

Digitalizacija u pomorskom kontejnerskom prometu

Bašica, Antun

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:015218>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-05**



SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU

POMORSKI ODJEL

ANTUN BAŠICA

**DIGITALIZACIJA U POMORSKOM KONTEJNERSKOM
PROMETU**

ZAVRŠNI RAD

Dubrovnik, 2024.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
POMORSKI ODJEL
PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ NAUTIKA

DIGITALIZACIJA U POMORSKOM KONTEJNERSKOM
PROMETU

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
doc. dr. sc. Nermin Hasanspahić

Student:
Antun Bašica

Komentor:
Tonći Biočić, mag. ing, nav. traff.

Dubrovnik, 2024.

IZJAVA

S punom odgovornošću izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora i komentora.

Antun Bašica

SAŽETAK

Digitalizacija u pomorskom kontejnerskom prometu uključuje integraciju napredne tehnologije kao što su pametni kontejneri, pametne luke i blockchain u svijet pomorstva. Time se postiže povećanje efikasnosti, transparentnosti te smanjenje troškova diljem transportnog lanca. Pametni kontejneri opremljeni sensorima omogućuju praćenje stanja i pozicije kontejnera kroz čitav proces transporta. Pametne luke omogućuju brzo, sigurno i efikasno manipuliranje brodskim kontejnerima putem pametnih dizalica i automatski vođenih vozila, a blockchain tehnologija omogućuje izdavanje jedinstvenih tokena koji mogu služiti kao zamjena za predočenje teretnice. Općenito, digitalizacija postepeno modernizira pomorsku industriju te ju čini prilagodljivijom zahtjevima globalne trgovine.

Ključne riječi: brod, kontejner, digitalizacija, pametni, luka

ABSTRACT

Digitalisation in maritime container shipping includes integrating advanced technology such as smart containers, smart ports and blockchain technology into the maritime world. This increases efficiency and transparency and reduces costs throughout the transport chain. Sensor equipped smart containers enable monitoring of the state and position of containers throughout the entire transport process. Smart ports enable fast, safe and efficient manipulation of containers by means of smart cranes and automated guided vehicles, and blockchain technology enables the issuing of unique tokens that can serve as a substitute for presenting the bill of lading. In general, digitalisation is gradually modernising the maritime industry and making it more adaptable to the demands of global trade.

Key words: ship, container, digitalisation, smart, port

SADRŽAJ

IZJAVA.....	i
SAŽETAK.....	ii
ABSTRACT.....	ii
SADRŽAJ.....	iii
1. UVOD.....	1
2. KONTEJNERIZACIJA.....	1
3. BRODOVI ZA PRIJEVOZ KONTEJNERA.....	3
3.1. Podjela kontejnerskih brodova po generacijama razvoja.....	5
3.1.1. Prva generacija kontejnerskih brodova.....	5
3.1.2. Druga generacija kontejnerskih brodova.....	6
3.1.3. Treća generacija kontejnerskih brodova.....	6
3.1.4. Četvrta generacija kontejnerskih brodova.....	7
3.1.5. Peta generacija kontejnerskih brodova.....	8
3.1.6. Šesta generacija kontejnerskih brodova.....	8
3.1.7. Značajke modernih kontejnerskih brodova.....	9
3.2. Podjela kontejnerskih brodova prema karakteristikama.....	10
3.2.1. Kontejnerski brodovi bez grotla.....	10
3.2.2. Kontejnerski brod za prijevoz kontejnera sa hlađenim teretom.....	11
3.2.3. Kontejnerski putnički brod.....	11
3.2.4. Feeder kontejnerski brod.....	12
4. POJAM, RAZVOJ I VRSTE KONTEJNERA.....	12
5. DIGITALIZACIJA POMORSKE INDUSTRIJE.....	15
6. DIGITALIZACIJA U KONTEJNERSKOM PRIJEVOZU.....	19
6.1. Pametni kontejneri.....	23
6.2. Blockchain.....	24

6.3. Pametne dizalice	25
6.4. Automatski vođena vozila (AGV)	26
7. ZAKLJUČAK	27
LITERATURA	29
POPIS SLIKA	32

1. UVOD

Tranzicija prema digitalizaciji i automatizaciji u pomorstvu se ubrzava. Digitalne tehnologije i rješenja koriste se za povećanje konkurentnosti i poboljšanje operativne učinkovitosti. Također se provode kako bi se industrija potaknula na putu dekarbonizacije kako bi do sredine stoljeća ostvarila nulte emisije iz međunarodnog brodskog prometa. Tokovi podataka iz senzora i drugih izvora informacija mogu se koristiti za donošenje odluka i poboljšano praćenje, kontrolu, osiguranje kvalitete i provjeru. Kako bi osigurali učinkovito, održivo poslovanje i ojačali kratkoročnu i dugoročnu konkurentnost, pomorske tvrtke trebaju ažurirati svoje strategije i prilagoditi se prisutnim promjenama. Kako je tema ovog rada „Digitalizacija u pomorskom kontejnerskom prometu“ u nastavku rada će isto biti predstavljeno.

U radu je primijenjeno sekundarno teorijsko istraživanje korištenjem sekundarnih izvora podataka, domaćih i stranih autora, a to su knjige i stručni članci koji se odnose na temu rada, te razne publikacije na internetu. Prilikom izrade rada korištene su znanstvene metode indukcije i dedukcije, metoda deskripcije i kompilacije. Temeljem analize pojedinačnih činjenica, induktivnom metodom došlo se do zaključka o općem sudu, odnosno deduktivnom metodom, su se iz općih sudova izveli opći i pojedinačni zaključci. Metoda deskripcije je korištena u radu za opisivanje činjenica, procesa i predmeta bez znanstvenog tumačenja i objašnjavanja. Prilikom preuzimanja tuđih opažanja, stavova, zaključaka i spoznaja korištena je metoda kompilacije.

Rad se sastoji od sedam poglavlja. U prvom, uvodnom poglavlju, predstavljen je predmet i cilj rada, metode prikupljanja podataka te sadržaj i struktura rada. U drugom poglavlju je predstavljena kontejnerizacija kroz svoju povijest, u trećem poglavlju razvoj kontejnerskih brodova i njihove značajke. Četvrto poglavlje obuhvaća pojam, razvoj i vrste kontejnera. O digitalizaciji pomorske industrije se govori u petom poglavlju te šesto poglavlje obuhvaća pojedine aspekte digitalizacije u prijevozu kontejnera morem. Zaključno poglavlje sažima temu rada.

2. KONTEJNERIZACIJA

Pojam kontejnerizacija, izveden iz engleske riječi *containerization*, odnosi se na suvremeni način prijevoza tereta gdje se sve pošiljke objedinjuju unutar prostranog metalnog kontejnera. Početak kontejnerizacije u povijesti pomorstva označava se 26. travnja 1956. Na ovaj

značajan dan prvi kontejner postavljen je na palubu modificiranog tankera poznatog kao Ideal X (Slika 1.), koji je bio na putu iz luke Port Newark za luku Houston [1].



Slika 1. Kontejnerski brod Ideal X.

Izvor: [2].

Svojim vizionarskim načinom razmišljanja Malcom McLean napravio je revoluciju u pomorskom prijevozu općeg tereta, potpuno transformirajući postojeću tehnologiju. Prije njegove inovacije, prijevoz tereta uključivao je višestruke nepovezane pošiljke koje su koristile različite načine prijevoza i zahtijevale brojne prijevozne dokumente. Ovakav zastarjeli sustav rezultirao je prenapuhanim troškovima zbog potrebe za čestim pretovarnim manipulacijama, visokim rizikom od oštećenja i krađe tereta, povećanim troškovima pakiranja robe te povećanim troškovima osiguranja [1]. Začetak nove industrije može se pratiti unatrag do njegovog koncepta potpuno novog načina prijevoza i brže manipulacije teretom. Konsolidacijom tereta u standardizirane spremnike rizici od oštećenja i krađe su minimizirani, a učinkovitost rukovanja znatno povećana. Nadalje, uvođenje jedinstvene transportne isprave koja je pratila kontejner od mjesta polaska do konačnog odredišta revolucioniralo je način prijevoza robe. Ova revolucionarna ideja postavila je temelje za kontejnerizaciju i rađanje industrije u usponu [3].

Godine 1957. Gateway City postao je pionirski brod koje je prošao potpunu preinaku u svrhu prijevoza kontejnera u specijaliziranim prostorima s ćelijama. S kapacitetom od 226 kontejnera, plovio je na ruti između luke Puerto Rico i luke Meksičkog zaljeva. U značajnoj prekretnici, desetljeće nakon početnog utovara kontejnera na brod Ideal X, dogodila se prva transatlantska isporuka putem kontejnerskog broda. Dana 23. travnja 1966. tvrtka Sea Land krenula je na ovo povijesno putovanje s brodom Firland, koji je nosio ukupno 226 kontejnera, na putu za Rotterdam, Grangemouth i Bremen iz Port Elizabeth. Ovaj ključni trenutak označio je ubrzanje kontejnerizacije duž glavnih pomorskih ruta. Tijekom sljedećih deset godina, od

1966. do 1976., globalno je pušteno u pogon nevjerojatnih 700 potpuno opremljenih kontejnerskih brodova [1].

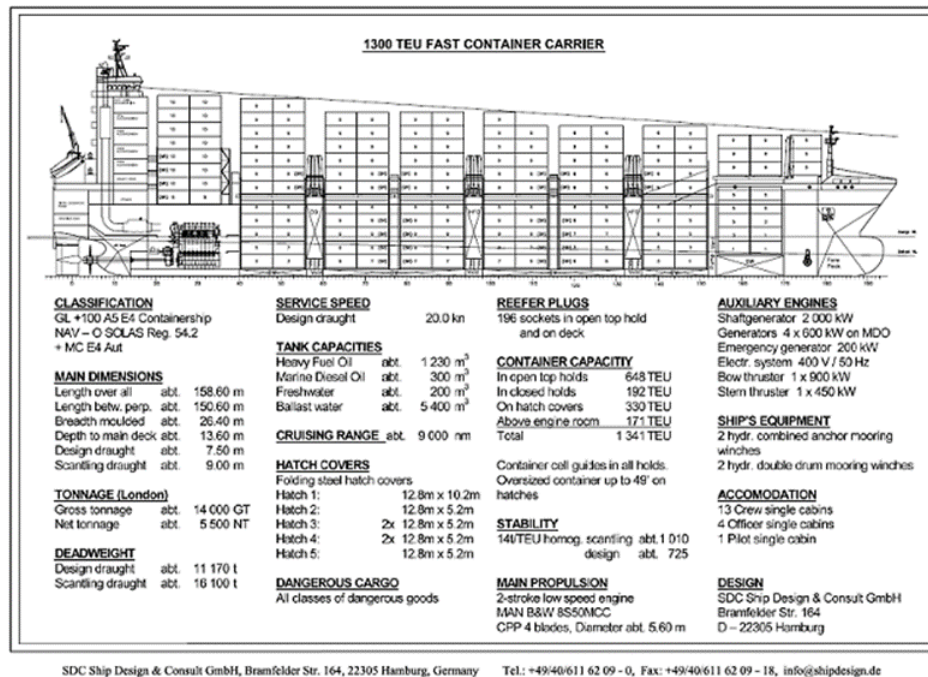
Između 1970. i 1985. došlo je do značajnog porasta količine robe koja se transportira morem u kontejnerima. Naime, u 2008. godini taj se volumen povećao otprilike osam puta, s 24 milijuna tona na 201 milijun tona. Ovaj impresivni rast predstavlja prosječnu godišnju stopu od 15,2 %. Što se tiče samog obujma, pomorska trgovina u kontejnerima nadmašila je više od polovice robe koja se prevozi linijskim brodovima, čineći oko 60 % ukupne globalne pomorske trgovine [4].

Godina 1965. označila je značajnu prekretnicu u standardizaciji kontejnera kada je ISO odobrio standardne dimenzije za kontejnere: 20 stopa i 40 stopa u duljinu, 8 stopa u širinu i 8 stopa i 6 inča u visinu. Brodarske tvrtke Sea Land, Gace i Matson, koje su među prvima prihvatile ovaj novi način transporta, su bile prisiljene prilagoditi se ovim dimenzijama jer su koristile svoje vlastite kontejnere za koje su gurali da postanu novi standard. Dok je širina ostala nepromijenjena na 8 stopa, visina kontejnera se od tada povećala na 9 stopa i 6 inča, poznatih kao kontejneri visoke kocke, koji sada čine približno 55 % svih kontejnera od 40 stopa. Nadalje, duljine su proširene na kontejnere od 45 stopa, a Sjedinjene Države već prevoze kontejnere duljine od 48 i 53 stope. Osim standardnih suhих kontejnera, razvijeni su i drugi tipovi, kao što su otvoreni kontejneri. Za otpremu i prijevoz dostupne su različite vrste kontejnera kao što su, na primjer, otvoreni bočni kontejneri, hladnjače, kontejneri za rasuti teret [1].

3. BRODOVI ZA PRIJEVOZ KONTEJNERA

Kontejnerski brodovi, su teretni brodovi posebno dizajnirani za prijevoz tereta u kontejnerima (Slika 2.) ili na prikolicama kroz proces koji se naziva kontejnerizacija. Ovi su brodovi pomno konstruirani kako bi maksimizirali prostornu učinkovitost, a njihov se kapacitet mjeri u TEU (engl. *Twenty Foot Equivalent Unit*) (jedinice ekvivalentne dvadeset stopa). Ova veličina se odnosi na kontejnere od 20 stopa. U metričkom jedinicama, TEU je dugačak 6,10 metara, širok 2,44 metra i visok 2,59 metara. U današnje vrijeme također je uobičajen prijevoz kontejnera od 40 stopa, pa se kapacitet može izraziti i u FEU (engl. *Forty Foot Equivalent Units*). Za razliku od manjih plovila, veći kontejnerski brodovi obično nemaju vlastite dizalice i umjesto toga se oslanjaju na specijalizirane terminale za operacije utovara i istovara, što može rezultirati određenim neugodnostima za teret koji se prevozi. Feeder

kontejnerski brodovi, koji su manji po veličini i kapacitetu, obično dolaze opremljeni vlastitim dizalicama.



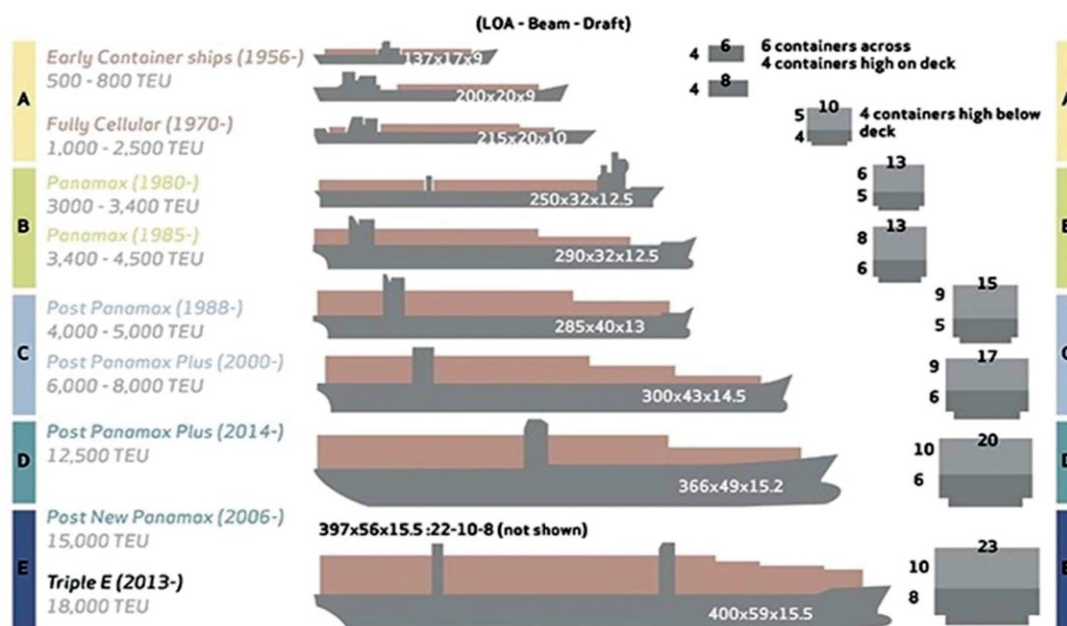
Slika 2. Dizajn kontejnerskog broda.

Izvor: [15].

Ovi brodovi su odgovorni za prikupljanje tereta iz manjih luka i njegovu dostavu do većih kontejnerskih terminala. Kako bi se olakšao utovar i istovar kontejnera pomoću dizalica, svi kontejnerski brodovi izgrađeni su s otvorenom konstrukcijom. Kako bi se osiguralo da skladišta za teret imaju prostran i pravokutan oblik, ti se brodovi često dizajniraju s dva trupa, što je poznato kao sustav dvostrukog trupa. To omogućuje uklanjanje svih dijelova skladišta koji nisu prikladni za prijevoz kontejnera, stvarajući prostor za tankove. Kontejnerski brodovi posebno su dizajnirani i opremljeni za učinkovit prijevoz kontejnera, s jakim naglaskom na njihove hidrodinamičke karakteristike kako bi se postigla optimalna brzina i ekonomska učinkovitost. Pozicioniranje visokih tankova koji nose teški teret može utjecati na stabilnost broda, zahtijevajući pomnu brigu o njihovom slaganju. Kako bi se osigurao adekvatan trim i spriječilo bilo kakvo progibanje broda, veliki balastni tankovi i snažne pumpe igraju ključnu ulogu. Kao rezultat toga, brodograditelji nastoje odabrati najprikladnije dimenzije, uključujući duljinu, širinu, gaz i druge čimbenike, tijekom procesa gradnje [6].

3.1. Podjela kontejnerskih brodova po generacijama razvoja

Tijekom svoje povijesti dizajn kontejnerskih brodova doživio je značajne transformacije kako bi zadovoljio zahtjeve tržišta i napredak tehnologije. Evolucija kontejnerskih brodova može se kategorizirati u šest različitih generacija, od kojih svaka odražava karakteristike ere u kojoj su uvedeni, posebno u pogledu njihove veličine i raspona kapaciteta (Slika 3.).



Slika 3. Generacije kontejnerskih brodova.

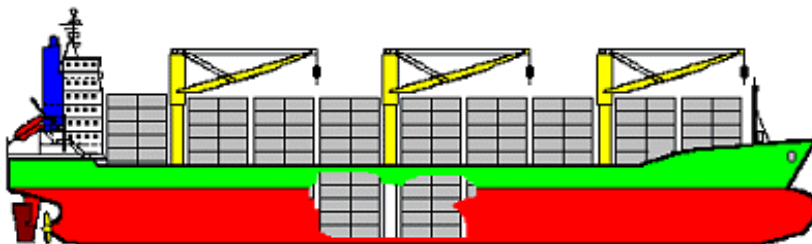
Izvor: [3].

3.1.1. Prva generacija kontejnerskih brodova

Od 1956. do 1970. prva generacija kontejnerskih brodova sastojala se od prenamijenjenih tankera i brodova za rasuti teret s maksimalnim kapacitetom od 800 TEU. Ovi modificirani brodovi, sa najvećom brzinom od 20 čvorova, mogli su primiti samo kontejnere na svojim palubama, budući da je unutrašnjost bila namijenjena za generalni teret. U rasponu duljine od 135 m do 200 m, ti su brodovi imali gaz manji od 9 m. Zbog nedostatka infrastrukture za rukovanje kontejnerima u lukama, ti su brodovi bili opremljeni dizalicama. Prvi komercijalni kontejnerski brod je Ideal X, dok Gateway City nosi titulu prvog broda koji je prošao potpunu preinaku za kontejnerski brod ugradnjom ćelija (za razliku od Ideal X, koji je kontejnere slagao pojedinačno na palubu). Gateway City je imao kapacitet od 226 kontejnera [3].

3.1.2. Druga generacija kontejnerskih brodova

Do 1970. kontejneri su se već postavili kao široko korištena metoda prijevoza. Međutim, kako je tržište nastavilo rasti, pojavila se potražnja za većim i bržim brodovima. Ovo je označilo početak druge generacije kontejnerskih brodova, poznatih kao FCC (engl. *Fully Cellular Containership*), koji su posebno dizajnirani za isključivu svrhu prijevoza kontejnera. Ovi su brodovi bili konstruirani s ćelijama koje su se protezale cijelom dužinom plovila, što je omogućilo da se kontejneri rasporede u redove i stupce. Ovaj inovativni dizajn omogućio je raspodjelu kontejnera po cijelom brodu. Kako su godine prolazile, izgradnja specijaliziranih kontejnerskih terminala postala je sve prisutnija, što je dovelo do uklanjanja brodskih dizalica i posljedično povećanja kapaciteta brodova. Unatoč tome, dizalice su još uvijek bile prisutne na brodovima koja su plovili prema lukama bez odgovarajuće infrastrukture za prihvrat kontejnera. Druga generacija kontejnerskih brodova imala je prosječnu duljinu od 215 m, gaz do 10 m i nosivost od 1000 do 2500 TEU. Nadalje, brzina ovih brodova porasla je s 20 na 24 čvora, standard koji je i danas općeprihvaćen za kontejnerske brodove [3].



Slika 4. Druga generacija brodova za prijevoz kontejnera.

Izvor: [5].

Na Slici 4. prikazan je kontejnerski brod tipa Bremer Vulkan koji je napravljen u raznim veličinama u nekoliko generacija 8BV 1000, BV 1600, BV 1800, BV 1800 S, BV 1900 I BV 2200, 2200 OH I BV 3800). Ovaj tip broda ima dizalice postavljene na palubi [5].

3.1.3. Treća generacija kontejnerskih brodova

Gospodarski napredak 1980.-ih potaknuo je izgradnju većih kontejnerskih brodova kao načina smanjenja troškova i niže cijene po TEU-u. To je dovelo do pojave treće generacije kontejnerskih brodova, počevši od Neptune Garneta 1980. godine, kapaciteta 4100 TEU. No, tek 1985. godine, izgradnjom američkog New Yorka, brodovi su dosegli najveće dopuštene

dimenzije kroz Panamski kanal, zbog čega su dobili naziv "Panamax". Ovi Panamax brodovi bili su prosječno dugi od 250 do 290 metara, s gazom do 12 metara, a mogli su složiti 13 redova kontejnera na svoje palube. Povećanje duljine ovih brodova povećalo je njihov kapacitet, ali je također dovelo do problema vezanih uz stabilnost i uzdužnu čvrstoću. Nadalje, u to su vrijeme nedostajali propisi koji se odnose na sigurnost broda i tereta [3].



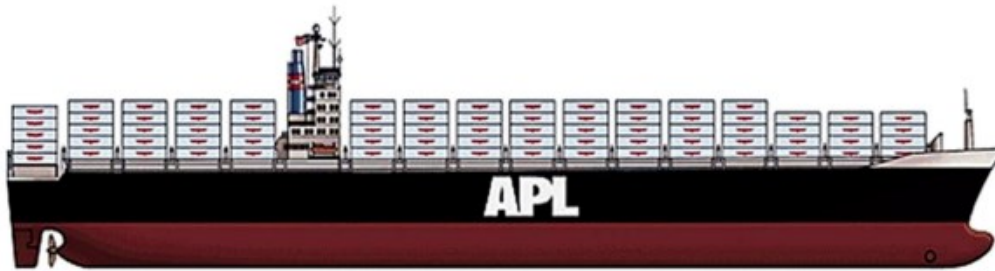
Slika 5. Brod treće generacije.

Izvor: [5].

CTV Bremen Express je treća generacija kontejnerskih brodova sa kapacitetom kontejnera od 2950 TEU, dok CMV Frankfurt Express, koji je pravljen 1981 ima kapacitet od više od 3400 TEU (Slika 5.) [5].

3.1.4. Četvrta generacija kontejnerskih brodova

Godine 1988. tvrtka APL napravila je revoluciju u transportnoj industriji uvođenjem nove mreže koja je zaobišla Panamski kanal. Ovo revolucionarno postignuće dovelo je do rođenja nove generacije kontejnerskih brodova poznatih kao Post Panamax. Prvi brod u ovoj kategoriji bio je President Truman, kontejnerski brod klase C10 s tada impresivnom nosivošću od 4500 TEU (Slika 6.). Post Panamax brodovi obično su bili dugački između 275 i 305 metara, imali su gaz do 13 metara i kapacitet od 4000 do 5000 TEU. Ovi brodovi mogu složiti do 16 redova kontejnera na svoje palube, pokazujući svoje goleme mogućnosti. Međutim, granice Post Panamax brodova pomaknute su još dalje izgradnjom Regina Maersk, koji se može pohvaliti službenim kapacitetom od 6400 TEU. Ovaj izvanredan napredak označio je značajnu prekretnicu na tržištu kontejnerskih brodova, otvarajući novu eru mogućnosti [3].

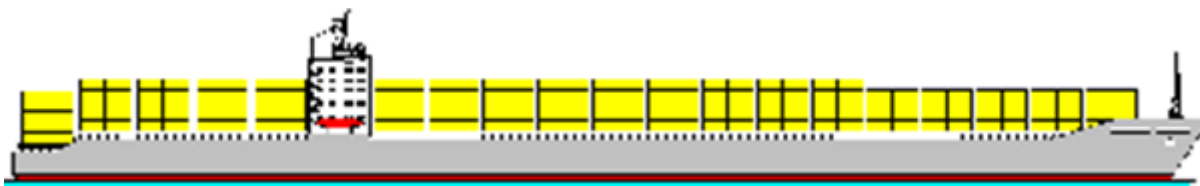


Slika 6. M/b „APL President Truman“.

Izvor: [3].

3.1.5. Peta generacija kontejnerskih brodova

Nakon dovršetka Regine Maersk 1996. godine, tržište je vidjelo uvođenje još većih brodova veće nosivosti (6600 TEU 1997., 7200 TEU 1998. i 8700 TEU 1999.). To je označilo dolazak pete generacije kontejnerskih brodova, poznate kao Post Panamax Plus generacija. Oni su bili prosječno dugi 335 metara, gaz do 14 metara i kapacitet od 5000 do 8000 TEU [3]. Budući da su dimenzijama bili preveliki da bi sigurno prolazili kroz Panamski kanal, kapacitet ovih brodova je morao biti uvelike povećan kako bi bili ekonomski isplativi. Mnoge postojeće luke dubinom i opremom nisu bile u mogućnosti prihvatiti ovakve brodove te su bile prisiljene na izvođenje radova kao što su ugradnja dizalica s većim dosegom te prokopavanje dna radi akomodacije gazu brodova [16].



Slika 7. Peta generacija kontejnerskih brodova.

Izvor: [5].

3.1.6. Šesta generacija kontejnerskih brodova

Početak šeste generacije kontejnerskih brodova dogodio se 2006. dovršetkom broda Emma Maersk, koji se može pohvaliti impresivnim kapacitetom od 14770 TEU. Emma Maersk (Slika 8.), u pratnji svojih sedam sestričkih brodova, držale su titulu najvećih i najdužih kontejnerskih brodova sve do 2013., kada je Maersk predstavio svoju revolucionarnu Maersk

Triple E klasu brodova, sposobnih za prijevoz nevjerojatnih 18000 TEU. Nomenklatura ove nove klase proizlazi iz njene sposobnosti da ispuni tri ključna kriterija: ekonomsku učinkovitost, energetska učinkovitost i poboljšanje okoliša. Nakon uvođenja ovih plovila, niti jedna američka luka nije imala potrebne dimenzije da se prilagodi njihovoj kolosalnoj veličini. Ovi novi brodovi, poznati kao Ultra Large Container Vessels (ULCV) ili Post New Panamax, zaslužili su svoje ime jer svojom veličinom premašuju dimenzije proširenog Panamskog kanala. S duljinom od 400 metara i širinom od 59 metara, oni su tek nešto veći od brodova E klase, dodajući samo 3 metra duljine i 4 metra širine. Međutim, ono što ih izdvaja je mogućnost prijevoza dodatnih 2500 kontejnera. Unatoč impresivnom rastu kontejnerskih brodova Triple E klase, čini se da se tome ne nazire kraj jer je Maersk je eventualno modificirao istu, povećavajući njen kapacitet na 19630 TEU [3]. Trenutno je najveći kontejnerski brod MSC Irina, kapaciteta 24346 TEU. Ovaj masivni brod, isporučen 2023. godine, izgrađen je u sklopu ugovora za četiri broda vrijednog 600 milijuna dolara [14].



Slika 8. Brod „Emma Maersk“ sa prikazom broja pretovarnih dizalica koji opslužuju brod da bi se minimaliziralo vrijeme boravka u luci.

Izvor: [3].

3.1.7. Značajke modernih kontejnerskih brodova

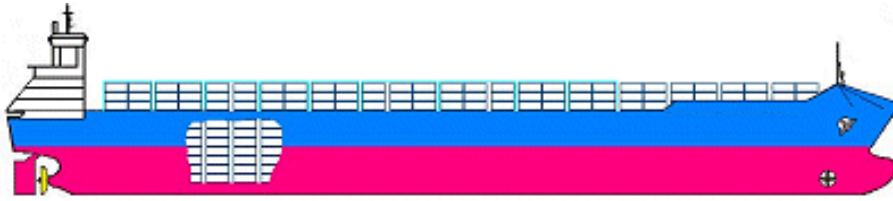
Implementacija "Panamax" generacije rezultirala je izvanrednim smanjenjem veličine posade za od 50 % u usporedbi s prethodnim zahtjevima. Međutim, napredak u brodogradnji i tehnologiji upravljanja brodom dodatno je smanjio potreban broj posade. Primjer ovog smanjenja je brod "Emma Maersk" koji je isplovio s minimalno propisanom posadom od 13 članova. Napredak u tom području najviše se očituje u impresivnim brzinama koje postižu kontejnerski brodovi.

Počevši s brodom "Ideal-X", koji je postigao brzinu od 15 čvorova, industrija je svjedočila značajnom porastu. Naime, 1972. godine tvrtka "SeaLand" predstavila je 8 novih brodova sposobnih za postizanje brzine od 33 čvora, nadmašujući sve druge komercijalne brodove koji plove brzinama od 10-15 čvorova. Brodari su na rast cijena goriva odgovorili mjerama štednje, poput smanjenja brzine plovidbe svojih brodova. Noviji i moderniji brodski strojevi su dizajnirani kako bi davali maksimalni učinak tijekom optimalne potrošnje, ali opće je poznato da rad motorima pri vrhu snage dolazi s većom potrošnjom goriva koja nije proporcionalna porastu brzine. Proširenje veličine i kapaciteta kontejnerskih brodova predstavlja nove izazove. Ovi brodovi, zbog svog gaza, zahtijevaju luke s većim dubinama uz pristanište i odgovarajuću infrastrukturu kako bi se omogućio učinkovit i brz ukrcaj i istovar tereta. Međutim, samo nekolicina luka u svijetu ima sposobnost ispuniti ove zahtjeve. Kao odgovor na ovaj problem, brodari su osmislili rješenje: implementaciju *hub and spoke* mreže, inspiriranih zrakoplovnom industrijom. Ove mreže sastoje se od linijskih ruta koje povezuju luke koje zadovoljavaju potrebe ovih "mega" brodova, protežući se s jednog kraja svijeta na drugi. Unutar ovih mreža, matični brodovi, značajnih veličina, prevoze i isporučuju teret, dok se distribucija između primarnih i sekundarnih luka obavlja manjim kontejnerskim brodovima poznatim kao *feeder ships* [3].

3.2. Podjela kontejnerskih brodova prema karakteristikama

3.2.1. Kontejnerski brodovi bez grotla

Pojava kontejnerskih brodova bez poklopaca grotla (Slika 9.) dogodila se tijekom 1990.-ih, s primarnim ciljem povećanja učinkovitosti rukovanja teretom. Nedostatak izvedbe ovakvih brodova je da su skladišta izložena vremenskim nepogodama, ali sa sobom nosi i neke prednosti. Poklopci grotala su znatne težine te se njihovim uklanjanjem povećava nosivost broda, povećava se i stabilnost budući da su ti poklopci obično postavljeni na visini te njihova težina ima negativan utjecaj na istu. Velika je ušteda i na lučkim troškovima jer se eliminira potreba za postavljanjem i skidanjem poklopaca grotla, skraćujući vrijeme provedeno u luci. Manjak poklopaca također omogućuje lakši pristup nižim redovima kontejnera koji bi inače bili u skladištu ispod poklopca, za čiji bi se pristup trebalo prvo skinuti sve kontejnere s istog kako bi se poklopac mogao skinuti. Osim toga, ovi su brodovi opremljeni velikim pumpama koje učinkovito uklanjaju vodu iz otvorenih skladišta, koja se nakuplja kao rezultat atmosferskih uvjeta i morske vode [5, 6].

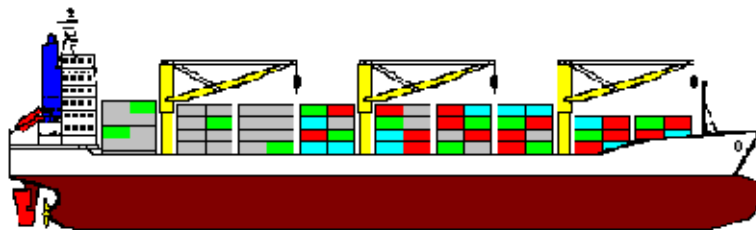


Slika 9. Kontejnerski brodovi bez grotala.

Izvor: [5, 6].

3.2.2. Kontejnerski brod za prijevoz kontejnera sa hlađenim teretom

Brodovi koji se koriste za prijevoz kontejnera sa hlađenim teretom nazivaju se kontejnerskim brodovima s reefer kontejnerima (Slika 10.). Većina kontejnerskih brodova ima posebne utičnice za napajanje strujom reefer kontejnera, ali kod ovog tipa broda takve utičnice su brojnije [5, 6].

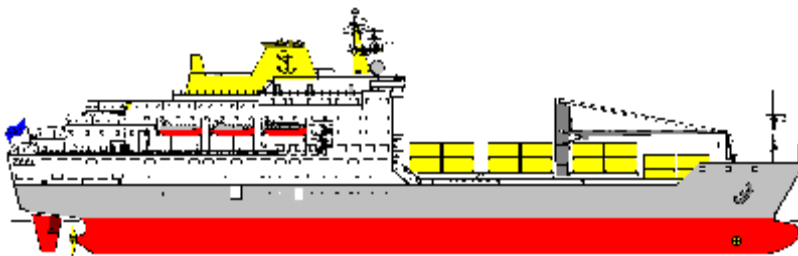


Slika 10. Kontejnerski brod za prijevoz kontejnera sa hlađenim teretom.

Izvor: [5, 6].

3.2.3. Kontejnerski putnički brod

Pojava kontejnerskih putničkih brodova relativno je novi razvoj, dobivajući na značaju u obalnom i/ili međutočnom prijevozu u zemljama poput Kine, Indonezije, Rusije i drugih (Slika 11.) [5, 6].



Slika 11. Kontejnerski putnički brod.

Izvor: [5, 6].

3.2.4. Feeder kontejnerski brod

Primarna svrha iza razvoja feeder kontejnerskih brodova može se pripisati dvama ključnim čimbenicima. Prvo, u slučaju većih kontejnerskih brodova, prisutnost ograničenja gaza u više luka predstavlja nepremostiv izazov koji se ne može riješiti jednostavnim produbljivanjem plovnih putova. Drugo, načelo koje upravlja kontejnerskim prijevozom nalaže da nije financijski isplativo ukrcajati teret u više luka, zbog čega je često potreban istovar u više od jednog odredišta. Upitna je ekonomska opravdanost ukrcaja ili istovara malog broja kontejnera u jednoj luci. S obzirom na troškove izgradnje i opremanja terminala u svakoj luci u kojoj bi se odvijao kontejnerski promet, usluga Feeder postaje opravdana opcija, bez obzira na tehnološke ili ekonomske razloge. Feeder brodovi su odgovorni za prikupljanje kontejnera iz obližnjih luka i njihov transport do glavnog kontejnerskog terminala, ili obrnuto, isporuku kontejnera sa terminala do luka i vezova u okolnom području. Ovi brodovi su obično opremljeni mogućnostima samoutovara i samoiskrcaja, a njihova veličina određena je količinom kontejnerskog prometa u njihovom određenom servisnom području i ograničenjima lučkog kapaciteta. Kako se veći kontejnerski brodovi sve češće koriste, potražnja za Feeder brodovima također raste, iako nije isključivo ograničena na Feedermax veličine. Važno je napomenuti da se značajan dio kontejnerskih Handy brodova, kapaciteta 2000 TEU, koristi za ove transportne operacije [5, 6].

4. POJAM, RAZVOJ I VRSTE KONTEJNERA

Pojam "kontejner" izveden je iz engleske riječi "*container*" (*contain* - sadržavati), obuhvaćajući sve što može držati ili zatvoriti drugi predmet (Slika 12.). Različita tumačenja spremnika mogu se otkriti u području znanstvenih publikacija. Prema nekima, kontejner je kategoriziran kao prijevozno sredstvo, dok ga drugi opisuju kao specijalizirano plovilo ili sanduk koji pojednostavljuje kretanje robe, osobito u scenarijima kombiniranog transporta. Dodatno, kontejner se definira kao manipulativni uređaj, tipično u obliku zatvorene jedinice, koji olakšava sastavljanje velikih teretnih jedinica u svrhu optimizacije operacija rukovanja i skladištenja. Nadalje, pojam "kontejner" obuhvaća uređaj posebno dizajniran za omogućavanje besprijekornog transporta robe iz jednog skladišta u drugo, eliminirajući potrebu za međupretovarom tijekom prijevoza [7].



Slika 12. Kontejner.

Izvor: [8].

Spominjanje kontejnera u prijevozu robe može se pratiti unatrag do 1830. godine, a vezano je za Englesku. Godine 1911. prvi se put pojavilo oglašavanje za korištenje pokretnih kontejnera, s oglasom u novinama koji je uveo ovaj koncept u Sjedinjenim Američkim Državama. SAD su zaslužne i za uspostavu redovnog kontejnerskog transporta robe, koji je započeo 1917. godine. Godine 1931. u Engleskoj je podneseno izvješće u kojem se naglašava potencijal kontejnera za poticanje napretka. Primijećeno je da su prednosti korištenja spremnika bile toliko očite da je njihova ograničena uporaba bila zbudjujuća. Te su prednosti prije svega uključivale smanjenje troškova rukovanja te očuvanje svojstava i cjelovitosti robe. Međutim, trebalo je dosta vremena da druge zemlje prepoznaju vrijednost kontejnera. Ovo razdoblje, obilježeno pojavom i početnim razvojem kontejnera, često se naziva "prva faza razvoja". Tijekom tog vremena postojalo je oklijevanje oko prihvaćanja ovog novog transportnog uređaja, ne samo od strane pružatelja usluga, već i od strane korisnika. U tijeku druge faze razvoja kontejnera, koja je započela 1970. godine, došlo je do značajnog porasta korištenja standardnih kontejnera i uvođenja većih kontejnera. Uvođenje ovih većih spremnika uglavnom je potaknuto povećanom produktivnošću postignutom manipulacijom koja je do 20 puta učinkovitija. Osim toga, kontinuirano poboljšanje konstrukcije kontejnera i sve veći interes za njihovu upotrebu pokazuju da se može očekivati daljnji napredak u kvaliteti [7].

Podjela kontejnera se može izvršiti prema [8]:

1. namjeni:

- univerzalni kontejneri,
- specijalni kontejneri,

2. korisnoj nosivosti:

- laki kontejneri (mali i srednji),
- teški kontejneri,

3. vrsti materijala:

- drveni,
- čelični,
- gumeni,
- plastični,
- aluminijski,
- olovni,
- kontejneri izrađeni od legura,

4. konstrukcijskim obilježjima:

- sklopivi,
- nesklopivi,
- kontejneri sa ili bez uređaja za samoistovar,

5. vrsti tereta [9]:

- univerzalni zatvoreni kontejneri s vratima na čelu ili boku za prijevoz pakirane komadne i paletizirane robe,
- kontejneri s krovom koji se mogu otvarati vratima na čelu ili boku za prijevoz tereta u pakiranom ili rasutom stanju različite granulacije,
- otvoreni kontejneri s pokrivačem ili bez njega za prijevoz ugljena, šljunka, koksa, granuliranog kamena, raznih vrsta proizvoda metalne industrije i ostale robe koja podnosi atmosferske utjecaje,
- kontejneri cisterne za prijevoz tekućina, tekućeg plina itd.,
- kontejneri cisterne za prijevoz praškastih materijala i ostale sitno-zrnaste robe,
- kontejneri sa niskim stranicama za prijevoz teških vozila i koleta,
- kontejneri platforme za prijevoz izvan-gabaritnih tereta,
- kontejneri za prijevoz stoke.

Kontejneri se mogu podijeliti i s obzirom na veličinu, pa tako postoje sljedeći:

- mali kontejneri – mali kontejneri opće namjene se mogu svrstati u:

- kategoriju A – slobodnog volumena 1 do 1,2 m³,
- kategoriju B – slobodnog volumena 1,2 do 2 m³,
- kategoriju C – slobodnog volumena 2 do 3 m³.

Pokušaji da se standardiziraju mali kontejneri nisu pobudili interes, jer se oni ne koriste u prekomorskom prijevozu. Mali su kontejneri češće u posjedu željeznice, iako to u nas nije slučaj. Brojne željeznice u Europi posjeduju male kontejnere,

- srednji kontejneri – kontejneri slobodnog volumena većeg od 3 m³, dužine manje od 6 m i bruto težine 2,5 do 5 t. Zapremina srednjih kontejnera može biti i do 21 m³. Razlika između srednjih i velikih kontejnera kao da se smanjuje, ali njihov udio u brojčanoj strukturi ukupnog prijevoza sada ne stagnira, što se ne može uzeti kao trajnije obilježje. Struktura srednjih kontejnera veoma je različita i nalazi se u funkciji vrste robe kojoj su namijenjena. Praksa pokazuje da srednji kontejneri najčešće služe za prijevoz sirovina, minerala i specifičnoga građevinskog materijala. Njihova je primjena i zastupljenost bila veća u zemljama istočne Europe, osobito u bivšem SSSR-u. U zemljama zapadne Europe također se koriste srednji kontejneri, a među njima su najzastupljeniji tzv. pa kontejneri. Specifičnost im se ogleda u tome što su opremljeni uređajima za manipuliranje (kotačima) a i prijevoz tih kontejnera zahtijeva specijalne vagona koji omogućuju njihovo (specifično) „fiksiranje“ – učvršćivanje. U odnosu na male kontejnere, tehnologija prijevoza srednjih kontejnera ima specifična obilježja, a što će vjerojatno i utjecati na njihovo manje značenje u budućnosti,
- veliki kontejneri – njima u strukturi svih kontejnera zajedno pripada posebno mjesto i značenje. U tome je i osnovni razlog za pozornost koja se pridaje toj skupini kontejnera na međunarodnom planu. Za razliku od gabarita srednjih kontejnera, veliki kontejneri, unatoč pojavi odstupanja u gabaritima, imaju standardne dimenzije koje se iskazuju stopama.

5. DIGITALIZACIJA POMORSKE INDUSTRIJE

Dostava je proces prijevoza robe s jednog mjesta na drugo. U ranijim vremenima, brodarstvo je prvenstveno ovisilo o vodenim putovima gdje su se brodovi koristili za utovar i prijevoz

robe morskim putovima do udaljenih mjesta. Bio je to najjeftiniji i najbrži način međunarodnog prijevoza u ranijim stoljećima. Zbog nedostatka tehnologije i resursa, roba se nije spremala u kontejnere i stavljala se u drvene sanduke ili bačve koje su se ručno utovarivale na brodove. Roba je nekada ostajala razbacana i ručno se istovarala jedna po jedna po dolasku na odredište. S vremenom su se gradili brodovi koji su za plovidbu koristili vjetar kao izvor energije. U kasnijim stoljećima, pomorska industrija postala je sve traženija, s trgovcima željnim trgovanja. U to vrijeme su se gradili parni brodovi i motorni čamci. To je dovelo do izgradnje luka i brodskih dokova. Godine 1956. Malcolm McLean izumio je prvi standardni brodski kontejner u Sjedinjenim Američkim Državama. Do tog vremena, izum i napredak željeznice omogućili su pristup željezničkom prijevozu robe. S povećanom potražnjom za međunarodnom dostavom i tehnološkim napretkom, organizacije i tvrtke počele su usvajati digitalizaciju i integrirati nove tehnologije kako bi poboljšale operativnu učinkovitost. Dostava diljem svijeta bez muke može se odvijati različitim načinima prijevoza, uključujući kamione, vlakove, brodove i zrakoplove. Usvajanjem kombinacije različitih tehnologija u brodarstvu, poboljšana je agilnost opskrbnog lanca i operativna učinkovitost [11]. Digitalizacija u pomorskoj industriji omogućila je trgovcima da obavljaju komercijalnu trgovinu diljem svijeta u posljednjim desetljećima. Razgranata mreža autocesta, željeznica i pomorskih putova poboljšala je sudbinu međunarodnog brodarstva [11].

Digitalizacija u pomorskoj industriji odnosi se na uvođenje i integraciju različitih tehnologija za poboljšanje operativne učinkovitosti aktivnosti opskrbnog lanca. Prije evolucije pomorske industrije sve trgovačke aktivnosti obavljale su se ručno, što je dovelo do raznih prepreka. Tehnologijama kao što su identifikacija radiofrekvencije (engl. *Radio Frequency Identification* – RFID), internet stvari (engl. *Internet of Things* – IoT), GPS, umjetna inteligencija (engl. *Artificial Intelligence* – AI), strojno učenje (engl. *Machine learning*), blockchain, automatizacija, digitalni blizanci (engl. *Digital twins*) i analitika velikih podataka (engl. *Big data Analytics*) koriste se mnogi uvoznici, izvoznici, pružatelji logističkih usluga i prijevoznici [11].

Razlozi za usvajanje digitalnih tehnologija u brodarstvu su sljedeći [11]:

- potrebno vrijeme – ručno rukovanje, utovar i istovar robe iz prijevoznog sredstva bio je dugotrajan proces i zahtijevao je puno rada. Zbog nedostatka resursa, ručna naplata,

fakture, dokumentacija i carinjenje također su oduzimali dosta vremena, čineći otpremu zamornom i dugotrajnom,

- ljudske pogreške – budući da mnogi zadaci otpreme ovise o ljudskom radu, rizici od ljudskih pogrešaka su se povećali. Ovi rizici uključuju ozljede i smrtne slučajeve tijekom rukovanja kontejnerima, oštećenje tereta zbog spoticanja ili klizanja i pogreške u znamenkama pri izračunavanju cijena otpreme,
- komunikacija – u prethodnim desetljećima pošiljatelji nisu imali pristup praćenju pošiljaka i morali su raditi s prijavljenim procijenjenim vremenom dolaska (ETA). Nedostatak komunikacije između pošiljatelja doveo je do gubitka prihoda i kašnjenja pristizanja pošiljke, budući da pošiljatelji nisu mogli pratiti kretanje robe. Neovlašteno mijenjanje tereta i krađe tereta također su bili potencijalni rizici,
- problemi s plaćanjem – prijevare su događale jer nije postojala standardna metoda za plaćanje usluge prijevoza, a pošiljatelji su često padali na takve prijevare,
- povećanje sigurnosti – prijevoz robe bio je izložen rizicima, uključujući gusare, sudare, nedostatak planiranja za hitne slučajeve i druge nesreće. Očuvanje sigurnosti radnika u logističkoj i transportnoj industriji postalo je prioritet,
- nedostatak znanja o rutama – brodovi, kamioni, vlakovi i zrakoplovi putovali su određenim rutama, ali sve promjene u prometu ili greške na rutama dovele su do gužve i kašnjenja u pristizanju pošiljaka.

Digitalizacija u pomorskoj industriji transformirala je i revolucionirala aktivnosti opskrbnog lanca. Tehnologija u otpremi olakšanje je uvoznicima, izvoznicima, prijevoznicima i pružateljima 3PL ili 4PL usluga na više načina, a različite tehnologije koje se koriste u brodarstvu su [11]:

- Umjetna inteligencija – umjetna inteligencija je revolucionirala brodarstvo. Razne organizacije i tvrtke koriste umjetnu inteligenciju za poboljšanje operativne učinkovitosti, analizu podataka i optimizaciju procesa otpreme. Uparujući se sa strojnim učenjem, AI pomaže smanjiti ljudsku intervenciju u aktivnostima otpreme.
- Blockchain tehnologija – riješen je izazov izrade standardiziranih i legalnih transakcija. Prednosti blockchaina u otpremi pomažu u legalnim i sigurnim otpremnim transakcijama jer je to nepromjenjiva digitalna knjiga koja bilježi imovinu i omogućuje međunarodne transakcije. Blockchain pomaže smanjiti rizik od prijevare i manipulacije podacima zabranom neovlaštenog pristupa.

- Tehnologija praćenja kontejnera – kako bi se povećala vidljivost opskrbnog lanca i ponudila transparentnost pošiljateljima, koriste se tehnologije praćenja kontejnera kao što su RFID (radio frekvencijska identifikacija) i IoT (Internet stvari) u otpremi. Uz pomoć RFID-a pošiljatelji mogu pratiti kretanje robe u tranzitu. IoT omogućuje organizacijama praćenje stanja robe tijekom transporta.
- Globalni sustav pozicioniranja (GPS) u otpremništvu olakšao je logističkim i transportnim tvrtkama prepoznavanje i optimiziranje ruta za otpremu. Omogućuje plovilima, kamionima, vlakovima i zrakoplovima rad s minimalnom količinom goriva, čime se smanjuju emisije ugljika u brodskom prometu. GPS nudi pristup rutama u stvarnom vremenu, omogućujući vozačima, pilotima i pomorcima da izbjegnu prometne ili pogrešne rute. To povećava agilnost opskrbnog lanca i omogućuje da pošiljke stignu na vrijeme.
- Digitalni blizanac – spoj umjetne inteligencije (AI) i strojnog učenja (ML), digitalni blizanac u otpremi koristi pošiljateljima, proizvođačima i brodarskim tvrtkama za poboljšanje učinkovitosti opskrbnog lanca. Gradi digitalnu repliku bilo kojeg fizičkog objekta ili ideje i provodi testiranje za filtriranje anomalija. Pokrećući AI i ML, digitalni blizanci mogu predložiti potencijalne promjene u bilo kojem nacrtu za proizvodnju, izradu strategije ili planiranje. Pomaže u izbjegavanju prekida opskrbnog lanca uzrokovanih pogrešnim izvođenjem.
- Automatizacija – digitalizacija u brodarskoj industriji kontinuirano ide prema smanjenju ručnog unosa i istraživanju uporabe tehnologije u brodarstvu. Automatizirano vođena vozila (AGV) dovode do evolucije pametnih luka u brodarstvu. Autonomni brodovi su brodovi bez prisutne posade koje u potpunosti pokreće tehnologija koja eliminira potrebu za mnogim pomorcima i povećava prostor za transportne kontejnere. Automatizirani kamioni također poboljšavaju operativnu učinkovitost. Inženjeri su raspoređeni na daljinu kako bi pratili ova vozila koja pokreće tehnologija i preuzimaju ručno punjenje ako je potrebno.
- Elektronička razmjena podataka (engl. *Electronic Data Interchange – EDI*) – proces otpreme uključuje dokumentaciju i naplatu, kao što su fakture, potvrde i otpremnice. Izvanmrežni postupak uključuje ispis i slanje ovih dokumenata odgovarajućim otpremnicima. EDI u brodarstvu ima za cilj dokumentaciju bez papira digitalizacijom procesa dokumentacije. Pošiljatelji i brodarske tvrtke sada mogu razmjenjivati sve

dokumente digitalno. To pomaže u uštedi vremena, smanjenju troškova dokumentacije i poboljšanju učinkovitosti opskrbnog lanca

- Dronovi – inspekcija kontejnera bitna je logistička operacija u lukama i transportnim čvorištima koja oduzima puno vremena kada se obavlja ručno. Radnicima je bilo teško pregledavati kontejnere u hrpi, što je povećavalo rizike u pomorskom prometu. Dronovi u brodarstvu koriste se za obavljanje pregleda kontejnera jer radnike ne dovode u izravnu opasnost već dopuštaju vizualnu inspekciju kontejnera bez potrebe za penjanjem na visine.
- Analitika velikih podataka – aktivnosti dostave akumuliraju goleme dijelove podataka pohranjenih za kasniju analitiku istih u otpremi. Različite organizacije koriste ove velike i raznolike skupove podataka za analizu fluktuacija tržišnih trendova, izradu prediktivnih analiza, optimizaciju operativne učinkovitosti i izradu strategije upravljanja zalihama,
- AR/VR – proširena i virtualna stvarnost koriste se u pomorskoj industriji za pružanje vrhunske obuke pomorcima na temelju SOLAS konvencije. Stjecanjem praktičnog iskustva s AR/VR radnici mogu bolje naučiti kako upravljati brodovima, opremom, vozilima i što učiniti u hitnim slučajevima. Ove tehnološke simulacije pomažu pripremiti radnike za rad u pametnim lukama i osiguravaju pomorsku sigurnost.

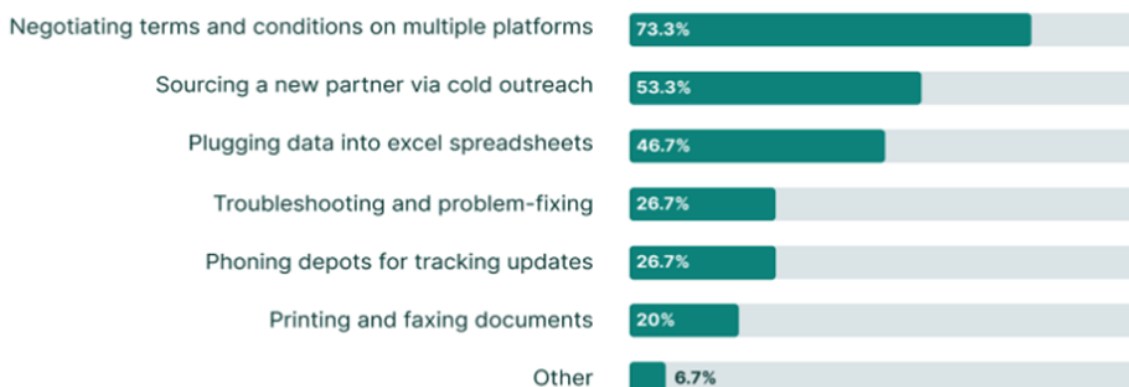
Digitalizacija u pomorskoj industriji neizmjenno pomaže pošiljateljima, brodarskim tvrtkama i pružateljima logističkih usluga poboljšati operativnu učinkovitost, agilnost opskrbnog lanca, održivost i profitabilnost.

6. DIGITALIZACIJA U KONTEJNERSKOM PRIJEVOZU

Digitalizacija je oblikovala mnoge industrije u kojima osnovni proizvod ili usluga nisu bili digitalni kao što je to slučaj kod video igara, unajmljivanja filmova ili knjiga. Posljednjih godina čak i industrije poput poljoprivrede, transporta i energetike transformiraju svoje poslovanje i usluge u digitalne. U inicijativi za digitalnu transformaciju industrija koju je pokrenuo Svjetski ekonomski forum 2015., netehnološke industrije, a u konačnici i društvo, mogu uživati u prednostima digitalizacije na različite načine, uključujući povećanje učinkovitosti i unaprjeđenju u organizacijskoj izvedbi. Unatoč tim dokazanim prednostima, uloga digitalizacije na ukupnu lojalnost kupaca u netehnološkim industrijama nije u potpunosti istražena [10].

Brodski kontejneri koji su izumljeni davne 1956. godine predstavljaju izuzetnu inovaciju koja je ostavila neizbrisiv trag u povijesti pomorstva. Iako je prošlo gotovo 70 godina od nastanka brodskih kontejnera, temeljni aspekti kontejnerskih operacija ostali su uglavnom nepromijenjeni, uključujući ručne i neprozirne postupke koji se odvijaju na dnevnoj bazi. Čini se da nekoliko renomiranih pomorskih logističkih tvrtki još uvijek oklijeva digitalizirati svoje poslovanje, unatoč njihovom potencijalu za smanjenje troškova i poboljšanje tijekom rada u budućnosti [12].

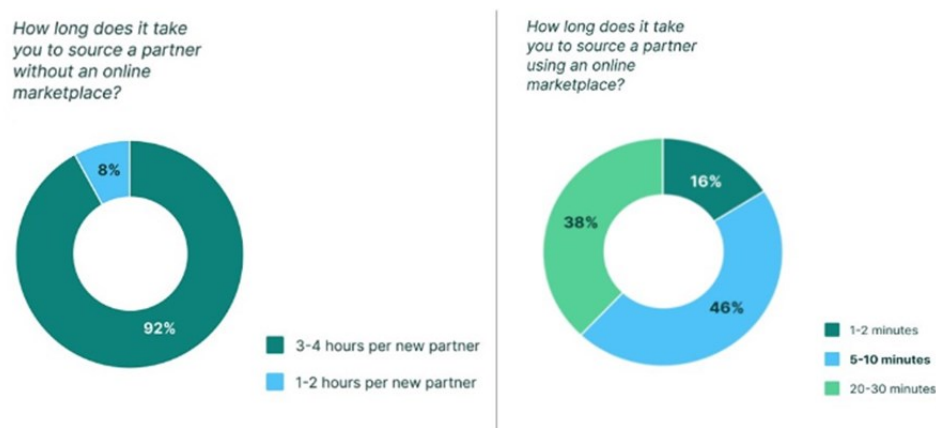
Prema izvješću Container xChange-a, 93 % logističkih stručnjaka specijaliziranih za prekoceanski teretni prijevoz provodi pola svojih radnih dana isključivo na rješavanju operativnih izazova, a digitalizacija omogućava da se navedeni problemi brže riješe. Naime, dok je digitalizacija transformirala veliki dio šireg opskrbnog lanca, industrija kontejnerskog prijevoza zaostaje u tom pogledu. Međutim, postoji značajan potencijal za povećanje učinkovitosti unutar prekoceanskog teretnog prometa postupnom transformacijom pojedinačnih procesa. Kompanija McKinsey navodi da bi implementacija digitaliziranog teretnog lista mogla uštedjeti 6,5 milijardi US\$ izravnih troškova. Digital Container Shipping Association identificira nedostatak standardiziranih podataka, namjere suradnje i transparentnosti kao ključne prepreke koje ometaju napredak industrije. Zbog toga bi svaki ključni sudionik u sektoru pomorskog brodarstva trebao dati prioritet digitalizaciji, transparentnosti i suradnji kao ključnim ciljevima [12]. Na Slici 13. su prikazani manualni procesi i postotci u kojima oduzimaju vrijeme u brodarskom transportu. Kao što je razvidno iz Slike 13., najviše vremena oduzimaju pregovori oko uvjeta prijevoza kontejnera.



Slika 13. Manualni procesi i potrebno vrijeme za njih u brodarskom prijevozu.

Izvor: [12].

Potencijal digitalizacije za kontejnerske operacije sastoji se u sljedećem: digitalizacija ima potencijal za pojednostavljenje praćenja kontejnera, ubrzanje pojedinih procesa i pružanje procijenjenog vremena dolaska uživo (engl. *Estimated Time of Arrival* – ETA). Trenutno značajan dio, otprilike 93 % otpremnika provodi 2 do 4 sata tjedno kontaktirajući skladišta kako bi se raspitali o njihovim kontejnerima. Čak i jednostavan zadatak provjere da li je kontejner poslan ili pokupljen sa skladišta može biti dugotrajan. Sa stalnim protokom kontejnera koji ulaze i izlaze, operateri skladišta suočavaju se s izazovima u učinkovitom upravljanju i osiguravanju pravovremene obrade kontejnera. Tradicionalno, špediteri su morali izravno kontaktirati skladišta kontejnera kako bi dobili ažurirane informacije o statusu kontejnera. Međutim, neke su tvrtke počele ulagati u napredne sustave praćenja i nadzora koji im omogućuju učinkovito upravljanje poslovanjem i komunikaciju sa svojim klijentima. Unatoč ovim naprecima, mnogi špediteri nastavljaju gubiti dragocjeno vrijeme na ručnu komunikaciju sa skladištima, vrijeme koje bi se moglo uštedjeti putem automatiziranih ažuriranja [12]. Podaci pokazuju da bez digitalizacije špediterima treba čak do 3-4 sata da pronađu partnera, a sa digitalnim aplikacijama od 1-2 minute do 20-30 minuta (Slika 14.).



Slika 14. Usporedba ručnog načina rada i načina rada koji je omogućila digitalizacija.

Izvor: [12].

Korištenjem alata za praćenje kontejnera i integraciju skladišta koji iskorištavaju tehnologije kao što su Internet stvari (IoT) i ažuriranja temeljena na događajima, špediteri mogu značajno smanjiti vrijeme provedeno u nadgledanju kontejnera. Umjesto da posvećuju sate svaki tjedan, sada mogu provesti samo 20 minuta provjeravajući status svojih kontejnera *online* [12].

Kontejnerski prijevoz je netehnološka industrija koja ima ključnu ulogu u globalizaciji gospodarstva i realizaciji opskrbnih lanaca zahvaljujući pouzdanom i učinkovitom prijevozu po nižoj cijeni. Nedavno, tržište kontejnerskog prijevoza se transformiralo u digitalnu eru za koju se predviđa da će biti olakšana primjenom blockchaina, digitalno kontroliranih dizalica i umjetne inteligencije. Digitalna transformacija u brodarstvu posebno se ubrzala nakon poremećaja uzrokovanih Covid-om 19. Digitalna transformacija u brodarstvu predstavlja brojne prednosti kao što je bolja integracija intermodalnog transporta, bolja razmjena informacija između sudionika, poboljšanja performansi opskrbnih lanaca smanjenjem papirologije, te poboljšanja učinkovitosti i djelotvornosti u sustavima carinjenja i praćenja. S obzirom na te prednosti, kontejnerske linije već su započele digitalnu transformaciju i prenijele svoje ručne operativne procese na digitalne platforme, uključujući rezervaciju kontejnera, ponudu tereta, izračun ležarine, pa čak i izdavanje teretnice [10].

Unatoč značajnim prednostima, kao što su povećanje učinkovitosti i jednostavnost rada, digitalizacija u kontejnerskom prijevozu također je izazovan put koji zahtijeva stalna poboljšanja i praćenje pozornosti na želje kupaca. Uspjeh digitalne transformacije uvelike ovisi o učinkovitosti i kvaliteti digitalnih proizvoda, kao i o zadovoljstvu korisnika tim proizvodima. Uzimajući u obzir kako logističke tvrtke zaostaju za onima u medijskoj, bankarskoj i maloprodajnoj industriji u pogledu digitalne transformacije i kako dionici u pomorskoj industriji mogu pokazati nevoljkost prema digitalnim inovacijama, u kontejnerskom prijevozu bitno je ispitati zadovoljstvo digitalnim proizvodima [10].

Dok tržište kontejnerskog prijevoza napreduje kroz digitalnu transformaciju, ono se također suočava s teškim izazovima kao što su fluktuirajuće razine profitabilnosti i komoditizacija. Unatoč nedavnoj konsolidaciji na tržištu, konkurencija između kontejnerskih linija i dalje je žestoka budući da među njima postoji vrlo malo prostora za diferencijaciju za postizanje konkurentne prednosti. Na takvom tržištu gdje je konkurencija velika, a razine profitabilnosti nestabilne, neophodno je zadržati lojalnost kupaca kako bi se preživjelo na tržištu uz smanjenje troškova, povećanje učinkovitosti i metode prilagodbe kapaciteta. Digitalna transformacija može pomoći globalnim igračima u kontejnerskom prijevozu da postignu brojne učinkovitosti. Ipak, nije poznato utječe li percepcija i zadovoljstvo korisnika digitalnim proizvodima na ukupnu lojalnost kupaca [10].

Literatura o kontejnerskom prijevozu ukazuje na to da su zadovoljstvo kupaca, percipirana kvaliteta usluge i atributi usluge imperativne odrednice lojalnosti i zadržavanja kupaca.

Međutim, većina atributa usluge, poput osobne prodaje, odziva, točne dokumentacije i ponude tereta, sada se transformira zbog digitalizacije. Na primjer, osobna prodaja je vrlo važna odrednica u povećanju vjerojatnosti zadržavanja kupaca, ali elementi osobne prodaje erodiraju zbog digitalizacije atributa usluge. Interakcija između kontejnerskih linija i njihovih kupaca razvija se u više automatizirane online razmjene. Struktura poslovne prakse i atributi usluga također se pretvaraju u digitalne. Nije poznato da li percepcija i zadovoljstvo kupaca digitalnim proizvodima u kontejnerskom prijevozu utječe na ukupnu lojalnost kupaca [10].

6.1. Pametni kontejneri

Kako bi status kontejnera bio dostupan špediterima, jedno od rješenja koja se danas koristi su pametni kontejneri. Jedan od izvođača pametnih kontejnera je tvrtka Traxens, koja svojim uređajima omogućuje pregled stanja kontejnera u stvarnom vremenu koristeći se IoT tehnologijom [19]. Jedinostveni elektronički uređaj ugrađen u kontejner daje uvid u bitne događaje tijekom transporta, a način izvedbe je sljedeći [20]:

- Traxens-Box, vanjska jedinica ugrađuje se na kontejner i uz pomoć senzora (Slika 15.) povlači podatke unutar kontejnera, ponajprije lokaciju, stanje i temperaturu. Osim navedenog, pohranjuje podatke sadržaja kontejnera, njegovo odredište i planirani put. Korisniku omogućuje primanje obavijesti tijekom bitnijih događaja u putovanju, ali i primanje uzbuna u slučaju oštećenja kontejnera ili neovlaštenog otvaranja istog. Ove obavijesti su vremenski zabilježene što olakšava kasniji uvid u slučaju potrebe te pojednostavljuje tražbine u slučaju oštećenja kontejnera.
- Traxens-Net, digitalna mreža čiji je cilj uspostavljanje ravnoteže rada uređaja s njegovom potrošnjom energije,
- Traxens-Hub, platforma na kojoj su spremljeni podaci prikupljeni od Traxens-Box uređaja, preko koje korisnici pristupaju podacima svog kontejnera.

Cilj ovakvih uređaja je čitav proces transporta učine transparentnim za svoje korisnike, olakšaju administracijske poslove te da povećaju koordinaciju sudionika prijevoza prikupljanjem podataka te njihovim prikazom u lako razumljivom formatu.



Slika 15. Traxens senzor na kontejneru.

Izvor: [18].

6.2. Blockchain

Iako je blockchain pojam koji je u modernom vremenu blisko vezan uz trgovanje kripto valutama, tehnologija iza njegove izvedbe se može koristiti da se umanju papirologija vezana uz transport kontejnera. Blockchain se može objasniti kao potpuno digitalna javna knjiga i funkcionira na temelju tehnologije koja omogućuje pristup, izmjenu i provjeru podataka koji se nalaze unutar nje. Navedeni podaci su trajni te neizbrisivi, čak i kada dolazi do izmjene tih podataka. U takvim se slučajevima prvobitna verzija podataka ne briše, već ostaje dostupna za pregled radi transparentnosti. Prijenos podataka kroz blockchain se odvija na način da uređaji međusobno izravno prenose podatke. Budući da između njih ne postoji središnji poslužitelj, podaci se prenose trenutno [21].

Više je načina na koje blockchain pomaže prilikom kontejnerskog prijevoza. Kontejneri se prevoze na temelju teretnice koja predstavlja vrijednost robe svih kontejnera na koje se odnosi te se gubljenjem teretnice stvaraju problemi koji najčešće rezultiraju prekovremenim zadržavanjem tereta u luci. Korištenjem blockchainta se primatelju može izdati jedinstveni token čijom će se predodžbom primatelju kao jedinom posjedniku predati teret [22].

Praćenje pozicije kontejnera je također omogućeno putem blockchainta. Kako kontejneri mogu biti podloženi multimodalnom transportu, digitalni tokeni se izdaju kada kontejneri mijenjaju ruke u transportnom lancu i kada stignu na posljednje odredište. Izdani tokeni služe kao potvrda predaje tereta na ugovorenoj lokaciji, a kako su njihovim izdavanjem promjene na blockchaintu odmah vidljive, mogu služiti za praćenje kontejnera tijekom transporta [22].

Blockchainom se mogu ugovarati i pametni ugovori. Ugovor je izveden kao ‘*if/when...then*’ program te će izvršavati programirane radnje kako se uvjeti ugovora budu ispunjali. Primjer ovoga je naplata prijevoza kontejnera praćenih blockchainom gdje se sredstva prebace tek kada se izvrši prijevoz i izda digitalni token potvrde [21].

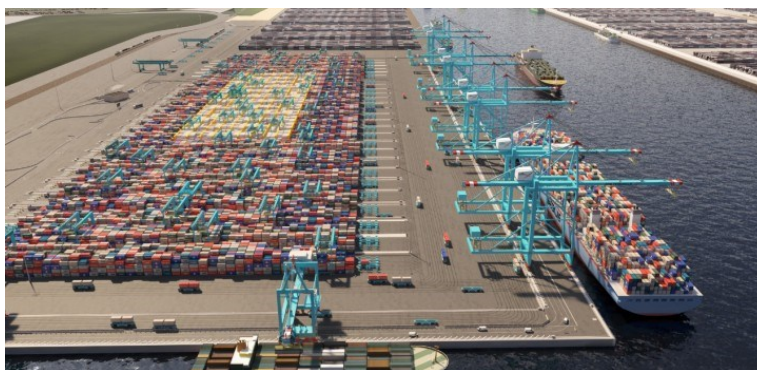
Iako blockchain pruža brži način izvršavanja operacija nego neke tradicionalne radnje, postoji par prepreka uvođenjem ovog sistema u prijevozu, primarno poteškoće u učenju korištenja i visoka količina energije koju sustav zahtijeva kojom negativno utječe na okoliš što se kosi s dugoročnim ciljevima brodarstva [21]. Unatoč tome, prednosti koje blockchain omogućava mogu biti od velike pomoći u smanjenju papirologije i ubrzanju administracijskih poslova.

6.3. Pametne dizalice

Ukrcaj i iskrcaj kontejnera se odvija isključivo putem dizalica, bile one brodske ili lučke. Osposobljeni kadar je obavezan za njihovu uporabu i optimizirano korištenje kako bi se spriječio nastanak štete na kontejnerima i smanjilo vrijeme koje brodovi provode u luci.

Kako bi se smanjio element ljudske pogreške i ubrzao proces pravilnog rukovanja kontejnerima, uvode se pametne dizalice (engl. *Automatic Robot Cranes – ARC*). One obavljaju manipulacije kontejnerima putem umjetne inteligencije ili mogu biti digitalno kontrolirane od lučkog radnika. Ugrađeni senzori im omogućuju samostalno kretanje duž lučkih tračnica bez straha od ljudskih pogibelji i nesreća [23]. Iako su predviđene za samostalni rad, uvijek postoji mogućnost od izvanredne greške u sustavu. Takva greška može dovesti do neželjenog događaja te je stoga najbolje imati zaduženu osobu za nadzor rada dizalice.

Budući da je za rad ovakvih dizalica potrebna uspostavljena mreža računala ili internet, od velike je važnosti da luka ima dobru kibernetičku sigurnost radi obrane od potencijalnih napada. 2017. godine je APM Terminal u Rotterdamu (Slika 16.), autonomni terminal opremljen gore navedenim dizalicama, podlegnuo hakerskom napadu koji je onеспособio terminal u cijelosti. Nakon par dana je stariji dio terminala uspio nastaviti s radom jer je starija tehnologija kojom je opremljen dopustila manipulaciju kontejnerima, ali je potpuno autonomni dio terminala ostao izvan uporabe još neko vrijeme [24].



Slika 16. APM Terminal Rotterdam, nagrađivan kao najproduktivniji terminal u Europi.

Izvor: [17].

Uz sve prednosti koje digitalizacija dovodi u svijet prijevoza kontejnera i općenito, bitno je upamtiti da su umreženi uređaji podložni sličnim napadima u svako vrijeme te primjenjivati zdrav razum prilikom korištenja istih kako bi se izbjegle neželjene posljedice.

6.4. Automatski vođena vozila (AGV)

To su vozila dizajnirana za autonomni prijevoz robe unutar raznih postrojenja, uključujući i lučke kontejnerske terminale. U ovu svrhu su opremljeni sensorima, kamerama i softverom koji im omogućuju kretanje kroz okolinu, izbjegavanje prepreka te pravilno i precizno manipuliranje kontejnerima. Moderne inačice su najčešće osposobljene za prijevoz kontejnera brzinama do 25 km/h sa sposobnošću istovremenog prijevoza do dva TEU kontejnera ili jednog FEU kontejnera. Naredbe dobivaju putem centralnog sustava na kojeg su spojeni bežično [25].

Prednosti koje predstavljaju naspram vozila kojima upravljaju operateri su primarno povećanje učinkovitosti i radne sigurnosti (vozila rade neprestano bez utjecaja ljudskog umora ili radnog vremena omogućujući protok većeg volumena kontejnera) te smanjenje troškova za sve sudionike (brodovi provode manje vremena u luci, luka zahtijeva manje zaposlenika). Kako se moderne inačice grade s električnim pogonom, luke uštede i na trošku goriva te doprinose smanjenju štetnih emisija [26].

Kretanje kroz okolinu im je omogućeno kroz više načina [27]:

- Magnetne trake ili žice ugrađene na pod služe za navođenje vozila, vozilo se kreće fiksnom rutom kada primi elektronsku naredbu,

- Laserska navigacija, navigacija se obavlja emitiranjem laserskih snopova koji se odbijaju od postavljene reflektore natrag na vozilo čime ono kalkulira svoju poziciju prema vremenu potrebnom da se snop vrati,
- Optička navigacija, vozilo se kreće prateći oznake ili linije ucrtane na pod,
- Inercijska navigacija, ugrađeni žiroskop i mjerač ubrzanja služe kako bi mogli utvrditi poziciju vozila nakon pomaka s poznate pozicije,
- GPS navigacija, vozilo se navodi putem GPS uređaja, ova metoda nije podobna za unutrašnje prostore radi ograničenog signala.

Izbjegavanje sudara se odvija putem senzora na vozilima koji otkrivaju prepreke na putu i usporavaju ili zaustavljaju vozilo po potrebi. Vozila se također samostalno zaustavljaju u slučaju nepredviđenog kontakta s osobom ili objektom te su opremljeni gumbom za prisilno gašenje [27].

Kako su ova vozila predviđena za odrađivanje repetitivnih zadataka kao što je transport kontejnera, nisu pogodna za poslove gdje se zahtijeva ljudska prosudba te mala odstupanja od zacrtanih zadataka mogu tražiti naknadno izdavanje naredbi kako bi se održao optimalan rad. Unatoč tome se koriste u vodećim luka diljem svijeta kao što su Rotterdam, Singapur i Šangaj [26].

7. ZAKLJUČAK

Digitalizacija kontejnerskog prijevoza predstavlja transformacijsku promjenu u pomorskom sektoru, poboljšavajući učinkovitost, transparentnost i održivost. Usvajanje navedenih tehnologija mogu značajno umanjiti troškove sudionika u transportu kontejnera te optimizirati administracijske poslove. Njihovim uvođenjem se ne poboljšava samo brzina i točnost rukovanja kontejnerima, već se povećava i sigurnost i povjerenje među svim sudionicima transporta. Osim toga, ona omogućuje i bolje upravljanje resursima, smanjuje štetan utjecaj na okoliš i povećava konkurentnost brodarskih kompanija na globalnom tržištu. Kako industrija nastavi s usvajanjem digitalnih rješenja, biti će bolje opremljena za ispunjavanje rastućih zahtjeva globalne trgovine, a u isto vrijeme rješava probleme održivosti i učinkovitosti. Uspješno integriranje ovih digitalnih alata traži usklađenje napora u smislu ulaganja, obuke i suradnje između sudionika u industriji. Kako tehnologija svakim danom napreduje te regulacija pritišće velike zagađivače okoliša, od industrije prijevoza kontejnera će se očekivati

fleksibilnost u prilagodbi novim tehnološkim rješenjima kako bi mogli nastaviti s poslovanjem i ostati konkurentni.

LITERATURA

1. Karmelić, J. U povodu 50-te godišnjice početka kontejnerizacije, udk 656.61.073.235(091), Pomorski zbornik 43 (2005.)1, 327-333. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/79661> (20.05.2024.)
2. Randy, A. April 26, 1956: The Container Ship's Maiden Voyage, WIRED. Dostupno na: <https://www.wired.com/2012/04/april-26-1956-the-container-ships-maiden-voyage/> (20.05.2024.)
3. Mišković, D., Ivče, R., Popović, M. Tehnološki razvoj kontejnerskog broda kroz povijest. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/227062> (20.05.2024.)
4. Ivović, J. Razvoj kontejnerizacije u pomorstvu svijeta, Promet, vol. 2. br. 1-2, 1990, 81-88, dostupno: <https://traffic.fpz.hr/index.php/PROMTT/article/view/351/214> (20.05.2024.)
5. Belamarić, G. Tehnologija prijevoza kontejnera. Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2014. Dostupno na: <https://www.scribd.com/document/326365214/No-1-Tehnologija-Prijevoza-Kontejnera> (22.05.2024.)
6. Belamarić, G. Tehnologija prijevoza kontejnera i ro-ro tehnologija. Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2011. Dostupno na: <https://www.scribd.com/doc/48171699/PRIRUCNIK-ZA-KONTEJNERE-STUDENTI> (25.05.2024.)
7. Županović, I. Tehnologija cestovnog prijevoza. Dostupno na: [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_cestovnog_prometa_\(1\)/Materijali/I_Zupanovic-_Tehnologija_cestovnog_prijevoza_30.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_cestovnog_prometa_(1)/Materijali/I_Zupanovic-_Tehnologija_cestovnog_prijevoza_30.pdf) (27.05.2024.)
8. Prometna zona: Kontejneri i kontejnerizacija. Dostupno: <https://www.prometna-zona.com/kontejneri-i-kontejnerizacija/> (27.05.2024.)
9. Vranić, D., Kos, S. Morska kontejnerska transportna tehnologija I. Rijeka, 2008.
10. Balci, G. Digitalization in container shipping: Do perception and satisfaction regarding digital products in a non-technology industry affect overall customer loyalty?, Technological Forecasting and Social Change, Volume 271, 2021. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162521004480> (30.05.2024.)
11. Lotus Containers: Digitalization in the Shipping Industry, 2024. Dostupno na: <https://www.lotus-containers.com/en/digitalization-in-shipping-industry/> (31.05.2024.)

12. The Cooperative: The benefits of digitalising container operations, 2023. Dostupno na: <https://www.thecooperativelogisticsnetwork.com/blog/2023/05/31/advantages-of-digitizing-ocean-freight-shipping-operations/> (31.05.2024.)
13. Yara Birkeland. Dostupno na: <https://www.yara.com/news-and-media/media-library/press-kits/yara-birkeland-press-kit/> (04.06.2024.)
14. MSC opet ruši sve rekorde: Isporučena MSC Irina od nevjerovatnih 24.346 TEU, 2023. Dostupno na: <https://pomorac.hr/2023/03/14/msc-opet-rusi-sve-rekorde-isporucena-msc-irina-od-nevjerojatnih-24-346-teu/> (04.09.2024.)
15. SDC Ship Design & Consult GmbH, 1300 TEU Fast Container Carrier. Dostupno na: <http://www.shipdesign.de/html/index.php?navi=3&navi2=7&navi3=39> (20.08.2024)
16. Evolution of Container Ships. Dostupno na: <https://transportgeography.org/contents/chapter5/maritime-transportation/evolution-containerships-classes/> (20.08.2024)
17. APM Terminals Rotterdam awarded as the Most Productive Terminal in Europe, 2015. Dostupno na: <https://www.vesselfinder.com/news/4341-APM-Terminals-Rotterdam-awarded-as-the-Most-Productive-Terminal-in-Europe> (22.08.2024)
18. Traxens Raises 23M€ and Acquires NEXT4 With Goal To Become the World Leader of Shipping Container Tracking, 2022. Dostupno na: <https://www.traxens.com/press/traxens-raises-23meu-and-acquires-next4-with-goal-to-become-the-world-leader-of-shipping-container-tracking> (22.08.2024)
19. Data Ports: Smart Containers. Dostupno na: <https://dataports-project.eu/smart-containers/> (22.08.2024)
20. MSC continues its investment in smart containers, 2018. Dostupno na: <https://www.shippingandfreightresource.com/smart-containers-from-msc/> (22.08.2024)
21. Blockchain shipping: What is it and why is it important?, 2022. Dostupno na: https://www.container-xchange.com/blog/blockchain-shipping/#smart_contracts_in_blockchain_shipping_what_are_they (23.08.2024)
22. Where have you been? Blockchain for tracking goods in trade, 2019. Dostupno na: <https://www.hinrichfoundation.com/research/tradevistas/tech/blockchain-tracking-trade/> (23.08.2024)
23. Automated Robot Cranes for Safer Ports, 2020. Dostupno na: <https://www.gihub.org/infrastructure-technology-use-cases/case-studies/automated-robot-cranes-for-safer-ports/> (24.08.2024)

24. Smart port in Rotterdam confounded by cyber attack, 2017. Dostupno na:
<https://www.dutchnews.nl/2017/06/smart-port-in-rotterdam-confounded-by-cyber-attack/>
(24.08.2024)
25. Quick Guide: Maritime AGV (Automated Guided Vehicles), 2024. Dostupno na:
<https://www.shipuniverse.com/quick-guide-maritime-agv-automated-guided-vehicles/>
(04.09.2024)
26. Automated Guided Vehicles - Robotics for cargo operations efficiency. Dostupno na:
<https://www.intelligentcargosystems.com/academy/automated-guided-vehicles>
(04.09.2024)
27. What is an Automated Guided Vehicle (AGV)?, 2024. Dostupno na:
<https://www.autostoresystem.com/insights/what-is-an-automated-guided-vehicle-agv>
(04.09.2024)

POPIS SLIKA

Slika 1. Kontejnerski brod Ideal X.	2
Slika 2. Dizajn kontejnerskog broda.	4
Slika 3. Generacije kontejnerskih brodova.	5
Slika 4. Druga generacija brodova za prijevoz kontejnera.....	6
Slika 5. Brod treće generacije.	7
Slika 6. M/b „APL President Truman“.	8
Slika 7. Peta generacija kontejnerskih brodova.	8
Slika 8. Brod „Emma Maersk“ sa prikazom broja pretovarnih dizalica koji opslužuju brod da bi se minimaliziralo vrijeme boravka u luci.	9
Slika 9. Kontejnerski brodovi bez grotala.	11
Slika 10. Kontejnerski brod za prijevoz kontejnera sa hlađenim teretom.....	11
Slika 11. Kontejnerski putnički brod.....	11
Slika 12. Kontejner.....	13
Slika 13. Manualni procesi i potrebno vrijeme za njih u brodarskom prijevozu.	20
Slika 14. Usporedba ručnog načina rada i načina rada koji je omogućila digitalizacija.	21
Slika 15. Traxens senzor na kontejneru.	24
Slika 16. APM Terminal Rotterdam, nagrađivan kao najproduktivniji terminal u Europi.	26