordinacija lučkog prometa implementacijom naprednih algoritama za sprječavanje nesreća. Alarmi sustav bi upozoravao vozače i pješake na potencijalni sudar, uz slanje trenutne obavijesti u kontrolni centar u slučaju nesreće. Kamioni, vozači i zaposleni opremljeni su 5G pametnim telefonom s instaliranom C-V2X aplikacijom. Pametni telefon tako postaje element V2X okruženja, ali i alat koji omogućuje povezivanje voznog parka. Fiksni elementi kao što su ulična rasvjeta, također su uključeni u C-V2X, tako da

¹⁰² Port of Barcelona traffic statistics, Accumulated data December 2022., online: https://contentv5.portdebarcelona.cat/cntmng/gd/d/workspace/SpacesStore/4a5dfcd-029d-4eb9-ab63-ae6630868a7e/PortBcnTrafic2022_12_en.pdf (3.07.2023.)

komuniciraju s ostalim mobilnim akterima u stvarnom vremenu. Svi se podaci šalju u aplikaciju koja se nalazi na *Edgeu*. Aplikacija omogućuje koordinaciju različitih operatora i služi kao kontrolna ploča APM terminala za vizualizaciju položaja svakog operatora na karti.

Luka Barcelona je, također, provela pilot projekt koji prati ulazak brodova u stvarnom vremenu, bez obzira na volumen plovila, lokaciju i vremenske uvjete. Za testiranje pilot projekta odabran je trajektni terminal na kojem su ugrađene dvije Huawei kamere visoke rezolucije za snimanje uplovljavanja brodova, postavljene na suprotnim točkama i pod kutom od 90°. Područje pokrivaju dvije Vodafone 5G antene koje omogućuju povezivost s kamerama za slanje slika u stvarnom vremenu kako bi *Edge Computing* izvršio geometrijsku analizu slika. U tu svrhu, IBM-ov sustav umjetne inteligencije temeljen na neuronskim mrežama, opremljen je s 4.402 slike tijela broda, 3.141 slike pramaca i 3.913 slika krme, uključujući i dan i noć, tako da sustav može raditi u bilo koje doba dana. Procesori su smješteni u kontrolnom tornju luke koji je, na taj način pretvoren u produžetak oblaka s ciljem bržeg analiziranja slike. Ovo rješenje integrirano je u iste tehnologije radarske signalizacije *Vessel Traffic Service*, sustav automatske identifikacije i, nakon provedenog pilot projekta, u 5G i AI. Time se želi postići nekoliko ciljeva: pružanje prediktivnih informacija o plutajućim i fiksnim elementima koji okružuju brod radi optimizacije manevara, mogućnost daljinske pomoći pri manevriranju od strane pilota s kontrolnog tornja i geopozicioniranje koje se dobiva neovisno o signalima trećih strana. Kombinacija svih ovih tehnologija uvod je u digitalne blizance i povezane brodove.¹⁰³

5.3. LUKA ANTWERPEN-BRUGES

U 2021. godini započeo je proces spajanja luka gradova Antwerpen i Bruges, luke Antwerpen i Zeebrugge koje od travnja 2022. godine posluju pod imenom Luka Antwerpen-Bruges (Slika 4). To je najveća izvozna luka Europe.¹⁰⁴ U luki Antwerpen-Bruges intenzivno se radi na transformaciji u pametnu luku. U tu svrhu luka je postala inovacijska platforma za nove tehnologije. Intenzivno se testira digitalnog blizanca luke, senzore, autonomne dronove

¹⁰³ *5G: the G-spot of logistics*, 17.02.2022., <https://piernext.portdebarcelona.cat/en/technology/5g-logistics-and-ports/> (18.05.2023.)

¹⁰⁴ *Luke Antwerpen i Zeebrugge spajaju se i stvaraju najveću europsku izvoznju luku*, 29. travnja 2022., online: <https://hr.eureporter.co/business/2022/04/29/ports-of-antwerp-and-zeebrugge-merge-to-create-europes-largest-export-port/> (4.07.2023.)

i pametne kamere za inspekciju ili otkrivanje nafte. Primjenom ovih inovacija moguće je stalno detektiranje što se događa u luci.

Digitalni blizanac je digitalna kopija lučkog područja s informacijama u stvarnom vremenu: Koji su brodovi na dokovima?, Jesu li svi pojasevi za spašavanje u ormarima?, Koliko energije proizvode vjetroturbine luke? i dr. Aplikacija obuhvaća *Advanced Port Information & Control Assistant* (APICA) kao mozak aplikacije te 3D sučelje s informacijama u stvarnom vremenu kao lice aplikacije.¹⁰⁵ Ove tehnologije pomažu lučkim operatorima u povećanju učinkovitosti rada, omogućavanjem nadzora vezova, bržeg otkrivanja incidenata itd. Na taj način se povećava sigurnost i nesmetanost odvijanja prometa u luci.



Slika 4. Luka Antwerpen-Bruges

Izvor: *Smart port*, online: <https://www.portofantwerpbruges.com/en/our-port/port-future/smart-port> (3.07.2023.)

Luka, nadalje, koristi autonomne dronove kako bi lučko područje učinila još sigurnijim, učinkovitijim i pametnijim. Dronovi se koriste za pregled infrastrukture, zajedno s nadzorom i praćenjem, upravljanje vezovima i detekcijom izlivanja nafte ili plutajućeg otpada. Osim toga, podržavaju sigurnosne uređaje u slučaju incidenata i požara.

5G mreži je u budućnosti namijenjena važna uloga u digitalnom sustavu luke, primjerice, za slanje i obradu slika i podataka iz dronova i kamera u stvarnom vremenu. U Antwerpenu se zajedno s gradom Antwerpenom, policijom Antwerpena i vatrogasnom službom Antwerpena radi na izgradnji privatne 5G mreže kako bi se povećala brzina, pouzdanost i sigurnost lučkih digitalnih aplikacija. U Zeebruggeu je pokrenuta privatna 5G mreža, zajedno s Citymeshom i Nokijom.¹⁰⁶

¹⁰⁵ *Smart port*, online: <https://www.portofantwerpbruges.com/en/our-port/port-future/smart-port> (3.07.2023.)

¹⁰⁶ *Ibidem*.

Ugrađeni senzori u luci pomažu u upravljanju lukom na daljinu. Pomoću senzora se prati kvaliteta vode u dokovima, omogućuju navigaciju bez posade te se identificiraju štetni plinovi u luci.

Luka u Antwerpenu ima instaliranih 460, a Zeebrugger 700 pametnih kamera, koje prepoznaju objekte poput brodova zahvaljujući umjetnoj inteligenciji. Kamere mogu jednostavno otkriti osobe i probleme u prometnoj mreži. Operatore u centralnoj sigurnosnoj kontrolnoj sobi upozorava se o nepoželjnim posjetiteljima u luci.

Svi sudionici logističkog lanca imaju informacije koje međusobno razmjenjuju. *NxtPort* omogućava dijeljenje podataka koji tako postaju transparentnijima. Na taj način svi dionici u lancu dobivaju prave informacije u pravo vrijeme. Aplikacija *Bulkchain* osigurava nesmetano odvijanje administrativnih procesa u sektoru rasutog tereta, a za kontejnere se koristi aplikacija *Certified Pick up* (CPu).

Potrebno je, također, istaknuti kako je luka otvorena za inovacije i razvoj novih tehnologija i njihovu implementaciju u lučkom i logističkom poslovanju.

6. ZAKLJUČAK

Ekspanzija pomorskog prijevoza pod utjecajem rasta trgovine na globalnoj razini utjecala je na povećanje potrebe za učinkovitim logističkim procesima u pomorstvu. Poremećaji u pomorskom prometu posljednjih godina kao posljedica pandemije Covid-19 i rata u Ukrajini, istaknule su važnost digitalizacije i implementaciju 5G tehnologija. Karakteristike 5G tehnologije kao što su povezivost, niska latencija i masovna komunikacija daju joj ulogu medija koji omogućuje implementaciju brojnih tehnologija s potencijalom stvaranja velikog utjecaja na sektor logistike i transporta.

U pomorskom prijevozu 5G tehnologija omogućava prikupljanje velikog podataka na trgovačkim brodovima, njihovu korespondenciju s drugim brodovima i s uređajima na kopnu. Razvoj mobilne telekomunikacije donio je promjene rada na brodovima. 5G tehnologija pomaže u transformaciji žičane na potpuno bežičnu vezu stvarajući znatno sigurnije radno okruženje za operatera kroz veću automatizaciju. Uz pomoć 5G moguće je spojiti opremu unutar broda bez labirinta žica. Pruža “virtualni pristup” brodskoj opremi timovima za održavanje u luci radi praćenja i analize ispravnosti te praćenje tereta na moru u stvarnom vremenu s bilo kojeg mjesta na svijetu. 5G omogućava znatno sigurniju plovidbu predviđanjem vremenskih prilika i izbjegavanjem vremenskih nepogoda i eventualnih nesreća, praćenjem i nadzorom plovila kao i smanjenje šteta na teretu praćenjem tereta i dr. Osim toga, 5G omogućuje razvoj održivog brodarstva i smanjenje emisije ugljičnih plinova i dr.

U segmentu lučkog poslovanja 5G tehnologija može pridonijeti optimizaciji lučkih operacija, bržu razmjenu podataka između sudionika uključenih u operacije terminala te prikupljanje velikog broja podataka u stvarnom vremenu i njihovu analitiku, povećanje inteligentne automatizacije i postavljanje temelja za bolju koordinaciju između ljudi i uređaja.

5G u logistici omogućava daljnji razvoj logističkih procesa primjenom inovativnih tehnologija, poput IoT, *blockchain*, proširene stvarnosti, umjetne inteligencije i dr. Učinkovito integrirane, ove tehnologije omogućuju bolje performanse procesa lanca opskrbe u smislu učinkovitosti, integracije, suradnje, odaziva, fleksibilnosti, kvalitete i transparentnosti. 5G tehnologija omogućuje bolju povezanost, povećavajući vidljivost unutar cijelog opskrbnog lanca. Logistička industrija korištenjem 5G može smanjiti troškove

poslovanja. Osim toga, povezivanje uređaja za praćenje tereta putem mobilne mreže pruža iznimnu sigurnost u odnosu na druge IoT standarde.

U hrvatskim lukama još se ne implementira 5G no kako luke ne bi zaostajale za konkurencijom sjeverojadranskih luka za očekivati je da će se u skoro vrijeme adaptirati u poslovne procese unutar lučkih područja te povezati sve lučke procese i poslovne sustave članova lučke zajednice i vanjskih korisnika unutar opskrbnih lanaca pridonoseći izgradnji pametnih luka i unaprjeđenju logističkih procesa u pomorstvu.

LITERATURA

1) Knjige

1. Zelenika, R.: • *Tehnologija – Organizacija – Ekonomika – Logistika – Menadžment*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2001.
2. Zelenika, R.: *Logistički sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2005.
3. Zelenika, R., Pavlič Skender, H.: *Upravljanje logističkim mrežama*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007.

2) Članci

1. Acciaro, M., Renken, K. El Khadiri, N.: *Technological Change and Logistics Development in European Ports*, In: Carpenter, A., Lozano, R. (ed.), *European Port Cities in Transition, Strategies for Sustainability*, Springer, Cham., 2020., p. 73-78, online: https://doi.org/10.1007/978-3-030-36464-9_5 (1.06.2023.)
2. Agarwala, N., Guduru, S.S.K.: The potencial of 5G in commercial shipping, *Maritime Technology and Research*, vol. 3, no. 3, 2021., p. 254-267, online: https://www.researchgate.net/publication/350917308_The_potential_of_5G_in_commercial_shipping (22.05.2023.)
3. Bhalla, M.R., Bhalla, A.V.: Generations of Mobile Wireless Technology: A Survey, *International Journal of Computer Applications*, vol. 5, no. 4, 2010., p. 26-32, online: https://www.researchgate.net/publication/45601908_Generations_of_Mobile_Wireless_Technology_A_Survey (18.05.2023.)
4. Cavalli, L. et al.: Addressing Efficiency and Sustainability in the Port of the Future with 5G: The Experience of the Livorno Port. A Methodological Insight to Measure Innovation Technologies' Benefits on Port Operations, *Sustainability*, vol. 13, no. 21, 2021., p. 1-22, online: <https://doi.org/10.3390/su132112146> (17.06.2023.)
5. Fruth, M., Teuteberg, F., Liu, S.: Digitization in maritime logistics – What is there and what is missing?, *Fruth & Teuteberg, Cogent Business & Management*, vol. 4, no. 1411066, 2017., p. 1-40, online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311975.2017.1411066> (27.06.2023.)
6. Furuskär, A. et al.: EDGE, Enhanced Data Rates for GSM and TDMA/136 Evolution, *EEE personal communications*, vol. 6, no. 3, p. 56-66, online: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=1f320dc500b63ea4eba2da28209038e331f0878f> (28.06.2023.)

7. Grakalić, I., Franušić, M., Štern, A.: *Telekomunikacijski aspekti upravljanja flotom*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, vol. 1, 2013., p. 279-289, online: <https://hrcak.srce.hr/file/151924> (28.06.2023.)
8. Hassan, N., Yau, K-L.A., Wu, C.: Edge Computing in 5G: Review, *IEEE Access*, vol. 7, 2019., pp. 127276–127289, online: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8821283> (27.06.2023.)
9. Kolanović, I., Badurina, E.: Lučki sustav u logističkom lancu, *Pomorski zbornik*, vol. 40, no. 1, 2002., p. 223-249, online: <https://hrcak.srce.hr/pretraga?q=LU%C4%8CKI+SUSTAV+U+LOGISTI%C4%8CKOM+LANCu> (26.06.2023.)
10. Lin, X.: An Overview of 5G Advanced Evolution in 3GPP Release 18, *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 6, no. 3, 2022., p. 77-83, doi:10.1109/MCOMSTD.0001.2200001
11. Livaja, I., Klarin, Z.: *Utjecaj 5G mreže na Internet stvari*, Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku, vol. 14, no. 1-2, 2020., p. 155-169, online: <https://hrcak.srce.hr/clanak/350814> (28.06.2023.)
12. *Luka Šibenik*, online: <http://lukasibenik.hr/nasi-planovi/> (19.07.2023.)
13. *Luke*, Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, <https://mmpi.gov.hr/more-86/luke-106/106> (17.07.2023.)
14. Majamaa, M. et al.: Multi-Connectivity in 5G and Beyond Non-Terrestrial Networks, *Journal of Communications Software and Systems*, vol. 18, no. 4, 2022., p. 350-358, online: <https://hrcak.srce.hr/file/421581> (29.06.2023.)
15. Pagano, P., Antonelli, S., Tardo, A.: C-Ports: A proposal for a comprehensive standardization and implementation plan of digital services offered by the “Port of the Future”, *Computers in Industry*, vol. 134, no. 103556, 2022., 1-17, online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361521001639> (1.07.2023.)
16. Panayides, P.M.: Maritime Logistics and Global Supply Chains: Towards a Research Agenda, *Maritime Economics & Logistics*, vol. 8, no. 1, p. 3-18, doi:10.1057/palgrave.mel.910
17. Paudel, P., Bhattarai, A.: 5G Telecommunication Technology: History, Overview, Requirements and Use Case Scenarion in Context of Nepal, *Conference Paper*, 2018., p. 1-5, online: https://www.researchgate.net/publication/325250893_5G_Telecommunication_Technology_History_Overview_Requirements_and_Use_Case_Scenario_in_Context_of_Nepal (29.06.2023.)

18. Torlak, I. et al.: Analysis of Port Community system Introduction in Croatian Seaports – Case Study Split, *Transactions on maritime science*, vol. 09. no. 2, 2020., p. 331-341, online: <https://hrcak.srce.hr/249607> (5.07.2023.)
19. Trstenjak, M. et al.: *Logistics 5.0 Impementation Model Based on Decision Support Systems*, Sustainability, vol. 14, no. 11, 2022., p. 1-19, online: <https://doi.org/10.3390/su14116514> (20.05.2023.)
20. Winkelhaus, S., Grosse, E.H.: Logistics 4.0: A Systematic Review towards a New Logistics System, *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 1, 2020, p. 18–43, online: https://www.researchgate.net/publication/332684253_Logistics_40_a_systematic_review_towards_a_new_logistics_system (1.06.2023.)
21. Zelenika, R., Mrvčić, A., Pavlić Skender, H.: Analiza i ocjena stupnja uspješnosti u poslovanju teretnih morskih luka u Republici Hrvatskoj, *Brodarstvo i luke*, vol. 58, no. 1-2, 2011., p. 9-21, <https://hrcak.srce.hr/pretraga?q=morske%20luke&start=10> (4.07.2023.)
22. Zelenika, R., Nikolić, G.: *Teorijske značajke globalne logistike*, Zbornik radova 1. Znanstvenog kolokvija “Poslovna logistika u suvremenom managementu”, Ekonomski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2001.

3) Internet izvori

1. *5G Non-Terrestrial Networks (NTN)*, online: <https://www.everythingrf.com/community/5g-non-terrestrial-networks> (28.06.2023.)
2. *Containers Lost at Sea*, World Shipping Concil, 2022., online: <https://mb.cision.com/Main/20134/3589985/1596185.pdf> (3.07.2023.)
3. *Definition of Logistics*, online: <https://www.concargo.com/client-lounge/definition-of-logistics/> (30.06.2023.)
4. *Everything you need to know about 5G.*, <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g> (25.06.2023.)
5. *Impact and benefits of 5G technology in the logistics industry*, Kale Logistics, <https://kalelogistics.com/the-impact-and-benefits-of-5g-in-logistics/> (17.05.2023.)
6. Klapdor, M.: *Informacije o temama 3: Edge Computing 5G – Digital Project*, 20.08.2018., online: http://digit-project.eu/fileadmin/documents/Workshops/Januar_2019/HR_Themen-Info_3_Edge_Computing_5G_cro.pdf (28.06.2023.)
7. *Kroz projekt “Framesport” luka Rab postaje prva pametna luka u Hrvatskoj*, online: <https://www.pgz.hr/objave/kroz-projekt-framesport-luka-rab-postaje-prva-pametna-luka-u-hrvatskoj/> (19.07.2023.)

8. *Luka Ploče, IT Podrška*, <https://www.luka-ploce.hr/terminali-i-usluge/it-podrška/> (6.07.2023.)
9. *Luke Antwerpen i Zeebrugge spajaju se i stvaraju najveću europsku izvoznu luku*, 29. travnja 2022., online: <https://hr.eureporter.co/business/2022/04/29/ports-of-antwerp-and-zeebrugge-merge-to-create-europes-largest-export-port/> (4.07.2023.)
10. *Marine Communication*, online: https://marine-digital.com/article_maritime_communication (28.06.2023.)
11. *Merchant fleet – UNCTAD Handbook of Statistics 2022.*, online: <https://hbs.unctad.org/merchant-fleet/> (2.07.2023.)
12. *Natuknica Pomorstvo*, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., online: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=49370> (30.06.2023.)
13. Novac.net, Što je GPRS?, online: <http://novac.net/help-info/sto-je-gprs/> (28.06.2023.)
14. *Novi riječki kontejnerski terminal otvara više od 1.000 radnih mjesta! Evo koliko bi država mogla zarađivati*, 6.03.2023., <https://www.novolist.hr/novosti/hrvatska/novi-rijecki-kontejnerski-terminal-otvara-vise-od-1000-radnih-mjesta-evo-koliko-bi-drzava-mogla-zaradivati/> (6.07.2023.)
15. *Novi terminali Luke Rijeka*, online: <https://www.rijeka.hr/gradska-uprava/gradski-projekti/aktualni-projekti-2/gospodarstvo/luka-rijeka/> (19.07.2023.)
16. *Port Authority – Lučka uprava Rijeka*, online: <https://www.portauthority.hr/lucka-uprava-rijeka/> (17.07.2023.)
17. *Promet u morskim i zračnim lukama*, Statistika u nizu, Državni zavod za statistiku, 11. veljače 2022., online: <https://podaci.dzs.hr/hr/podaci/transport/pomorski/> (4.07.2023.)
18. *Review of maritime transport 2022.*, United National Conference on Trade and Development, New York, 2022., p. 3., online: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2022_en.pdf (1.07.2023.)
19. *Sateliot 5G IoT to connect Smart Containers*, online: <https://www.iotm2mcouncil.org/iot-library/news/smart-logistics-news/sateliot-5g-iot-to-connect-smart-containers/> (2.07.2023.)
20. Schafer, A.: *Enhanced Mobile Broadband – 5G Innovation for consumers?*, 12.11.2019., online: <https://www.qualcomm.com/news/onq/2019/12/enhanced-mobile-broadband-5g-innovation-consumers> (29.06.2023.)
21. *Shaping Europe's digital future*, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/5g> (19.07.2023.)

22. *Smart containers key to improved supply chains*, online: <https://www.ingwb.com/progress/insights-sustainable-transformation/smart-containers-key-to-improved-supply-chains> (2.07.2023.)
23. *Smart port*, online: <https://www.portofantwerpbruges.com/en/our-port/port-future/smart-port> (3.07.2023.)
24. Smokvina, R.: *Digitalna luka*, online: <http://www.pomorskodobro.com/prijedlozi/633-digitalna-luka.html> (19.07.2023.)
25. *Supply Chain Management Terms and Glossary*, Council of Supply Chain Management Professionals, 2013., online: https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx (30.06.2023.)
26. *Three-quarters of the world's population own a mobile phone*, <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/2022/11/24/ff22-mobile-phone-ownership/> (27.06.2023.)
27. *What is 3GPP Release 16?*, online: <https://www.everythingrf.com/community/what-is-3gpp-release-16> (29.06.2023.)
28. *WI-FI: Što ovaj koncept znači i čemu služi WI-FI mreža*, online: <https://fondeco.ru/hr/vai-fai-cto-oznachaet-eto-ponyatie-i-dlya-chego-nuzhna-set-wi-fi/> (28.06.2023.)
29. *Završen projekt modernizacije infrastrukture luke Rijeka na terminalu za rasute terete Bakar*, 21.12.2021., online: <https://www.novilist.hr/rijeka-regija/rijeka/zavrшена-projekt-modernizacije/> (5.07.2023.)
30. *What are IEEE 802.11 networks?*, online: <https://www.tutorialspoint.com/what-are-ieee-802-11-networks> (27.06.2023.)
31. Cardone, R.: *The 5G Port of the Future*, 27.11.2020., online: <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/7/the-5g-port-of-the-future> (4.07.2023.)
32. *The Development of 5G Protocol Standardization*, 24.02.2021., online: <https://www.section.io/engineering-education/the-development-of-5g-protocol-standardization/> (27.06.2023.)
33. Kavanagh, S., Mundy, J.: *What is the Tactile Internet*, 17.11.2021., online: <https://5g.co.uk/guides/what-is-the-tactile-internet/> (30.06.2023.)
34. *5G: the G-spot of logistics*, 17.02.2022., <https://piernext.portdebarcelona.cat/en/technology/5g-logistics-and-ports/> (18.05.2023.)

35. *How 5G will accelerate shipping digitalization*, 23.07.2022., online: <https://safety4sea.com/cm-how-5g-will-accelerate-shipping-digitalization/> (30.06.2023.)
36. Port of Barcelona traffic statistics, Accumulated data December 2022., online: https://contentv5.portdebarcelona.cat/cntmng/gd/d/workspace/SpacesStore/4a5dcfcd-029d-4eb9-ab63-ae6630868a7e/PortBcnTrafic2022_12_en.pdf (3.07.2023.)
37. *U luci Koper u Sloveniji postavlja se 5G mreža – Radio Sarajevo*, online: <https://www.google.com/search?q=luci+Kopar+je+postavljena+testna+5G&oq=luci+Kopar+je+postavljena+testna+5G&aqs=chrome..69i57j33i160l3.501800j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (19.07.2023.)

4) Ostali izvori

1. Nacionalni plan razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2021. do 2027. godine, Vlada Republike Hrvatske, Zagreb, 2021.
2. Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017.-2030.), Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, Zagreb, 2017., online: https://vlada.gov.hr/UserDocsImages/ZPPI/Strategije/MMPI%202017-2030%20STRAT%20PROM%20RZV%20RH%2025-8_17.pdf (4.07.2023.)
3. Zec, D. et al. (izr.): *Elaborat razvoja jedinstvenog sučelja za formalnosti u pomorskom prometu* (NSW), Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2017.

KAZALO KRATICA

3GPP	engl. <i>Third Generation Partnership Project</i>
AI	umjetna inteligencija (engl. <i>artificial intelligence</i>)
APICA	engl. <i>Advanced Port Information & Control Assistant</i>
AR	proširena stvarnost (engl. <i>Augmented Reality</i>)
CNIT	Nacionalni međusveučilišni konzorcij za telekomunikacije (engl. <i>National Inter-University Consortium for Telecommunications</i>)
CPu	engl. <i>Certified Pick up</i>
C-V2X	<i>Cellular Vehicle to Everything</i>
DSC	digitalno selektivno pozivanje (engl. <i>Digital Selective Calling</i>)
EDGE	engl. <i>Enhanced Data Rate For GSM Evolution</i>
eMBB	poboljšana mobilna širokopojasna veza (engl. <i>enhanced mobile broadband</i>)
eURLLC	ultra-pouzdana komunikacija niske latencije
GPRS	engl. <i>General Packet Radio Service</i>
IAB	integrirani pristup i prijenos (engl. <i>Integrated Access and Backhaul</i>)
IBM	engl. <i>International Business Machines</i>
IMO	Međunarodna pomorska organizacija (engl. <i>International Maritime Organization</i>)
IoT	Internet stvari (engl. <i>Internet of Things, IoT</i>)
ITU	Međunarodna telekomunikacijska unija (engl. <i>International Telecommunication Union</i>)
LTE	engl. <i>Long Term Evolution</i>
M2M	komunikacija stroja sa strojem (engl. <i>Machine-to-Machine</i> ,
MCC	kontrola kritičnog zadatka (engl. <i>mission-critical control</i>)
ML	strojno učenje (engl. <i>machine learning</i>)
NR	nova tehnika radijskog prijenosa (engl. <i>New Radio</i>)
NSW	engl. <i>National Single Window</i>
NTN	nezemaljske mreže (engl. <i>Non-Terrestrial Networks</i> ,)
PCS ICT	<i>Port Community System</i> (engl. <i>Port Community System Information and Communications Technology</i>)
RFID	tehnologija pametnih kontejnera (engl. <i>Smart container technologies</i>)
TSN	vremenski osjetljivo umrežavanje (engl. <i>Time Sensitive Networking</i>)

UPP	ukapljeni zemni plin
V2X	engl. <i>Vehicle-to-everything</i>
VHF	vrlo visoke frekvencije (engl. <i>Very High Frequency</i>)
VR	virtualna stvarnost (engl. <i>Virtual Reality</i>)
WDR	kamere širokog dinamičkog raspona (engl. <i>Wide Dynamic Range</i>)
WiFi	engl. <i>wireless fidelity</i>)

POPIS TABLICA

Tablica 1. Promet hrvatskih luka, 2013.-2022. godine.....	27
Tablica 2. Promet tereta u hrvatskih luka, 2021.-2022. godine.....	27

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Svjetska flota prema vrsti plovila, 2010.-2022. godine	16
Grafikon 2. Globalni tržišni udio pametnih kontejnera prema vrsti kontejnera.....	19

POPIS SHEMA

Shema 1. Shematski prikaz značajki 5G tehnologije	7
Shema 2. 3GPP-ov plan razvoja 5G od 5G do 5G <i>Advanced</i>	9
Shema 3. a) G-osposobljeni uređaji kontrolnog modula za operacije upravljanja teretom, b) 5G-osposobljeni procesi kontrolnog modula za operacije upravljanja teretom ..	35

POPIS SLIKA

Slika 1. Luka Livorno.....	34
Slika 2. Luka Barcelona.....	37
Slika 3. Luka Antwerpen-Bruges	39