

Konstrukcijska i manevarska obilježja tegljača

Čizmar, Matija

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:187:315330>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-02**



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**

MATIJA ČIZMAR

**KONSTRUKCIJSKA I MANEVARSKA OBILJEŽJA
TEGLJAČA**

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, rujan 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**KONSTRUKCIJSKA I MANEVARSKA OBILJEŽJA
TEGLJAČA**

**CONSTRUCTIONAL AND MANEUVERING FEATURES OF
THE TUGBOAT**

**ZAVRŠNI RAD
BACHELOR THESIS**

Kolegij: Tehnika rukovanja brodom

Mentor: prof.dr.sc. Robert Mohović

Student/studentica: Matija Čizmar

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112083140

Rijeka, rujan 2024.

Student/studentica: Matija Čizmar

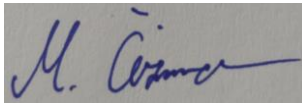
Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112083140

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom *Konstruktivska i manevarska svojstva tegljača* izradio/la samostalno pod mentorstvom *prof. dr. sc. Roberta Mohovića*. U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezao/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink, which appears to read 'M. Čizmar'.

(potpis)

Matija Čizmar

Student: Matija Čizmar

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

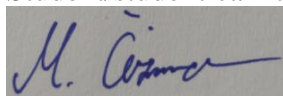
JMBAG: 0112083140

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu 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/studentica – autor



(potpis)

Matija Čizmar

SAŽETAK

U uvodnom dijelu rada se raspravlja o razvoju tegljača od 19. stoljeća, s naglaskom na tehnološki napredak u sustavima propulzije, konstrukcije trupa i teglene opreme. Poglavlje „Povijesna i tehnološka obilježja tegljača“ daje pregled povijesnog razvoja tegljača, počevši od upotrebe čamaca do izuma parnih strojeva koji su revolucionirali dizajn tegljača. Prati se kronološka revolucija od ranih izvedbi parom pokretanih tegljača do suvremenih tegljača pogonjenih dizelskim motorima. U poglavlju „Konstrukcijske i manevarske karakteristike lučkih tegljača“ obrađene su konstrukcijske značajke lučkih tegljača, s naglaskom na pomoćne sustave poput bokobrana, kuka za tegljenje, teglenih konopa i vitla. Također se definiraju i tegljači prema vrstama propulzije, kao što su konvencionalni tegljači i ASD tegljači sa krmenom propulzijom te traktor tegljači s cikloidnom ili azimutnom propulzijom smještenom prema pramčanom dijelu. Rad objašnjava metode koje se koriste u operacijama tegljača, uključujući direktno i indirektno tegljenje, djelovanje ne boku broda te kombinirano guranje i povlačenje. Također se istražuje interakcija tegljača s brodovima tijekom operacija pristajanja i isplovljavanja, kao i pozicioniranje i pratnja brodova. Rad također obuhvaća dijagrame vučne sile i analizu sigurnosnih aspekata operacija tegljača.

Ključne riječi: tegljači, povijest tegljača, propulzijski sustavi, konstrukcija trupa, vučna oprema, lučki tegljači, pomoćni sustavi, kuke za tegljenje, konvencionalni tegljači, ASD tegljači, cikloidna propulzija, azimutna propulzija, direktna metoda, indirektna metoda, interakcija tegljača i broda, pozicioniranje tegljača, vučna sila

SUMMARY

The introductory part of the paper discusses the development of tugboats since the 19th century, with an emphasis on technological progress in propulsion systems, hull construction and traction equipment. The chapter "Historical and technological features of tugboats" provides an overview of the historical development of tugboats, starting with the use of boats and the invention of steam engines that revolutionized the design of tugboats. The chronological revolution is traced from the early versions of steam-powered tug boats to modern tug boats powered by diesel engines. In the chapter "Construction and maneuvering characteristics of harbor tugs", the construction features of harbor tugs are discussed, with an emphasis on auxiliary systems such as fenders, towing hooks, towing lines and winches. Tugs are also defined according to the types of drives, such as conventional tugs and ASD tugs with stern propulsion and tractor tugs with cycloidal or azimuth propulsion located towards the bow. The paper explains the methods used in tugboat operations, including direct and indirect towing, and combined push and pull. The interaction of tugboats with ships during the docking and departure operation, as well as the positioning and escorting of ships, is also investigated. The paper also charts traction force and analyzes the safety aspects of tugboat operations.

Keywords: tugboats, history of tugboats, propulsion systems, hull construction, towing equipment, harbor tugboats, auxiliary systems, towing hooks, conventional tugboats, ASD tugboats, cycloidal propulsion, azimuth propulsion, direct method, indirect method, tugboat-ship interaction, tugboat positioning, traction force

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	II
SADRŽAJ	III
1. UVOD	1
2. POVIJESNA I TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA TEGLJAČA	2
2.1. POVIJESNI RAZVOJ TEGLJAČA	2
2.2. PODJELA TEGLJAČA S OBZIROM NA PODRUČJE DJELOVANJA..	6
2.2.1. Lučki tegljači	6
2.2.2. Oceanski tegljači	8
2.2.3. Riječni tegljači	10
2.3. TEGLJAČI POSEBNIH NAMJENA	10
2.3.1. Vatrogasni tegljači	10
2.3.2. Tegljači ledolomci	12
3. KONSTRUKCIJSKE I MANEVARSKE KARAKTERISTIKE LUČKIH TEGLJAČA	12
3.1. POMOĆNI SUSTAVI LUČKIH TEGLJAČA	13
3.1.1. Sustav bokobrana	13
3.1.2. Položaj kuke tegljača te utjecaj na sigurnost i manevarska svojstva	15
3.1.3. Vitla za tegljenje.....	21
3.1.4. Tegleni konopi	23
3.2. PODJELA LUČKIH TEGLJAČA S OBZIROM NA SMJEŠTAJ I VRSTU PROPULZIJE	26
3.2.1. Smještaj propulzije na krmi	26
3.2.1.1. <i>Konvencionalni tegljači</i>	26
3.2.1.2. <i>ASD tegljači</i>	29
3.2.1.3. <i>Obrnuti traktor tegljači</i>	31
3.2.2. Smještaj propulzije prema pramčanom dijelu tegljača.....	32
3.2.2.1. Traktor tegljači sa cikloidnom propulzijom	33
3.2.2.2. Traktor tegljači sa azimutnom propulzijom smještenom prema pramcu	35

3.3. VUČNA SILA TEGLJAČA	36
3.4. OPERACIJA POZICIONIRANJA I PRIHVAT JEDNOG TEGLJAČA.....	42
3.5. SIGURNOSNI ASPEKT DJELOVANJA JEDNOG TEGLJAČA TIJEKOM INTERAKCIJE S BRODOM KOJEMU ASISTIRA	43
3.5.1. Interakcija tegljača na pramcu broda	45
3.5.2. Interakcija tegljača u manevru prihvata teglenog konopa na pramcu broda	46
3.5.3. Interakcija tegljača na krmi broda	47
3.5.4. Interakcija tegljača u manevru prihvata teglenog konopa na krmi broda	48
4. METODE I VRSTE DJELOVANJA TEGLJAČA	50
4.1. DIREKTNA METODA TEGLJENJA	50
4.2. INDIREKTNA METODA TEGLJENJA.....	51
4.3. TEGLJENJE NA TEGLENOM KONOPU I DJELOVANJE JEDNOG TEGLJAČA..	53
4.4. DJELOVANJE JEDNOG TEGLJAČA BEZ TEGLENOM KONOPA	57
4.4.1. Djelovanje jednog tijekom pristajanja broda obalnom vezu bez upotrebe teglenog konopa	59
4.5. TEGLJENJE NA TEGLENOM KONOPU I DJELOVANJE DVAJU TEGLJAČA.....	60
5. MANEVAR PRISTAJANJA I PRIVEZA, ODVEZA I ISPLOVLJENJA TE OKRETA BRODA UZ ASISTENCIJU DVAJU TEGLJAČA	62
5.1. KOMBINACIJA POVLAČENJA I POTISKIVANJA ZA VRIJEME PRISTAJANJA BRODA OBALNOM VEZU	62
5.2. ASISTENCIJA DVAJU TEGLJAČA TIJEKOM ODVEZA I ISPLOVLJENJA BRODA SA OBALNOG VEZA	64
5.3. MANEVAR OKRETA BRODA UZ ASISTENCIJU DVA TEGLJAČA	65
5.4. PRIKAZ MANEVARA PRISTAJANJA BRODA OBALNOM VEZU UZ POMOĆ DVAJU TEGLJAČA	66
5.5. PRIKAZ MANEVARA ISPLOVLJENJA BRODA SA OBALNOG VEZA UZ POMOĆ DVAJU TEGLJAČA.....	67
6. PRATNJA BRODA TEGLJAČIMA.....	69
6.1. PRATNJA BRODA S PRIHVAĆENIM TEGLENIM KONOPIMA.....	69

6.2. PRATNJA BRODA BEZ PRIHVAĆENIH TEGLENIH KONOPA	71
7. ZAKLJUČAK.....	73
LITERATURA	74
POPIS SLIKA.....	75
POPIS TABLICA	78

1. UVOD

Tegljači su jedni od najvažnijih specijaliziranih brodova u pomorskoj industriji, neophodni za sigurno i efikasno obavljanje operacija u lukama, kanalima, uskim morskim prolazima te u brojnim drugim specifičnim uvjetima plovidbe. Rad ima za cilj detaljno istražiti povijesni razvoj tegljača, njihovu konstrukciju, tehnologiju, te operativne metode koje se primjenjuju u svakodnevnim lučkim operacijama.

Razvoj tegljača započinje još u 19. stoljeću kada su se počeli koristiti parni strojevi, što je označilo prekretnicu u njihovoj funkcionalnosti i primjeni. S vremenom su parni strojevi zamijenjeni dizelskim motorima, što je dovelo do daljnjeg povećanja učinkovitosti i pouzdanosti ovih plovila. Uvođenjem novih materijala za izgradnju trupa, poput čelika umjesto drva, te napretkom u dizajnu propulzijskih sustava, tegljači su postali sposobni za izvođenje složenih manevara, često u iznimno zahtjevnim uvjetima.

Ovaj rad će detaljno razmotriti različite vrste tegljača, kao što su lučki tegljači, oceanski tegljači te specijalizirani tegljači poput vatrogasnih tegljača i tegljača ledolomaca. Svaka od ovih kategorija analizira konstrukcijske karakteristike, uključujući oblik trupa, vrstu i položaj propulzijskih sustava, te ostalu opremu koja omogućuje sigurnu i efikasnu plovidbu i manevriranje.

U kontekstu tehnološkog napretka, rad će se baviti i sustavima upravljanja tegljača, poput azimutnih porivnika, cikloidne propulzije, te modernih dizel-električnih pogona. Analizirat će se prednosti i nedostaci svake tehnologije, s posebnim naglaskom na utjecaj na manevrabilnost, potrošnju goriva, te operativne troškove.

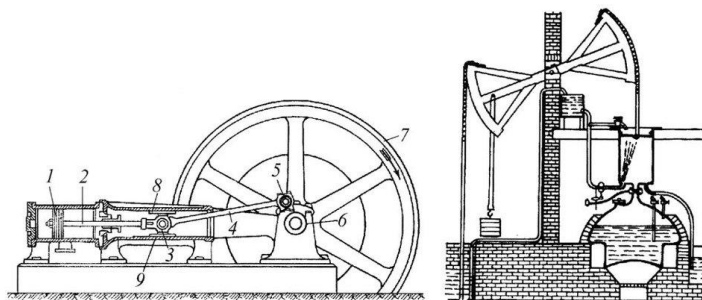
Rad će prikazati i korištenje specijaliziranih sustava poput vitla, kuka za tegljenje te sustava bokobrana, koji omogućuju sigurnu interakciju i asistenciju drugim plovilima. Rad će također obraditi operativne metode koje se primjenjuju u svakodnevnim situacijama, uključujući direktno i indirektno tegljenje te kombinirane metode guranja i povlačenja.

2. POVIJESNA I TEHNOLOŠKA OBILJEŽJA TEGLJAČA

Poglavlje razmatra povijesni razvoj tegljača, počevši od tehnološki jednostavnih plovila, koja su se koristila za operacije tegljenja i asistiranja plovilima u lukama. Uvođenje parnih strojeva u 19. stoljeću revolucioniralo je tegljače, omogućivši veću snagu te širu primjenu u vuči i manevriranju. S vremenom su parni strojevi zamijenjeni dizelskim motorima, donoseći veću učinkovitost i pouzdanost. Poglavlje također ističe razvoj specijaliziranih tegljača, poput vatrogasnih i ledolomaca, koji su dizajnirani za specifične operacije, prilagođavajući se potrebama moderne pomorske industrije.

2.1. POVIJESNI RAZVOJ TEGLJAČA

Tehnološki razvoj tegljača započeo je još u 19. stoljeću. Prije pojave prvih tegljača za pomoć pri manevriranju većih brodova koristili su se čamci na vesla. Prva značajna prekretnica u industriji brodogradnje događa se u trenutku izuma parnoga stroja. Parni stroj kao posljedica Industrijske revolucije značajno mijenja tehnička i manevarska svojstva brodova toga doba. Parni stroj i kotač sa lopaticama zamjenjuje vesla a samim time dolazi do poboljšanja snage i efikasnosti tegljača. Ideja prvih tegljača pogonjenih parnim strojem ostvarena je prenamjenom starih jahti. Parni stroj kao glavni i osnovni pogonski uređaj takvih tegljača, koristi vrlo jednostavan princip rada. Sastavni dijelovi parnoga stroja obuhvaćaju: klip, stapajicu, križnu glavu, ojnicu, osno koljeno, koljenastu osovinu, kliznu papuču, klizalicu te zamašnjak.¹



Slika 1. Parni stroj

Izvor: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/parni-stroj>

¹Parni stroj. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024. Pristupljeno 13.6.2024. <<https://www.enciklopedija.hr/clanak/parni-stroj>>.

Osnovni način rada parnoga stroja jest pretvorba energije vodene pare u mehanički rad. Para se proizvodi u kotlu te dovodi u cilindar. Pomoću pare u cilindru dolazi do stvaranja tlaka koji zatim djeluje na stap. Za postizanje rotacijskog gibanja pogonskog vratila pretvara se pravocrtno gibanje stapa između krajnjih položaja u cilindru. S obzirom na navedeni tehnološki napredak, prvim tegljačem smatra se „Charlotte Dundas“. Slijedeću veliku revoluciju u brodograđevnoj industriji ostvarila je industrija SAD-a izumom vijčanog pogona. Vijčani pogon u potpunosti zamjenjuje pogon s lopaticama a sredinom 19. stoljeća poprima dosadašnji oblik. Nedugo nakon poboljšanja propulzije vijčanim pogonom, dolazi i do razvoja dizelskih motora. Dizelski motori za razliku od starih parnih strojeva, pružali su veće konjske snage a samim time i bolja manevarska svojstva tegljača.

Brodski dizel motori u odnosu na stare parne motore imaju dobru ekonomičnost, lako paljenje i značajno manje vibracije. Svakako bez obzira na sve navedene prednosti koje nude novi motori s unutarnjim izgaranjem, upotreba parnih strojeva odvila se sve do 1950.-ih godina kada je dizelski motor u potpunosti zamijenio parni stroj. Prema broju okretaja, motori s unutarnjim izgaranjem dijele se na sporohodne (< 250 okr./min.), srednjehodne (250-750 okr./min.) te brzohodne (> 750 okr./min.). Osim značajnog razvoja u propulziji i pogonskim strojevima tegljača, došlo je i do razvoja samoga trupa tegljača. Osnovni materijal za izradu novih tegljača postaje željezo koje u potpunosti zamjenjuje stare drvene konstrukcije. Osnovna prednost korištenja željeza u industriji brodogradnje jest upravo svojstvo čvrstoće i visoke izdržljivosti željeza kao materijala. Za razliku od drva, željezni trup broda pa tako i tegljača, otporniji je na veće vanjske ali i unutarnje sile. Primjenom željeza kao osnovnog brodograđevnog materijala, dolazi do povećanja trupa tegljača. Trup tegljača povećao se od 25 do 35 m dužine. Povećanjem trupa dolazi do izrazito dobrih manevarskih sposobnosti uzrokovanih velikim pogonskim snagama ali i izrazito dobrim stabilitetom². Razvojem pomorske industrije 20.-og stoljeća, dolazi do izgradnje prvog oceanskog tegljača. Razvojem tehnologije i poboljšanjem konstrukcije trupa dolazi do raznih primjena tegljača u pomorskoj industriji. Za razliku od starih i slabijih tegljača po prvi puta se tegljači počinju koristiti i na otvorenome moru. Tegljač „Zwarte zee“ smatra se prvim tegljačem koji je uspješno pokrenuo eru velikih i snažnih tegljača sposobnih za obavljanje poslova na otvorenome moru. Dimenzija tegljača povećala se na značajnih 77.50 m. Povećanjem duljine tegljača posljedično dolazi i do povećanja snage.

²Edward M. Brady - Tugs, Towboats and Towing - str. 2-4

Tegljača su pogonila dva Smith-M.A.N. turbo dizel motora pritom ostvarujući 9000 konjskih snaga te 18 čvorova brzine.



Slika 2. Oceanski tegljač Zwarte Zee

Izvor: <https://www.shipnostalgia.com/media/zwarte-zee.468256/>

Nova generacija tegljača nastaje 1999. godine pod nazivom rotor tegljači. Rotor tegljači specifični su po svojim izvrsnim manevarskim obilježjima pogonjenim sa tri azimutna porivnika. Položaj porivnika postavljen je tako da su dva porivnika pozicionirana prema pramcu kao kod traktorskog tegljača a treći porivnik u središnjoj liniji prema krmi. S obzirom na takav položaj porivnika, rotor tegljači odlikuju se sposobnosti zakretanja u vlastitoj dužini čime se ubrzava proces pozicioniranja tegljača u odnosu na asistirani brod. Osim izuzetno visokog stupnja učinkovitosti prilikom djelovanja u ograničenim prostorima manevriranja, ovi tegljači imaju silu povlačenja jednaku kao i traktor tegljači sa azimutnim porivnicima³.

³Types of tugs - <https://www.shiphandlingpro.com/copy-of-tugs>



Slika 3. Rotor tegljač

Izvor: <https://www.motorship.com/robert-allan-androtortug-to-cooperate/412253.article>

Nedugo nakon razvoja rotor tegljača, 2000. godine pojavljuje se novi dizajn tegljača sa azimutnim porivnicima smještenima na krmu. ASD tegljači odnosno Azimuth Stern Drive tegljači. Ovisno o dizajnu ovih tegljača, osim azimutne propulzije na krmu bili su opremljeni i sa pramčanim porivnikom koji je dodatno olakšavao operacije asistiranja.⁴

Jedan od zadnjih tehnoloških razvoja tegljača bio je „Carrousel tug“ . Osnovno svojstvo ovog tegljača jest razvoj rotacijskog prstena tegljača čime se postiže laka operacija vuče pritom dajući mogućnost premještanja s pramca na krmu ili suprotno. Položajem rotacijskog prstena u sredini tegljača, postignuto je veliko poboljšanje po pitanju stabilnosti. Zbog posebne konstrukcije i mogućnosti korištenja većih hidrodinamičkih sila, dolazi do smanjena potrošnje goriva i manjeg zagađenja okoliša.⁵

⁴Types of tugs - <https://www.shiphandlingpro.com/copy-of-tugs>

⁵Types of tugs - <https://www.shiphandlingpro.com/copy-of-tugs>



Slika 4. „Carrousel tug“

Izvor: <https://forcetechnology.com/en/articles/mathematical-model>

2.2. PODJELA TEGLJAČA S OBZIROM NA PODRUČJE DJELOVANJA

Poglavlje razmatra razvoj konstrukcijskih elemenata tegljača, s posebnim naglaskom na oblik i strukturu trupa. Analiziraju se inovacije u materijalima i dizajnu trupa koje su omogućile veću otpornost, stabilnost i manevriranje u teškim uvjetima plovidbe. Ovo poglavlje obuhvaća prijelaz od drvenih do čeličnih trupova koji povećavaju njegovu izdržljivost i operativnu efikasnost. Također, poglavlje razmatra evoluciju hidrodinamičkih svojstava trupa, koja omogućuju bolju kontrolu i ekonomičniju potrošnju goriva tijekom operacija tegljenja.

2.2.1. Lučki tegljači

Lučki tegljači karakteristični su po izvrsnim manevarskim obilježjima, manjim dimenzijama i velikom snagom pogonskih strojeva. Zbog velike snage pogonskih strojeva te manjih dimenzija, uspješno djeluju unutar lučkoga akvatorija. U većini zemalja pomoć tegljača prilikom uplovljavanja ili isplovljavanja brodova velikih dimenzija je obavezna. Asistencija tegljača uz izvrsno znanje lučkih pilota, garantirano jamči maksimalni aspekt sigurnosti pritom smanjujući rizik od sudara, udara ili nasukanja brodova kojima se asistira.

Osnovna uloga lučkih tegljača dijeli se na:

- asistenciju plovilu u manevrima pristajanja i isplovljenja,
- asistenciju plovilu prilikom okreta u ograničenom prostoru,
- asistenciju zaustavljanja plovila,
- za tegljenje, guranje ili pomoć plovilu koje je ostalo bez pogona ili upravljanja,
- pratnja velikih brodova tijekom isplovljenja iz lučkog akvatorija.

Klasifikacija lučkih tegljača može se podijeliti i prema međusobnom smještaju kuke i propulzije tegljača. S obzirom na navedeno, osnovna klasifikacija tegljača dijeli se na tegljače sa kukom smještenom na sredini te propulzijom na krmi. Ovakav smještaj kuke za tegljenje i propulzije karakterističan je za konvencionalne tegljače. S druge strane, smještaj kuke na krmi te propulzije prema pramcu odlikuje traktor tegljače pogonjene azimutnim porivnicima ili cikloidnom propulzijom.⁶



Slika 5. Lučki tegljač

Izvor: <https://www.bairdmaritime.com/wpri-boat-world/tug-and-salvage/harbour-tugs-and-operation/vessel-review-magni-icelands-tug-fleet-gets-a-boost-with-powerful-new-tug/>

⁶ Captain Henk Hensen - second edition – a practical guide - str. 9

Zbog široke primjene lučkih tegljača u pomorskoj industriji, važan čimbenik jest konstrukcija trupa tegljača. Zbog prirode posla koju obavljaju, lučki tegljači asistiraju plovilima raznih veličina. Konstrukcijska izvedba kormilarnice mora jamčiti dobru vidljivost koja omogućava pregled od 360°. Na taj način ostvaruje se idealna vidljivost na pramčani i krmeni dio tegljača, plovilo kojemu se asistira ali i opremu za tegljenje. Moderni lučki tegljači unutar kormilarnice imaju postavljenu jednu upravljačku jedinicu te pojednostavljen smještaj navigacijskih instrumenata poput radara te komunikacijskih sustava. Prilikom obavljanja asistencije, lučki tegljači mogu primiti s broda tegleni konop ili ga predati istome.⁷

Zbog velikih razlika u konstrukciji trupa i propulzije koja se primjenjuje, tegljače možemo podijeliti na:

- konvencionalne tegljače
- ASD tegljače
- traktor tegljače s azimutnom ili cikloidnom propulzijom
- obrnute traktor tegljače
- kombinirane tegljače

Zbog čestih asistencija na otvorenom moru, lučki tegljači moraju zadovoljiti dva uvjeta stabiliteta. Zahtijevana metacentarska visina tegljača u lučkom području iznosi 0,76 do 0,91 m ali zbog utjecaja sile valova na otvorenom moru, ovaj iznos metacentarske visine ne odgovara te se ispravlja ugradnjom dodatnih tankova.⁸

2.2.2. Oceanski tegljači

Oceanski tegljači zbog svojih dimenzija i tehnoloških karakteristika mogu obavljati poslove tegljenja na svim otvorenim morima. Duljina trupa oceanskih tegljača varira od 40 do 90 m pritom ostvarujući snagu porivnih strojeva veću od 5000 KS. Zbog velikih udaljenosti koju ovi tegljači postižu, moraju zadovoljiti potrebe u aspektu kapaciteta goriva te života posade. Zbog ne kontroliranih uvjeta u kojima ovi tegljači djeluju, stupanj sigurnosti mora biti visok. Trup tegljača izrađen je od čvrste čelične konstrukcije u kombinaciji s poprečnim i uzdužnim pregradama. Unutar trupa tegljača smješteni su tankovi svježe vode, balastni tankovi te tankovi goriva. Pramac tegljača u odnosu na tegljače druge namjene, postavljen je izrazito

⁷Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 10.-14.

⁸Božo Biočić - Vladimir Jurić - Tegljači - Brodospas Split 1974. - str. 26.

visoko te na taj način zatvara pramčanu palubu. Moderni tegljači u pramčanom dijelu sadrže i sudarnu pregradu koja se proteže od glavne palube. Na pramčanom dijelu također se nalazi i bitva za prihvat teglenog konopa. Iza nadgrađa nalazi se slobodna krmena paluba s komandnim mjestom zapovjednika za operacije ispuštanja teglenog konopa. Također, na krmenom palubnom dijelu nalazi se i velika bitva za tegljenje pomoću koje se pružaju vodilice za čelik čela. Po pitanju pogonskih strojeva, ovi tegljači pogonjeni su dizelskim motorima te osovinskim vodom povezanim propelerima sa zakretnim krilima. Zbog svoje namijene i velikih kapaciteta goriva, ovi tegljači opremljeni su i evaporatorom za pitku vodu. Generatori tegljača služe za opskrbu električnom energijom a osim vlastitih potreba mogu napajati i druge plovne objekte. Zbog velikih pogonskih snaga, sila vuče tegljača može iznositi čak do 390 t. Tegljači su opremljeni dobrim komunikacijskim i navigacijskim uređajima kako bi se osigurala što sigurnija plovidba. Namjena ovih tegljača najviše je primijenjena u off-shore industriji. Zbog velike sile vuče, najviše se koriste za tegljenje fiksnih ili pomičnih konstrukcija, uključujući postrojenja namijenjena istraživanju, bušenju, proizvodnji ili preradi nafte i plina. Također, osim standardne operacije tegljenja mogu služiti i kao tegljači za spašavanje ili pružanje pomoći unesrećenim brodovima na otvorenom moru.⁹



Slika 6. Oceanski tegljač

Izvor: <https://gcaptain.com/new-long-haul-tug-alp-striker-310-ton-bollard-pull/>

⁹Božo Biočić - Vladimir Jurić - Tegljači-Brodospas Split 1974. - str. 43.-47.

2.2.3. Riječni tegljači

Područje djelovanja riječnih tegljača obuhvaća djelovanja na rijekama i unutrašnjim vodama. Za razliku od tegljača drugih namjena koji djeluju u lučkim područjima ili na otvorenom moru, riječni tegljači suočeni su s velikim brojem prepreka kao što su mostovi, jake riječne struje i područja male dubine. Ovisno o dizajnu riječnog tegljača, dužina trupa iznosi 20 do 30 m pritom ostvarujući snagu pogonskih strojeva do 10 000 KS. Za razliku od tegljača koji djeluju na moru, riječni tegljači pretežito obavljaju djelatnost pomoću metode guranja. Najčešći oblik riječnog transporta vrši se pomoću teglenica koje mogu prenositi tekući, suhi ili teški teret. Upravo iz tog razloga, pramac tegljača dizajniran je kvadratno, dodatno ojačan čeličnim pločama. Riječni tegljači većih dimenzija najčešće su opremljeni sa četiri snažna vitla smještena na pramčanom dijelu te palubnom dizalicom na krmi. Broj posade seže do devet članova a nadgrađe tegljača podijeljeno je na tri palube. Kormilarnica tegljača mora biti dovoljno visoko postavljena kako bi se osigurala što bolja vidljivost preko tegljeva koje tegljač potiskuje. Prilikom operacije tegljenja, teglenice i tegljač učvršćene su kao cjelina pomoću čega se osiguravaju bolja manevarska svojstva ali i upravljanje¹⁰.

2.3. TEGLJAČI POSEBNIH NAMJENA

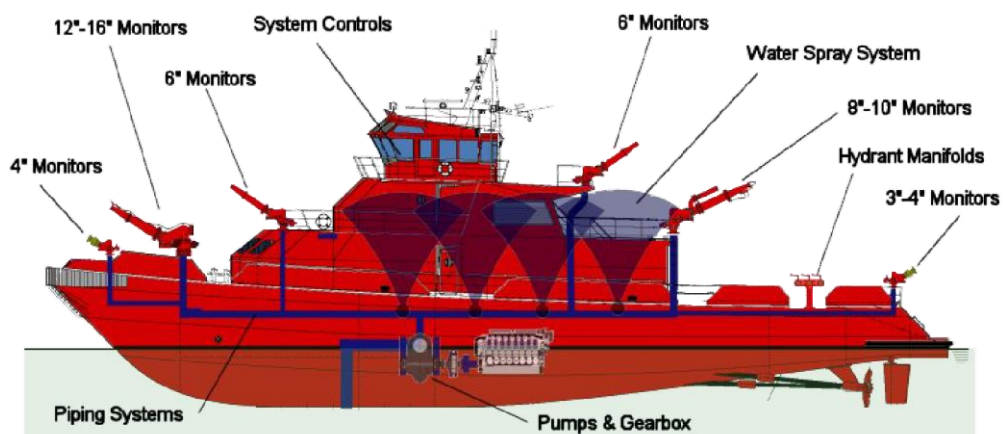
Poglavlje razmatra tegljače posebnih namjena te njihovu različitu primjenu u pomorstvu. Opisuje se kako su tegljači dizajnirani i prilagođeni za obavljanje složenih zadataka poput gašenja požara, operacija spašavanja unesrećenih plovila te djelovanje u područjima leda.

2.3.1. Vatrogasni tegljači

Vatrogasni tegljači spadaju u kategoriju brodova posebnih namjena pritom djelujući u pomoći prilikom gašenja požara u luci, obali ili na unesrećenom plovilu. Duljina ovih tegljača seže do 35 m, čeličnog su trupa te su pogonjeni dizelskim motorima. Zbog prirode posla koju obavljaju, vatrogasni tegljači moraju biti vrlo pouzdana plovila pritom spremna za djelovanje u vrlo kratkom vremenskom periodu. Tegljači su opremljeni jakim centrifugalnim pumpama te složenim potpalubnim sustavom cjevovoda pomoću kojih ostvaruju kapacitet pumpanja vode od desetak tisuća litara u minuti. Usis pumpe tegljača spojen je direktno u more što istovremeno

¹⁰ Edward M. Brady - Tugs, Towboats and Towing - str. 5-7

čini neograničen izvor sredstva za gašenje. Osim morske vode, vatrogasni tegljači mogu koristiti i pjenu koja se miješa s vodom radi postizanja boljih protupožarnih karakteristika. Pomoću vatrogasnih topova smještenih na palubi mlaz iz sapnice topa moguće je vertikalno ili horizontalno usmjeriti prema području gorenja. Prilikom dizajna i konstruiranja vatrogasnog tegljača, bitno je izračunati tlak glave crpke, usmjeravanje cjevovoda, kapacitet skladištenja vode te silu vodenog mlaza. Tegljači obično imaju 3 člana posade i 13 vatrogasaca koji djeluju na palubi ¹¹. Mnogi tegljači imaju ugrađeno Pleuger aktivno kormilo kako bi osim što boljih manevarskih karakteristika prilikom vožnje malim brzinama, također mogli oduprijeti se sili koju prouzrokuju vodene mlaznice te na taj način zadržali plovilo na mjestu. Osim aktivnog kormila, moderni tegljači sadrže „Schottel“-ov sustav upravljanja pomoću propulzije. Navedeni sustav radi na principu kombinacije azimutnog upravljanja od 360° te klasičnog vijka u sapnici. Na ovaj način, vatrogasni tegljači postižu izuzetno dobra manevarska svojstva nužno potrebna za djelovanje u područjima ograničenog manevriranja ¹².



Slika 7. Vatrogasni tegljač te sustav cjevovoda

Izvor: <https://gms.com.sg/products/fire-extinguishing-systems/>

Slika 7. prikazuje sustav cjevovoda vatrogasnog sustava spojenog na vatrogasne topove. Usis vode vrši se preko donjeg dijela trupa tegljača koju zatim vatrogasna pumpa pogonjena dizelskim motorom cirkulira u sustav cjevovoda. Sustav cjevovoda proveden je prema pramčanom i krmenom dijelu gdje se nalaze vatrogasni topovi. Mlaznice topova mogu biti

¹¹Edward M. Brady - Tugs, Towboats and Towing - str. 17.

¹²SCHOTTEL RudderPropeller - <https://www.schottel.de/en/portofolio/products/product-detail/srp-schottel-ruderpropeller/>

različitih promjera a upravljačka jedinica nalazi se na zapovjednom mostu. Vatrogasni tegljači također mogu biti opremljeni sustavom bokobrana ili bitvom H izvedbe kako bi mogli potiskivati ili tegliti goruće plovilo te na taj način udaljiti ga od obale, luke ili terminala. Osim namijene gašenja požara, vatrogasni tegljači mogu se koristiti za prijevoz medicinskih timova, kao spasilačko plovilo ili potpora offshore instalacijama.¹³

2.3.2. Tegljači ledolomci

Tegljači ledolomci posebno su dizajnirani za rad u najtežim okruženjima. Tegljači mogu djelovati u području luke ili kao pratnja brodovima kroz područje leda. Ovisno o području djelovanja, duljina tegljača seže od 30 do 50 m. Opremljeni su sustavom za gašenje požara a posebno ojačan trup omogućuje sposobnost guranja, tegljenja te probijanja leda. Tegljači su karakteristični po jakim pogonskim sustavima koji u kombinaciji s dodatno ojačanim pramčanim dijelom, uspješno vrše operacije probijanja leda. Paluba tegljača je zatvorena te se na taj način postiže niski stupanj razvoja korozije ali i lakše uklanjanje leda s palube. Radi postizanja što bolje stabilnosti, tegljač je dizajniran širokim trupom te nižim nadgrađem. Nadgrađe je toplinski izolirano kako bi se zaštitilo od niskih temperatura okoline. Kako bi se trup zaštitio od korozije, koriste se posebni premazi dizajnirani za temperature do – 50° C te niski stupanj trenja plikom međudjelovanja trupa i leda. Komponente tegljača prilagođene su okruženju u kojem tegljač djeluje, te se na taj način sigurnosni aspekt izrade temelji na pouzdanosti i dugotrajnosti komponenti. Tegljači su najčešće opremljeni sa dva azimutna porivnika sa prekretnim krilima kako bi se postigla što bolja upravljivost u ograničenom prostoru. Također, opremljeni su vitlom i kukom za vuču pomoću kojih ostvaruju vučnu silu od 43 t. Ostvarujući brzinu od 2 čvora, tegljači su sposobni probiti led debljine 90 cm. Osim namijene tegljenja te probijanja leda, tegljači se koriste i kao spasilački brodovi te podrška offshore instalacijama u područjima leda¹⁴.

¹³First responders to port and ship fires - 31 Mar 2020by Martyn Wingrove - <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/firstnbspresponders-to-port-and-ship-firesnbsp-58756/>

¹⁴<https://www.damen.com/vessel/tugs/ice-class-tugs/>

3. KONSTRUKCIJSKE I MANEVARSKE KARAKTERISTIKE LUČKIH TEGLJAČA

U poglavlju se razmatraju pomoćni sustavi lučkih tegljača, podjela lučkih tegljača s obzirom na smještaj i vrstu propulzije, vučna sila tegljača, operacija pozicioniranja i prihvata jednog tegljača te sigurnosni aspekt djelovanja tegljača tijekom interakcije s brodom kojemu asistira.

3.1. POMOĆNI SUSTAVI LUČKIH TEGLJAČA

Poglavlje razmatra sustave bokobrana, sustave kuka za tegljenje te njihov utjecaj na sigurnost, vitla za tegljenje te teglene konope. Poglavlje razrađuje sustave bokobrana različite primjene, materijala te izvedbe. Također ukazuje se na sigurnosni aspekt korištenja kuka za tegljenje te razliku između standardne, poluautomatske i automatske kuke za tegljenje. S obzirom na sigurnosni aspekt, također se obrađuje i korištenje vitla za tegljenje i odgovarajućih teglenih konopa.

3.1.1. Sustav bokobrana

Sustav bokobrana služi kao sigurnosna komponenta te se na taj način štiti trup tegljača od oštećenja koje mogu nastati prilikom interakcije s obalom ili drugim plovnim objektom. Ovisno o namijeni i metodi asistiranja koju tegljač primjenjuje, smještaj bokobrana može biti na pramcu, krmu ili uzdužno na bočnim stranama tegljača. Temeljno obilježje sustava bokobrana jest svojstvo apsorpcije energije i sila reakcije. Navedeno svojstvo najviše ovisi o vrsti materijala od kojih je bokobran izrađen te njegovim fizičkim svojstvima. Suvremeni bokobrani izrađeni su od gume te se primjenjuju u različitim oblicima i izvedbama. Primjena gumenih bokobrana jamči veliku ekonomičnost po pitanju troškova te visoki stupanj izdržljivosti po pitanju djelovanja UV zračenja te visokih i niskih temperatura. Bokobrani mogu biti izrađeni od čvrste gume, gume ojačane željeznom strukturom ili posebne izvedbe kao što su bokobrani punjeni zrakom ili pjenom. Bokobrani od čvrste gume projektiraju se u pravokutnim, cilindričnim, D, B, i W izvedbama. Mogu biti horizontalno ili vertikalno postavljeni pritom formirajući sustav s velikom površinom nalijeganja. Ukoliko dođe do istrošenosti materijala, sustav učvršćenja pomoću vijaka pruža laku manipulaciju te zamjenu istih. Za razliku od bokobrana punjenih zrakom ili pjenom, bokobrani izrađeni od čvrste gume

imaju veće svojstvo tvrdoće i manje svojstvo elastičnosti. Bokobrani punjeni zrakom najčešće se smještaju na bokove trupa tegljača prilikom interakcije s drugim plovilom. Takvim smještajem maksimalno se povećava područje nalijeganja te smanjuje udarna energija apsorbirana velikim svojstvom elastičnosti sustava.

Koeficijent trenja bokobrana mora biti velik kako bi se spriječilo proklizavanje pramca ili krme tegljača za vrijeme operacije potiskivanja drugog plovila. Kako bi se smanjio koeficijent trenja između čelika i gume koji u prosjeku iznosi 0,8 koriste se UHMW premazi. Na taj način smanjuje se koeficijent trenja sa vrijednosti od 0,8 na vrijednost manju od 0,4. Manjom vrijednosti koeficijenta trenja smanjuje se opasnost od preranog oštećenja bokobrana¹⁵.



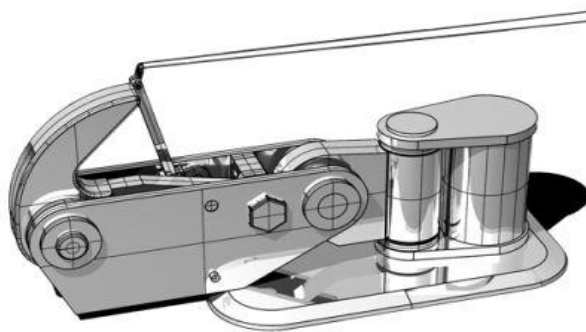
Slika 8. Pramčani bokobran

Izvor: www.finerfender.com/Marina-Fender-Products/tug-fender/

¹⁵Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 11.-13.

3.1.2. Položaj kuke tegljača te utjecaj na sigurnost i manevarska svojstva

Kuka za tegljenje smještena je iza nadgrađa na krmenoj palubi kako bi se postiglo sigurno i neometano okruženje za rad. Kako bi tegljač zadržao dobra manevarska svojstva prilikom operacije tegljenja, kuka se pozicionira na sredini tegljača ili što bliže „pivot point“-u. Kuka mora biti učvršćena na bitvu a s obje strane kuke moraju biti postavljeni graničnici teglja koji omogućuju pomak kuke u horizontalnom smjeru od 180°.



Slika 9. Kuka za tegljenje

Izvor: <https://www.weitongmarine.com/products/manual-release-marine-springless-towing-hook>

Smještaj kuke za tegljenje izuzetno je bitan po pitanju sigurnosti rada tegljača te manevarskih svojstava. Kako bi se smanjila opasnost od prevrtanja, reducira se visina smještaja kuke za tegljenje što dovodi do boljeg stabiliteta tegljača. Osim visine smještaja kuke za tegljenje, idealan smještaj kuke jest što bliže centra uzgona tegljača. Većom udaljenosti između smještaja kuke za tegljenje i smještaja propulzije, postižu se bolje manevarske sposobnosti tegljača za vrijeme operacije tegljenja ¹⁶.

¹⁶Božo Biočić - Vladimir Jurić - Tegljači-Brodospas Split 1974. - str. 21.-22.

Podjela kuka za tegljenje:

- standardna kuka za tegljenje,
- poluautomatska kuka za tegljenje,
- automatska kuka za tegljenje,

Standardna kuka za tegljenje ne sadrži sustav za brzo otpuštanje. Zbog nedostatka mehanizma za brzo otpuštanje prijeteći veći rizik od prevrtanja tegljača u trenutku tegljenja. Na standardnu kuku nabacuje se tegleni konop koji se zatim osigurava preklopnim zatvaračem. Kako bi se smanjio rizik od prevrtanja standardna kuka koristi se za manja plovila.



Slika 10. Standardna kuka za tegljenje bez mehanizma za brzo otpuštanje

Izvor: <https://www.weitongmarine.com/products/manual-release-marine-springless-towing-hook>

Poluautomatska kuka za tegljenje sadrži konop pomoću kojeg se kuka brzo otpušta. Ukoliko se tegljač nalazi u opasnosti od prevrtanja, zapovjednik ili član posade mora fizički potegnuti konop što dovodi do sustava brzog otpuštanja. Nedostatak poluautomatske kuke jest mogućnost zatajenja sustava a samim time ne otpuštanja teglenog konopa. Ukoliko se koristi čelik-čelo za tegljenje, za spoj kuke i čelik-čela mora se koristiti nastavak od konopa. Korištenjem nastavka od konopa poboljšava se elastičnost sustava te ostvaruje mogućnost presijecanja ukoliko sustav za otpuštanje zakaže¹⁷.

¹⁷Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 97.

Za razliku od standardnih ili poluautomatskih kuka za tegljenje, automatska kuka otpušta tegleni konop ukoliko nastane nedozvoljeno opterećenje ili nedozvoljeni nagib tegljača. Automatska kuka smanjuje rizik od prevrtanja te zbog toga spada u najsigurniju izvedbu kuka za tegljenje. Kuka može biti standardne ili disk izvedbe. Kod disk izvedbe, kuka je sastavni dio „kotača“ pomoću kojeg se apsorbira energija konopa nakon otpuštanja. Nakon otpuštanja teglenog konopa, dolazi do velike brzine rotacije „kotača“ uzrokovanog energijom otpuštenog teglenog konopa. Pomoću rotacije, sprječava se izravan prijenos energije na kuku za tegljenje te palubnu konstrukciju.



Slika 11. kuka za tegljenje kružne izvedbe pričvršćenu na bitvu

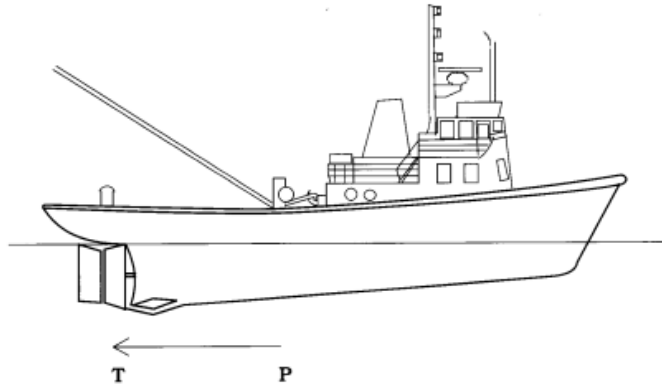
Izvor: [www://www.posidonia.com/deck-equipment/quick-release-hooks.html](http://www.posidonia.com/deck-equipment/quick-release-hooks.html)

Podjela kuke za tegljenje prema smještaju:

- smještaj kuke na sredini tegljača,
- smještaj kuke na krmi tegljača.

Konvencionalni i ASD tegljači sadrže kuku za tegljenje smještenu na sredini. Najveći nedostatak kuke smještene na sredini tegljača jest opasnost od prevrtanja. Kada na tegljač djeluje vanjska sila koja uzrokuje naginjanje, središte uzgona se kreće prema središtu podvodnog dijela tegljača pritom stvarajući moment suprotan momentu naginjanja. Ukoliko sila u teglenom konopu nadvlada moment uspravljanja tegljača, dolazi do prevrtanja. Ukoliko

tegljeni objekt prestigne pramčani tegljač ili tegljač zbog lošeg manevriranja naglo skrene sa kursa, opasnost od prevrtanja je najveća ¹⁸.



Slika 12. Konvencionalni tegljač s kukom na sredini

Izvor:

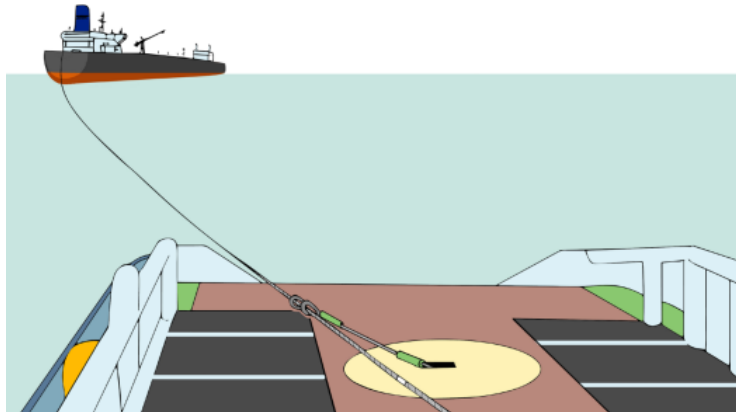
<https://nebula.wsimg.com/a131b301139dca083ef2083d4aab7e2?AccessKeydl=F86DOA1E7A0091C2061F&disposition=0&alloworigin=1>

Slika prikazuje konvencionalni tegljač s kukom na sredini. Točka P označava točku tegljenja a točka T propulziju. Većom udaljenosti postiže se bolja manevarska svojstva.

Kako bi smanjio rizik od prevrtanja koristi se „gob rope“ pomoću kojeg se točka tegljenja premješta prema krmi tegljača. „Gob rope“ može biti fiksni ili podesivi. Fiksni „gob rope“ sastoji se od čelik-čela ili lanaca pričvršćenih na središnjoj liniji prema krmenom dijelu glavne palube. Pomoću škopca lanac ili čelik-čelo spojeno je na tegleni konop ¹⁹.

¹⁸Božo Biočić - Vladimir Jurić - Tegljači-Brodospas Split 1974. - str. 22.-23.

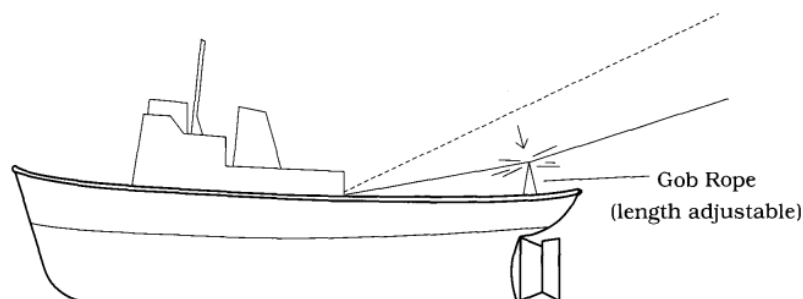
¹⁹The Risk of Tugs Capsizing due to Girting-<https://www.westpandi.com/getattachment/ef5ba94b-c981-4ffb-8b26-f156522c268/the-risk-of-tugs-capsizing-due-to-girthing-str.2>



Slika 13. Fiksni „Gob rope“

Izvor: <https://www.portalcip.org/wip-content/uploads/2020/04/Static-Towing-Assembly-Guidelines-2020.pdf>

S druge strane, podesivi „gob rope“ s jednim krajem spojen je na bitvu krstaču, obuhvaća tegleni konop, ponovno prolazi kroz bitvu krstaču a zatim na krmeno vitlo. Cijeli sustav može se podesiti pomoću vitla kojim se određuje visina „gob rope“-a. Ukoliko sila djeluje na tegleni konop, visinu „gob rope“- a nije moguće podesiti ²⁰.



Slika 14. Podesivi „Gob rope“

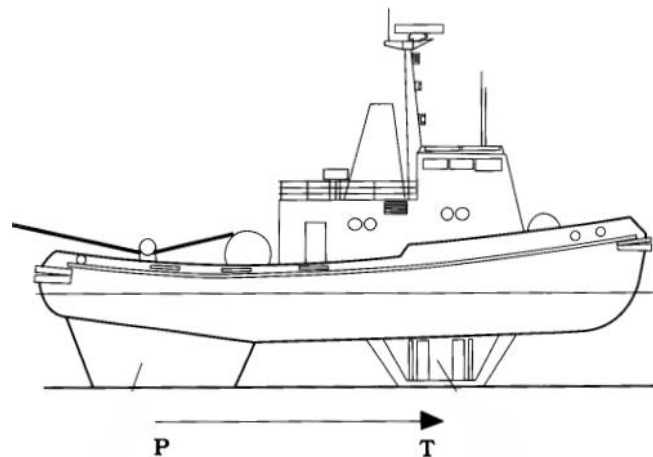
Izvor:

<https://nebula.wsimg.com/a131b301139dca083ef2083d4aab7e2?AccessKeydl=F86DOA1E7A0091C2061F&disposition=0&alloworigin=1>

²⁰The Risk of Tugs Capsizing due to Girting - <https://www.westpandi.com/getattachment/ef5ba94b-c981-4ffb-8b26-f156522c268/the-risk-of-tugs-capsizing-due-to-girthing-str.3>.

Slika 14. prikazuje konvencionalni tegljač s kukom na sredini te „gob rope“-om. Pomakom točke tegljenja na krmu tegljača, smanjena je horizontalna udaljenost između poriva, lista kormila te točke tegljenja što značajno smanjuje manevarske sposobnosti tegljača.

Za razliku od konvencionalnih i ASD tegljača, traktor tegljači s cikloidnom ili azimutskom propulzijom sadrže kuke za tegljenje na krmu. Smještajem propulzije prema pramcu tegljača te kukom za tegljenje na krmu, postiže se velika horizontalna udaljenost između sustava propulzije i točke tegljenja što rezultira izvrsnim zakretnim momentom tegljača. Zbog položaja kuke za tegljenje na krmu, poboljšana je stabilitet tegljača te je rizik od prevrtanja puno manji nego kod konvencionalnih tegljača.



Slika 15. Traktor tegljač s cikloidnom propulzijom

Izvor:

<https://nebula.wsimg.com/a131b301139dca083ef2083d4aab7e2?AccessKeydl=F86DOA1E7A0091C2061F&disposition=0&alloworigin=1>

Slika 15. prikazuje traktor tegljač opremljen s cikloidnom propulzijom. Točka P označava točku tegljenja a točka T, točku poriva. Također, prikazana je međusobna udaljenost između točke P i točke T što posljedično uzrokuje izvrstan zakretni moment tegljača.

Sustav za brzo otpuštanje ugrađuje se na kuke za tegljenje kako bi se postigla maksimalna sigurnost prilikom operacije tegljenja. Sustavom za automatsko otpuštanje mora biti moguće upravljati iz kormilarnice te sustav mora biti moguće aktivirati bez obzira na kut nagiba tegljača, napetost te smjer pružanja teglenog konopa. Nakon što je sustav aktiviran

moćući je kratki vremenski period do trenutka djelovanja te otpuštanja kuke. Sustav otpuštanja moće biti pneumatski ili hidraulićni. Kako bi se postigla maksimalna sigurnost, testiranje mehanizma za brzo otpuštanje mora biti na mjesećnoj bazi.²¹

3.1.3. Vitla za tegljenje

Vitla za tegljenje mogu biti u različitim izvedbama a za svako vitlo treba postojati priručnik za sigurno rukovanje. Prekidna ćvrstoća vitla za tegljenje mora biti najmanje 1.1 put veća od prekidne sile užeta za tegljenje. Korištenje vitla za tegljenje omogućava se brzo skraćivanje ili produljivanje teglenog konopa ovisno o potrebama situacije u kojoj tegljać djeluje. Kako bi se povećao stupanj sigurnosti rada na palubi tegljaća, novi tegljaći imaju mogućnost upravljanja vitlom iz kormilarnice. Najćešće korištena vitla jesu vitla sa jednim ili dva bubnja. Kada se koristi vitlo sa dva bubnja, jedan bubanj služi za lućka tegljenja a drugi za otvoreno more. Kod velikih oceanskih tegljaća koriste se i vitla sa tri bubnja na principu slobodnog pada. Svaki bubanj nalazi se jedan iznad drugoga pritom različitim namjena. Najćešće najviši bubanj sadrži primarno uće za tegljenje dok drugi sadrži uće za operacije sidrenja off-shore objekata.



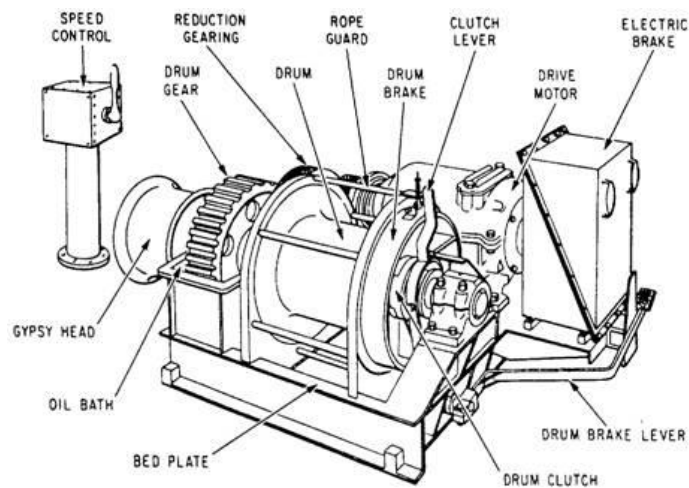
Slika 16. Vitlo s jednim bubnjem

Izvor: <https://aicranemachine.com/single-drum-winch/>

²¹Captain Henk Hensen - second edition -a practical guide - str. 97.-100.

Vitlo sa jednim ali odvojenim bubnjem korisno je za operacije tegljenja u kojemu se primjenjuje uža za tegljenje izrađeno od sintetičkih vlakana. Kada nastane velika sila u teglenom konopu, odvojeni bubanj sprječava oštećenje nižih namotaja konopa na način da jedan dio bubnja služi za podnošenje nastale sile a drugi isključivo za skladištenje užeta. Prednost vitla sa jednim ali odvojenim bubnjevima jest taj što zbog manjeg broja namotaja sintetičkog užeta na bubnju dolazi do smanjenja oštećenja te produljenja životnog vijeka teglenog konopa.

Vitla za tegljenje pogonjena su hidraulički ili električno pritom ostvarujući prijenos pomoću motora te redukcijskih brzina. Češće korištena vitla jesu hidraulička upravo iz razloga što su električne jedinice značajno osjetljivije na utjecaj mora i vlage. Najznačajnije karakteristike vitla za tegljenje jesu snaga držanja kočnice, maksimalni kapacitet povlačenja te brzina ispuštanja ili namatanja teglenog konopa. Za lučka tegljenja kapacitet kočenja vitla iznosi dva do tri puta više od vučne sile tegljača. Snaga držanja kočnice vitla očituje se u prvom namotaju odnosno što je više namotaja to je manja sila zadržavanja vitla. S druge strane, maksimalni kapacitet povlačenja vitla označava da vitlo od 15 t omogućava maksimalni kapacitet vuče od 15 t. Vitla za tegljenje opremljena su i sustavima za brzo otpuštanje kako bi se spriječilo prevrtanje tegljača ²².



Slika 17. Sastavni dijelovi vitla za tegljenje

²²Božo Biočić - Vladimir Jurić – Tegljači - Brodospas Split 1974. - str. 50.-60.

Slika prikazuje dijelove vitla za tegljenje sa jednim bubnjem:

- jedinica za upravljanje brzine ispuštanja/ namatanja vitla (eng. *speed control*),
- zupčanik bubnja (eng. *drum gear*),
- redukcijski zupčanici (eng. *reduction gearing*),
- posuda ulja (eng. *oil bath*),
- bubanj (eng. *drum*),
- zaštita užeta (eng. *rope guard*),
- kočnica bubnja (eng. *drum brake*),
- poluga spojke (eng. *clutch lever*),
- pogonski motor (eng. *drive motor*),
- električna kočnica (eng. *electric brake*),
- poluga kočnice bubnja (eng. *drum brake lever*),
- spojka bubnja (eng. *drum clutch*),
- postolje (eng. *bed plate*).

3.1.4. Tegleni konopi

Uže za tegljenje najvažnija je komponenta sustava tegljenja. Uže mora zadovoljavati zahtjeve po pitanju čvrstoće, elastičnosti te životnoga vijeka. Prema vrsti materijala uže može biti čelično, sintetičko ili miješano u kombinaciji čeličnih i sintetičkih vlakana.

Čelično uže naziva se čelik-čelo te je karakteristično po malom svojstvu elastičnosti i velikoj čvrstoći. Čelik-čelo sastoji se od većeg broja žica koje se prilikom proizvodnje spiralno upliću. Uvijanje više žica naziva se „struka“ a uplitanje šest „struka“ rezultira dobivanjem čeličnog užeta. Čelično uže sadrži jezgru tj. umetak koji prvenstveno služi kao podloga za struke koje spiralno umataju oko njega. Vlaknasta jezgra izuzetno je bitna prilikom proizvodnje čelik-čela jer mu ona daje elastičnost a samim time i produženi rok trajanja. Kako bi se postigla elastičnost, jezgra se natapa s masti ili uljem što kasnije podmazuje čelično uže s unutarnje strane. Prema smjeru pletenja, čelično uže može imati desni ili lijevi namotaj.

Prilikom proizvodnje užeta za tegljenje koriste se žice jednakog dijametra pletene unakrsno desno. Unakrsno desno pletenje označava da su žice pletene u lijevo a struke oko osi jezgre pletene u desno ²³.

Osnovne karakteristike užeta za tegljenje jesu:

- dijametar,
- konstrukcija,
- broj struka i broj žica u struci,
- čvrstoća,
- materijal jezgre,
- podatak o nerastezljivosti,
- dužina čelik-čela,
- atest čelik-čela,
- vrsta pakiranja.

Dijametar čelik-čela za tegljenje iznosi do 40 mm konstrukcije 6x37+1. Dijametar čelik čela označava kružnicu koja opisuje presjek užeta. Dijametar čelik-čela mjeri se pomoću pomičnog mjerila preko dvije suprotne struke.

Ukoliko se čelik-čelo koristi uz pomoć priteznog vitla bolje je koristiti čelik-čelo s čeličnom jezgrom. Užad sa čeličnom jezgrom pružaju 7-8% veću čvrstoću i manju elastičnost u odnosu na čeličnu užad istog dijametra sa vlaknastom jezgrom.

Prilikom namatanja čelik-čela na bubanj u obliku spirale s visinom hoda jednakom dijametri čelik-čela, isključivo je bitno što bolje uskladiti namatanje prvog navoja jer o tome ovisi i raspored slijedećih namotaja. Prilikom namatanja treba pravilno popuniti sve praznine. S obzirom da se za tegleno uže koristi desno použeno čelik-čelo, smjer namatanja na bubanj jest sa desno na lijevo s gornje strane bubnja ili s lijevo na desno s donje strane bubnja. Prilikom namatanja čelik-čela na bubanj bolji raspored namotaja postiže se ako se čelik-čelo namata pod blagim opterećenjem. Prilikom ispuštanja čelik-čela, na bubnju mora ostati 3-5 namotaja kako bi se postigao sigurnosni aspekt ²⁴.

²³Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 101.-102.

²⁴Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 107.

Kada se čelik-čelo koristi za tegljenje mora biti u kombinaciji sa nastavcima od sintetičkih konopa. Sintetički konopi izrađeni su od najlona ili poliestera te pružaju svojstvo elastičnosti cijelog sustava teglenog konopa. Poliester se više koristi u proizvodnji sintetičkih nastavaka jer najlon pod utjecajem vode i sile koja djeluje na njega gubi svojstvo čvrstoće te dolazi do oštećenja. Preporuča se da nastavci od poliestera ili polipropilena imaju najmanje 37% veću prekidnu čvrstoću od čelik-čela ²⁵.

Korištenje teglenih konopa izrađenih isključivo od sintetičkih vlakana kao što su najlon, poliester ili polipropilen ovisi o vrsti tegljača, metodi rada, dinamičkim opterećenjima te upotrebi vitla. Najčešće se koristi užad konstrukcije sa šest, osam ili 12 niti. Primjena užadi od tri niti nije optimalna u kombinaciji s priteznom vitlom. Sintetički konopi karakteristični su po maloj težini, lakom rukovanju te nisu podložni vlazi. Za razliku od biljnih konopa, kada se natope vodom imaju jednaka svojstva kao i kada su suhi. Ukoliko je dijаметar sintetičkog konopa isti kao i dijаметar biljnog konopa, sintetički konop jamči dvostruko veću čvrstoću od biljnog konopa. Polipropilen i terilen primjenjuju se na tegljačima koji ne koriste pritezna vitla. Zbog manjeg svojstva elastičnosti od najlona, više se primjenjuju u operacijama lučkog tegljenja ²⁶.

Čvrstoća teglenog konopa mora biti 2,5-4 puta veća od maksimalne sile koju tegljač postiže na bitvi. Prilikom određivanja čvrstoće teglenog konopa treba uzeti u obzir snagu tegljača, deplasman tegljača te vrstu i tonažu teglenog objekta. Osim sila nastalih zbog operacije tegljenja, konop mora dodatno izdržati i utjecaj vanjskih sila poput djelovanja valova ili povećanja brzine tegljača. Snaga u teglenom konopu najveća je pri početku tegljenja kada se tegleni objekt pokreće iz mrtve točke. Postepenim povećanjem brzine kod teglenog objekta dolazi do pada napetosti u teglenom konopu ²⁷.

Duljina ispusta teglenog konopa ovisi o vrsti i duljini tegljača, visini glavne palube broda kojemu se asistira te vremenskim uvjetima i prostoru za manevriranje. Manja duljina teglenog konopa omogućava kraće vrijeme reakcije tegljača. Korištenjem kraćeg ispusta teglenog konopa postiže se manji prostor zahtijevan za manevriranje tegljača što pridonosi u operacijama lučkih tegljenja.

²⁵Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 103.-105.

²⁶Božo Biočić - Vladimir Jurić – Tegljači - Brodospas Split 1974. - str. 62.-63.

²⁷Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 107.-109.

Kako ne bi došlo do gubitka efikasnosti tegljača zbog interakcije djelovanja propelera i trupa broda kojemu asistira, tegljač mora imati značajnu vučnu silu. Što je veća vučna sila tegljača, tegljač je u mogućnosti brže povratiti željeni položaj asistiranog broda ²⁸.

3.2. PODJELA LUČKIH TEGLJAČA S OBZIROM NA SMJEŠTAJ I VRSTU PROPULZIJE

Podjela lučkih tegljača s obzirom na smještaj i vrstu propulzije dijeli se na smještaj propulzije na krmi i smještaj propulzije prema pramcu tegljača. Smještaj propulzije na krmi karakterističan je za konvencionalne, ASD i obrnute traktor tegljače. S druge strane, smještaj propulzije prema pramcu odnosi se na traktor tegljače s cikloidnom propulzijom ili azimutnim porivnicima na pramčanom dijelu tegljača.

3.2.1. Smještaj propulzije na krmi

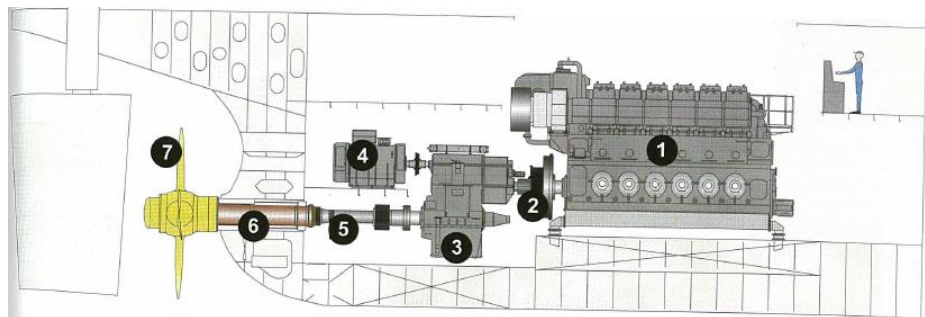
Smještaj propulzije na krmi obuhvaća različite vrste izvedbi propulzije te se odnosi na konvencionalne tegljače, ASD tegljače te obrnute traktor tegljače. Moderni konvencionalni tegljači koriste fiksne vijke ili vijke s prekretnim krilima, gdje dvovijčani tegljači omogućuju bolja manevarska svojstva zahvaljujući mogućnosti rada propelera u suprotnim smjerovima, što im omogućuje brzo zakretanje gotovo na mjestu. Vijci tegljača često su smješteni u sapnici, što povećava potisak i poboljšava silu vuče. ASD tegljači koriste azimutne porivnike smještene na krmi, što im omogućuje rotaciju za 360°. Iako su tehnološki napredniji, njihovo složeno upravljanje i rizik od naplavlivanja krmene palube predstavljaju izazove. Obrnuti traktor tegljači, također s azimutnim porivnicima na krmi, odlikuju se manjim gazom te izvrsnim manevarskim svojstvom.

3.2.1.1. Konvencionalni tegljači

Konvencionalni tegljači najčešći su tip tegljača koji se koristi u pomorskoj industriji. Spadaju u tehnološki slabije razvijene tegljače što ih čini vrlo jednostavnim ali i ekonomski isplativijim za izgradnju. Starije izvedbe konvencionalnih tegljača pogonjene su prekretnim dizelskim motorom kojega je bilo potrebno prekrenuti kako bi se ostvarila vožnja krmom.

²⁸Captain Henk Hensen - second edition -a practical guide - str. 14.-15.

Vožnja krmom kod modernih tegljača ovisi o vrsti propulzije kojom je tegljač opremljen. Ukoliko tegljač sadrži vijak s fiksnim krilima, vožnja krmom se ostvaruje pomoću prekretnog uređaja. S druge strane, ukoliko je tegljač opremljen vijkom s prekretnim krilima vožnja krmom ostvaruje se pomoću posebnog mehanizma koji ostvaruje zakretanje krila oko vertikalne osi.



Slika 18. Sastavni dijelovi konvencionalnog pogona

Izvor: <https://www.mermaid-consultants.com/ship-propeller-and-shafting-system.html>

Slika 18. prikazuje sastavne dijelove konvencionalnog pogona:

- 1) motor,
- 2) osovina motora i fleksibilna spojka,
- 3) reduktor mjenjača,
- 4) generator osovine ,
- 5) krmena cijev s ležajem,
- 6) osovina propelera,
- 7) propeler.

Prema broju ugrađenih vijaka, mogu biti jednovijčani ili dvovijčani tegljači. Vijci tegljača mogu biti sa fiksnim ili prekretnim krilima a smjer rotacije vijka jest prema unutra. Na taj način dolazi do poboljšanja iskoristivosti poriva. Tegljači sa dva vijka ostvaruju bolja manevarska svojstva od tegljača sa samo jednim vijkom a osnovnu razliku čini sposobnost rada propelera u suprotnim smjerovima. Djelovanjem propulzije u suprotnim smjerovima,

jedan djeluje prema naprijed a drugi prema natrag, dolazi do sprega sila a samim time i do bržeg zakretanja tegljača. S obzirom na navedeno, tegljač se sa djelovanjem dva vijka može okrenuti gotovo na mjestu. Kako bi se poboljšala iskoristivost poriva, vijci su najčešće smješteni u sapnici te na taj način stvara se 25% veći potisak u odnosu na vijak bez sapnice. Većom iskoristivosti poriva posljedično dolazi i do poboljšanja sile vuče tegljača. Sila vuče tegljača s dva motora u prosjeku iznosi oko 42 t. Kako bi se poboljšala manevarska svojstva tegljača, koriste se posebne izvedbe kormila kao što su Schilling kormilo i kormilo sa flapom. Tegljači mogu biti opremljeni i sa pramčanim porivnikom čije je djelovanje značajno samo ukoliko tegljač ima brzinu manju od dva čvora. Kuka za tegljenje pozicionirana je na sredini tegljača a upravo položaj kuke ovisi i o aspektu sigurnosti prilikom rada tegljača.

Kako bi se povećao aspekt sigurnosti i spriječilo prevrtanje tegljača prilikom bočnog djelovanja teglenog konopa, koristi se „gob rope“. Točka vuče (npr. nastavci za vuču, kuka ili vitlo) nalazi se otprilike $0,45 \times LOA$ od krme ²⁹.

Osnovni princip rada konvencionalnih tegljača jest metoda tegljenja ili potiskivanja. Ukoliko tegljač tegli, tegljenje se obavlja pomoću teglenog konopa a ukoliko tegljač potiskuje, operaciju obavlja na boku broda kojemu asistira. Konvencionalni tegljači zbog lošijih manevarskih svojstava ali i položaja kuke za tegljenje, nisu sposobni obaviti transfer s metode tegljenja na metodu potiskivanja. Osnovni problem nastaje zbog toga što je prilikom tegljenja i dalje tegleni konop povezan s brodom kojemu asistira a položaj kuke smješten na sredini tegljača, ne omogućava metodu potiskivanja pramcem. Upravo iz tog razloga konvencionalni tegljači nisu sposobni obavljati metodu kombiniranog potiskivanja i povlačenja već svaku metodu zasebno. Za metodu potiskivanja isključivo je namijenjen pramac tegljača a ukoliko bi tegljač potiskivao krmom, dolazi do problema jer krma, sustav bokobrana te smještaj propulzije nisu projektirani za tu namjenu. Ukoliko bi tegljač potiskivao krmom, prilikom interakcije tegljača i boka broda kojemu asistira došlo bi do ometanog protoka vode na propelere tegljača što posljedično dovodi do smanjenja iskoristivosti propulzije.

²⁹Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 27.-28.



Slika 19. Shematski prikaz konvencionalnog tegljača s dva vijka u sapnicama

Izvor: <https://diversoimpex.hr/en/advanced-tug-handling-and-maneuvering-course-for-port-and-offshore-operation/>

Slika prikazuje shematski prikaz konvencionalnog tegljača s dva vijka u sapnicama te klasičnim kormilom. Osim pogonskog stroja, osovinskog voda te propelera, slika prikazuje pramčani bokobran namijenjen za potiskivanje te kuku za tegljenje smještenu na sredini tegljača iza nadgrađa.

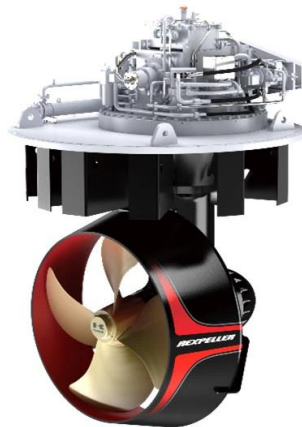
3.2.1.2. ASD tegljači

ASD tegljači za razliku od konvencionalnih tegljača, tehnološki su napredniji po pitanju propulzije. Smještaj propulzije nalazi se na $0.1 \times \text{LWL}$ od krme tegljača. Tegljače pokreće azimutska propulzija gotovo identično postavljena kao vijci kod konvencionalnog tegljača. Tegljači opremljeni azimutnim porivnicima nemaju klasično kormilo već se pomoću porivnika istovremeno ostvaruje poriv tegljača ali i upravljanje. Na taj način poboljšana je podvodna dinamika što posljedično dovodi do boljih manevarskih svojstava tegljača. Propulzija tegljača smještena je na krmi što uz svojstvo okretanja propulzora 360° oko vodoravne osi čini ove tegljače superiorne po pitanju brzog pozicioniranja u odnosu na brod kojemu se asistira.³⁰

Sustav azimutnih porivnika sastoji se od električnog postrojenja, razvodne ploče, transformatora, pretvarača frekvencije i propulzijskih motora. Klizni prsten koristi se za prijenos električne energije s pretvarača na slobodno rotirajuću kapsulu. Izmjenični pogoni u potpunosti su zamijenili istosmjerne motore. Kontrola brzine i momenta odvija se pomoću frekvencijskih pretvarača. Sinkroni motor poznat zbog velike učinkovitosti služi za pretvorbu

³⁰Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 28.-29.

električne energije u mehaničku. Korištenjem azimutne propulzije dolazi i do smanjenja otpora trupa plovila. Smanjenjem otpora trupa plovila, dolazi i do poboljšane propulzijske učinkovitosti. Poboljšanje propulzijske učinkovitosti nastaje upravo zbog mogućnosti nagiba prema naprijed, obično 2° do 4°. Za razliku od azimutne propulzije, konvencionalni propeleri imaju nagib prema unatrag. Pomoću azimutne propulzije dolazi do postizanja idealnog nagiba u odnosu na smjer dotoka a samim time smanjuje se negativan utjecaj na učinkovitost propulzije, vibracije i performanse. Puni potisak propelera može se slobodno usmjeriti u bilo kojem smjeru prvenstveno zbog mogućnosti okretanja 360° oko vodoravne osi dok se u fiksnim rasporedima kormila osovine linije potisak brzo smanjuje kako se kut kormila povećava. Mogućnost rotacije 360° oko vodoravne osi donosi značajno poboljšana manevarska svojstva tegljača. Puni potisak azimutne propulzije pruža 150 % više bočnog potiska u odnosu na klasično kormilo.³¹



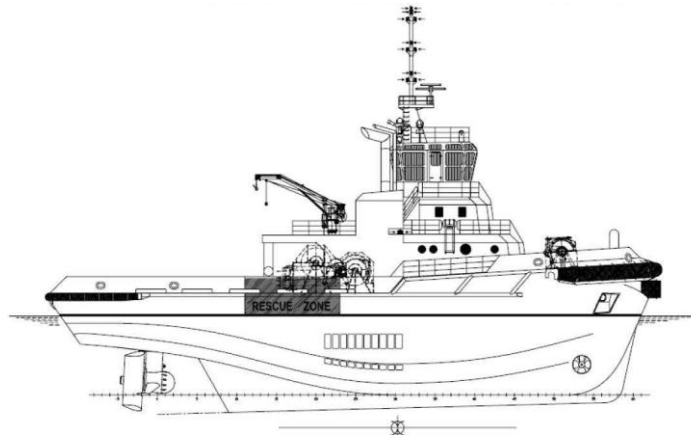
Slika 20. Azimutni porivnik

Izvor: https://www.global.kawasaki.com/en/mobility/marine/machinery/azimuth_thruster/index.html

Mali srednji gaz od čak 3 metra ove tegljače čini idealnim izborom za razne operacije asistiranja. Zbog izvrsnih manevarskih svojstava mogu obavljati poslove kao i konvencionalni tegljači ili tegljači gurači. Ukoliko tegljač obavlja operaciju tegljenja pomoću teglenog konopa postoji rizik od prevrtanja zbog položaja kuke na sredini tegljača. Pramčano vitlo koristi se kada tegljač asistira brodu na krmi pomoću teglenog konopa. Velika udaljenost između pramčanog

³¹Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 21.

vitla i smještaja propulzije na krmi, stvara idealni zakretni moment za vrijeme asistiranja na teglenom konopu. Najveći nedostatak ovih tegljača jest upravo izuzetno složen način upravljanja ali i naplavlivanje krmene palube tijekom operacije indirektnog tegljenja.



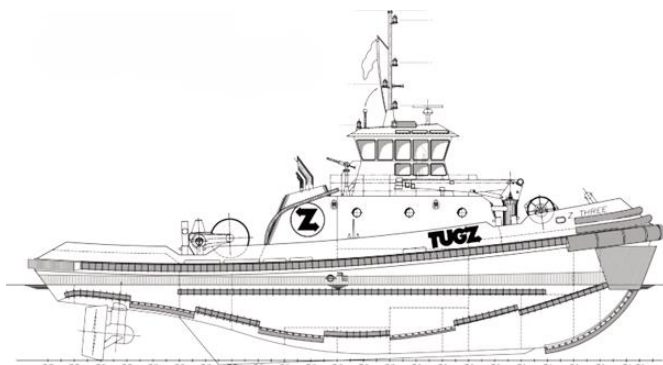
Slika 21. ASD tegljač

Izvor: <https://www.vlmaritime.com/nl/asd-tugs/>

Slika 21. prikazuje ASD tegljač opremljen pramčanim vitlom, kukom za tegljenje na sredini te azimutnim porivnicima na krmi.

3.2.1.3. Obrnuti traktor tegljači

Obrnuti traktor tegljači koriste azimutne porivnike smještene na krmi. Osnovna namjena ovih tegljača jest asistencija guranja pomoću pramčanog bokobrana. Na pramčanom dijelu nalazi se vitlo za tegljenje te kuka na krmi tegljača. Vitlo za tegljenje na pramcu služi za brzo povezivanje tegljača i broda te mogućnost jednostavnog pozicioniranja tegljača. Obrnuti traktor tegljači imaju mali stupanj efikasnosti tijekom direktne metode zbog položaja točke tegljenja smještene gotovo iznad porivnika.



Slika 22. Obrnuti traktor tegljač

Izvor: https://www.thegreatlakesgroup.com/downloads/jensen_series_collection_v01.pdf

Slika 22. prikazuje obrnuti traktor tegljač s propulzijom smještenom na krmu te pramčanim sustavom bokobrana. Zbog malog ili gotovo nikakvog "skeg"-a te položaja propulzora, obrnuti traktor tegljači imaju puno manji gaz u odnosu na traktor tegljače pogonjene cikloidnom propulzijom. Azimutna propulzija omogućava izvrsne manevarske sposobnosti tegljača prilikom operacije pozicioniranja u odnosu na brod kojemu asistira. Tijekom vožnje krmom dolazi do gubitka efikasnosti propulzije u iznosu od 10%. Najveći stupanj efikasnosti djelovanja obrnutih traktor tegljača jest kada djeluju na boku broda metodom guranja ali se koriste i kao krmene tegljači za vrijeme indirektna metode³².

3.2.2. Smještaj propulzije prema pramčanom dijelu tegljača

Smještaj propulzije prema pramčanom dijelu tegljača odnosi se na traktor tegljače s cikloidnom propulzijom te traktor tegljače s azimutnom propulzijom smještenom prema pramcu. Traktor tegljači s cikloidnom propulzijom imaju vertikalni sustav pogona s rotirajućim lopaticama smještenim prema pramcu, dok je kuka za tegljenje na krmu. Ova konfiguracija omogućuje odličan zakretni moment te izvrsno manevarsko svojstvo, s mogućnošću rotacije od 360°. Cikloidni sustav sastoji se od potisne ploče, reduktora, lopatica, i servo motora, što omogućuje okretanje na mjestu te jednaki krmeni potisak kao pri vožnji naprijed. Hidrodinamički dizajn trupa, sa "skeg"-om na krmu, poboljšava stabilnost smjera i povećava vučnu silu tijekom indirektna metode.

³²Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 22.

Traktor tegljači s azimutnim porivnicima smještenim prema pramcu imaju sličan dizajn, ali s većim gazom i manjim "skeg"-om. Azimutni porivnici omogućuju rotaciju od 360°, pružajući maksimalnu iskoristivost potiska.

3.2.2.1. Traktor tegljači s cikloidnom propulzijom

Traktor tegljači s cikloidnom propulzijom sadrže vertikalni sustav propulzije pokretan rotirajućim lopaticama. Smještaj propulzije nalazi se prema pramcu tegljača a kuka za tegljenje na krmi čime se postiže dobar zakretni moment tijekom operacija tegljenja. Cikloidna propulzija omogućava rad pogonskog stroja pri stalnom broju okretaja a smjer potiska propulzije regulira se iz kormilarnice. Sustav rotirajuće propulzije omogućava kretanju tegljača u smjeru od 360° čime se postižu izvrsne manevarske sposobnosti. Visoki broj okretaja motora nužan je kada se izvode operacije tegljenja ili guranja.³³



Slika 23. Cikloidni propulzor

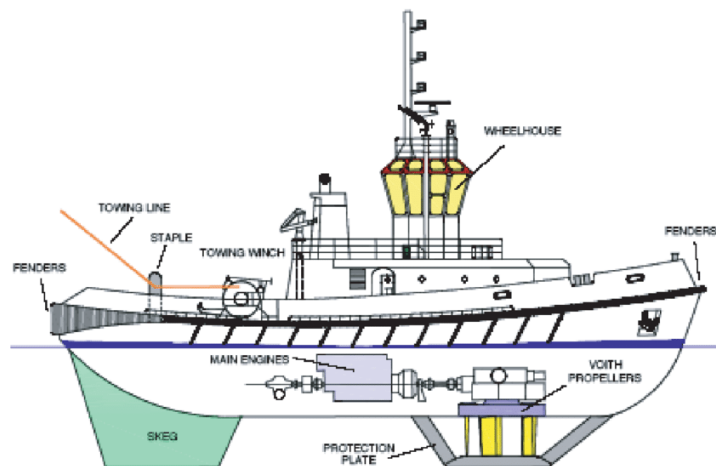
Izvor: <https://voith.com/corp-en/news-room/press-release/2021-01-14-vt-remote-canadian-island-community.html>

Poprečnim potiskom upravlja se pomoću kotača a uzdužnim potiskom upravlja se polugama nagiba. Sustav cikloidne propulzije sastoji se od kombinacije poprečnog i uzdužnog potiska stoga kada se koristi puni poprečni potisak, uzdužni potisak neće biti moguć.

³³ Edward M. Brady-Tugs, Towboats and Towing-str. 30.-31.

Osnovni dijelovi cikloidne propulzije jesu potisna ploča, reduktor, lopatice, pogonska košuljica, servo motor te kućište rotora ³⁴.

Tegljači s cikloidnom propulzijom omogućuju okretanje na mjestu, velike brzine prilikom slobodne plovidbe te gotovo jednak krmeni potisak kao i prilikom vožnje naprijed. Okretanje na mjestu postiže se pomoću upravljačkih kotača u kormilarnici pritom koristeći potisak u potpunosti u lijevo ili desno. Koeficijent punoće trupa tegljača iznosi od 0.54 do 0.58. Hidrodinamički dizajn trupa iskazao se kao puno bolja forma trupa u odnosu na standardnu formu po pitanju ekonomičnosti i neometanog protoka vode ispod trupa. Podvodni dio trupa tegljača sadrži „skeg“ što označava podvodni perajasti izdanak trupa koji nosi ili pridržava kormilo. Pomoću „skega“ dolazi do postizanja bolje stabilnosti smjera te prilikom korištenja indirektna metode dolazi do povećanja sile vuče upravo zbog veće iskoristivosti hidrodinamičkih sila koje djeluju na podvodnom dijelu trupa tegljača. Traktor tegljači s cikloidnom propulzijom imaju „skeg“ pozicioniran u središnjoj liniji trupa tegljača na krmenom dijelu.



Slika 24. Traktor tegljač s cikloidnom propulzijom

Izvor: <https://www.researchgate.net/figure/A-tractor-Voith-tug-showing-the-most-important-parts->

Drawing-author fig3_232002130

³⁴Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 21.

Slika 24. prikazuje traktorski tegljač pogonjen cikloidnom propulzijom smještenom na pramčanom dijelu te „skeg“-om na krmenom dijelu. S obzirom da je „skeg“ smješten vertikalno ispod kuke tegljača, prilikom asistencije indirektnom metodom dolazi do stvaranja dodatne sile vuče uzrokovane podvodnim otporom trupa te samim time centar pritiska smješta više prema krmi tegljača. Svakako, trup tegljača mora biti izuzetno čvrsto izgrađen kako bi s lakoćom svladao djelovanje velikih sila s minimalnim trošenjem i zamorom materijala ³⁵.

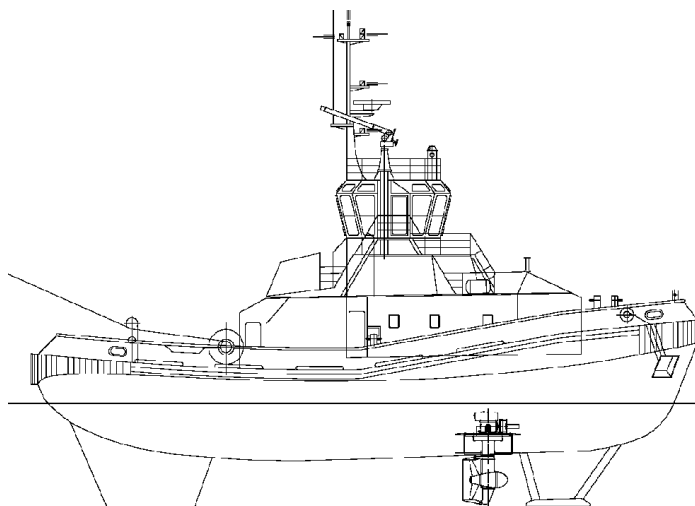
Tegljači s cikloidnom propulzijom izrazito su značajni u operacijama kombiniranog povlačenja i guranja. Tijekom operacija tegljenja na teglenom konopu tegljač može promijeniti rad iz načina tegljenja na konopu u operaciju guranja bez prethodnog otpuštanja teglenog konopa.

Zbog brze mogućnosti ponovnog pozicioniranja tegljača često se koriste tijekom indirektno metode tegljenja kako bi brzo i efikasno utjecali na pad brzine broda kojemu asistiraju.

3.2.2.2. Traktor tegljači s azimutnom propulzijom smještenom prema pramcu

Dizajn i konstrukcija traktor tegljača s azimutnim porivnicima prema pramcu identična je kao i kod traktorskih tegljača s cikloidnom propulzijom. Za razliku od obrnutih traktor tegljača s propulzijom na krmi, propulzija traktorskih tegljača prema pramcu značajno povećava gaz. Zbog smještaja propulzije prema pramcu, točka tegljenja te vitlo za tegljenje nalazi se na krmi. Većom horizontalnom udaljenosti između azimutnih porivnika smještenih prema pramcu te kuke za tegljenje na krmi postiže se idealan zakretni moment tijekom operacija tegljenja. Za razliku od traktor tegljača s cikloidnom propulzijom, traktor tegljači s azimutnom propulzijom prema pramcu imaju značajno manji „skeg“ te veću udaljenost točke tegljenja u odnosu na vertikalni položaj „skega“.

³⁵Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 21.



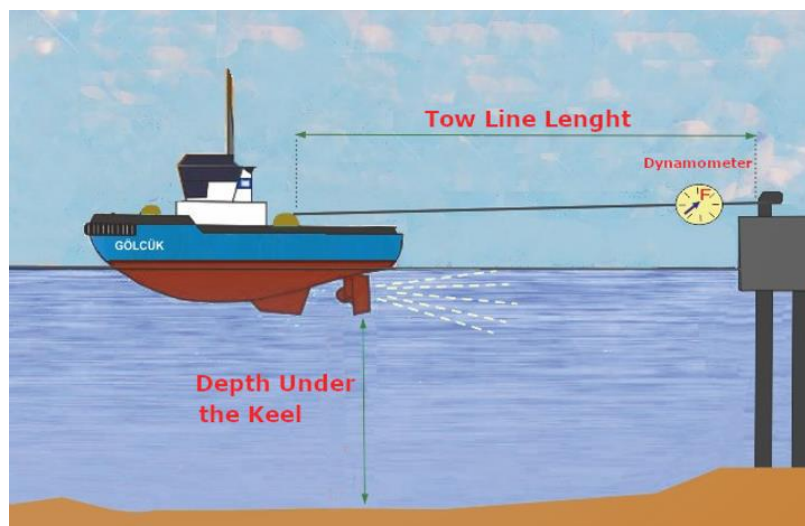
Slika 25. Traktor tegljač s azimutnom propulzijom prema pramcu

Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/Concept-and-operation-mode-of-the-advanced-control-Baniela-Varela/bb1b410e6013cbd5012122fac1e68238e7149fe4>

Iskoristivost azimutne propulzije iznosi gotovo 100% prilikom djelovanja u bilo kojem smjeru. Zbog mogućnosti horizontalne rotacije porivnika od 360 °, traktor tegljači imaju mogućnost zakretanja na mjestu te brzo pozicioniranje u odnosu na brod kojemu asistiraju. U odnosu na ASD tegljače, traktor tegljači imaju manju vučnu silu te veće troškove remonta.

3.3. VUČNA SILA TEGLJAČA

Vučna sila tegljača očituje se kao maksimalni potisak koji se za određeno vrijeme razvija pogonskim sustavima tegljača pritom imajući nultu brzinu prema naprijed. U trenutku napetosti teglenog konopa uz pomoć dinamometra mjeri se nastala sila. Najveću ulogu na veličinu vučne sile tegljača ima snaga pogonskih strojeva te izvedba propulzije. Točan podatak stvarne veličine vučne sile jest u trenutku kada je položaj tegljača stacionaran jer u trenutku kretnje dolazi do pada vrijednosti vučne sile. Testovi ispitivanja vučne sile tegljača kontrolirani su od strane nadležnih institucija koje jamče da se protokol ispitivanja izveo na ispravan način. Na mjestu ispitivanja vučne sile tegljača potrebna minimalna dubina mora je 20 m te duljina teglenog konopa dovoljno dugačkog da se spriječi povratak vode iz doka prema tegljaču.



Slika 26. Princip testiranja vučne sile tegljača

Izvor: <https://www.marine-pilots.com/articles/687253-what-is-tugs-bollard-pull-and-how-is-calculated>

Stvarna sila vuče u teglenom konopu razlikuje se po vrijednostima od teorijske sile vuče Z' . Teorijska sila vuče Z' proračunava se po formuli:

$$Z' = \sqrt[3]{2 \cdot \rho \cdot A \cdot P^2}$$

Pri čemu je ρ gustoća tekućine (t/m^3), A je površina vijčanog kruga (m^2) i P je razvijena snaga (kNm/s)

Za razliku od proračuna teorijske sile vuče, stvarna sila vuče u teglenom konopu iznosi 0,16 do 0,24 kN/kW .

Prilikom određivanja teorijske sile vuče za tegljač sa Kortovom sapnicom koristi se proračun:

$$Z'_d = \sqrt[3]{4 \cdot \rho \cdot A_u \cdot P^2}$$

Pri čemu je ρ gustoća tekućine (t/m^3), A_u je površina presjeka Kortove sapnice na stražnjem rubu te P razvijena snaga (kNm/s)

Tijekom proračuna za primjenu Kortovih sapnica omjer stvarne i teorijske sile vuče iznosi 0,70 do 0,80 dok za normalne vijke omjer iznosi 0,60 do 0,70.

Najoptimalniji stupanj iskoristivosti tegljenja u odnosu na brzinu tegljača postiže se 0,65 Z_{max} do 0,75 Z_{max} odnosno sile vuče u mjestu, tj. pri 0,55 V_{max} do 0,65 V_{max} u slobodnoj plovidbi.

Stupanj iskoristivosti tegljenja u odnosu na brzinu tegljača proračunava se po izrazu:

$$\eta_z = \frac{Z \cdot v}{P}$$

η_z = stupanj iskoristivosti tegljenja u odnosu na brzinu tegljača

Z = sila vuče u mjestu

V = brzina tegljača

P = razvijena snaga (kNm/s)

Tegljači koriste različite izvedbe propulzija poput azimutnih porivnika, cikloidne propulzije te vijaka s fiksnim ili prekretnim krilima. Odnos između kočene snage stroja te vučne sile na kuki tegljača različito je za svaku izvedbu propulzije.

Tablica 1. Omjer snage stroja i vučne sile u odnosu na vrstu propulzije,

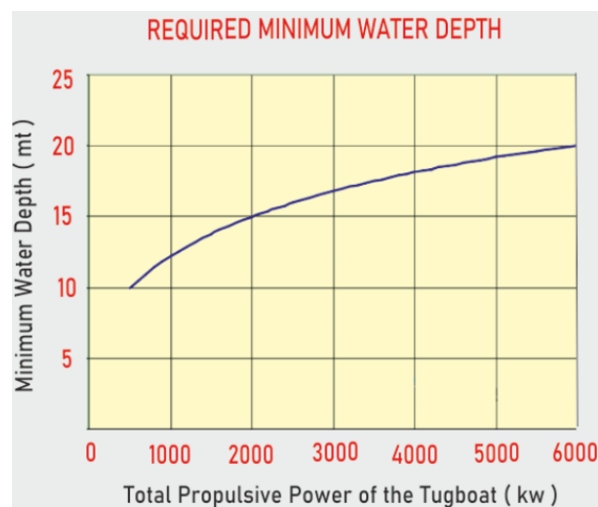
Vrsta propulzije	Snaga stroja [t/100 bhp]	Vučna sila [t/100 bhp]
Voith Schneider porivnici	1,0	1,4
Otvoreni fiksni vijci	1,3	1,8
Azimutalni propulzori u sapnici	1,4	1,9
Vijci fiksni/s zakretnim krilima u sapnici	1,5	2,0

Izvor: prezentacije Tehnika rukovanja brodom, Tegljači i manevriranje uz pomoć tegljača

Kočena snaga stroja varira od 1,0-1,5 t poriva na 100 KS pogonskih motora dok s druge strane vučna sila na kuki tegljača iznosi od 1,4-2,0 tone na 100 kW.

Utjecaj na iskoristivost snage motora imaju dubina mora te duljina teglenog konopa tijekom testiranja vučne sile tegljača. Ovisno o ukupnoj snazi pogonskih strojeva tegljača testiranje vučne sile odvija se na različitim dubinama mora. Ukoliko tegljač ima ukupnu snagu motora od 500 kW minimalna potrebna dubina za testiranje jest 10 m.

Povećanjem snage motora tegljača dolazi i do povećanja potrebne minimalne dubine stoga tegljač koji ostvaruje 6000 kW snage mora biti testiran u minimalnoj dubini vode od 20 m³⁶.



Slika 27. Grafikon 1. Minimalna dubina mora u odnosu na ukupnu snagu poriva tegljača (kW)

Izvor:<https://www.marine-pilots.com/articles/687253-what-is-tugs-bollard-pull-and-how-is-calculated>

Jednako kao i kod utjecaja snage motora na dubinu mora, duljina teglenog konopa različita je za različite snage tegljača. Tegljači sa ukupnom snagom motora od 500 kW moraju testirati vučnu silu s teglenim konopom duljine 120 m. S druge strane, tegljač koji ima maksimalnu snagu od 6000 kW testiranje izvodi sa ispustom konopa od 310 m.

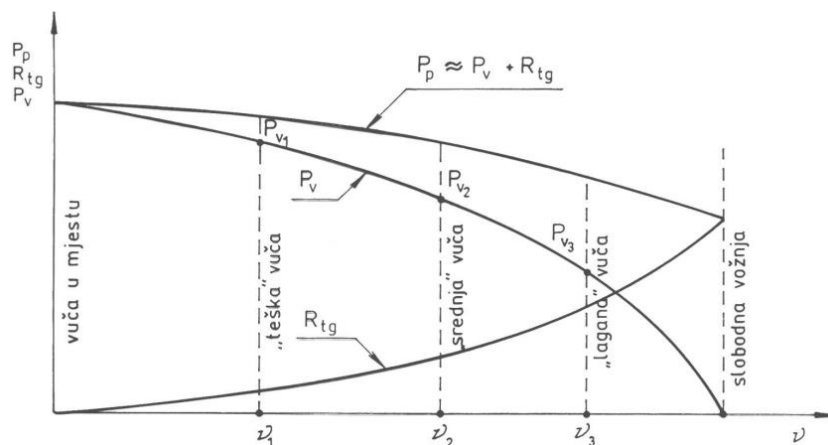
³⁶What is a Tug's Bollard Pull and How It is Calculated - by Capt.Alpertunga Aniker - published on 24 November 2022.



Slika 28. Grafikon 2. Minimalna duljina ispusta teglenog konopa u odnosu na ukupnu snagu poriva tegljača (kw)

Izvor: <https://www.marine-pilots.com/articles/687253-what-is-tugs-bollard-pull-and-how-is-calculated>

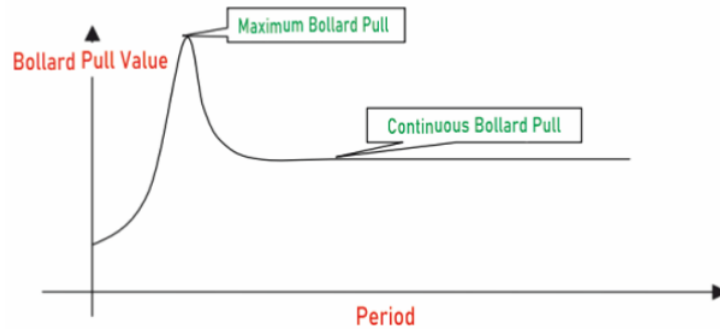
Na temelju različitih režima rada glavnog stroja te mjerenja uz pomoć dinamometra izrađuje se dijagram vuče.



Slika 29. Grafikon 3. Dijagram vuče

Izvor: Presentacije Tehnika rukovanja brodom, Tegljači i manevriranja uz pomoć tegljača

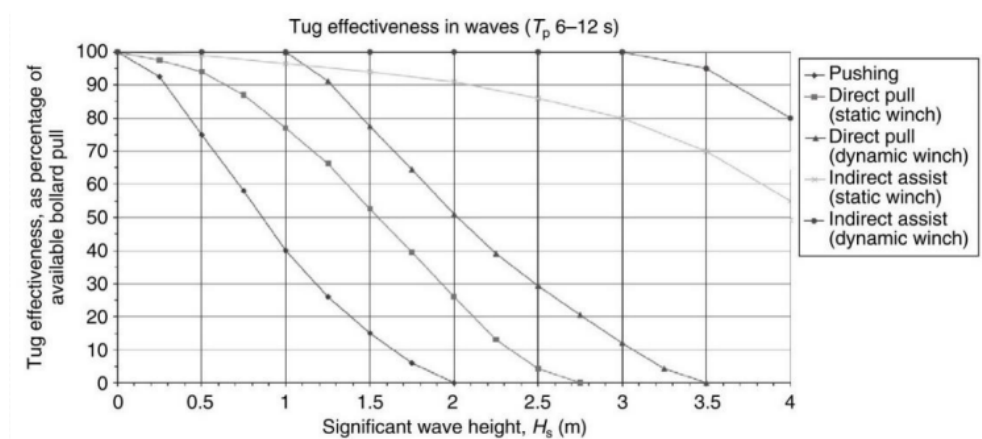
U trenutku kada tegljač postigne povlačenje bitve punom snagom motora dolazi do maksimalnog povlačenja. Vrijednost maksimalnog povlačenja bitve postepeno pada zbog nastanka kavitacije propelera i porasta temperature. U trenutku pada najviše vrijednosti nastaje kontinuirano povlačenje bitve koje se mjeri u vremenskim intervalima od 5 minuta u razdoblju od 30 sekundi. Rezultat mjerenja utvrđuje se uzimanjem općeg prosjeka dobivenih mjerenja.



Slika 30. Grafikon 4. Odnos vremenskog perioda i vrijednosti sile vuče

Izvor: <https://www.marine-pilots.com/articles/687253-what-is-tugs-bollard-pull-and-how-is-calculated>

Utjecaj valova i morske struje smanjuje efektivnost djelovanja tegljača. Brzina morske struje od jednog čvora smanjuje efektivnost vučne sile za 4%. Kada je signifikantna visina vala H_s jednaka nuli efektivnost tegljača jednaka je 100%.



Slika 31. Grafikon 5. Postotak efektivnosti tegljača u odnosu na signifikantnu visinu vala

Izvor: Prezentacije Tehnika rukovanja brodom, Tegljači i manevriranja uz pomoć tegljača

Dijagram prikazuje postotak efektivnosti tegljača pri djelovanju valova u vremenskom periodu od 6 do 12 sekundi. Maksimalna efektivnost djelovanja tegljača pri svim metodama jest kada je signifikantna visina vala jednaka nuli. Porastom signifikantne visine vala od 1 m, efektivnost metode guranja smanjuje se na 50%. Tijekom direktne metode efektivna vrijednost tegljača smanjena je za 50% pri visini H_s u iznosu od 1,5 m. Primjenom indirektno metode, efektivnost tegljača zadržava visoku vrijednost u iznosu od 70% za vrijeme signifikantne visine vala u vrijednosti od 3,5 m.

Kada vanjski utjecaji djeluju na tegljač, sila tegljača F_v mora biti veća od vanjske sile F_u u istom vremenskom periodu.

Potrebna sila vuče tegljača F_v proračunava se po formuli:

$$F_{v_{nT}} = f_{SIG} \cdot F_U$$

$$f_{sig} = 1,2 - 1,7$$

Učinkovitost tegljača određena je njegovom sposobnošću da prenese snagu stoga je ostvareno kretanje posljedica porivne sile i sposobnosti porivnog stroja da tu silu stvara određeno vrijeme.

3.4. OPERACIJA POZICIONIRANJA I PRIHVATA JEDNOG TEGLJAČA

Operacija efektivnog pozicioniranja tegljača ovisi o vrsti i veličini broda kojemu asistira, području te vremenskim uvjetima i stanju mora. Tijekom pozicioniranja tegljača značajnu ulogu za sigurnosni aspekt ima položaj točke okretanja broda, brzina broda, dubina mora te broj tegljača. Tegljači mogu biti pozicionirani na pramcu, sredini ili krmi broda kojemu asistiraju ovisno o vrsti operacije te potrebe broda. Pozicioniranje tegljača na pramcu broda omogućava asistenciju tegljača u promjeni kursa broda. Djelovanjem pramčanog tegljača s privezanim teglenim konopom za brod kojemu asistira, dolazi do neželjenog povećanja brzine broda ukoliko tegljač ne ostvaruje idealan kut povlačenja. Ukoliko se tegljač pozicionira na jednoj strani pramca pritom djelujući uz metodu guranja bez korištenja teglenih konopa, želi se postići zakretanje pramca broda u smjeru u kojemu tegljač djeluje. Ovisno o stanju mora, vremenskim uvjetima te dubini mora učinak metode guranja može biti manje efektivan od metode povlačenja na teglenom konopu. Kada je tegljač pozicioniran na boku broda pritom

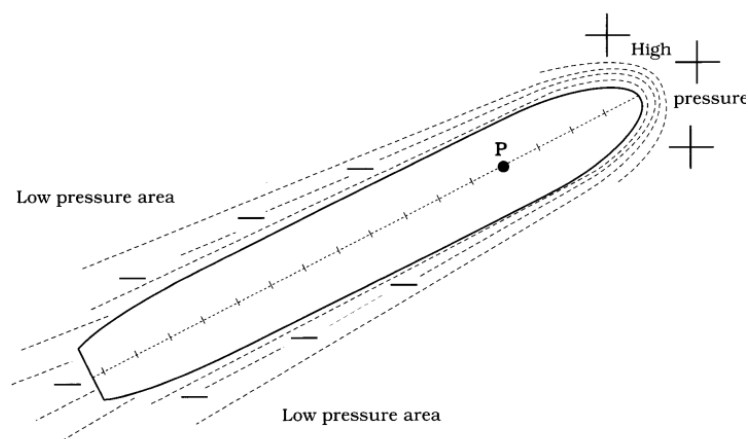
privezan pomoću pramčanog vitla, vožnjom tegljača krmom postiže se efekt usporavanja broda te stvaranja zakretnog momenta u stranu na kojoj se tegljač nalazi. Osim na pramčanom i središnjem djelu efikasnost pozicioniranja tegljača očituje se i na krmi broda. Tegljač može obavljati operaciju guranja na jednom boku broda pritom smješten na krmi. Zbog položaja točke okretanja udaljene $\frac{1}{4}$ duljine broda od pramca ostvaruje se dobar zakretni moment te veća efikasnost djelovanja kormila broda. Smjer guranja tegljača uzrokuje i jednak smjer zakretanja krme. Ukoliko je tegljač pozicioniran iza krme broda pritom koristeći tegleni konop, ostvaruje se dodatna udaljenost između točke okreta broda te položaja tegljača. Većom udaljenosti između ova dva položaja rezultira boljim zakretnim momentom ali i manjom potrebnom silom djelovanja tegljača. Djelovanje tegljača u ovom položaju ne uzrokuje povećanje brzine broda već poboljšava zakretni moment te usporavanje brzine broda ukoliko je potrebno. Tijekom ovog položaja tegljača najčešće se koristi indirektna metoda tegljenja ³⁷.

Tijekom pozicioniranja tegljača bitna je komunikacija između tegljača koji djeluju te broda kojemu se asistira. Potrebno je izraditi plan rada tegljača s obzirom na potrebnu asistenciju, vremenske uvjete te stanje mora. Interakcija tegljača s brodom te operacija priveza treba biti izvedena sa maksimalnim stupnjem sigurnosti te pozornosti. Potrebno je izvršiti inspekciju teglenih konopa, palubne opreme te mehanizama za brzo otpuštanje.

3.5. SIGURNOSNI ASPEKT DJELOVANJA JEDNOG TEGLJAČA TIJEKOM INTERAKCIJE S BRODOM KOJEMU ASISTIRA

Prilikom interakcije ili plovidbe tegljača u neposrednoj blizini broda kojemu asistira, postoji opasnost za siguran rad tegljača. Kada brod plovi kroz vodu zbog svoje širine i gaza, pramcem gura vodu bočno koja zatim prolazi od pramca prema krmi ali i ispod kobilice. Upravo zbog toga dolazi do povećanja relativne brzine toka vode a samim time i do stvaranja područja visokog i niskog tlaka. Prema Bernoulijevoj jednadžbi dokazano je da povećanje brzine protoka vode rezultira smanjenjem tlaka vode i obrnuto. Promjena tlaka proporcionalna je kvadratu promjene brzine što znači ukoliko se brzina vode udvostruči, tlak se smanji za četvrtinu. Na području ispred pramca i iza krme broda dolazi do širenja vodenih strujnica a samim time i do stvaranja područja visokog tlaka. Uz bočne strane trupa broda, dolazi do povećanja brzine protoka vode što rezultira stvaranjem područja niskog tlaka.

³⁷Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 62.-64.

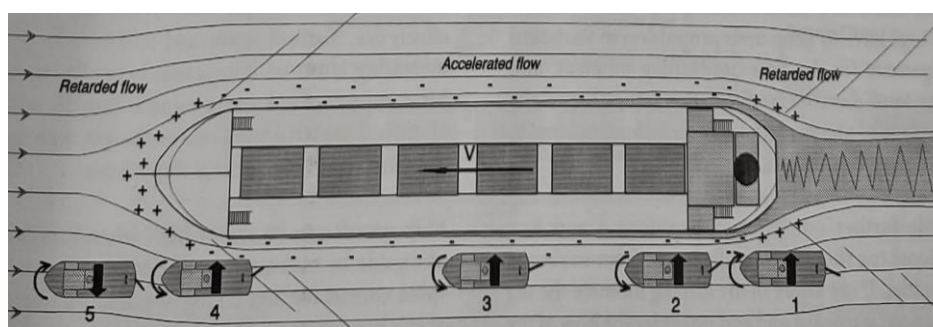


Slika 32. Područja visokog i niskog tlaka uz trup broda

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Slika prikazuje područja visokog tlaka (eng. *high pressure*) te područja niskog tlaka (eng. *low pressure*) uz trup broda.

Tijekom interakcije tegljača i broda kojemu se asistira, tegljač biva izložen djelovanjima područja visokog i niskog tlaka ovisno na kojem dijelu se nalazi paralelno s trupom broda.



Slika 33. Prikaz različitih položaja tegljača u odnosu na djelovanje područja visokog i niskog tlaka uz trup broda

Izvor: Cptain Henk hensen-second edition-a practical guide-str 83.

Ukoliko tegljač prilazi brodu sa krme (položaj 1), zbog djelovanja područja visokog tlaka dolazi do povećanja brzine tegljača. U trenutku kada je tegljač gotovo paralelno sa krmom broda, dolazi do međudjelovanja trupa broda i tegljača koji stvaraju područje niskog tlaka

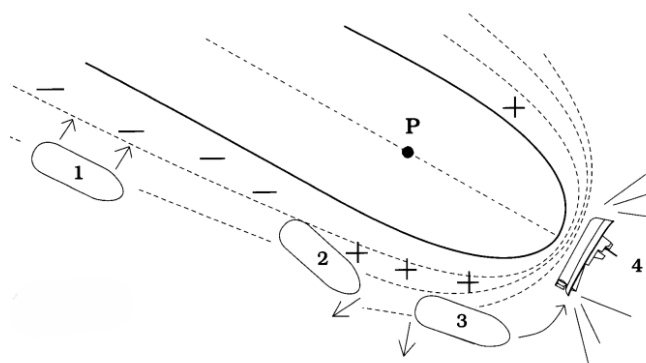
uzrokovano povećanjem brzine protoka vode. Na području niskog tlaka dolazi do efekta usisa tegljača prema trupu broda. S obzirom da krma tegljača nije paralelno s trupom broda, stvara se zakretni moment koji uzrokuje zakretanje tegljača udesno prema trupu. Kako bi tegljač zaustavio djelovanje zakretnog momenta, potrebno je izvesti manevar okretanja kormila u suprotnu stranu.

Položaj 2 prikazuje paralelan položaj tegljača u odnosu na trup broda. Zbog stvaranja vodenog jastuka na pramcu tegljača, dolazi do momenta zakretanja pramca tegljača od trupa broda. S druge strane, brzina protoka vode između trupa broda i krme tegljača je i dalje velika što uzrokuje usisavanje krme tegljača prema trupu broda. Kako bi se tegljač vratio na željeni kurs, mora djelovati kormilom u desno kako bi se pramac približio a krma udaljila od trupa broda. Također tijekom položaja 3, na tegljač i dalje djeluje područje usisa kao i u položaju 2.

Tijekom prilaska položaju 4, zbog djelovanja pramčanog vala broda ali i povećanog protoka vode, dolazi do gubitka iskoristivosti poriva tegljača. Kako bi tegljač zadržao stalnu brzinu, mora povećati snagu pogonskog stroja. Tijekom dolaska na položaj 4, položaj krme paralelno je sa pramcem broda što uzrokuje zakretanje pramca tegljača od trupa broda te istovremeno zakretanje krme prema trupu broda.

Između položaja 4 i položaja 5 dolazi do stvaranja suprotnog zakretnog momenta odnosno zakretanja pramca tegljača prema trupu broda³⁸.

3.5.1. Interakcija tegljača na pramcu broda



Slika 34. Prikazuje različite položaje interakcije tegljača s trupom broda

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

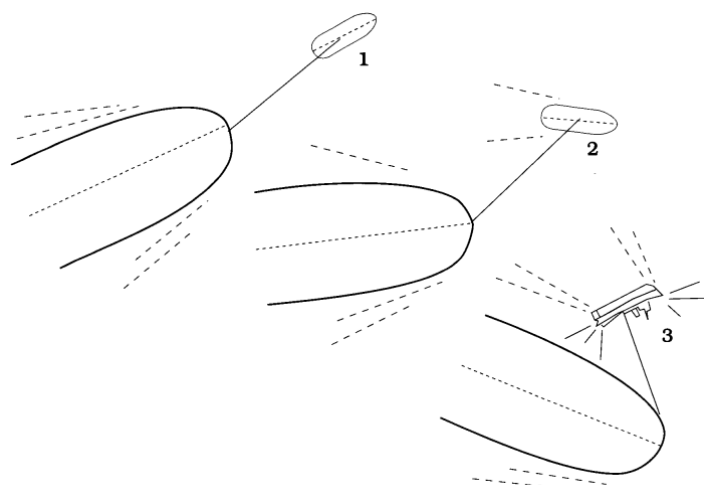
³⁸Captain Henk Hensen-second edition-a practical guide- str. 83.-84.

Kada se tegljač nalazi u položaju 1, dolazi do usisavanja tegljača prema trupu broda zbog djelovanja područja niskog tlaka. Položaj 2 prikazuje tegljač kada se nalazi pramcem u području visokog tlaka i krmom u području niskog tlaka. Zbog djelovanja područja visokog tlaka dolazi do stvaranja vodenog jastuka te zakretanja pramca tegljača od boka broda. Područje niskog tlaka istovremeno približava krmu tegljača prema trupu broda. U području 3 prevladava područje visokog tlaka koje djeluje na krmu i kormilo tegljača. Zbog djelovanja zakretnog momenta na krmu, dolazi do zakretanja pramca prema trupu broda. Kako bi se spriječilo udaljavanje krme od trupa broda, potrebno je djelovati kormilom u suprotnom smjeru. Ukoliko je brzina broda velika dolazi do stvaranja jakih sila koje djeluju na trup tegljača. Položaj 4 prikazuje moguću situaciju ukoliko se pravovremeno ne poduzmu korektivne mjere prilikom manevriranja s tegljačem. Tegljač biva zakrenut ispred pramca broda što uzrokuje sudar a posljedično i prevrtanje tegljača ³⁹.

3.5.2. Interakcija tegljača u manevru prihvata teglenog konopa na pramcu broda

Kada tegljač tegli na teglenom konopu i pritom zatvara mali kut u odnosu na pramac broda kao u položaju 1, ne postoji opasnost za siguran rad tegljača. Zbog malog kuta koji tegljač zatvara u odnosu na pramac broda, znatno su smanjene manevarske sposobnosti tegljača. Tijekom položaja 2 postoji opasnost ukoliko brod zbog povećanja brzine ili zakretanja postigne prevelik kut u odnosu na tegljač. Zbog djelovanja većeg kuta između pramca broda i tegljača, dolazi do zaostajanja tegljača te mogućeg povlačenja tegljača od strane broda. U položaju 3, brod je prestigao tegljača. Brod povlači tegljač za sobom a zbog položaja kuke za tegljenje, dolazi do bočnog zakretanja tegljača. Zbog djelovanja sila na teglenom konopu, tegljač postiže velik bočni nagib. Ukoliko tegljač ne otpusti tegleni konop ili djeluje pravovremeno postoji opasnost od prevrtanja.

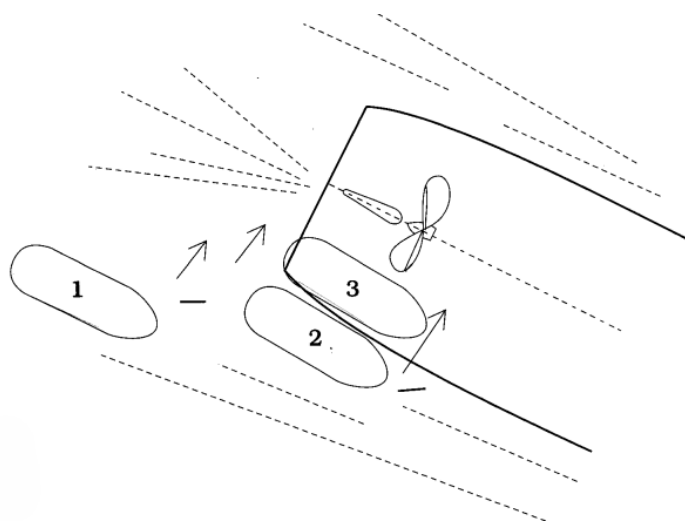
³⁹The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015 - str. 133.



Slika 35. Prikazuje opasnost interakcije tegljača i broda na pramcu prilikom korištenja teglenog konopa

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

3.5.3. Interakcija tegljača na krmi broda



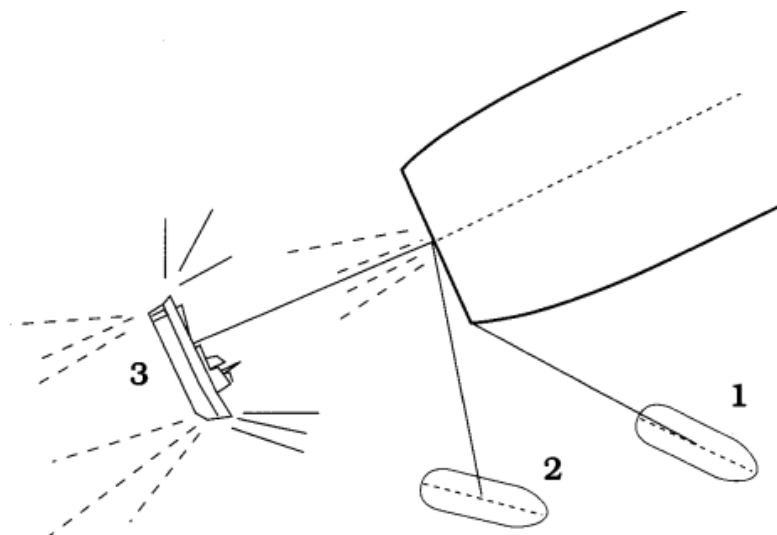
Slika 36. Prikazuje opasnosti različite interakcije tegljača s krmom broda

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Najveća opasnost tijekom interakcije broda i tegljača na krmi jest djelovanje brodskog propelera. Iz sigurnosnih razloga potrebno je poduzeti pravovremene i odgovarajuće postupke kako ne bi došlo do neželjene interakcije. Zbog djelovanja područja niskog tlaka i efekta usisa, tijekom položaja 1 tegljač mora pravovremeno poduzeti odgovarajuće radnje pritom uzimajući u obzir povećanje brzine uzrokovano manjim otporom vode na pramcu. Ukoliko tegljač ne poduzme pravovremene radnje, područje niskog tlaka približiti će tegljač prema krmi broda. Kada se tegljač pod utjecajem jakih sila približi krmi broda kao u položaju 2, postoji opasnost da tegljač dođe u položaj broj 3 što rezultira mogućom štetom na trupu tegljača.

3.5.4. Interakcija tegljača u manevru prihvata teglenog konopa na krmi broda

Tijekom prilaska tegljača krmi broda te prihvata teglenog konopa, zbog djelovanja područja niskog tlaka treba zaustaviti propeler broda kojemu se namjerava asistirati. Ukoliko se propeler ne zaustavi, stvara se područje u kojemu je tegljaču teško manevrirati te zadržati se na mjestu. Pravilna interakcija između broda i tegljača smanjuje rizik od pada teglenog konopa u more što posljedično može oštetiti propeler broda ili tegljača.



Slika 37. Prikazuje opasnosti interakcije tegljača na krmi uz korištenje teglenog konopa

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Kada je brod zaustavljen ili postiže malu brzinu, tegljač tijekom položaja 1 postiže maksimalnu efikasnost te vučnu silu. U trenutku kada brod postigne brzinu tegljač mora pravovremeno i ispravno poduzeti radnje kako bi na siguran način održao jednaku brzinu kao brod kojemu asistira. Zbog smještaja kuke tegljača dolazi do bočnog pozicioniranja tegljača u odnosu na krmu broda kao što je prikazano u položaju 2 . Takav položaj tegljača u odnosu na brod rezultira znatnim gubitkom vučne sile. Kada brod postigne preveliku brzinu prijete opasnost od povlačenja tegljača te mogućeg prevrtanja ⁴⁰.

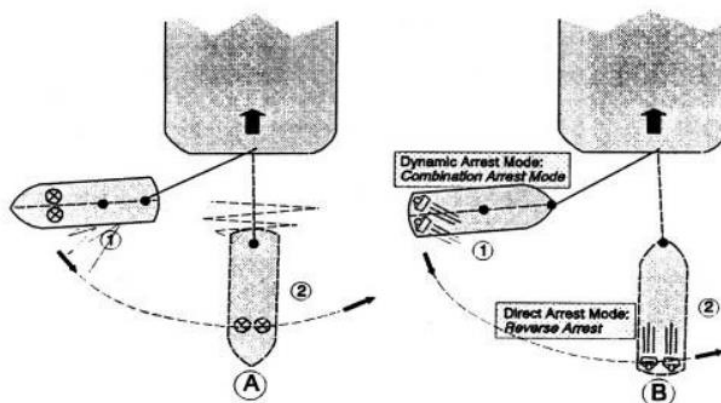
⁴⁰The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015. - str. 136.

4. METODE I VRSTE DJELOVANJA TEGLJAČA

U poglavlju se razmatraju direktna i indirektna metoda tegljenja te metode i djelovanje tegljača u različitim manevrima asistiranja.

4.1. DIREKTNA METODA TEGLJENJA

Direktna metoda tegljenja postiže se isključivo izravnim djelovanjem sile poriva na brod kojemu se asistira. Metoda se koristi na malim brzinama do 5 čvorova a tegljač je pozicioniran iza krme broda kojemu asistira. Osnovna svrha tegljača jest djelovati u zahtijevanom smjeru kako bi izravno utjecao na zakretanje broda ili smanjenje brzine. S porastom brzine broda kojemu se asistira, tegljač gubi efikasnost prilikom metode direktnog tegljenja. Brzina broda prilikom koje direktna metoda tegljenja postaje zanemariva ovisi o snazi poriva tegljača, položaju propulzije te bočnom otporu.



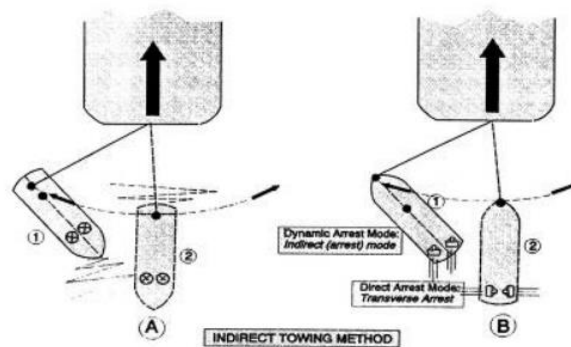
Slika 38. Primjena direktne metode tegljenja

Izvor: https://aeic-iaac.gc.ca/050/documents_staticposts/caeref_21799/2559/appendixa.pdf

Na slici A prikazan je tegljač s cikloidnom propulzijom te na slici B ASD tegljač. Pozicija 1 prikazuje upravljanje i usporavanje. Pozicija 2 usporavanje.

4.2. INDIREKTNA METODA TEGLJENJA

Tijekom primjene indirektna metode tegljenja brzina prelazi šest čvorova. Zbog veće brzine i nadolazećeg toka vode na podvodni dio trupa tegljača ostvaruje se 75% do 80% veća vučna sila od one koja se postiže prilikom direktne metode. Za razliku od direktne metode tegljenja, indirektna metoda puno je značajnija tijekom usporavanja ili manevra zakretanja teglja ⁴¹.



Slika 39. Primjena indirektna metode tegljenja na krmu broda

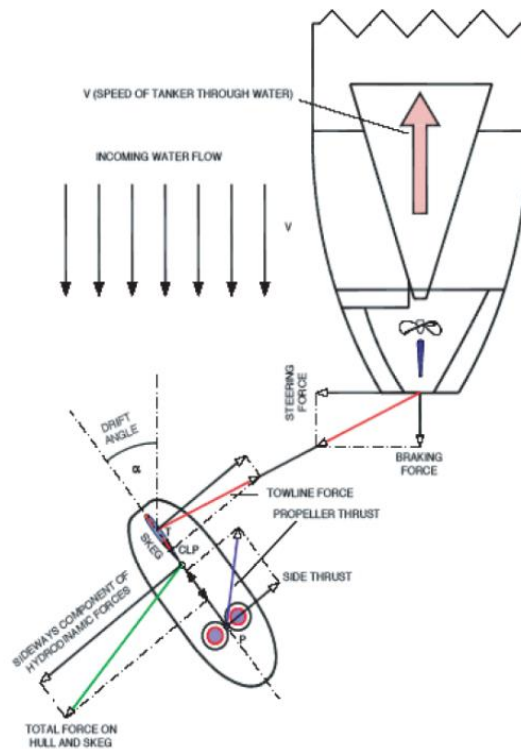
Izvor: https://aeic-iaac.gc.ca/050/documents_staticposts/caerref_21799/2559/appendixa.pdf

Na slici lijevo prikazan je tegljač s cikloidnom propulzijom a na slici desno ASD tegljač. Položaj 1 prikazuje upravljanje i usporavanje. Slika 2 prikazuje usporavanje.

Tijekom indirektna metode tegljač biva povlačen od strane broda a propulzija tegljača koristi se isključivo za održavanje položaja bočno u odnosu na nadolazeći smjer vode. Međusobni smještaj centra pritiska i točke za tegljenje značajni su prilikom manevriranja tegljača za održavanje najefektivnijeg položaja. Zbog položaja točke za tegljenje na krmu traktor tegljača te male udaljenosti do centra pritiska, potrebno je izrazito malo poprečno upravljanje kako bi se postigao idealan položaj tegljača. ASD tegljači moraju primijeniti više poprečnog upravljanja u odnosu na traktor tegljače jer je udaljenost između točke za tegljenje te centra pritiska veća. Zbog velikog kuta teglenog konopa u odnosu na uzdužnicu tegljača postoji rizik od prevrtanja ⁴².

⁴¹The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015. -a practical guide-str. 47.-48.

⁴²TOWAGE INFORMATION-The Mersey Docks and Harbour Company Limited-str. 5.



Slika 40. Djelovanje sila tijekom indirektno metode tegljenja

Izvor: https://aeic-iaac.gc.ca/050/documents_staticposts/caerref_21799/2559/appendixa.pdf

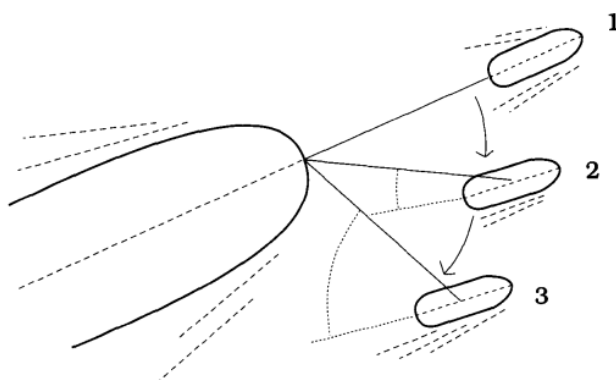
Slika prikazuje djelovanje sila tijekom indirektno metode tegljenja.

- brzina tankera kroz bodu (eng. *speed of tanker through water*),
- nadolazeći smjer vode (eng. *incoming water flow*),
- kut zanošenja, (eng. *drift angle*),
- sila upravljanja, (eng. *steering force*),
- sila zaustavljanja, (eng. *braking force*),
- sila u teglenom konopu (eng. *towline force*),
- bočni potisak, (eng. *side thrust*),
- bočna komponenta hidrodinamičkih sila (eng. *sideways component of hydrodynamic forces*),
- ukupna sila koja djeluje na trup i skeg tegljača (eng. *total force on hull and skeg*).

4.3. TEGLJENJE NA TEGLENOM KONOPU I DJELOVANJE JEDNOG TEGLJAČA

Tijekom operacije tegljenja na teglenom konopu, tegljači mogu biti pozicionirani na pramcu, bočno ili na krmu broda kojemu asistiraju. Osim točke tegljenja značajnu ulogu prilikom asistencije ima i stanje broda u kojemu se nalazi odnosno dali se kreće naprijed, krmom ili je zaustavljen. Kako bi se poboljšale manevarske sposobnosti i lakše djelovanje na tegleni objekt koriste se dva ili više tegljača.

Kada konvencionalni ili ASD tegljač s kukom na sredini izvodi operaciju tegljenja na pramcu broda, tegljač je u mogućnosti iskoristiti maksimalnu snagu poriva a samim time i maksimalnu vučnu silu. Pramčana točka tegljenja idealna je za početno pokretanje objekata koji se ne kreću ali u trenutku kada brod postigne određenu brzinu dolazi do pada iskoristivosti tegljača. Pad iskoristivosti tegljača isključivo nastaje jer je tegljač primoran koristiti poriv u svrhu održavanja brzine i kursa s brodom kojemu asistira a ne u svrhu tegljenja. U trenutku kada nije moguće postići izravnu vučnu silu, tegljač koristi vlastitu težinu kako bi zakrenuo pramac broda. Skretanjem tegljača s kursa u kojem plovi zajedno s brodom, dovodi do stvaranja sile u teglenom konopu koja posljedično zakreće pramac u smjeru u kojem je tegljač skrenuo s početnog kursa.

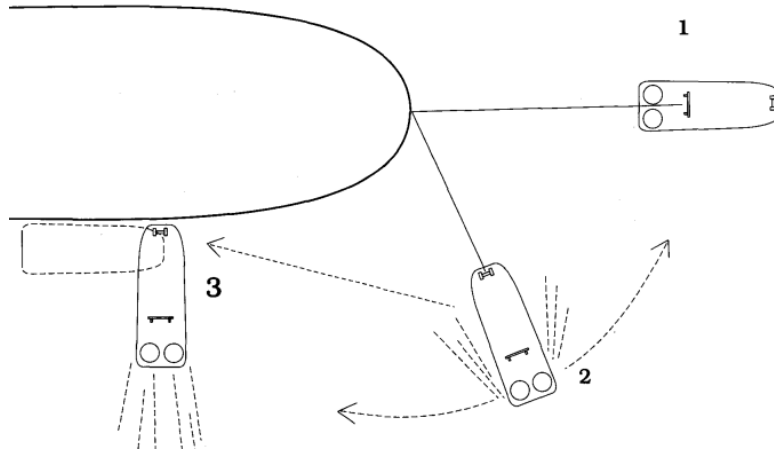


Slika 41. Prikaz skretanja tegljača s početnog kursa te korištenje vlastite težine kako bi zakrenuo pramac broda

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

U položaju 1 tegljač plovi u istom kursu kao brod te ostvaruje tegljenje prema naprijed. U položaju 2 dolazi do skretanja s kursa te položaja 3 u kojem ostvaruje dovoljnu silu za zakretanje pramca u smjeru u kojem je tegljač promijenio kurs.

ASD tegljač osim kuke na sredini može koristiti točku za tegljenje pozicioniranu na pramcu. Kada ASD tegljač tegli jednako kao i konvencionalni tegljač sa kukom na sredini, postiže izuzetno dobra manevarska svojstva ali i dalje prijeti rizik od prevrtanja.



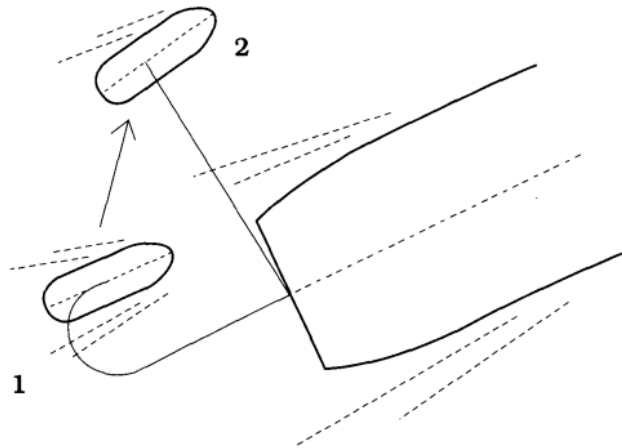
Slika 42. prikazuje različite položaje djelovanja ASD tegljača na pramcu broda

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Tijekom položaja 1 ASD tegljač djeluje jednako kao i konvencionalni tegljač. Kako bi smanjio rizik od prevrtanja, tegljač koristi točku za tegljenje smještenu na pramcu. Zbog veće udaljenosti između propulzije i točke tegljenja postiže se bolja poluga i veći zakretni moment. Zbog točke tegljenja na pramcu ASD tegljač može sigurno djelovati u radijusu teglenog konopa.

Pramčano tegljenje ne omogućava zaustavnu silu broda osim ukoliko se ne izvede manevar promijene kursa s ciljem smanjenja brzine broda.

Kada tegljač djeluje na krmi broda koji se kreće prema naprijed zbog velike međusobne udaljenosti između točke zakretanja broda i točke u kojoj tegljač djeluje, postiže se bolji zakretni moment te veća iskoristivost tegljača. Prilikom djelovanja na krmi pomoću teglenog konopa manevarska svojstva tegljača mogu biti ograničena.



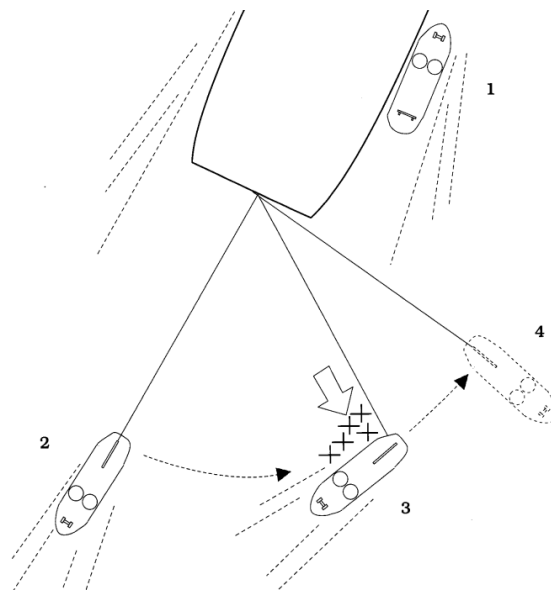
Slika 43. Prikaz dva položaja djelovanja jednog tegljača na krmu broda kojemu asistira.

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Kuka za tegljenje smještena je na sredini tegljača što znatno ograničava manevarska svojstva tegljača. Zbog položaja kuke smještene na sredini u položaju 1, konvencionalni tegljač može samo pratiti brod kojemu namjerava asistirati pod uvjetom da ne postoji sila u teglenom konopu tj. da je tegleni konop labav. Tijekom položaja 2 tegljač može sigurno iskoristiti vlastitu težinu pritom stvarajući silu u teglenom konopu koja djeluje na krmu broda kojemu se asistira. Prilikom djelovanja u položaju 2 tegljač može sigurno djelovati sve dok se tegleni konop nalazi iza kuke za tegljenje prema krmu tegljača. Zbog položaja kuke za tegljenje postoji opasnost od prevrtanja ali je i znatno smanjen kut djelovanja tegljača ⁴³.

Za razliku od konvencionalnih tegljača, ASD i traktor tegljači postižu veći stupanj sigurnosti rada prilikom djelovanja na krmu broda kojemu se asistira. Zbog položaja točke za tegljenje smještene na krmu traktor tegljači nisu ograničeni po pitanju kuta djelovanja te rizika od prevrtanja.

⁴³The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015.- str. 139.-140.



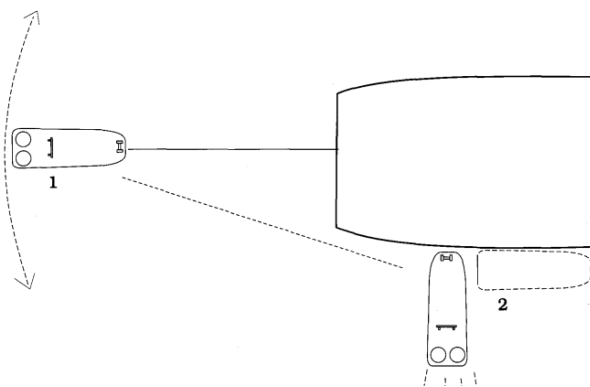
Slika 44. Prikaz raznih metoda djelovanja traktor tegljača na teglenom konopu.

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Tijekom položaja 2 traktor tegljač prati brod kojemu asistira pri malim brzinama pritom omogućavajući kratko vrijeme reakcije te zaustavnu silu ukoliko je potrebno. Tijekom položaja 3 traktor tegljač koristi indirektnu metodu tegljenja prilikom koje se postižu izrazito velike zaustavne sile na brod kojemu se asistira. Kada brod ima malu brzinu ili je u potpunosti zaustavljen, tegljač u položaju 4 može slobodno djelovati u radijusu teglenog konopa pritom ostvarujući izrazito dobra manevarska svojstva te visoki stupanj efikasnosti.⁴⁴

S druge strane, djelovanje ASD tegljača na krmu broda kojemu se asistira gotovo je jednako kao i kod traktor tegljača. Položaj točke za tegljenje smještene na pramcu tegljača omogućava velik radijus djelovanja na teglenom konopu. Korištenjem vlastite težine u kombinaciji sa silom poriva uspješno djeluje na zakretanje krme broda kojemu asistira.

⁴⁴The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015.- str. 149.



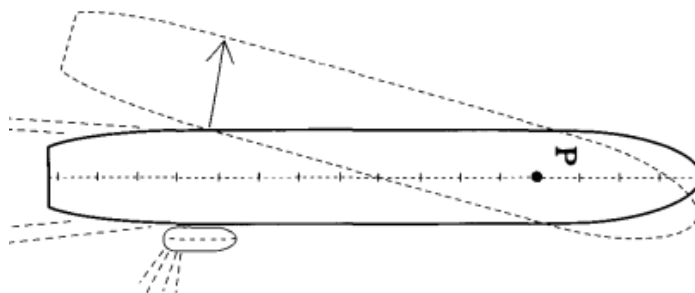
Slika 45. Prikaz različitih položaja djelovanja jednog ASD tegljača na krmi broda kojemu asistira

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Zbog položaja točke za tegljenje smještene na pramcu, tegljač nema ograničenja rada uzrokovana teglenim konopom s čime postiže veliki kut djelovanja. Položaj točke za tegljenje smještene na pramcu tegljača također omogućava jednostavnu i brzu tranziciju na bok broda ukoliko je potrebno.

4.4. DJELOVANJE JEDNOG TEGLJAČA BEZ TEGLENOG KONOPA

Tijekom kretanje broda naprijed točka zakretanja nalazi se približno $\frac{1}{4}$ duljinu broda od pramca. Tijekom asistencije jednog tegljača na boku brodu točka u kojoj tegljač djeluje u odnosu na točku zakretanja znatno će utjecati na željeni manevar. Ukoliko tegljač djeluje na velikoj udaljenosti od točke zakretanja dolazi do povoljne poluge s kojom se postiže lako zakretanje krme broda.



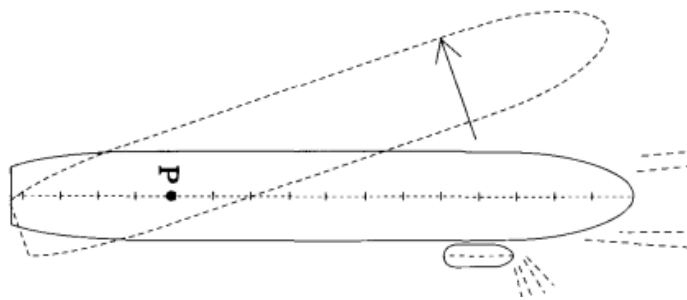
Slika 46. Prikaz djelovanja jednog tegljača na krmi broda bez teglenog konopa.

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Zbog velike udaljenosti od točke zakretanja nije potrebna velika sila djelovanja kako bi se postigao željeni manevar. Tijekom zakretanja krme dolazi do stvaranja područja djelovanja visokog i niskog tlaka.

Bok broda gdje tegljač djeluje stvara na krmi područje niskog tlaka koje usisava vodu dok pramac istovremeno zbog djelovanja područja visokog tlaka odguruje. Na boku broda gdje tegljač ne djeluje, krma odguruje vodu dok pramac usisava. Tegljač koji djeluje na krmi može izgubiti efikasnost ukoliko je učinak propulzije broda prevelik te posljedično stvara turbulencije koje odguruju tegljač od boka broda ⁴⁵.

S druge strane, kako bi se postiglo efektivno zakretanje broda koji se kreće krmom tegljač mora djelovati na pramcu. Točka zakretanja tijekom vožnje krmom nalazi se na $\frac{1}{4}$ duljine broda od krme s čime se postiže izrazito velika udaljenost između točke zakretanja i točke u kojoj tegljač djeluje.



Slika 47. Prikaz djelovanja jednog tegljača na pramcu bez teglenog konopa tijekom vožnje broda krmom

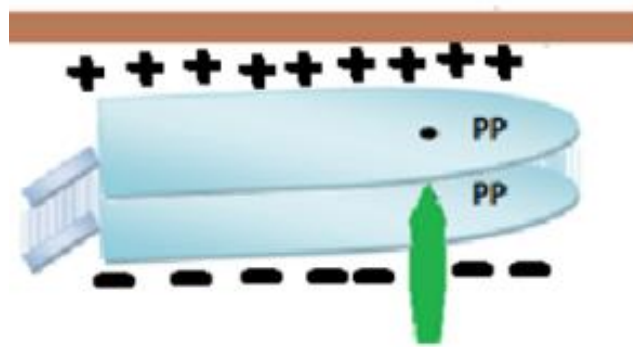
Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Tijekom vožnje krmom brod gubi manevarska svojstva jer propulzija ne djeluje na list kormila. Zbog djelovanja propelera stvaraju se vodene strujnice koje zatim djeluju na podvodni dio trupa broda a ne na list kormila. Na list kormila djeluju jedino strujnice uzrokovane postignutom brzinom vožnje krmom. Upravo zbog toga, asistencija tegljača na pramcu je ključna kako bi se izveo siguran i brz manevar zakretanja broda. Tegljač zbog svojega položaja ostvaruje veliku polugu te dovoljan zakretni moment. Ukoliko brod sadrži pramčani porivnik, asistencija tegljača na ovom položaju nije potrebna.

⁴⁵The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015- str. 158.

4.4.1. Djelovanje jednog tegljača tijekom pristajanja broda obalnom vezu bez upotrebe teglenog konopa

Tijekom prilaska broda obalnom vezu tegljač mora djelovati na maloj udaljenosti od točke okretanja broda. Kada tegljač djeluje na manjoj udaljenosti od točke okretanja broda dolazi do stvaranja zanemarive poluge između točke zakretanja broda i točke u kojoj tegljač djeluje. Tegljač može djelovati na pramcu ili krmu broda ovisno da li brod prilazi obalnom vezu vožnjom naprijed ili krmom.



Slika 48. Djelovanje tegljača na pramčanom dijelu tijekom prilaska broda obalnom vezu vožnjom naprijed

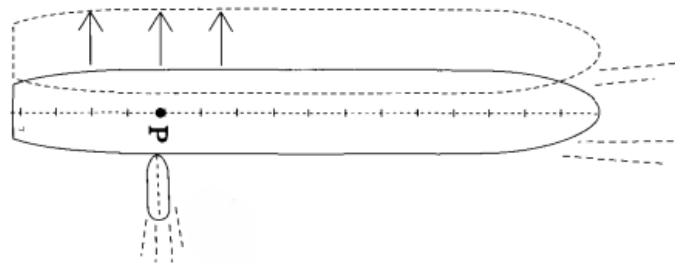
Izvor:

<https://www.researchgate.net/publication/364736318> THE STUDY OF SHIP BEHAVIOR DURING PORT
MANEUVERING WITH TUGS

Tijekom prilaska broda obalnom vezu pritom vozeći prema naprijed točka okretanja broda nalazi se na $\frac{1}{4}$ duljine broda od pramca. Slika prikazuje brod koji pristaje lijevom stranom na obalni vez te tegljača koji djeluje na pramčanom dijelu u blizini točke zakretanja. Ukoliko brod pristaje lijevom stranom dužan je djelovati kormilom u desno dok tegljač istovremeno djeluje u blizini točke zakretanja. Na taj način brod se uspješno pomiče bočno prema obali bez daljnjeg napredovanja prema naprijed. Djelovanjem kormila prema desno uzrokuje približavanje krme prema obali ⁴⁶.

⁴⁶THE STUDY OF SHIPS BEHAVIOR DURING PORT MANEUVERING WITH TUGS-
<https://www.researchgate.net/publication/364736318> THE STUDY OF SHIP BEHAVIOR DURING PORT
MANEUVERING WITH TUGS- str 11

Kada brod prilazi obalnom vezu vožnjom krmom, djelovanje tegljača također je u blizini točke okretanja odnosno na krmi. Tijekom vožnje broda krmom manevarska svojstva broda su smanjena u odnosu na vožnju naprijed stoga djelovanje kormila nije izrazito značajno. Ukoliko brod ima dovoljno jak pramčani porivnik djelovanje tegljača ne bi bilo potrebno.



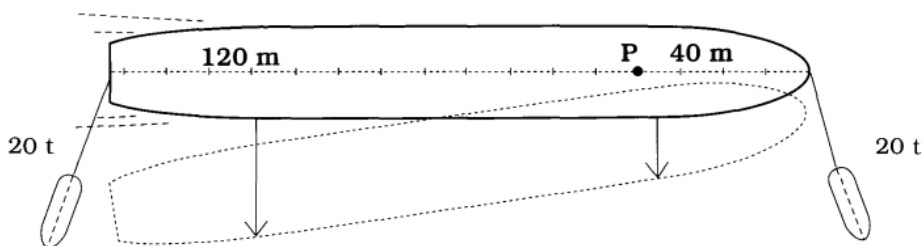
Slika 49. Prikaz djelovanja tegljača tijekom prilaska broda krmom obalnom vezu

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

4.5. TEGLJENJE NA TEGLenom KONOPU I DJELOVANJE DVAJU TEGLJAČA

Prilikom istovremenog djelovanja dva tegljača s različitim položajima djelovanja znatnu ulogu ima stanje broda u kojem se nalazi. Točka zakretanja broda koji se kreće naprijed ili krmom ili je u potpunosti zaustavljen nije jednaka stoga i sila koju tegljači primjenjuju mora biti prilagođena tome.

Kada se brod kreće naprijed točka zakretanja broda nalazi se na $\frac{1}{4}$ duljine broda od pramca. Ukoliko je brod dugačak 160 m točka zakretanja nalaziti će se na 40 m od pramca. S obzirom na navedeno, udaljenost točke zakretanja od krme broda iznositi će 120 m. Kada brod plovi samostalno bez asistencije tegljača međusobna udaljenost između položaja djelovanja kormila na krmi te položaja točke zakretanja smještene prema pramcu rezultira izvrsnim zakretnim momentom broda. Zakretni moment postiže se djelovanjem zakretnih sila kormila te udaljenosti do točke zakretanja koje dovode do povoljne poluge za manevriranje.

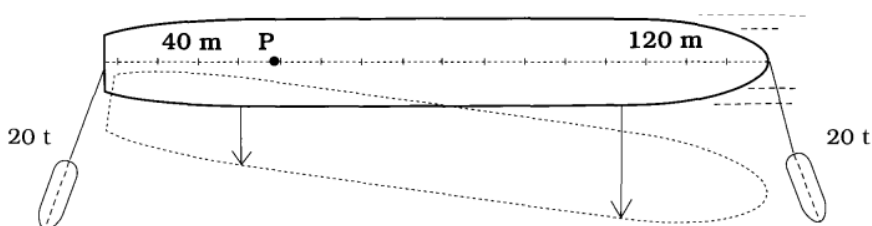


Slika 50. Prikaz broda koji se kreće naprijed te utjecaj djelovanja tegljača s obzirom na točku zakretanja.

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Kada se koristi asistencija tegljača s položajem na pramcu i krmi treba paziti upravo na položaj točke zakretanja te udaljenosti djelovanja. Ukoliko oba tegljača koriste jednaku silu poriva od 20 t posljedično će doći do većeg zakretanja krme od pramca broda. Veće zakretanje krme od pramca nastaje upravo zbog udaljenosti koja iznosi 120 m od točke zakretanja te primijenjene sile od 20 t što rezultira 2400 tm djelovanja na krmu. S obzirom da na pramac djeluje znatno manjih 800 tm uzrokovanih manjom udaljenosti od točke zakretanja, kako bi se postiglo jednoliko zakretanje broda krmeni tegljač mora djelovati manjom silom s čime će se postići jednaki učinak oba tegljača te izbjeći neželjeno zanošenje pramca u suprotnu stranu.

Identična situacija jest i prilikom djelovanja tegljača kada se brod kreće krmom. U ovom slučaju točka zakretanja nalazi od krme za $\frac{1}{4}$ duljine broda. Ukoliko je duljina broda 160 m, udaljenost krme od točke zakretanja jest 40 m a udaljenost od pramca iznosi 120 m.



Slika 51. Prikaz utjecaja jednake sile vuče tegljača u odnosu na različitu udaljenost od točke okretanja broda.

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

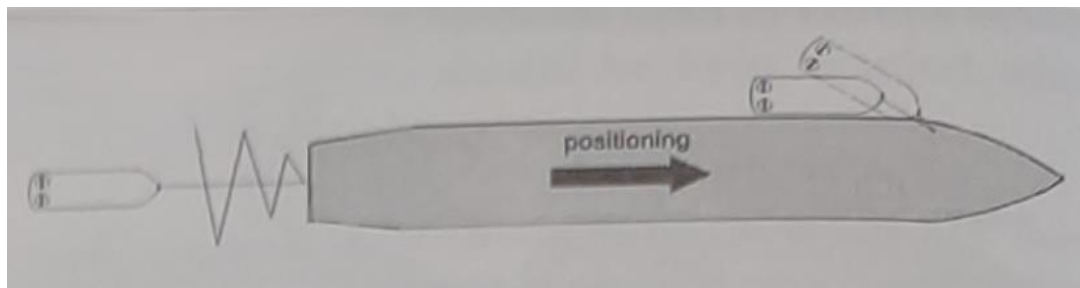
5. MANEVAR PRISTAJANJA I PRIVEZA, ODVEZA I ISPLOVLJENJA TE OKRETA BRODA UZ ASISTENCIJU DVAJU TEGLJAČA

U poglavlju se razmatraju metode asistencije tegljača za vrijeme pristajanja i priveza, odveza i isplovljenja te manevra okreta broda.

5.1. KOMBINACIJA POVLAČENJA I POTISKIVANJA ZA VRIJEME PRISTAJANJA BRODA OBALNOM VEZU

Kombinacija povlačenja i potiskivanja označava djelovanje tegljača u neposrednoj blizini broda pritom privezan kratkim teglenim konopom. Pomoću teglenog konopa tegljač ima sposobnost ispravljanja kretnje broda pritom uzrokovane operacijom potiskivanja. Ovisno o vrsti tegljača te smještaju kuke za tegljenje ovisi i efikasnost primijenjene metode.

Traktor tegljači i ASD tegljači ostvaruju veću efikasnost od konvencionalnih tegljača ograničene snage krmom. Kombinacija povlačenja i potiskivanja najčešće se koristi tijekom prilaska broda obalnom vezu.

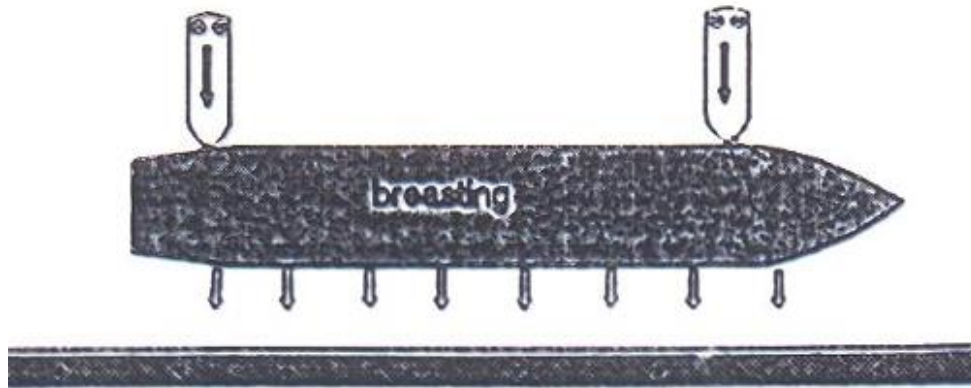


Slika 52. Prikaz pozicioniranja tegljača na pramcu i krmi broda kojemu asistiraju.

Izvor: Shiphandlers guide-R.W. Rowe

Tegljači moraju biti privezani teglenim konopima prije metode potiskivanja. Za operaciju potiskivanja i povlačenja koriste se obrnuti traktor tegljači ili ASD tegljači s pramčanim vitlom za tegljenje. Točka za tegljenje smještena na pramcu tegljača omogućava tegljaču pramčano potiskivanje boka broda. Ukoliko je potrebno usporiti ili ispraviti kretnju broda, tegljači zavoze krmom te uz pomoć teglenog konopa kontroliraju manevar pristanka.

Zbog položaja vitla za tegljenje smještenog na pramcu tegljača nije potrebno otpustiti tegleni konop što omogućava brzo ponovno pozicioniranje i djelovanje tegljača ⁴⁷.



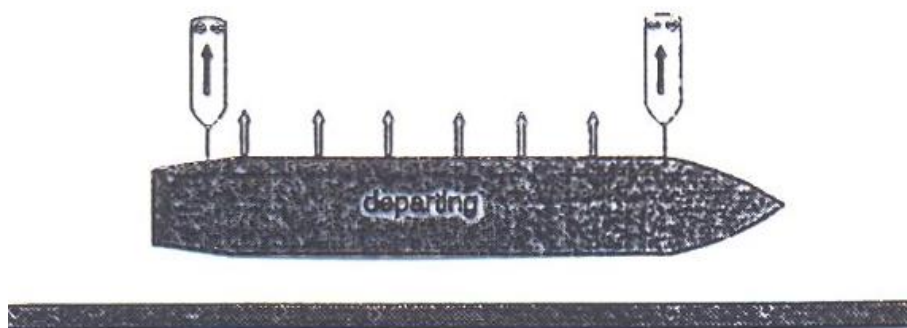
Slika 53. Prikaz metode kombinacije potiskivanja i povlačenja tegljača tijekom pristajanja broda obalnom vezu.

Izvor: Prezentacije, Tehnika rukovanja brodom, Tegljači i manevriranje uz pomoć tegljača .

⁴⁷The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015.- str. 36.

5.2. ASISTENCIJA DVAJU TEGLJAČA TIJEKOM ODVEZA I ISPLOVLJENJA BRODA SA OBALNOG VEZA

Tijekom odlaska broda sa obalnog veza često je nužna asistencija tegljača kako bi se ostvario što sigurniji manevar isplovljenja. Tijekom boravka broda na obalnom vezu brod se nalazi u stanju mirovanja a samim time i točka okreta nalazi se približno na sredini. Ukoliko je brod duljine 160 m , točka okreta nalazi se približno jednako udaljena 80 m od pramca i krme broda. Osnovni cilj asistencije tegljača tijekom manevra udaljavanja od obale jest spriječiti moguća oštećenja trupa ili propulzije broda koja nastaju u interakciji broda i obale.



Slika 54. Prikaz zaustavljenog broda te asistenciju dvaju tegljača pozicionirana na krmi i pramcu broda.

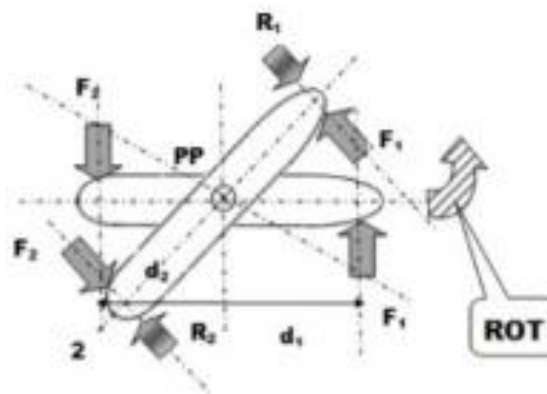
Izvor: Prezentacije, Tehnika rukovanja brodom, Tegljači i manevriranje uz pomoć tegljača.

Zbog stanja mirovanja i položaja točke zakretanja približno na sredini broda, tegljači mogu primijeniti jednaku silu vuče upravo jer su udaljenosti između točke zakretanja te točke tegljenja jednake za oba tegljača. Udaljenost od 80 m te primjena sile vuče od 20 t rezultira 1600 tm za oba tegljača. Na ovaj način brod se jednoliko udaljava od obale bez dodatnog i neželjenog zakretanja krme ili pramca ⁴⁸.

⁴⁸The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015.- str. 154.

5.3. MANEVAR OKRETA BRODA UZ ASISTENCIJU DVA TEGLJAČA

Tijekom okretanja broda u stanju mirovanja točka okretanja nalazi se gotovo na sredini broda kojemu se asistira. Kako bi se postigao najbolji željeni učinak koristi se djelovanje dva tegljača. Tegljači se pozicioniraju na pramac i krmu pritom svaki na suprotnom boku broda.



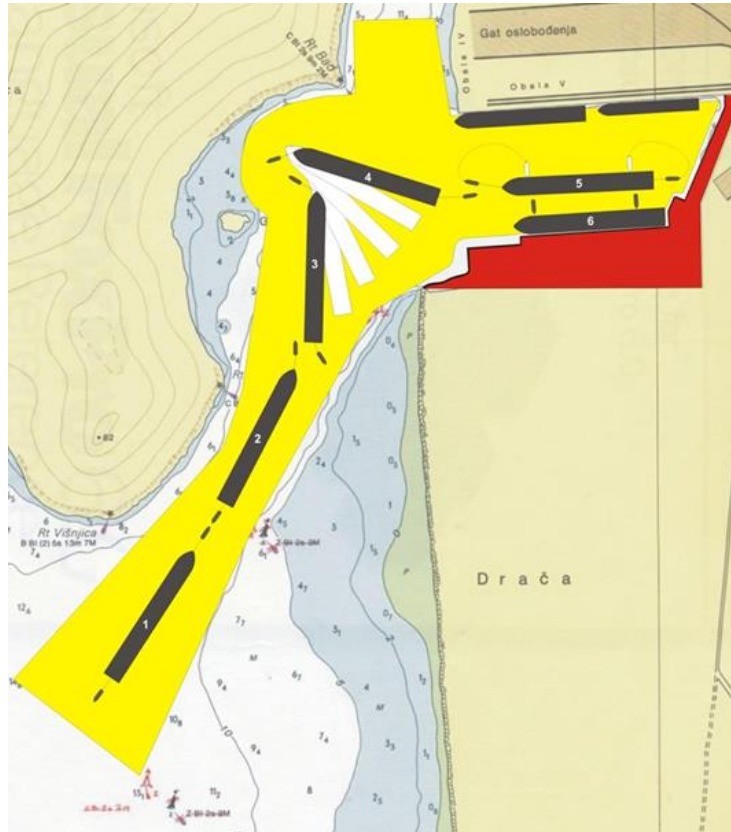
Slika 55. Djelovanje dva tegljača na okretanje broda u mjestu

Izvor: <https://www.marine-pilots.com/articles/84506-revieuw-of-ships-pivot-point-science-maths-and-observation-where-is-centre-of-ships-rotation>

Ukoliko je željeni smjer rotacije ulijevo kao na slici, pramčani tegljač smješten je na desnom boku broda a krmeni na lijevom. Zbog gotovo jednake udaljenosti od točke zakretanja broda, tegljači mogu djelovati jednakom snagom. Tijekom jednakog djelovanja tegljača dolazi do zakretanja broda na mjestu bez napredovanja prema naprijed.

Tijekom djelovanja tegljača na pramčanom i krmenom dijelu F_1 i F_2 dolazi do stvaranja otpora vode na suprotnim bokovima broda tj. R_1 i R_2 .

5.4. PRIKAZ MANEVARA PRISTAJANJA BRODA OBALNOM VEZU UZ ASISTENCIJU DVAJU TEGLJAČA



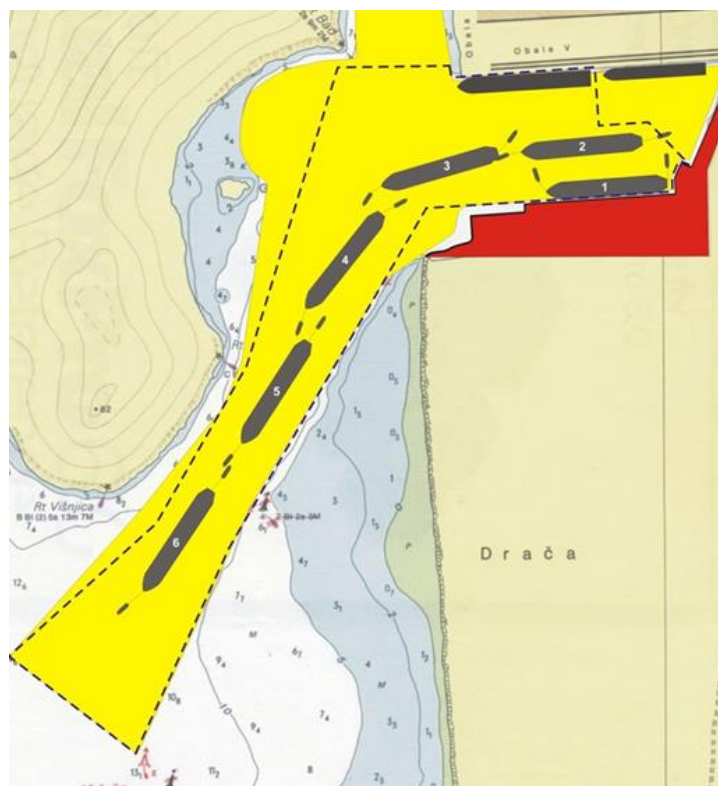
Slika 56. Prikaz manevra pristajanja broda obalnom vezu uz asistenciju dvaju tegljača.

Izvor: Prezentacije, Tehnika rukovanja brodom, Tegljači i manevriranje uz pomoć tegljača.

Položaj 1 prikazuje trenutak uplovljena broda uz pratnju tegljača privezanim teglenim konopima. Tegljači su zbog postizanja većeg sigurnosnog i manevarskog faktora pozicionirani na pramcu te krmi broda kojemu asistiraju. U trenutku položaja broda 2, pramčani tegljač izvodi manevar u kojemu postepeno započinje zakretati pramac asistiranog broda. S obzirom da se brod kreće prema naprijed, uz djelovanje pramčanog tegljača započinje i djelovanje krmenog tegljača s namjerom pojačanja zakretnog momenta broda. U položaju 3 vidljivo je djelovanje tegljača u suprotnim stranama odnosno, pramčani tegljač djeluje u lijevo a krmeni tegljač u desno. Djelovanjem krmenog tegljača u suprotnu stranu od pramčanog, dolazi do znatnog pomaka krme te zakretanja broda. Zbog velike horizontalne udaljenosti između točke zakretanja broda te položaja krmenog tegljača, ostvaruje se brzo i efikasno djelovanje. U trenutku položaja 4, tegljači postepeno usporavaju zakretni moment broda te započinje prilazak obalnom vezu.

Tijekom prilaska broda prema obalnom vezu započinje ponovno pozicioniranje tegljača na suprotnom boku broda od onog kojim se planira pristati. Tegljači uz pomoć privezanih konopa za brod, započinju kombinaciju potiskivanja i povlačenja čime dolazi do sigurnog i kontroliranog pristanka broda. U trenutku položaja broj 6, posada broda vrši privez za obalni vez čime završava manevar pristanka.

5.5. PRIKAZ MANEVARA ISPLOVLJENJA BRODA SA OBALNOG VEZA UZ ASISTENCIJU DVAJU TEGLJAČA



Slika 57. Prikaz manevara isplovljenja broda sa obalnog veza uz asistenciju dvaju tegljača.

Izvor: Prezentacije, Tehnika rukovanja brodom, Tegljači i manevriranje uz pomoć tegljača.

U trenutku položaja 1, dolazi do prihvata teglenih konopa tegljača te njihovo pozicioniranje na boku broda. Nakon odveza broda sa obalnog veza, tegljači postepeno voze krmom što uzrokuje udaljavanje broda od obalnog veza.

U položaju 2, tegljači se pozicioniraju na krmni i pramčani dio asistiranog broda. Pramčani tegljač započinje djelovanje u lijevo što dovodi do zakretanja pramca.

Istovremeno u položaju broj 3 djeluje i krmni tegljač u suprotnu stranu što dodatno uzrokuje lakše zakretanje broda. Nakon što su tegljači ostvarili zadovoljavajuće zakretanje broda, krmni tegljač u položaju 4 vrši djelovanje u suprotnu stranu od prijašnje kako bi pravovremeno zaustavio daljnje zakretanje krme.

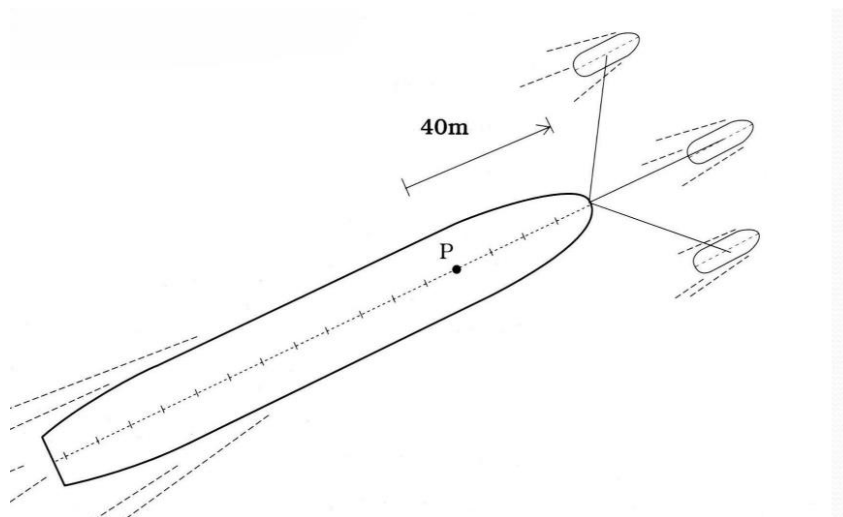
Položaji 5 i 6 prikazuju pratnju tegljača uz korištenje teglenih konopa zbog postizanja većeg sigurnosnog aspekta za vrijeme izlaska iz lučkog akvatorija.

6. PRATNJA BRODA TEGLJAČIMA

Pratnja broda tegljačima primjenjuje se u područjima visokog rizika poput tankerskih terminala, luka s povećanim prometom ili navigacijskim opasnostima. Korištenje pratnje tegljača smanjuje rizik od nezgode te povećava stupanj sigurnosti. Vrijeme reakcije tegljača ključno je kako bi se spriječio sudar, nasukanje ili gubitak manevrabilnosti broda. Operacija praćenja broda u lučkom području može biti izvedena sa ili bez priveznih konopa ovisno o stanju vanjskih čimbenika te stupnju rizika. Najčešće upotrijebljeni tegljači za operaciju praćenja broda jesu ASD ili traktor tegljači zbog svojih izvrsnih manevarskih sposobnosti. Kako bi tegljači mogli sigurno djelovati stabilitet tegljača izuzetno je bitna stavka. Prilikom brzine od 10 čvorova dolazi do gotovo dvostrukog povećanja sile vuče u teglenom konopu tijekom indirektno metode. Dobar statički i dinamički stabilitet tegljača ključan je za siguran rad i promjenu trima tijekom djelovanja. Prevelika metacentarska visina tegljača otežava rad na valovima stoga minimalna propisana metacentarska visina tegljača iznosi 3 m . Minimalna prekidna čvrstoća teglenog konopa pratećih tegljača mora iznositi dva do tri puta više od maksimalne sile kočenja. U slučaju nezgode broda, komunikacija između pilota te zapovjednika tegljača mora biti izvrsna. Prije operacije pratnje broda mora biti napravljen plan pratnje tegljača s jasno naznačenim informacijama o dimenzijama broda, gazu, planu putovanja, vanjskim uvjetima i vremenskim prognozama te načinu asistencije.

6.1. PRATNJA BRODA S PRIHVAĆENIM TEGLENIM KONOPIMA

Prihvaćanje teglenih konopa te pozicioniranje tegljača ima značajnu ulogu na vrijeme reakcije te efikasnost pratećih tegljača. Tegljači mogu biti privezani na pramcu ili krmi broda kojemu asistiraju ovisno o situaciji te planu putovanja. Kako bi se smanjio rizik sudara te povećala efikasnost tegljača izbjegava se privez tegljača samo na jednom boku broda. Pramčani tegljači mogu primijeniti uobičajen postupak tegljenja na konopu kako bi efikasno i brzo promijenili kurs broda kojemu asistiraju.



Slika 58. Prikaz pramčanog priveza pratećih tegljača

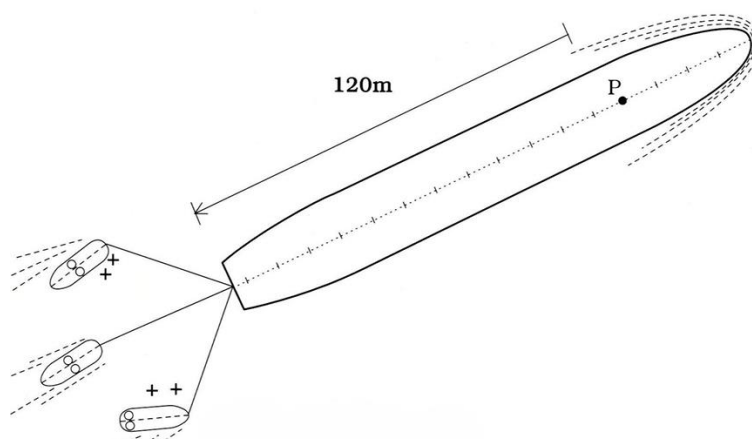
Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

Tijekom operacija praćenja te korištenja priveza, koriste se tegljači sa kukom za tegljenje smještenoj na sredini ili na krmi. Najveći nedostatak djelovanja pramčanih tegljača na konopu jest povećanje brzine broda prilikom primjene sile upravljanja. Ograničenja brzine najviše ovise o mogućnostima pramčanog tegljača ali i veličini te gazu broda kojemu se asistira. Brzina operacije praćenja na teglenom konopu obično iznosi 4 do 5 čvorova ⁴⁹.

Osim pramčanog priveza, tegljači su privezani i na krmi broda kojemu se asistira. Za razliku od pramčanih tegljača, krmeni tegljači značajni su u primjeni sila kočenja te smanjenja brzine broda. Traktor tegljači ili ASD tegljači najčešće su korišteni za djelovanje na krmi broda zbog svojih dobrih manevarskih svojstava te brzog pozicioniranja. Zbog djelovanja na velikoj udaljenosti od točke okretanja tijekom plovidbe broda prema naprijed, ostvaruje se značajan zakretni moment uz minimalnu primjenu sile.

Kada se primjenjuje sila kočenja, najčešće primijenjena metoda jest indirektna metoda. Tegljač se postavlja u takav položaj u kojemu pomoću vlastitog trupa i otpora vode generira značajno veću silu kočenja te kraći zaustavni put broda.

⁴⁹Captain Henk Hensen - second edition - a practical guide - str. 140.

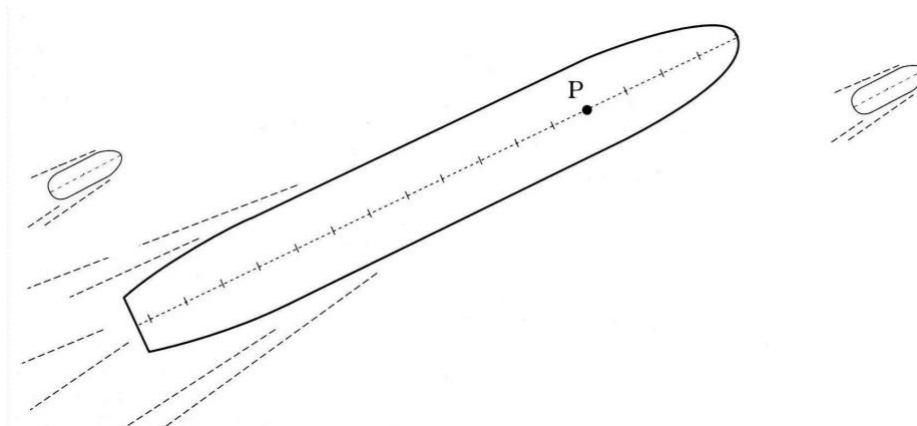


Slika 59. Prikaz krmenog priveza pratećih tegljača

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015

6.2. PRATNJA BRODA BEZ PRIHVAĆENIH TEGLENIH KONOPA

Tijekom pratnje broda bez privezanih teglenih konopa, tegljači prate brod u neposrednoj blizini kako bi vrijeme reakcije tegljača u slučaju nezgode bilo što kraće. Najveći nedostatak pratnje broda bez privezanih konopa jest povećan stupanj rizika te duže vrijeme reakcije tegljača za vrijeme loših vremenskih uvjeta te valova. Valovi smanjuju efikasnost tegljača tijekom primjene sila upravljanja. Za razliku od metode praćenja sa privezanim konopima za brod kojemu se asistira, brzina praćenja tegljača bez konopa jest do 9 čvorova. Kada tegljači moraju djelovati zbog kvara nastalog na brodu ili sprječavanja mogućeg nasukanja ili sudara u područjima visokog rizika, primjenjuje se metoda guranja na boku broda. Tegljači se mogu brzo pozicionirati te djelovati ovisno o nastaloj situaciji. Najveći nedostatak metode guranja na boku broda jest porast brzine broda što posljedično povećava stupanj rizika. Kako bi se spriječio porast brzine broda tijekom asistencije tegljača, najčešće korišteni tegljači jesu tegljači sa azimutalnom ili cikloidnom propulzijom.



Slika 60. Prikaz pratnje tegljača bez priveznih konopa

Izvor: The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015.

7. ZAKLJUČAK

Rad obuhvaća opsežan pregled konstrukcijskih i tehnoloških značajki tegljača, s posebnim naglaskom na ključne aspekte dizajna i manevarskih sposobnosti koje definiraju ova plovila. U radu se prati evolucija tehnologije tegljača, od ranih modela pogonjenih parom do suvremenih tegljača s dizelskim motorima i azimutnim propulzorskim sustavima, ističući značajna poboljšanja koja su oblikovala njihove sadašnje sposobnosti.

Cilj rada jest detaljna analiza različitih tipova tegljača, uključujući konvencionalne tegljače, ASD (Azimuth Stern Drive) tegljače, traktor tegljače s cikloidnom propulzijom te obrnute traktor tegljače. Svaki tip se proučava s obzirom na njegov sustav propulzije, manevarske karakteristike i specifične primjene. U radu se razmatra smještaj i dizajn propulzijskih sustava, poput cikloidnih i azimutnih propulzora, kako utječu na manevarske sposobnosti i učinkovitost tegljača, omogućujući im obavljanje složenih zadataka poput asistencije brodovima u uskim lukama, pratnje velikih plovila i operacija na otvorenom moru.

Rad također obrađuje pomoćne sustave koji su ključni za siguran rad tegljača, kao što su vitla za tegljenje, sustavi bokobrana i sigurnosna oprema. Objašnjavaju se uloge koje ti sustavi imaju u postizanju učinkovitog i sigurnog obavljanja svakodnevnih operacija. Osim toga, rad detaljizira operativne metode koje tegljači koriste, razlikujući između direktne i indirektno metode tegljenja te njihovih utjecaja na stabilnost i kontrolu plovila.

Zaključno, rad naglašava stalnu evoluciju dizajna i tehnologije tegljača. Ističe se kako su suvremene inovacije značajno poboljšale učinkovitost, sigurnost i manevarsku sposobnost tegljača, omogućujući im učinkovito djelovanje u raznim pomorskim okruženjima. U radu se naglašava ključna uloga koju tegljači igraju u pomorskoj industriji, olakšavajući sigurno i učinkovito kretanje brodova te pridonoseći ukupnoj sigurnosti pomorskih operacija.

LITERATURA

1. Parni stroj. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024. Pristupljeno 13.6.2024. <<https://www.enciklopedija.hr/clanak/parni-stroj>>.
2. Edward M. Brady-Tugs, Towboats and Towing
3. Types of tugs-<https://www.shiphandlingpro.com/copy-of-tugs>
7. Captain Henk Hensen-second edition-a practical guide
7. Božo Biočić-Vladimir Jurić-Tegljači-Brodospas Split 1974
8. Edward M. Brady-Tugs, Towboats and Towing
9. SCHOTTEL RudderPropeller-<https://www.schottel.de/en/portofolio/products/product-detail/srp-schottel-ruderpropeller/>
10. First responders to port and ship fires-31 Mar 2020by Martyn Wingrove-<https://www.rivieramm.com/news-content-hub/firstnbspresponders-to-port-and-ship-firesnbsp-58756/>
11. <https://www.damen.com/vessel/tugs/ice-class-tugs/>
12. The Risk of Tugs Capsizing due to Girting-<https://www.westpandi.com/getattachment/ef5ba94b-c981-4ffb-8b26-f156522c268/the-risk-of-tugs-capsizing-due-to-girthing>
13. TOWAGE INFORMATION-The Mersey Docks and Harbour Company Limited
14. The nautical Institute, The Shiplander's guide, 2015.
15. THE STUDY OF SHIPS BEHAVIOR DURING PORT MANEUVERING WITH TUGS-
<https://www.researchgate.net/publication/364736318> THE STUDY OF SHIP BEHAVIOR DURING PORT MANEUVERING WITH TUGS- str 11

POPIS SLIKA

Slika 1. Parni stroj

Slika 2. Oceanski tegljač Zwarte Zee

Slika 3. Rotor tegljač

Slika 4. „Carrousel tug“

Slika 5. Lučki tegljač

Slika 6. Oceanski tegljač

Slika 7. Vatrogasni tegljač te sustav cjevovoda

Slika 8. Pramčani bokobran

Slika 9. Kuka za tegljenje

Slika 10. Standardna kuka za tegljenje bez mehanizma za brzo otpuštanje

Slika 11. Kuka za tegljenje kružne izvedbe pričvršćenu na bitvu

Slika 12. Konvencionalni tegljač s kukom na sredini

Slika 13. Fiksni „Gob rope“

Slika 14. Podesivi „Gob rope“

Slika 15. Traktor tegljač s cikloidnom propulzijom

Slika 16. Vitlo s jednim bubnjem

Slika 17. Sastavni dijelovi vitla za tegljenje

Slika 18. Sastavni dijelovi konvencionalnog pogona

Slika 19. Shematski prikaz konvencionalnog tegljača s dva vijka u sapnicama

Slika 20. Azimutni porivnik

Slika 21. ASD tegljač

Slika 22. Obrnuti traktor tegljač

Slika 23. Voith-Schneider propulzor

Slika 24. Traktor tegljač s Voith Schneider propulzijom

Slika 25. Traktor tegljač s azimutnom propulzijom prema pramcu

Slika 26. Princip testiranja vučne sile tegljača

Slika 27. Grafikon 1. Minimalna dubina mora u odnosu na ukupnu snagu poriva tegljača (kW)

Slika 28. Grafikon 2. Minimalna duljina ispusta teglenog konopa u odnosu na ukupnu snagu poriva tegljača (kW)

Slika 29. Grafikon 3. Dijagram vuče

Slika 30. Grafikon 4. Odnos vremenskog perioda i vrijednosti sile vuče

Slika 31. Grafikon 5. Postotak efektivnosti tegljača u odnosu na signifikantnu visinu vala

Slika 32. Područja visokog i niskog tlaka uz trup broda

Slika 33. Prikaz različite pozicije tegljača uz trup broda kojemu asistira

Slika 34. Prikaz različitih položaja interakcije tegljača s trupom broda

Slika 35. Prikaz opasnosti interakcije tegljača i broda na pramcu prilikom korištenja teglenog konopa

Slika 36. Prikaz opasnosti različite interakcije tegljača s krmom broda

Slika 37. Prikaz opasnosti interakcije tegljača na krmu uz korištenje teglenog konopa

Slika 38. Primjena direktne metode tegljenja

Slika 39. Primjena indirektno metode tegljenja na krmu broda

Slika 40. Djelovanje sila tijekom indirektno metode tegljenja

Slika 41. Prikaz skretanja tegljača s početnog kursa te korištenje vlastite težine kako bi zakrenuo pramac broda

Slika 42. Prikaz različitih položaja djelovanja ASD tegljača na pramcu broda

Slika 43. Prikaz dva položaja djelovanja jednog tegljača na krmu broda kojemu asistira.

Slika 44. Prikaz raznih metoda djelovanja traktor tegljača na teglenom konopu

Slika 45. Prikaz različitih položaja djelovanja jednog ASD tegljača na krmu broda kojemu asistira

Slika 46. Prikaz djelovanja tegljača na krmu broda

Slika 47. Prikaz djelovanja tegljača na pramcu tijekom vožnje broda krmom

Slika 48. Djelovanje tegljača na pramčanom dijelu tijekom prilaska broda obalnom vezu vožnjom naprijed

Slika 49. Prikaz djelovanja tegljača tijekom prilaska broda krmom obalnom vezu

Slika 50. Prikaz broda koji se kreće naprijed te utjecaj djelovanja tegljača s obzirom na točku zakretanja.

Slika 51. Prikazuje utjecaj jednake sile vuče tegljača u odnosu na različitu udaljenost od točke okretanja broda

Slika 52. Prikazuje pozicioniranje tegljača na pramcu i krmi broda kojemu asistiraju

Slika 53. Prikazuje metodu kombinacije potiskivanja i povlačenja tegljača tijekom pristanka broda obalnom vezu

Slika 54. Prikazuje zaustavljen brod te asistenciju dvaju tegljača pozicionirana na krmi i pramcu broda.

Slika 55. Djelovanje dva tegljača na okretanje broda u mjestu

Slika 56. Prikaz manevra pristanka broda obalnom vezu uz asistenciju dvaju tegljača

Slika 57. Prikaz manevra odlaska broda sa obalnog veza uz asistenciju dvaju tegljača

Slika 58. Prikazuje pramčani privez pratećih tegljača

Slika 59. Prikazuje krmeni privez pratećih tegljača

Slika 60. Prikazuje pratnju tegljača bez privezanih konopa

POPIS TABLICA

-Tablica 2.Omjer snage stroja i vučne sile u odnosu na vrstu propulzije .