

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ŠPORT

DIPLOMSKO DELO

TEJA ČERNE

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Športno treniranje
Kondicijsko treniranje

**ANALIZA PODATKOV JADRALNEGA RAZREDA RC44 NA
TEKMOVANJU PORTOROŽ CUP 2006**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR
izr. prof. dr. Matej Supej

Avtorica dela
TEJA ČERNE

RECENZENT
doc. dr. Boris Sila

KONZULTANT
asist. dr. Matej Majerič

Ljubljana, 2013

Zahvala

Zahvaljujem se za pomoč mentorju izr. prof. dr. Mateju Supeju za strokovno pomoč in korektnost pri izdelavi diplomskega dela. Poleg tega se zahvaljujem za pomoč in nasvete pri analizi podatkov Marku Pihlarju ter vsem, ki ste kakorkoli pripomogli k nastanku tega dela.

Brez vsestranske podpore družine, ki mi je omogočila študij ter me pri tem podpirala in navdihovala, tudi tega diplomskega dela ne bi bilo-hvala vam.

Ključne besede: *jadrnica RC44, VMG hitrost, VMC hitrost, izkoristek vetra, tehnika jadrnja*

ANALIZA PODATKOV JADRALNEGA RAZREDA RC44 NA TEKMOVANJU PORTOROŽ CUP 2006

Teja Černe

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, 20133

Športno treniranje, kondicijsko treniranje

Število strani: 58; število slik: 34; število preglednic: 4; število virov: 21

IZVLEČEK

V diplomskem delu so bili analizirani podatki jadrnega razreda RC44 na tekmovanju Portorož Cup 2006. Podatki so bili zajeti s pomočjo visoko ločljivih in visoko natančnih GNSS sistemov ter preko instrumentov jadrnice. Namen naloge je bil primerjati podatke, pridobljene z vsake jadrnice ter ugotoviti, zakaj je bila jadrnica v posameznem odseku hitrejša. Poudarek je bil na vplivu tehnike vožnje, vplivu tehnike izvedbe obratov ter taktično izbiro smeri jadrnja glede na smer vetra. S primerjavo VMG hitrosti, absolutne hitrosti ter kota realnega vetra dveh jadrnic med tekmovanjem ter odstopanje od vrednosti, ki jih za določeno jakost vetra priporoča proizvajalec jadrnic, smo ovrednotili tehniko vožnje. Za analizo izvedbe obratov je bil upoštevan izkoristek hitrosti vetra pred in med obratom. Poleg tega je bila narejena primerjava vpliva števila obratov na čas potreben za izpeljavo posamezne regatne stranice. Taktična izbira uzd jadrnja glede na smer vetra je bila analizirana s pomočjo VMC hitrosti. V vsaki stranici posebej je bila narejena primerjava podatkov s časom potrebnim za izpeljavo stranice. Ugotovljeno je bilo, da je na čas potreben za izpeljavo vsake stranice, vplivalo predvsem število obratov ter tehnika izvedbe obratov v posamezni stranici. Jadrnica, ki je potrebovala več časa za izpeljavo stranice, je lahko imela višjo povprečno VMG hitrost, VMC hitrost ali manjše odstopanje od ciljnih vrednosti proizvajalca.

Keywords: *sailboat RC44, VMG velocity, VMC velocity, utilization of wind, sailing technique*

DATA ANALYSIS OF SAIL RACING CLASS RC44 AT PORTOROŽ CUP 2006 COMPETITION

Teja Černe

University of Ljubljana, Faculty of sport, 2013

Sports training, condition training

Pages: 58; pictures: 34; table: 4; number of sources: 21

ABSTRACT

The thesis analyzed the data on the RC44 class sailing competition Portoroz Cup 2006. The data were obtained using high-resolution and high-precision GNSS systems and boat's instruments. Aim of study was to compare the data obtained from each boat and figure out why the boat was faster in each section. The focus was on the impact of sailing technique, the impact of manoeuvres, and tactical choices of sailing direction. By comparing VMG speed, absolute speed and true wind angle, it was evaluated the sailing technique. The same values were compared with the values recommended by the boats manufacturer to see which boat was sailing closer to the theoretical values. Moreover, it was analyzed the wind speed and boat speed before and during manoeuvres to compare the efficiency of the tacks and gybes. In addition, it was observed the number of manoeuvres on the time needed to complete each leg. Tactical choices of sailing angle towards next mark regarding a wind and boat speed was analyzed using VMC speed. After the analysis it was concluded, the biggest influence on the time needed to complete a leg was number and quality of manoeuvres. Greater values of average VMG and VMC and smaller deviations from target values did not influence on the time needed to complete a leg.

KAZALO

1.	UVOD.....	7
1.1.1	POMEMBNEJŠI DELI TEKMOVALNIH JADRNIC Z BALASTNO KOBILICO.....	7
1.1.2	OPIS JADRALNIH TEKMOVANJ.....	9
1.1.3	TEORIJA JADRANJA.....	11
1.1.4	SMERI JADRANJA.....	15
1.2	PREDMET IN PROBLEM.....	17
1.2.1	VMG HITROST.....	17
1.2.2	VMG HITROST PROTI VETRU.....	18
1.2.3	VMG HITROST Z VETROM V KRMO.....	20
1.2.4	POLARNI DIAGRAM.....	21
1.2.5	VMC HITROST.....	22
1.2.6	MERILNE NAPRAVE NA JADRNICI.....	24
1.2.7	TAKTIKA JADRANJA.....	25
1.3	CILJI.....	28
1.4	HIPOTEZE.....	28
2.	METODE DELA.....	29
2.1	PREIZKUŠANCI.....	29
2.1.1	JADRNICA "RC 44".....	30
2.2	PRIPOMOČKI IN POSTOPEK.....	31
2.3	POSTOPEK DELA.....	33
3.	REZULTATI.....	36
3.1	PRVA STRANICA-PRVO JADRANJE Z VETROM V KRMO.....	36
3.1.1	Tehnika jadranja.....	36
3.1.2	Manevri.....	38
3.1.3	Taktika jadranja.....	39
3.2	DRUGA STRANICA-JADRANJE PROTI VETRU.....	40
3.2.1	Tehnika.....	40

3.2.2	Manevri	44
3.2.3	Taktika	45
3.3	TRETJA STRANICA-DRUGO JADRANJE Z VETROM V KRMO	46
3.3.1	Tehnika	46
3.3.2	Manevri	48
3.3.3	Taktika	49
4.	RAZPRAVA	51
5.	SKLEP	56
6.	VIRI	57

1. UVOD

Jadranje je bilo ključnega pomena pri razvoju človeške civilizacije. Omogočalo je večjo mobilnost prebivalstva po zemeljskem površju. Uporabljali so ga bodisi v namene trgovanja, ribolova, prevoza potnikov in tovora, bodisi za namene vojskovanja. Spomnimo se lahko le nekaterih velesil kot so Nizozemska, Portugalska, Španija in Velika Britanija, ki so s pomočjo ladij na pogon vetra, razširile vpliv domala po vsem svetu. Dandanes je na zemeljski obli le še nekaj krajev, kjer jadrnanje uporabljajo za ribolov, prevoz tovora in potnikov. Jadrnice so v gospodarske namene izpodrinile motorne ladje, ki so ekonomsko donosnejše. Jadranje je postalo predvsem rekreacijska, športna ali turistična dejavnost.

Rekreativno jadrnanje so najprej začeli razvijati med dansko elitno družbo v zgodnjem 17. stoletju, morda pa tudi že prej. Kralj Charles II. je jadrnanje prenesel v Anglijo in od takrat je jadrnanje postalo zelo priljubljena rekreativna dejavnost. Jadrnali so bodisi blizu obale na krajših razdaljah, bodisi na daljših razdaljah na odprtem morju, tudi preko oceana. Veliko Britanijo lahko dandanes obravnavamo kot jadrnalno velesilo, kjer se z jadrnanjem ukvarja 500.000 ljudi. To predstavlja 1.5% celotne angleške populacije. Na olimpijskih igrah se je jadrnanje pojavilo že leta 1900. Tekmujejo na različnih tipih in velikostih jadrnic, od majhnih brezbalastnih enosedov in jadrnalnih desk, do večjih jadrnic z balastno kobilico, na katerih običajno jadra posadka z več jadrnalci. Sodobne jadrnice namenjene športnim tekmovanjem so z uporabo sodobne tehnologije izdelave občutno drugačne in imajo le še malo skupnega z jadrnicami, ki so jih nekoč uporabljale za namene prevoza, ribolova ali vojskovanja (Spurway, Legg in Hale, 2007).

Športno jadrnanje je zelo razširjeno in dobro organizirano. Deluje pod okriljem Mednarodne jadrnalne zveze (ISAF). Jadrnalna tekmovanja potekajo po Jadrnalnih regatnih pravilih. Pravila določajo potek tekmovanj na brezbalastnih jadrnicah, jadrnicah z balastno kobilico, jadrnalnih deskah, kajtih (v angleščini poznano kot "kiteboarding"), modelih jadrnic ter vseh ostalih oblikah tekmovanj, kjer nastopa več kot eno samo plovilo, ki se premika s pomočjo vetra ('Sailing (sport)', 2012).

1.1.1 POMEMBNEJŠI DELI TEKMOVALNIH JADRNIC Z BALASTNO KOBILICO

Osnovni del vsakega plovila, tudi jadrnice, je trup. Predstavlja osnovno obliko jadrnice in določa njene plovne lastnosti. Jadrnico delimo na nadvodni in podvodni del. Ločuje ju vodna črta, ki poteka na jadrnici tam, kjer se vodna gladina dotika trupa. Dodatno se trup jadrnice deli še na sprednji del (premec) in zadnji del (krmo) ter levi in desni bok.

Podvodni deli jadrnice:

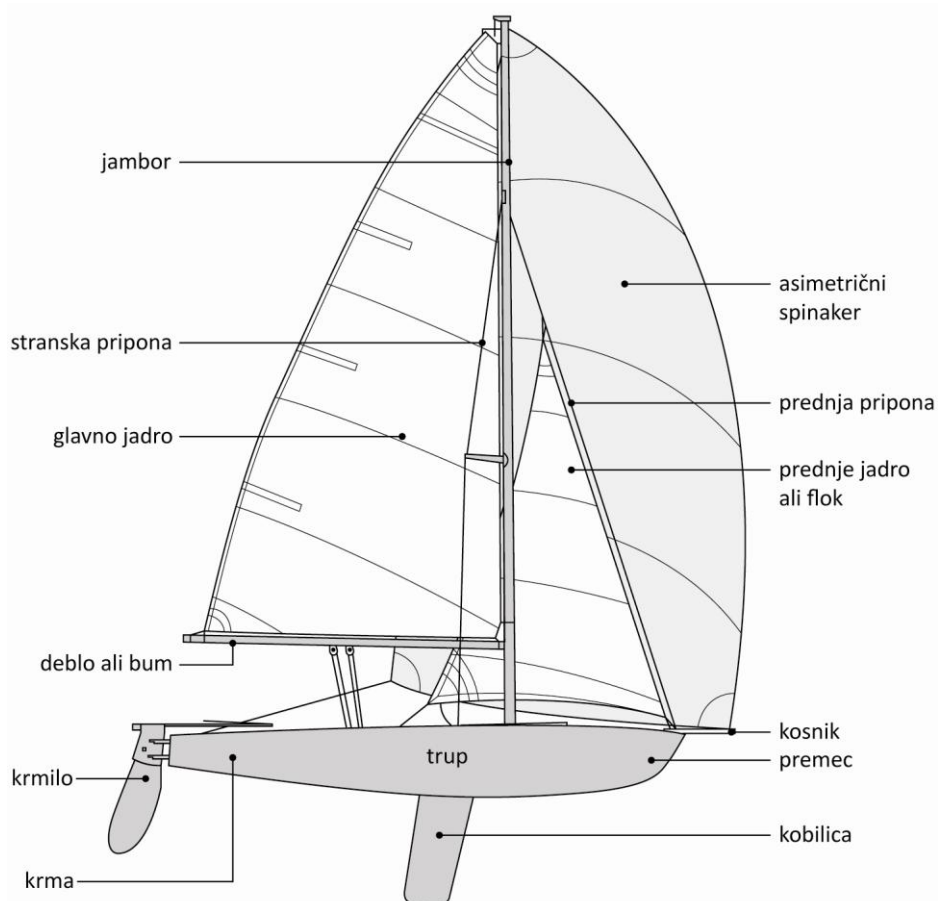
- **Kobilica:** Nameščena je na podvodnem delu jadrnice. Omogoča jadranje "proti" vetru. Dodan balast pomaga pri preprečevanju nagiba jadrnice.
- **Krmilo:** Omogoča krmarjenje jadrnice. Sestavljen je iz lista krmila, gredi krmila in ruda ali krmilnega kolesa.

Pomembnejši deli na jadrnici, ki omogočajo vpenjaje jader:

- **Jambor :** Aluminjast ali kompozitni profil na katerem so pritrjena jadra.
- **Pripone:** Učvrščujejo jambor na jadrnici. Poznamo prednjo pripono (napona), zadnjo pripono (zatega) ter stranske pripone.
- **Deblo ali bum:** Aluminjast ali kompozitni profil, na katerega je pripet spodnji del jadra.
- **Debelce (tangun):** Premični pomožni drog, ki ga uporabljamo za jadrnje s spinakerjem.
- **Kosnik:** Pomožni drog, pritrjen na premcu jadrnice, ki ga uporabljamo pri jadrnju z asimetričnim spinakerjem.

Najpogosteje uporabljena jadra tekmovalnih jadrnic z balastno kobilico so:

- **Glavno jadro:** Jadro, razpeto med jamborom in bumom.
- **Prednje jadro-genova:** Jadro na naponi, ki sega s svojim zadnjim rogljem preko osi jamborja.
- **Prednje jadro-flok:** Jadro na naponi, ki ne sega s svojim zadnjim rogljem preko osi jamborja.
- **Spinaker:** Trebušasto jadro simetrične oblike, namenjeno jadrnju z vetrom v krmo.
- **Asimetrični spinaker:** Trebušasto jadro asimetrične oblike, namenjeno jadrnju z vetrom v krmo (Meden S. , 2012).



Slika 1: Pomembnejši deli tekmovalnih jadrnic z balastno kobilico, ki za jadranje z vetrom v krmo uporabljajo asimetrični spinaer.

1.1.2 OPIS JADRALNIH TEKMOVANJ

Jadrnalna tekmovanja se odvijajo na velikem številu najrazličnejših jadrnic. Potekajo na jahtah (jadrnice s podaljšano balastno kobilico), lahkih jadrnicah s premično kobilico ter katamaranih (jadrnico sestavljata dva ali več trupov). Poleg tega poznamo tudi tekmovanja na jadrlnih deskah (surfih) in jadrnalna tekmovanja na ledu, ki so popularna predvsem v severni Evropi in Ameriki. Jadrnalno posadko lahko sestavlja od enega do dvajset ali več jadrncev.

Na tekmovanjih lahko sočasno štartajo različni tipi jadrnic. V končni razvrstitvi se jih nato razdeli po različnih kriterijih glede na dolžino in način izgradnje (IRC, ORC, IMS razvrstitev, potovalne jadrnice/regatne jadrnice, dolžinski razredi idr.). Pri nas najbolj znano in množično tekmovanje te vrste je 'Barcolana', kjer sočasno štarta tudi do 2.000 različnih tipov jadrnic. Poleg tega potekajo tudi tekmovanja, kjer se sočasno lahko pomerijo le monotipne jadrnice. Pri monotipnih jadrnicah so točno določena pravila izgradnje in vrsta uporabljenih materialov. Najbolj odmevni tovrstni tekmovanji sta Pokal Amerike ter olimpijske igre. Na

slednjih Mednarodna jadrarna zveza (ISAF) vsaka štiri leta določi olimpijske razrede, na katerih se ob koncu štiriletnega ciklusa tekmuje na olimpijskih igrah.

Tekmovanja se lahko odvijajo na daljših razdaljah na odprtem morju. Trajajo od nekaj ur do nekaj mesecev. Najbolj znane regate na daljših razdaljah so: navigacijska regata od Sydneya do Hobarta (Sydney-Hobart Yacht Race), sredozemska navigacijska regata (Middle Sea Race), ter klasični navigacijski regati okoli Bermudskega otočja (The Bermuda Race) in regata iz Anglije do obale Irske (Fastnet Race), ki se odvijata vsaki dve leti. 'Volvo Ocean Race' je najbolj poznano tekmovanje okoli sveta, kjer tekmujejo na jadrnicah z veččlansko posadko v več etapah. Poznamo tudi solo jadrarna tekmovanja na odprtih morjih, med katerimi je najbolj znano tekmovanje okoli sveta (Vendee Globe). Slednja so poznana kot najbolj ekstremna in nevarna jadrarna tekmovanja. Na omenjenih tekmovanjih večinoma štartajo različni tipi jadrnic skupaj, nato pa jih razdelijo v posamezne razrede glede na dolžino in konstrukcijske lastnosti jadrnice. Izjema je 'Volvo Ocean Race' je edina, kjer so si jadrnice med seboj enake ('Sailing (sport)', 2012).

Večina tekmovanj poteka v bližini obale. Na eni strani poznamo navigacijske regate, kjer jadrarno tekmovanje poteka ob obali do določenega cilja. Na drugi strani poznamo tekmovanja, ki potekajo na določenem regatnem polju, omejenem z oznakami oziroma bojami. Jadrarno tekmovanje lahko traja od nekaj minut do nekaj ur ali dni. Sestavljeno je iz enega daljšega ali več krajših plovov. Vsi nastopajoči štartajo v isti štartni proceduri (flotna tekmovanja). Kadar je odjadranih plovov več, se dosežena mesta iz posameznih plovov seštejejo. Skupni zmagovalec tekmovanja je tisti, ki ima v seštevku posameznih plovov najboljši rezultat oziroma v večini plovov najmanj zbranih točk. Oznake, ki jih je v posameznem plovu potrebno objadrati, so največkrat postavljene v obliki palice, trapeza ali trikotnika. Jadrnice štartajo za navidezno štartno črto, ki poteka med čolnom regatnega odbora ter nasproti stoječe štartne oznake (boje). Z zvočnimi in vidnimi signali v obliki zastav, regatni odbor opozarja jadrnalce, koliko časa je še preostalo do štarta. Cilj vsake jadrnice je prečkati ciljno črto z maksimalno hitrostjo ob štartnem signalu. Prva oznaka je največkrat postavljena točno v smeri proti vetru. Sledi oznaka, ki je postavljena tako, da je potrebno jadrati z vetrom v krmo. Sledi še en ali več krogov jadrnanja proti vetru in z vetrom v krmo. Ciljno črto prečkajo jadrnice večinoma z vetrom v krmo ('Sailing (sport)', 2012).

Posebna oblika tekmovanj je jadrarno dvobojevanje. Pod angleškim imenom je poznano kot "match race". Pri jadrarnem dvobojevanju se na posameznem štartu soočita dve enaki jadrnici z enim samim ciljem: prečkati ciljno linijo pred nasprotnikom. Strategija in taktika je podrejena jadrnanju "ena na ena", zato je tudi taktika in tehnika jadrnanja nekoliko drugačna kot v flotnih tekmovanjih. Sodniki na motornih čolnih izvajajo direktno sojenje. V primeru kršenja regatnih pravil, je potrebno opraviti kazenski obrat, s čimer se izgubi ali zmanjša pridobljena prednost ('Sailing (sport)', 2012).

Na tekmovanju je otrebno upoštevati smer in jakost vetra, na podlagi katerega se krmar s posadko odloča za določeno strategijo jadriranja. Poleg tega je na regatnem polju prisoten en ali več nasprotnikov, kar vpliva na izbiro taktike jadriranja. Taktika jadriranja je kombinacija izkoriščanja vetra, valov, tokov, regatnih pravil, izbire jader in upoštevanja nasprotnikovih potez, na katere je potrebno primerno odgovoriti. Poleg tega je izrednega pomena tudi hitrost jadrnice, za katero se krmar s celotno posadko nenehno trudi, da bi bila čim višja. Idealna tehnika jadriranja in s tem primerna hitrost jadrnice omogočata večjo svobodo pri taktičnih odločitvah, kar skupaj prinese tudi boljši rezultat na tekmovanju.

1.1.3 TEORIJA JADRANJA

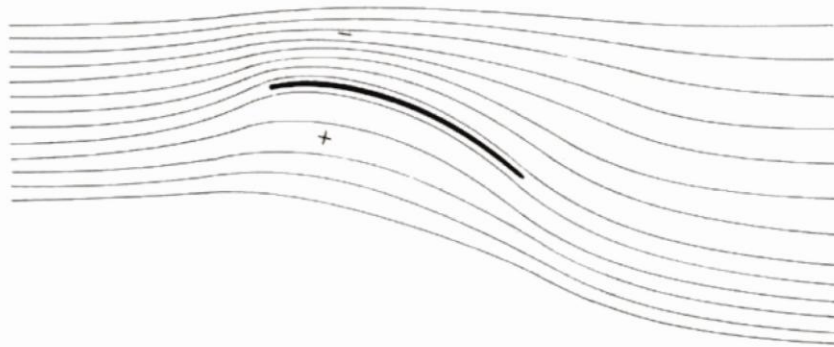
Jadriranje je premikanje s pomočjo jader in pogonom vetra. Jadralec izkorišča silo vetra za premikanje po različnih površinah (večinoma po vodi, lahko pa tudi po kopnem ali ledu). Hitrost in smer jadrnice določa tako, da spreminja nastavitve jader, krmila, balastnih sistemov za zmanjševanje nagiba jadrnice, v nekaterih primerih pa tudi postavitev kobilice. Jadriranje kot veščina zahteva obvladovanje jadrnice v različnih pogojih vetra in morja, poznavanje odzivnosti jadrnice in opazovanje okolice ('Sailing', 2012).

Jadrnica se lahko do določenega kota premika proti vetru, ker kobilica pri vožnji skozi vodo prevzame bočno silo, ki jo povzroči sila vetra v jadrnih. Jadra in kobilica kot sestavni del jadrnice zagotavljajo hidrodinamični in aerodinamični vzgon pri premikanju jadrnice skozi vodo oziroma zrak (Anderson, 2008).

Gibanje zraka ima svojo kinetično energijo, ki se ob uporabi v njena jadra, spremeni v pogonsko silo jadrnice. Podobno kakor letala, tudi jadra izkoriščajo veter, kot ga razlaga Bernoullijev princip. Letalsko krilo je narejeno tako, da se zrak po zgornji strani krila premika hitreje od zraka, ki obide krilo po spodnji strani. To povzroči, da se ustvari nižji pritisk na zgornji strani krila, kakor na spodnji. Razlika v pritisku povzroči dviganje letala (Anderson, 2008).

Podobno kakor pri letalskem krilu, deluje tlak tudi na jadra jadrnice. Jadro je v večini primerov ukrivljene oblike in veter nanj deluje vedno pod določenim vpadnim kotom. Zračni delci, ki se pomikajo po zavetrni strani jadra opravijo daljšo pot, kakor po privetrni strani. Tako se mora veter po privetrni strani jadra premikati hitreje. Meritve pokažejo, da se zaradi tega na privetrni strani jadra ustvari večji pritisk kakor na zavetrni strani, kar prikazuje Slika 2 (Ross, 1979).

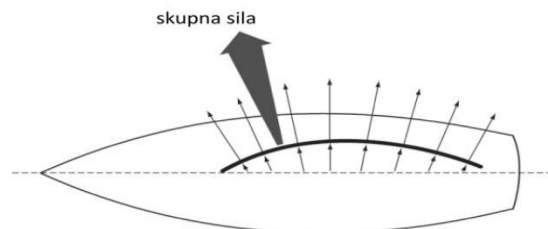
zavetrna stran = negativni pritisk
zrak se stisne
hitrost naraste, pritisk se zmanjša



privetrna stran = pozitivni pritisk
zrak se širi
hitrost se zmanjša, pritisk naraste

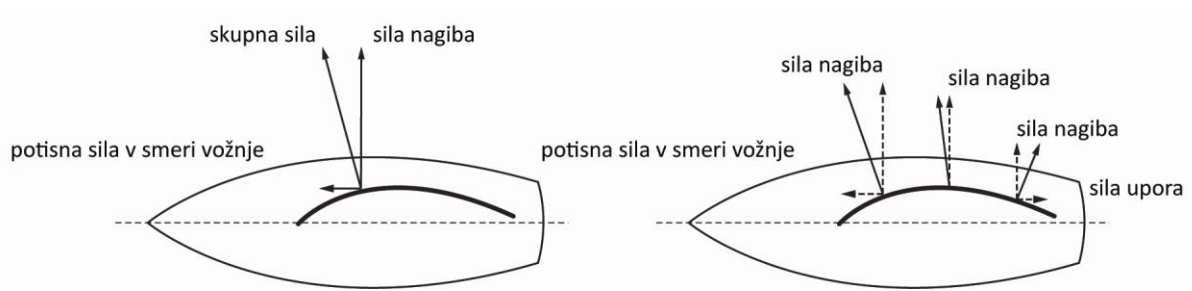
Slika 2: Prikaz pretoka vetra preko jadra ter pritiska, ki pri tem nastane (Ross, 1979).

Skupna sila, ki deluje na jadro, je seštevek vseh priveternih in zavetnih sil, ki delujejo v isti smeri na jadro (vse sile delujejo pravokotno na površino jadra). Skupna sila bo usmerjena naprej, ker so sile v smeri naprej močnejše (Slika 3).



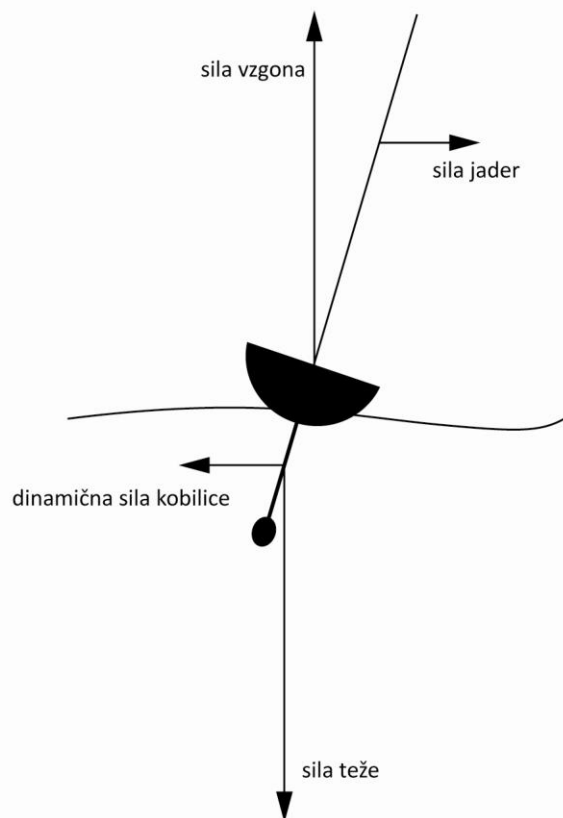
Slika 3: Skupna sila, ki deluje na jadro (Ross, 1979).

Sila, ki deluje na jadro, se lahko razdeli in prikaže z njenimi komponentami. Te pokažejo, kolikšen delež predstavlja potisna sila proti naprej, sila nagiba jadrnice in sila upora jadrnice (Slika 4).



Slika 4: Rezultanta sil, ki delujejo na jadro in jadrnico (Ross, 1979).

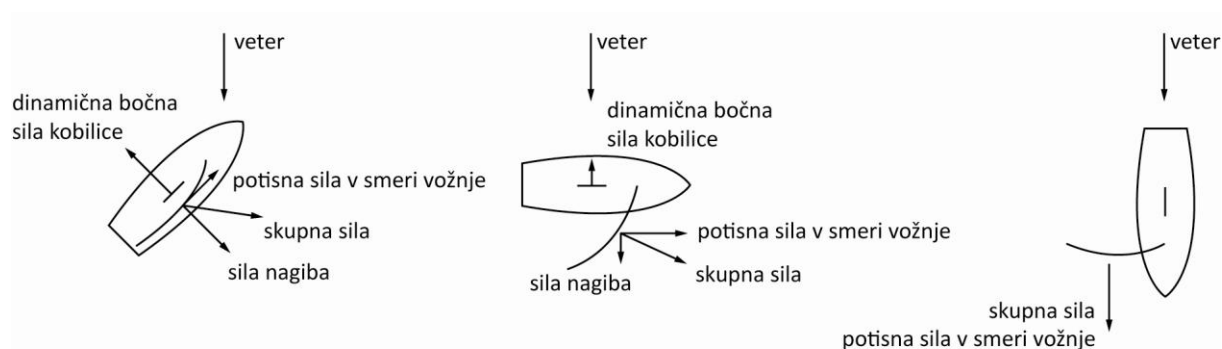
Težnja je k čim večji potisni sili proti naprej, saj je to komponenta, ki predstavlja hitrost jadrnice. Povečanje sile, ki deluje pravokotno na jadra, istočasno poveča tudi silo, ki želi jadrnico zasukati okoli vzdolžne osi in jo prevrniti. Balastne jadrnice imajo na trupu pod vodno gladino nameščeno balastno kobilico. Kobilica je narejena v obliki simetričnega krila, na njenem dnu pa ima nameščeno utež. V vodi se list kobilice obnaša podobno kot krilo v toku tekočine. Če jadrnica ne bi imela lista kobilice, bi ne glede na razprtost jader, plula v smeri vetra. Utež pripomore k premagovanju prevrnilne sile vetra, ki deluje na jadro ter prestavi težišče jadrnice na nižjo točko, kar poveča stabilnost jadrnice (Slika 5). Poleg vzgona deluje na jadrnico še sila vetra na jadro. Navor sile vetra na jadro poskuša jadrnico prevrniti. Temu pa nasprotuje navor sile vzgona trupa in sila teže. Vse našteto daje jadrnici stabilnost, da se težje prevrne (Sagadin 2007).



Slika 5: Ravnotežje jadrnice (Sagadin, 2007).

Kako sila, ki deluje na jadro, premika jadrnico?

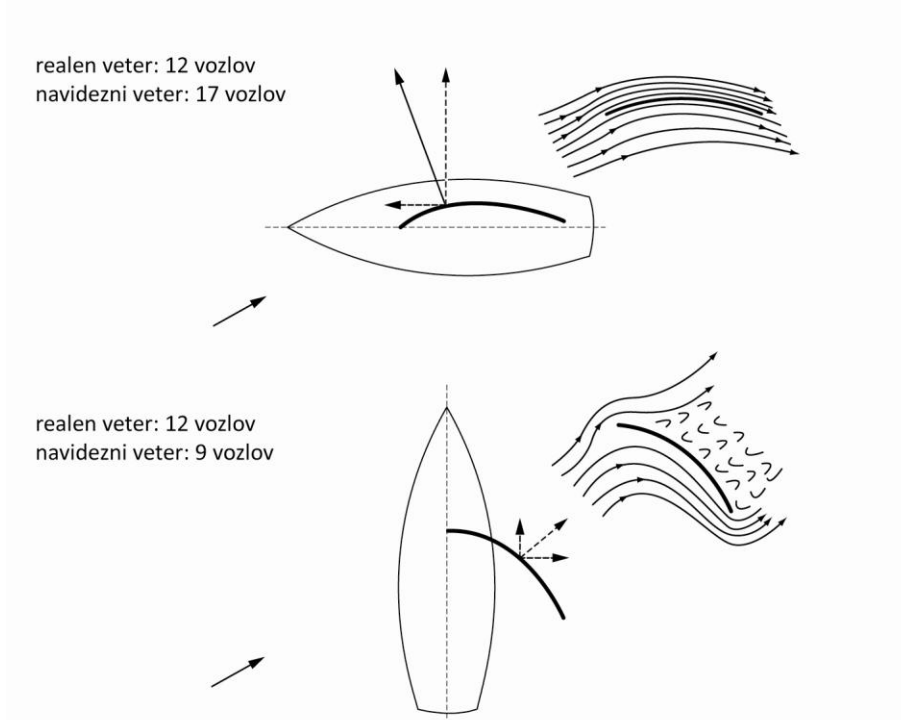
Skupna sila, ki deluje na jadro, je nekoliko usmerjena v smeri naprej. Zato se tudi jadrnica začne premikati naprej. Bočno komponento sile jader v vožnji prevzame podvodni list kobilice. Tako se vzdolžna komponenta sile jader uporabi za vzdolžno gibanje. Pod vodno gladino je na trupu jadrnice kobilica, ki se upira bočnemu premikanju do te mere, da se jadrnica premika naprej z najmanjšim odporom. To pojasnjuje, zakaj se jadrnica lahko premika proti vetru, ko je jadro zategnjeno skoraj v sredino jadrnice. S pomikanjem jadrnice stran od vetra in s popuščanjem jader, se zmanjšuje stranska sila oziroma sila nagiba. Ko jadrnica doseže smer z vetrom v krmo, se celotna sila usmeri v smer vožnje. Takrat kobilica v funkciji bočnega vzgona nima vpliva.



Slika 6: Spreminjanje bočne dinamične sile kobilice in sile nagiba pri spremembah smeri jadriranja (Ross, 1979).

Na prvi pogled izgleda, da je to najhitrejša smer jadriranja, saj vse sile delujejo v željeni smeri, smeri vožnje. Vendar stvari v praksi niso tako preproste. V povprečnih vetrovnih pogojih dosežejo jadrnice večje hitrosti pri takem kotu realnega vetra, kjer se razvije sila navideznega vetra. Navidezna hitrost vetra je večja od dejanske hitrosti vetra. Hitrosti vetra se delno prišteva hitrost vožnje jadrnice.

To je posledica tega, da se z jadranjem proti vetru ustvari aerodinamičen pretok vetra preko jader, ki je veliko večji kot sila, ki deluje pravokotno na jadro pri jadranju z vetrom v krmo. Drugi razlog je posledica delovanja hitrosti navideznega vetra, ki je seštevek hitrosti dejanskega vetra in vetra, ki ga ustvari hitrost jadrnice. Posledica je večja hitrost pretoka vetra preko jadra, kar povzroči večjo silo, ki deluje na jadro. Pri jadranju z vetrom točno v krmo se jadrnica premika v smeri vetra, kar zmanjšuje hitrost navideznega vetra. Hitrost jadrnice se odšteva od hitrosti dejanskega vetra. Hitrost navideznega vetra, ki deluje na jadra, je manjša kakor hitrost realnega vetra (Slika 7). Skupna sila, ki deluje na jadra je tako še dodatno zmanjšana (Ross, 1979).



Slika 7: Vpliv hitrosti navideznega vetra pri jadraniu proti vetru in z vetrom v krmo (Ross, 1979).

1.1.4 SMERI JADRANJA

Smer jadranja opisuje kot jadrnice glede na smer vetra. Za izogibanje trčenj v regati največkrat uporabljamo pojem levih in desnih uzde. Ko veter piha jadrnici v levi bok, ima jadrnica leve uzde. Kadar jadrnici veter piha v desni bok, ima jadrnica desne uzde. Po definiciji regatnih pravil in pravil o izogibanju trčenj na morju pomeni, da 'se mora jadrnica z levimi uzdami izogibati jadrnici z desnimi uzdami' (Jadralna regatna pravila za obdobje 2009-2012, 2009).

1.1.4.1 Premec proti vetru

Jadrnica ne more jadrati točno proti vetru, niti preblizu smeri iz katere piha veter. Kot pod katerim lahko jadra proti vetru, je odvisen od modela in konstrukcije jadrnice, jamborja, jader, moči vetra in vzvalovanosti morja, vendar se giblje med 30-50° levo oziroma desno od smeri vetra (Slika 8).

Če se jadrnica nahaja znotraj območja proti vetru, ne more proizvesti sile, s katero se premika naprej. Regatne jadrnice, ki so narejene predvsem za tekmovalne namene, lahko jadrajo proti vetru pod kotom 30-40°. Pri potovalnih jadrnicah je ta kot večji. Giblje se med 40-50° od smeri vetra ('Points of sail', 2012).

1.1.4.2 Ostro proti vetru

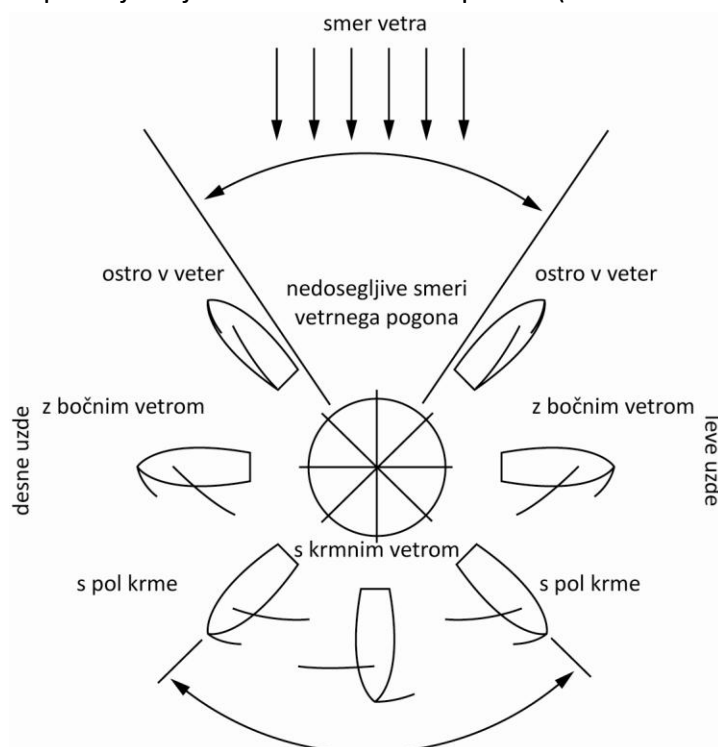
Jadrnica jadra ostro proti vetru, ko so njena jadra maksimalno zategnjena, torej postavljena vzporedno s trupom jadrnice. Ob tem jadrnica jadra ostro proti vetru, ne da prečka območje proti vetru, znotraj katerega bi se zaustavila (jadra v območju od 30 do 50° od smeri vetra). Le pod takim kotom in s tako nastavitvijo jader se lahko jadrnica premika proti vetru ('Points of sail', 2012).

1.1.4.3 Jadranje z vetrom v bok

Ko jadra jadrnica približno pravokotno na smer vetra (veter piha pravokotno na njen trup), pravimo, da jadra z vetrom v bok (Slika 8). Za večino modernih jadrnic je jadranje z bočnim vetrom najhitrejši način jadranja ('Points of sail', 2012).

1.1.4.4 Jadranje z vetrom v krmo

Pri jadranju z vetrom v krmo, prihaja veter v krmo jadrnice in jo potiska naprej. Pri tem so jadra maksimalno pupuščena (Slika 8). Če to konstrukcija jadrnice dovoljuje, je bum postavljen pravokotno glede na trup jadrnice. Tekmovalne jadrnice dvignejo asimetrični spinaker, ko veter piha 90 ali več stopinj glede na njihov trup, s čimer povečajo površino razpoložljivih jader in s tem hitrost plovbe ('Points of sail', 2012).



Slika 8: Smeri jadrnja (Meden S. , 2012).

1.2 PREDMET IN PROBLEM

Cilj vsake jadrnice na tekmovanju je objadrti pot okoli predpisanih oznak v čim krajšem času. Na to vpliva usklajenost posadke, hitrost jadrnice in taktika (Gladstone, 2003). Na jadrlnem tekmovanju, je regatno polje v večini primerov postavljeno tako, da se jadra do prve oznake točno proti vetru, nadaljuje pa točno z vetrom v krmo. Jadrnica ne more jadrati točno proti vetru. Če je narejena tako, da ima stranske pripone, pa tudi točno z vetrom v krmo ne. Zato pri obravnavanju hitosti jadrnice ne moremo upoštevati le absolutne hitrosti, ampak tudi kot realnega vetra, ki deluje na njo. Razmerje med absolutno hitrostjo jadrnice in kotom realnega vetra imenujemo tudi VMG ("Velocity Made Good") hitrost. Vendar v praksi stvari niso tako zelo preproste, saj se smer in jakost vetra neprestano spreminjata. Spremembe smeri in jakosti vetra vplivajo na strateške in taktične odločitve jadrincev. Če bi bila smer vetra konstantno usmerjena v smeri oznake, bi nam že VMG hitrost pojasnila, zakaj je ena jadrnica uspešnejša od druge. Zaradi sprememb smeri vetra, se tudi kot, pod katerim se jadrnica približuje oznaki, lahko bodisi poveča bodisi zmanjša. Zato je za taktično analizo regate smiselno upoštevati tudi razmerje med absolutno hitrostjo jadrnice in kotom približevanja oznaki (VMC hitrost-"Velocity Made Course").

1.2.1 VMG HITROST

Ko so za določne vetrovne pogoje izbrana optimalna jadra, je naslednja naloga izbrati tak kurz jadrnanja, ki bo jadrnico najhitreje pripeljal do naslednje oznake. Če je naslednja oznaka postavljena tako, da jadrnica jadra z vetrom v bok, jadrnica le v ravni smeri nadaljuje pot do oznake. Če je oznaka postavljena točno proti vetru ali z vetrom v krmo, se je potrebno odločiti, katere uzde in kakšen kot jadrnanja bo pripeljal jadrnico v najkrajšem možnem času do oznake. Poskuša se najti optimalno razmerje med največjo hitrostjo jadrnice in najkrajšo razdaljo do predvidene oznake. Pri jadrnanju proti vetru se postavlja vprašanje, ali jadrati ostro proti vetru in počasi ter tako opraviti krajšo pot, ali jadrati pod večjim kotom glede na smer vetra in hitro ter tako opraviti daljšo pot. Pri jadrnanju z vetrom v krmo se postavlja dilema, ali jadrati točno proti oznaki ter imeti manjšo hitrost, vendar tako opraviti krajšo pot. Na drugi strani lahko jadrano tako, da veter deluje na jadro pod ostrejšim vpadnim kotom in tako dosegamo večjo hitrost, vendar opravimo daljšo pot. Razmerje med absolutno hitrostjo jadrnice in kotom realnega vetra, pod katerim jadra, imenujemo VMG hitrost (VMG-"velocity made good"), (Ross, 1979).

"Koristna hitrost" ali VMG je jadrlni izraz, ki določa hitrost jadrnice glede na smer vetra oziroma naslednje oznake, ki je postavljena v smeri proti vetru. Uporaben je predvsem zato, ker jadrnica ne more jadrati točno v smeri oznake, ki je postavljena bodisi točno proti vetru, bodisi z vetrom v krmo. Poleg tega pri jadrnanju z vetrom v krmo, velikokrat smer točno proti oznaki ni najhitrejša. Tako krmar izbira smer, ki poveča hitrost približevanja oznaki.

Vzemimo primer, da poskuša jadrnica jadrati v smeri 0° , veter pa prav tako piha iz smeri 0° . Ker jadrnica ne more jadrati točno proti vetru, se mora odločiti, ali bo jadrala pod kotom 45° levo oz. desno od smeri vetra. Odločiti se mora, ali bo jadrala na desnih ali levih uzdah. Na izbranih uzdah lahko jadrnica jadra toliko ostro proti vetru, da istočasno ohranja pretok vetra preko jader, ki ji zagotavlja premikanje naprej po vodni gladini. Na drugi strani lahko izbere tako smer jadranja, ki je nekoliko hitrejša, vendar ob tem tudi nekoliko bolj iz smeri končnega cilja.

Dobri jadralci lahko intuitivno določijo idealno razmerje med idealno hitrostjo in kotom proti končnem cilju, saj se bo jadrnica ali preveč upočasnila ali jadrala preveč iz smeri končnega cilja. Vendar je za večjo natančnost vseeno potrebno izmeriti oziroma izračunati VMG hitrost.

Recimo, da jadrnica jadra pod kotom 60° glede na smer vetra oziroma končni cilj s hitrostjo 5 m/s. S spremembo kurza 5° , na kurz 65° , se hitrost jadrnice poveča na 5.2 m/s. Vendar ali večja hitrost res pripomore k skrajšanju časa, ki je potreben za doseg cilja?

Za odgovor je potreben trigonometričen izračun. V obeh primerih nas zanima vektorska komponenta v smeri vetra (oznake). Potrebno je izračunati cosinus kota smeri vetra in kurzom jadrnice.

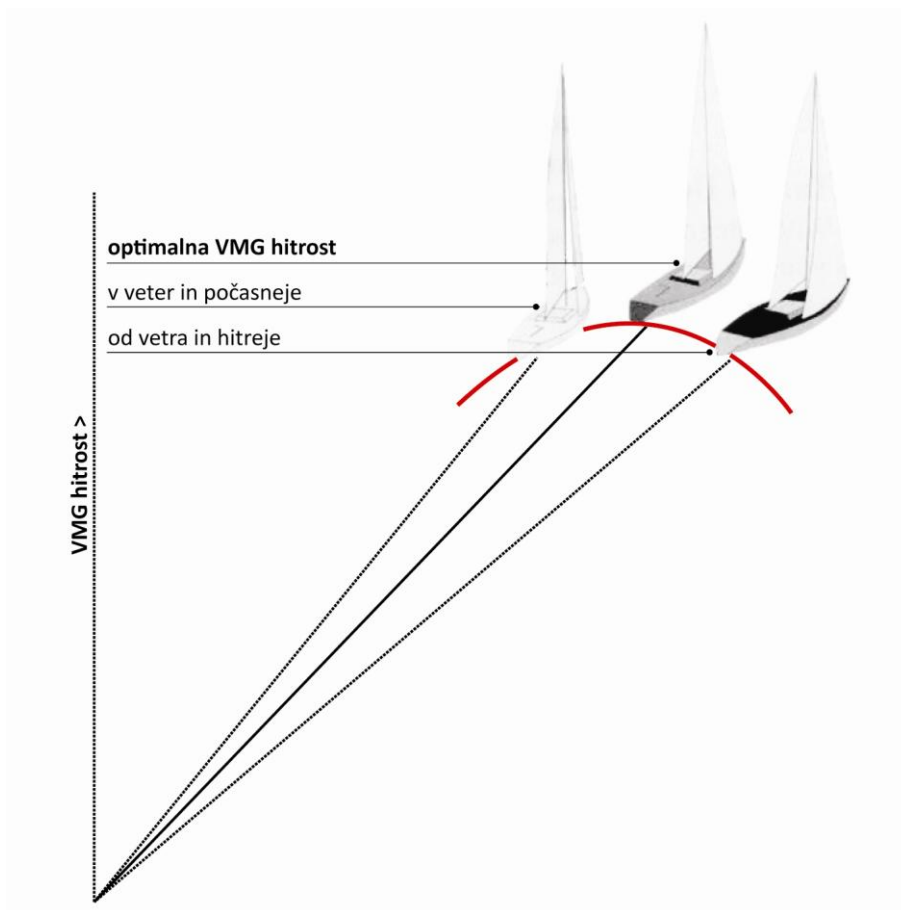
$$\text{VMG} = \cos(\alpha) \cdot v_{\text{jadrnice}} = \cos(60^\circ) \cdot 5.0 \text{ m/s} = 2.50 \text{ m/s v smeri proti } 0^\circ$$

$$\text{VMG} = \cos(\alpha) \cdot v_{\text{jadrnice}} = \cos(65^\circ) \cdot 5.2 \text{ m/s} = 2.20 \text{ m/s v smeri proti } 0^\circ$$

V tem primeru se oznaki v smeri 0° približujemo hitreje, če jadramo z manjšo hitrostjo pod ostrejšim kotom ('Velocity made good', 2012).

1.2.2 VMG HITORST PROTI VETRU

Za optimalno jadranje proti vetru je potrebno pravilno razmerje hitrosti in kota proti vetru. Slika 9 prikazuje optimalno krivuljo hitrosti in kota. Jadrnica, ki jadra na najbolj izbočenem delu krivulje, dosega najboljši VMG (najbolj "koristno hitrost"), (Gladstone, 2003).

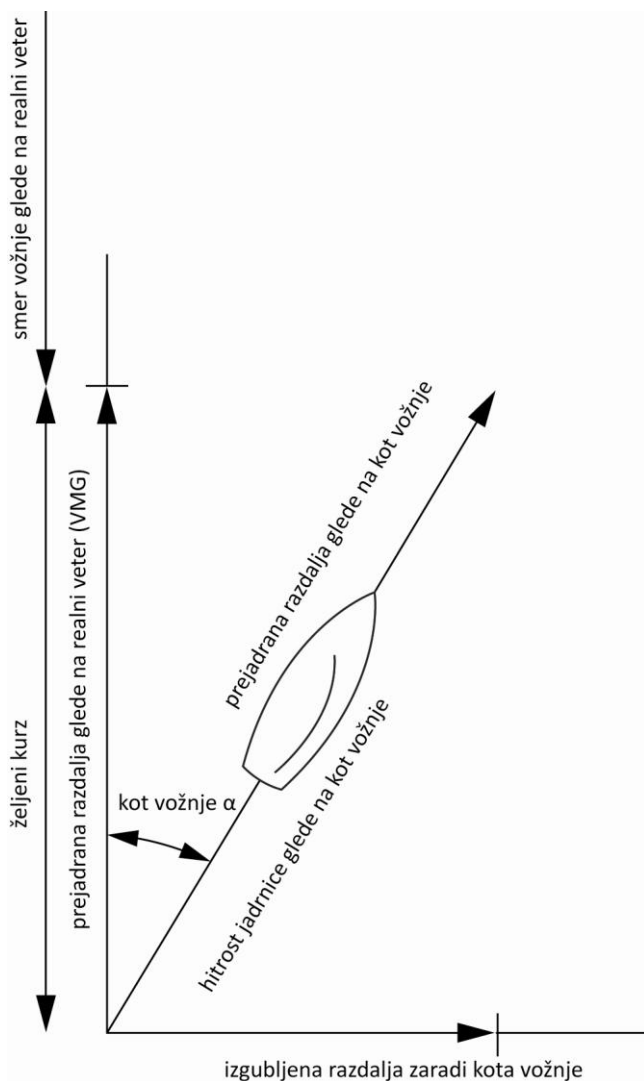


Slika 9: Optimalna krivulja hitrosti in kota jadriranja (Gladstone, 2003).

VMG proti vetru je mera pridobljene skupne razdalje v smeri proti vetru. Izračunana je kot velikost hitrosti pri določeni smeri realnega vetra, ki deluje na jadrnico. Teoretično lahko VMG hitrost izračunamo vnaprej ter tako izberemo idealen kot jadriranja za določeno jadrnico v določenih pogojih. Vendar v praksi to ni tako enostavno izvedljivo. (Gladstone, 2003).

V navigaciji, pomorstvu in letalstvu se uporablja imperialni merski sistem. Za izračunavanje razdalj se kot mera uporablja navtična milja (nm, NM, nmi), za izračun hitrosti pa vozli (kn, kt, NMPH). V navigaciji sta meri uporabni predvsem zaradi povezave z geografsko širino. Ena navtična milja predstavlja razdaljo ene minute v območju ene stopinje geografske širine. Ena navtična milja znaša 1852 metrov (Briney, 2012). Merska enota vozela se uporablja za merjenje hitrosti. En vozela predstavlja 1 NM (1852 metrov) na uro ('Knot (unit)', 2012).

Razdalja, ki jo jadrnica v določenem času prevozi, se lahko izračuna kot zmnožek hitrosti jadrnice v določenem časovnem intervalu. Izračun je dokaj preprost, če upoštevamo imperialni merski sistem.



En vozlel pomeni pot 100 čevljev na minuto, oziroma ene morske milje na uro, kar znaša 0.514 m/s. V mednarodnem merskem sistemu bi to pomenilo, da jadrnica pri hitrosti enega vozla, prepluje 30.48 metrov v minuti. Za izrisati grafični prikaz VMG hitrosti, je najprej potrebno določiti, koliko poti bo jadrnica preplula v eni minuti pri izbranem kotu realnega vetra. Za grafični prikaz ni primeren vnos prividnega vetra, ker se spreminja s spreminjanjem kota jadrnanja. Pri optimalni hitrosti določimo kot realnega vetra, pri katerem je jadrnica to hitrost dosegla. Iz komponent vnešenih v diagram lahko nato določimo, kolikšna pot je bila v resnici opravljena v smeri točno proti vetru (Slika 10). Primer: v smeri točno proti vetru je jadrnica opravila pot 255 čevljev (=77.724 m), kljub temu pa je opravila skupno pot 320 čevljev (=97.536 m). To pomeni, da je njen VMG proti vetru znašal 2.55 vozla (Ross, 1979).

Slika 10: Velikost VMG hitrosti kot razmerje med hitrostjo in kotom jadrnanja (Ross, 1979).

Vendar en sam kot jadrnanja ne poda veliko koristnih informacij. Potrebno je primerjati več kotov realnega vetra, da bi videli, kateri je najbolj učinkovit. Torej, če izrišemo graf z več različnimi koti realnega vetra glede na jadrnico, dobimo polarni diagram.

Polarni diagrami in grafi VMG hitrosti nudijo jadrncu začetno točko, od koder lahko testira in eksperimentira dalje. Tako se že takoj na začetku uokviri začetni kot in hitrost jadrnanja, saj večja absolutna hitrost jadrnanja ne pomeni vedno, da bomo na cilj prispeli prvi (Gladstone, 2003).

1.2.3 VMG HITROST Z VETROM V KRMO

Pri jadrnanju z vetrom v krmo se krmar neprestano odloča, ali jadrati višje proti vetru ter tako opraviti z večjo hitrostjo daljšo pot, ali usmeriti jadrnico točno z vetrom v krmo (ponavadi

točno v smeri naslednje oznake). Izračun VMG hitrosti je pri jadranju z vetrom v krmo bolj priročen kakor pri jadranju proti vetru. Pri jadranju z vetrom v krmo je možen razpon kotov vetra glede na jadrnico dosti večji. Hitrost jadrnice je veliko manjša, kadar jadramo z vetrom točno v krmo. Posebno pride slednje do izraza v šibkem vetru. Pri zmanjšanju kota jadrnja glede na realni veter, se znatno spremeni absolutna hitrost jadrnice. Vendar pri tem jadrnica opravi daljšo pot. Kljub temu je daljša pot, prejadrana z večjo hitrostjo, velikokrat boljša izbira (Ross, 1979).

Za izračun VMG z vetrom v krmo se prav tako lahko uporabljajo polarni diagrami. To je grafični prikaz, ki pokaže razlike v hitrosti jadrnice pri določenem kotu realnega vetra. Slednje pokaže potrebno hitrost, da bi nadomestili dodatno prejadrano razdaljo, ki se poveča za vsako stopinjo odjadrano bolj proti vetru. Naprimer, če jadrnica opravi 20% več poti in se pri tem poveča njena hitrost le za 15% v določeni smeri, je bolj učinkovito jadrati nižje z vetrom ter hitreje (Gladstone, 2003).

V močnem vetru so razlike v hitrosti zaradi spremembe kota realnega vetra, ki deluje na jadrnico manjše. Z zmanjševanjem kota se poveča pretok vetra preko jader. V šibkih vetrovih je to lahko učinkovito. V močnejših vetrovnih pogojih pa je zaradi preostrega kota jadrnja lahko oteženo manevriranje z jadrnico (Gladstone, 2003).

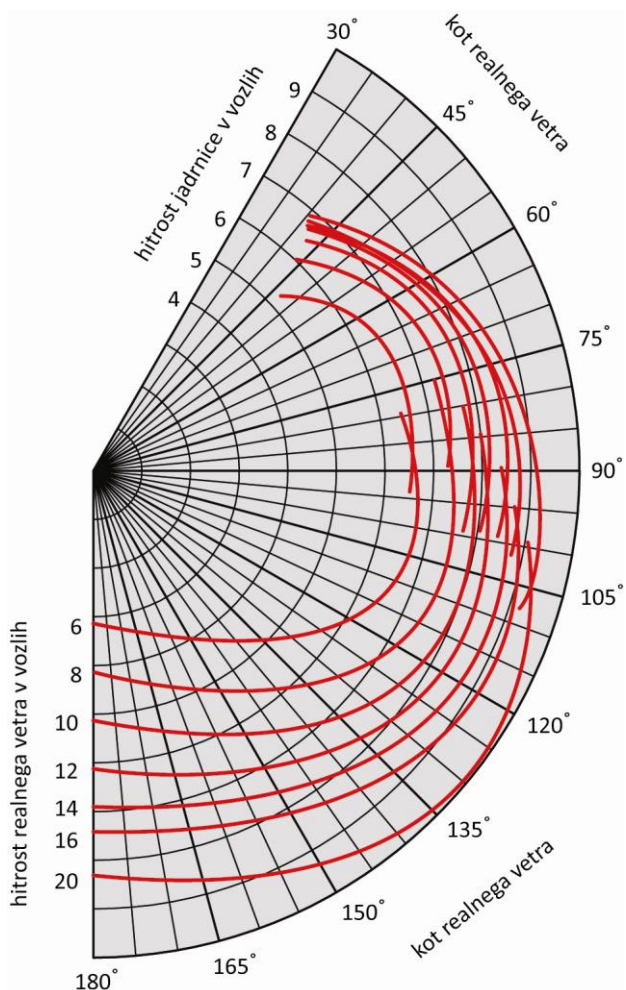
Cilj jadrnja z vetrom v krmo je najti kurz, ki bo jadrnico pripeljal najhitreje do cilja. Za objadrati predpisane oznake na tekmovanju v najkrajšem možnem času je potrebno kar najboljše izbrati pravilno kombinacijo jader (glede na jakost vetra), dosežati čim večje hitrosti jadrnja s pomočjo pravilne nastavitve jader ter izbrati tako smer jadrnja, pri kateri jadrnica dosega največjo VMG hitrost.

1.2.4 POLARNI DIAGRAM

Polarni diagram določene jadrnice predstavlja grafično upodobitev med različnimi spremenljivimi dejavniki, kot je hitrost realnega vetra (True Wind Speed) in smer realnega vetra (True Wind Direction) ter absolutne hitrosti jadrnice. Ker je na voljo kar precejšen spekter smeri ob različnih vetrovnih pogojih, se pridobljene podatke beleži v posebne tabele. Če te točke narišemo na ustrezen graf in jih med seboj povežemo, dobimo ustrezno krivuljo, na kateri lahko preberemo, kakšno hitrost in kot jadrnja moremo dosežati ob določenih vetrovnih razmerah (Slika 11). Ta optimalna hitrost se imenuje "koristna" hitrost jadrnice - VMG (Gladstone, 2003).

Danes imajo že vse večje jadrnice izdelan polarni diagram, ki ga pripravi podjetje, kjer jadrnice izdelujejo, oziroma njihov navtični studio (Velocity Prediction Program - VPP). Vendar pa so ti polarizacijski diagrami le izračun teoretičnih vrednosti, ki jih izračunajo

navtični arhitekti. Včasih se lahko zgodi, da se z jadrnico v resnici nikakor ne dosega ustreznih kotov ali hitrosti.



Jadranje je kompleksna zadeva, zato polarni diagrami ne morejo zajemati na primer močnega bočnega zanosa jadrnice ali pa trupa jadrnice, ki ni dovolj očiščen ter neke napake, ki bi se lahko pojavila v kroju jader. Bistvenega pomena je tudi ustrezna nastavitve jadrnice in jader, ki lahko prispeva k odstopanjem od ciljnih vrednosti (Gladstone, 2003).

Ross (1979) navaja, da se diagram izriše za vsaka dva vozla vetra do 12 vozlov vetra. Za vsake 3 vozle vetra se naredi diagram nad 12 vozlov vetra. Krivulje predstavljajo hitrost jadrnice. Radialni vektorji, ki pokrivajo le polovico kroga (180°), predstavljajo kot realnega vetra na jadrnico. Bolj kot je krivulja pomaknjena stran od središča kroga, večje hitrosti dosega jadrnica pri določenem kotu (Ross, 1979).

Slika 11: Primer polarnega diagrama (Gladstone, 2003).

Informacije v obliki polarnega diagrama, so lahko v pomoč pri odločanju o izbiri najhitrejše smeri oziroma kota jadrnja. Za zbiranje podatkov je potrebno imeti na voljo merilne instrumente, ki so nameščeni na vrhu jambora. Najvišje hitrosti napisane na grafu, kakor tudi dosežene na jadrnici med vožnjo, predstavljajo določene ciljne hitrosti ('target speed'), (Ross, 1979).

1.2.5 VMC HITROST

Kot smo omenili v prejšnjem podpoglavju, VMG hitrost meri hitrost jadrnice v smeri vetra. VMC hitrost je mera, ki meri hitrost jadrnice v smeri naslednje oznake, oziroma do točke, kjer je naš končni cilj. Kot realnega vetra, ki pripravlja jadrnico najhitreje do oznake, se najlažje določi s pomočjo polarnega diagrama ('Polar Diagrams-VMC', 2012).

Vzemimo primer, da veter piha iz smeri 0° (Slika 12). Jadrnica jadra z idealno hitrostjo 5m/s glede na ciljne vrednosti, njen kot realnega vetra je 30° tako na leve kakor tudi na desne uzde. To pomeni, da je tudi kot približevanja oznaki na levih in desnih uzdah enak 30° . Ob obratu vetra za 10° v desno (torej je nova smer vetra 10°), se kot približevanja oznaki na desnih uzdah poveča na 40° . Na levih uzdah se zmanjša na 20° . Ob enaki VMG hitrosti glede na smer vetra se spremeni hitorst približevanja oznaki.

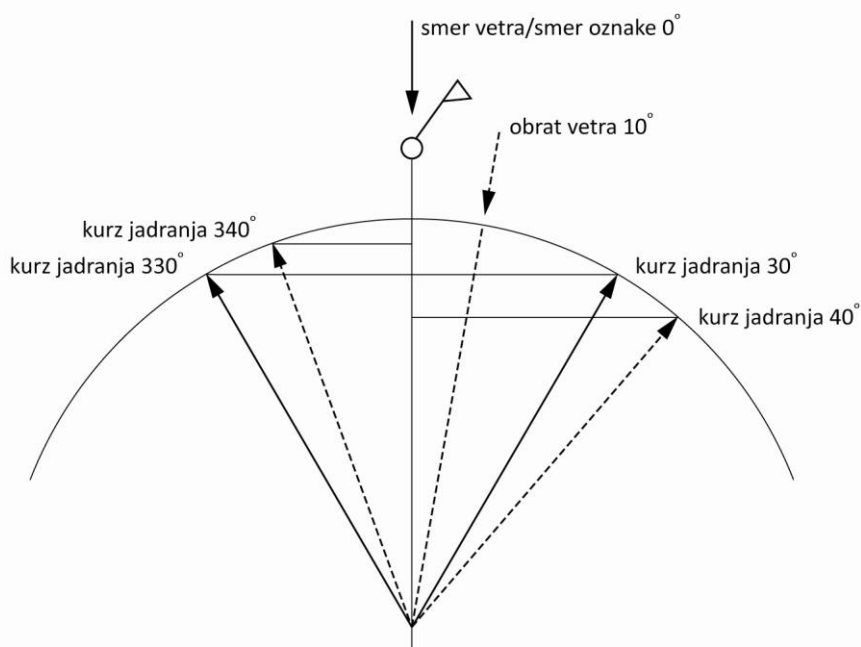
Pri kotu 30° glede na oznako VMC hitrost znaša 4.3 m/s.

$$VMC = \cos(\alpha) \cdot v_{jadrnice} = \cos(30^\circ) \cdot 5 \text{ m/s.}$$

Če se kot približevanja oznaki poveča za 10° , se zmanjša VMC hitrost na 3.8 m/s:

$$VMC = \cos(\alpha) \cdot v_{jadrnice} = \cos(40^\circ) \cdot 5 \text{ m/s.}$$

Če se kot približevanja oznaki zmanjša za 10° glede na začetno vrednost, se poveča tudi VMC hitrost na 4.7 m/s: $VMC = 5 \text{ m/s} \cdot \cos(20^\circ)$, ('VMG vs VMC- Buoy Racing', 2008).



Slika 12: Sprememba kota pri približevanju oznaki ob obratu vetra za 10° ('VMG vs VMC- Buoy Racing', 2008).

Vsak obrat, tako proti vetru kot z vetrom v krmo, lahko prinese jadrnici veliko taktično prednost. Če je izveden v pravem trenutku, recimo ob večji spremembi smeri vetra, potem lahko jadrnica opravi manj poti do oznake in so obrati smiselni. Vendar vsak izveden obrat na drugi strani povzroči izgubo hitrosti. Ob menjavi uzd se jadro prevrže na nasprotno stran jadrnice in jadrnica močno spremeni smer. Izpraznjena jadra v trenutku premeščanja ter upor jadrnice, ki se ob manevru povečata, povzročita padec hitrosti jadrnice med vsakim manevrom. Posebno pri večjih in hitrejših jadrnicah, se je potrebno za vsak manever tehtno odločiti glede prednosti, ki jih prinese, saj na drugi strani povzroči tudi izgubo hitrosti.

Na VMC hitrost vpliva tudi absolutna hitrost jadrnice. Nanjo ima vpliv poleg tehnike vožnje tudi jakost vetra pri kateri jadrnica jadra. Zato je iz taktičnega vidika poleg smeri vetra potrebno izbrati tudi področje z močnejšim vetrom, ki vpliva na višjo absolutno hitrost.

1.2.6 MERILNE NAPRAVE NA JADRNICI

V začetku so se jadranci med jadranjem za določanje smeri zanašali predvsem na občutke in preproste pripomočke. Z razvojem sodobne tehnologije so začeli jadranci uporabljati vse več elektronskih pripomočkov.

Večje jadrnice z balastno kobilico so vedno bolj napredne in opremljene tudi z elektroniko in merilnimi napravami. Tako ima krmar in cela posadka na voljo veliko informacij o dogajanju na jadrnici in njeni okolici. Vendar pa morajo biti merilne naprave in elektronski pripomočki natančno umerjeni, tako da so vedno na voljo čim bolj točni podatki, ki jih potrebujemo. Točnost podatkov omogoča natančnejše in prave odločitve na regatnem polju.

Zaradi elektronskih merilnih naprav, ki so pritrjene na jadrnicah, se je spremenil tudi način tekmovanja. Napredni pripomočki nudijo nekatere informacije, ki prej niso bile dostopne. Prav tako so dostopni podatki, s pomočjo katerih lahko interpretiramo dogajanje med tekmovanjem ter jih primerjamo s predvidenimi vrednostmi. Na podlagi analize podatkov, se lahko ovrednoti in izpopolni jadrnalne sposobnosti (Gladstone, 2003).

Merilne naprave pomagajo pri izboljšanju tekmovalnih sposobnosti ter pri strateških odločitvah. Pomagajo, da lahko jadrnica na morju izkoristi ves svoj potencial, predvsem pri jadrnanju proti vetru ter pri jadrnanju z vetrom v krmo. Dvo odstotno povišanje hitrosti jadrnice je skoraj nezaznavno z lastnimi občutki (npr. iz 5 vozlov na 5.1 vozla), vendar je v večini tekmovanj odločilno za zmago (na razdalji 1 NM to predstavlja 14 sekund) (Gladstone, 2003).

Poleg tega se merilne naprave na jadrnici uporabljajo pri taktičnih in strateških odločitvah. Pomagajo spremljati smer vetra, jakost vetra ter njegovo tendenco. Pridobljeni podatki pomagajo tako pri tekmovanjih med oznakami, kakor tudi pri navigacijskih tekmovanjih.

Moderne elektronske naprave, ki se uporabljajo na regatnih jadrnicah, nudijo veliko bolj natančne informacije kot nekoč. Ko se izmerjene vrednosti uporabijo v kombinaciji s teoretičnimi izračuni sposobnosti jadrnice (Velocity Prediction Program-VPP), se lahko znatno izboljšajo dosežene hitrosti. Izračunane vrednosti za določeno jadrnico običajno zajemajo teoretične vrednosti, ki naj bi jih jadrnica dosegala pri določeni jakosti in kotu vetra.

Osnovnejše merilne naprave posredujejo informacije o hitrosti jadrnice, hitrosti in kotu navideznega vetra, hitrosti in kotu realnega vetra, VMG hitrosti in kurzu jadrnice. Naprednejši imajo tudi globalni navigacijski satelitski sistem (GNSS), ki navadno deluje na ameriških navigacijskih satelitih (GPS) in računalnik, ki posreduje informacije o absolutni hitrosti, smeri jadrnice (Speed and Course Over Ground-upoštevata tok) in VMG hitrosti glede na ciljno točko. Računalnik lahko primerja tudi dejansko in teoretično predvideno sposobnost jadrnice ter podatke shranjuje za kasnejšo obdelavo. Na daljših plovbah se uporabljajo računalniki, ki združujejo podatke o hitrosti jadrnice, njenem položaju preko GPS-a ter vremensko napoved (Gladstone, 2003).

V današnjem času so jadrni instrumenti že tako razviti, da samodejno na zaslonu prikazujejo VMG hitrost. Vendar se te vrednosti uporabljajo predvsem na treningih in pri nastavitvah jadrnice. Dejanske vrednosti se primerjajo s teoretičnimi vrednostmi, ki jih poda proizvajalec jadrnic oziroma se teži k temu, da se jih doseže. V času tekmovanja pa se le redki zanašajo na VMG hitrost zaradi dejavnikov taktike in strategije. Večina vrhunskih jadrancev uporablja na zaslonu prikaz prividnega vetra in hitrosti jadrnice.

1.2.7 TAKTIKA JADRANJA

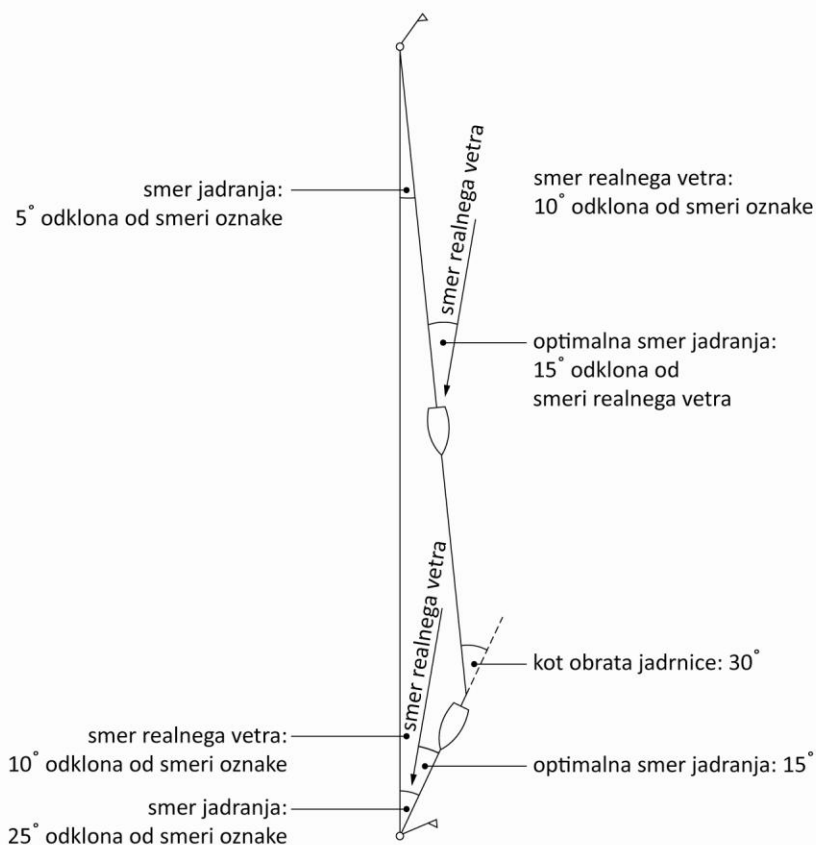
Poleg popolne tehnike, je uspeh zelo odvisen tudi od taktike oziroma strategije jadrnja. Pojem strategije bi lahko opredelili kot izbiro strani regatnega polja na osnovi vetrovnih pogojev. Taktika pa zajema odločitve, na katere poleg vetrovnih pogojev, vpliva tudi položaj nasprotnika. Za neposredno oviranje nasprotnika poznamo 'pokrivanje'. S tem se jadrnica, ki je bližje vetru, postavi tako, da s svojimi jadri povzroči turbolenco in s tem upočasni nasprotnika. Poleg tega nasprotnika prisili, da naredi večje število manevrov oziroma ga prisili, da odjadra stran od željene smeri na regatnem polju. S postavljanjem med nasprotnika in naslednjo oznako ali ciljem, ki sta ponavadi postavljena v smeri vetra, vodilna jadrnica brani svoj položaj.

Pri odločanju o strategiji ima glavno vlogo prepoznavanje vetrovnega vzorca. Smer vetra ponavadi ni stalna in se nenehno spreminja. Različni vetrovi imajo različne vzorce spreminjanja smeri. Veter, ki piha z morja in pred seboj nima ovir, spreminja smer v daljših, 10-15 minutnih intervalih. Na spreminjanje smeri vetra vpliva tudi bližina obale, ki lahko deluje kot ovira, preko katere se mora veter prebiti ter zaradi tega spremeni jakost in smer. Po drugi strani lahko obala povzroči razliko v zračnem tlaku glede na morsko gladino. Tako nastajajo termični vetrovi, ki nastajajo v bližini obale. Nad kopnim, ki se preko dneva hitreje segreva kakor morje, nastaja nizek zračni pritisk. Nad morjem je zaradi hladnejšega zraka višji zračni pritisk. Razlika v zračnem pritisku med kopnim in morjem povzroči premikanje zraka iz visokega k nižjemu zračnemu pritisku oziroma iz morja na kopno. Poleg poznavanja vetrovnega vzorca, se pri izbiri strategije jadrnja lahko uporabljajo natančne vremenske napovedi, ki velikokrat dokaj natančno predvidijo obrate vetra.

Poznamo tri osnovne vzorce spreminjanja smeri vetra: persistentni obrat vetra, oscilirajoči obrati vetra ali kombinacija obeh. Značilnost persistentnega obrata vetra je, da deluje le v eni smeri in se ne vrne na prvotno smer. Oscilirajoči veter se neprestano giblje nekaj stopinj okoli povprečne vrednosti v različnih časovnih intervalih (The North U. Smart Course, 1986).

Včasih se zgodi, da se težje določi smer naslednjega obrata vetra. Velikokrat pa se določen obrat vetra pričakuje. Glede na pričakovan obrat vetra se tudi tehnika jadranja nekoliko spreminja. Lahko izbiramo med vožnjo višje proti vetru vendar počasneje ali hitreje vendar bolj stran od smeri vetra (oznake).

Pri spremembah smeri vetra, mora krmar neprestano ocenjevati idealno pozicijo jadrnice glede na cilj (naslednjo oznako). Na primer, realna smer vetra je 10 stopinj iz smeri, predpisane z oznakami. Optimalna smer jadranja je 15° iz smeri realnega vetra. To pomeni, da je dejanska smer jadranja 5° od predpisanega kurza do naslednje oznake (Slika 13). Pri jadraniu z nasprotnimi uzdami bil kot kot jadranja 25° na predpisano smer (Ross, 1979).

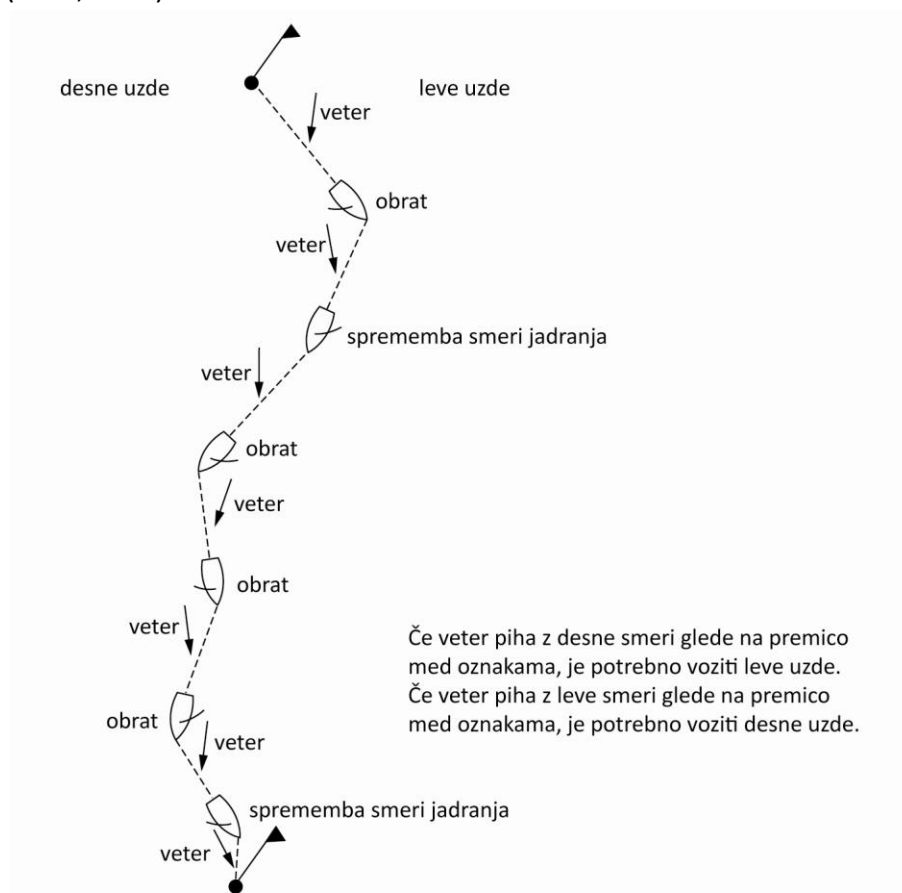


Slika 13: Izbira smeri jadranja glede na končni cilj v spremenljivih vetrovni razmerah (Ross, 1979).

Pri vetru, ki pogosto menja smer, se lahko jadra v kurzu proti oznaki z minimalnimi odstopanji. Upoštevati je potrebno spremembe smeri vetra in pravočasno izvesti manever kroženja. S tem naredi jadrnica najmanjšo pot do naslednje oznake (Ross, 1979).

1.2.7.1 Strategija ob upoštevanju VMG

Pri vseh manevrih z vetrom v krmo je potrebno posebno pozornost nameniti temu, kako bo veter menjal smer. Ob predvideni spremembi smeri vetra v smeri urinega kazalca je smiselno jadrati z desnimi uzdami z večjo hitrostjo (manjši kot jadranja z vetrom v krmo). Obratno se zgodi, če je predviden obrat vetra v nasprotni smeri urinega kazalca (Slika 14). Tedaj je smiselno jadrati višje in hitreje z levimi uzdami in ob obratu vetra izvesti manever kroženja. S tem se doseže, da je kot proti naslednji oznaki vedno v optimalnem območju (Ross, 1979).



Slika 14: Izbira uzd jadranja glede na predviden obrat vetra (Ross, 1979).

Glede na pričakovan obrat vetra se uporabi tudi taktika postavljanja glede na položaj nasprotnika. Na primer, če jadralec pri jadraniu proti vetru pričakuje obrat vetra v levo, se bo na regatnem polju postavil nekoliko bolj levo od nasprotnika ter na račun obrata vetra pridobil prednost. Kadar je jadrnica v vodilnem položaju, pa se nadzoruje položaj tako, da se postavi na linijo med naslednjo oznako in nasprotnikom.

Poleg smeri vetra ima velik pomen tudi jakost vetra. Področje regatnega polja glede na jakost vetra se določa vizualno. Tam kjer se na vodni gladini pojavi temnejša vetrovna lisa, bolj naguban val, oziroma se pojavljajo na vrhovih valov bele pene, pomeni da je to območje

močnejšega vetra. Močnejši veter naj bi tudi povzročil, da se jadrnica po vodni gladini premika hitreje (The North U. Smart Course, 1986).

1.3 CILJI

Na jadrlnem tekmovanju je rezultat posledica treh komponent: tehnike jadrnanja, tehnike manevrov in taktičnih odločitev. Nemalokrat se zgodi, da se ne pozna dejanskih razlogov za slabši rezultat na tekmovanju, oziroma se jih narobe interpretira.

V diplomskem delu je cilj analizirati podatke z jadrlnega tekmovanja v razredu RC44. Podatki so bili zajeti s pomočjo visoko ločljivih in visoko natančnih GNSS sistemov ter preko instrumentov vsake jadrnice RC44 na regati Portorož Cup 2006.

Namen naloge je bil med seboj primerjati podatke, pridobljene z vsake jadrnice in ugotoviti, zakaj je bila posamezna jadrnica v določenem odseku hitrejša.

- Analizirati tri komponente, ki imajo na jadrlni rezultat največji vpliv: na taktiko jadrnanja, tehniko jadrnanja in tehniko manevrov.
- Podatke, pridobljene med tekmovanjem, primerjati s teoretičnimi podatki o sposobnostih jadrnice, ki jih predvidi proizvajalec jadrnic ter ugotoviti odstopanja.
- S pomočjo analize podatkov opredeliti razloge, zakaj je posamezna jadrnica izgubljala prednost ter z informacijami prispevati k izboljšanju trenažnega procesa.

1.4 HIPOTEZE

H1: Jadrnica, ki je jadrnala bližje teoretičnim ciljnim vrednostim proizvajalca, je potrebovala manj časa za izpeljavo stranice.

H2: Jadrnica z višjo VMG hitrostjo, je potrebovala manj časa za izpeljavo stranice.

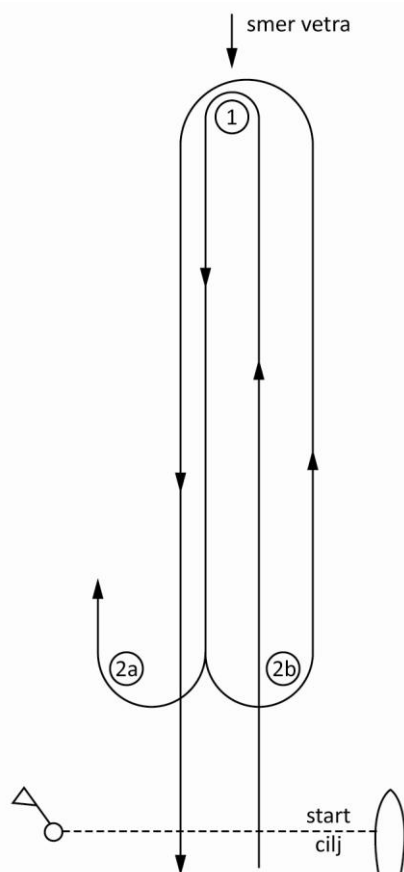
H3: Jadrnici, ki je manj padel izkoristek hitrosti vetra (razmerje med absolutno hitrostjo in hitrostjo vetra v odstotkih) med izvedbo obrata, je potrebovala manj časa za izpeljavo stranice.

H4: Jadrnica, ki je naredila manjše število manevrov v posamezni stranici, je potrebovala manj časa za izpeljavo stranice.

H5: Jadrnica z višjo VMC hitrostjo (brez upoštevanih manevrov), je potrebovala manj časa za izpeljavo stranice.

2. METODE DELA

Predmet diplomskega dela je analiza odseka enega od šestih flotnih plovov za jadrnici Mascalzone Latino in Magia na tekmovanju Portorož Cup 2006. Portorož Cup je bila trodnevna regata. Prvi dan, v petek 27. 10. 2006, je tekmovanje potekalo v jadralskih dvobojih. Od sobote 28. do nedelje 29. 10. 2006, pa so se tekmovalci pomerili v šestih flotnih regatah. Regatno polje v obliki palice je bilo postavljeno v Piranskem zalivu s prvo oznako proti vetru ter ciljem z vetrom v krmo (Slika 13-Stres, 2006).



Slika 15: Prikaz regatnega polja v obliki palice, ki ga je bilo v obravnavanem plovu potrebno objadrati: start-1-2a/2p-1-cilj (Stres, 2006).

2.1 PREIZKUŠANCI

Na tekmovanju je sodelovalo pet posadk: Team Russell Coutts (skiper Russel Coutts), japonski Team Beecom (skiper Morten Henrickson), hrvaška posadka Cro-A-Sail (skiper Tomislav Bašić) ter italijanski jadralski zasedbi Mascalzone Latino (skiper Adrian Stead) in Magia (skiper Gabriele Benussi). Člani ekip ter skiperji so bili svetovno znani jadranci z izkušnjami in izvrstnimi rezultati v olimpijskih razredih, monopokalnih ter tudi v jadrlnem

dvobojevanju America's Cup. Podatki, primerni za analizo regate, so bili zajeti z italjanskih jadrnic 'Mascalzone Latino' in 'Magia'.

Team Mascalzone Latino: Krmar posadke Team Mascalzone Latino je bil v jadrlnem dvobojevanju Adrian Stead (svetovni prvak leta 2006 v razredu Farr40), ki je bil v flotnih regatah v vlogi taktika. V flotnih regatah je jadrnico krmaril lastnik Vincenzo Onorato. Posadka Mascalzone Latino je leta 2007 sodelovala na Louis Vitton Cupu v Valenciji, kjer so se pomerile izzivalke zmagovalne jadrnice na preteklem America's Cup-u.

Team Magia: Krmar tržaške posadke Magia je bil v jadrlnem dvobojevanju Italjan Gabriele Benussi (trikratni svetovni prvak in dvakratni evropski v IMS, osemkratni zmagovalec poletnega etapnega jadrlnega maratona 'Giro d'Italia' in dvakratni zmagovalec sredozemske Giraglie). Benussi je bil v flotnih regatah v vlogi taktika. V flotnih regatah je jadrnico krmaril Fabio Apollonio, leta 1983 na America's Cup članu posadke slavne italijanske Azzurre in večkratni italijanski prvak v letečem holandcu in olimpijskem dvotrupcu tornado (Stres, 2006).

2.1.1 JADRNICIA "RC 44"

Tehnični podatki:

Dolžina (čez vse-LOA): 13.35m

Širina: 2.75m

Ugrez: 2.90m

Izpodriv: 3560kg

Utež na kobilici: 2140kg

Maksimalna teža posadke: 680kg

Površine jader:

Glavno jadro: 70m²

Prednje jadro-flok 1 (genova) 1: 60m²

Prednje jadro-flok 2: 39m²

Asimetrični spinaker 1: 150m²

Asimetrični spinaker 2: 170m²

Materiali:

Trup: karbon-epoksi v sendvič konstrukciji

Kobilica in krmilo: karbon-epoksi

Jambor: karbonski

Pripone: PBO RC 44



Slika 16: Shema jadrnice RC 44 (Technical Data, 2011)

Karbonska regatna jadrnica RC 44 je lahka izpodrivna jadrnica z lastnimi pravili razreda, po katerih so jadrnice narejene. Med jadrnicami ni razlik v načinu izgradnje, dimenzijah trupa, skupni teži in njeni porazdelitvi, dimenzijah jader ter kakovosti izdelave. Vsaka posadka je tudi omejena s številom jader, ki jih lahko uporablja med vsakim tekmovanjem. Zaradi tega ima na tekmovanju veliko vlogo delo posadke. Primerna tehnika in taktične odločitve posadke zagotavljajo jadrnici čim večjo hitrost in posledično boljši rezultat.

Jadrnico RC 44 sta skonstruirala štrikratni zmagovalec Pokala Amerike, Novozelanec Russel Coutts ter priznani slovenski navtični strokovnjak Andrej Justin. Trup, paluba in krmna ploščad jadrnice so izdelani kot sendvič z epoksi smolo, iz enosmerne in dvosmerne karbonske tkanine.

Kobilica in zakrilce (v angleščini poznano kot "trim-tab") sta prav tako narejena iz ogljikovih vlaken. Kalup za svinčeno utež na kobilici je narejen s CNC tehnologijo. Skupna teža kobilice znaša 2200 kg. Jambor je zasnovan izključno za jadrnico RC 44. Možno je spreminjati njegove nastavitve in krivine ter tako vplivati na obliko jader in težišče jadrnice. Prav tako je narejen iz karbonskih vlaken ter sestavljen iz dveh delov zaradi lažjega transporta. Iz karbonskih vlaken je narejen tudi bum ter kosnik na premcu jadrnice.

Jadrnica RC 44 pri jadranju proti vetru uporablja glavno jadro ter več velikosti prednjih jader, odvisno od jakosti vetra. Pri jadranju z vetrom v krmu lahko razpre asimetrični spinaker, katerega velikost je prav tako odvisna od jakosti vetra. Na vsaki jadrnici so nameščeni jadrlni instrumenti B&G Hercules 2000 z enoto za jambor, ki prikazujejo podatke z elektronskega kompasa, hitrosti jadrnice in jakost vetra, globino morja ter nastavitve zakrilca na kobilici in položaj krmila (Technical Data, 2011).

2.2 PRIPOMOČKI IN POSTOPEK

Podatki za diplomsko delo so bili pridobljeni iz meritev, ki so bile izvedene predhodno v jadralskem projektu pod vodstvom dr. M. Supeja, Fakulteta za Šport, Univerza v Ljubljani. Podatki so bili zbrani na tekmovanju Portorož Cup 2006, kjer so tekmovala novorazvite jadrnice razreda RC44. Tekmovanja so potekala tri dni. Podatki so bili prvotno namenjeni za spremljanje tekmovanja v realnem času preko interneta skupaj s 3D animacijo regate. Tako je bilo tekmovanje za gledalce še bolj zanimivo, saj se velikokrat z obale ne da spremljati vseh podrobnosti dogajanja na morju. Uporabiti je bilo potrebno zelo natančno in dodelano opremo, ki je odporna na slano vodo, vibracije in udarce. Vsaka jadrnica je bila opremljena z Leica GX1230 GG sprejemnikom (Leica Geosystem, Heerbrugg, Švica). Sprejemniki so bili pritrjeni na trup vsake jadrnice, da bi ga s tem zaščitili pred mehaničnimi poškodbami. Kot prikazuje Slika 14, je bila GPS/GLONASS antena pritrjena pod plastičnim pokrovom na krmu jadrnice. To je edini del trupa, ki ni narejen iz karbona, ki sicer zelo slabo prepušča

GPS/GLONASS signale iz satelitov. Predel pod pokrovom je bil tudi priročen, ker ni motil ekip med tekmovanjem.



Slika 17: Prikaz postavitve GPS/GLONASS antene pod pokrov jadrnice za sprejem podatkov (Supej in Bilban, 2008).

Meritve so bile zadovoljive, čeprav je taka postavitve antene nekoliko ovirala satelitski signal posebno pri velikih naklonih jadrnice in kadar so karbonska jadra prekrivala GPS signal. Za zagotovitev maksimalne zanesljivosti in točnosti podatkov v težkih delovnih pogojih, so vsi GNSS senzorji prejeli RTK popravke iz referenčne postaje 'Leica SmartRover' preko Satelline radiomodemov. Za boljšo pokritost radio zveze in sprejema signalov iz satelitov, je bila referenčna postaja postavljena na streho recepcije Marine Portorož.

Poleg navedenih sprejemnikov so bili na jadrnicah postavljeni tudi drugi senzorji. Hitrost in smer verta ter hitrost jadrnice je zbiral računalnik. Podatki so bili poslani v Leica GX1230 sprejemnik. Vsi ti podatki, skupaj s koordinatami položaja iz GNSS sistema, so bili vsako sekundo prenešeni preko GSM modema v centralni server kot NMEA sporočila. Leica GS20 je merila položaje oznak regatnega polja. Položaji oznak so bili prav tako poslani v centralni server. S tem se je določilo virtualno regatno polje.

Centralni server je sinhroniziral podatke z različnih jadrnic in ponovno določil položaje ter podatke z ostalih senzorjev v bolj strukturirani obliki. Podatki so bili nato razposlani preko interneta vsem uporabnikom, ki so namestili aplikacije za spremljanje regate na svoj računalnik (Supej in Bilban, 2008).

Pridobljeni podatki so bili za potrebe diplomskega dela obdelani z računalniškim programom Microsoft Excel 2007. Zajeti podatki obsegajo lokalni čas, koordinate vsake jadrnice v času regate, ter za vsako jadrnico še hitrost jadrnice in vetra v vozlih ter kompasno smer jadrnice in vetra v stopinjah.

Podatki so bili prvotno zajeti za potrebe animacije, zato se je signal spremljal iz različnih jadrnic. Podatki so bili v večini primerov spremljani v paru za dve jadrnici posebej. V enem plovu se je tako signal z določene jadrnice pojavil v poljubnem časovnem odseku, nato pa izginil in se preklopil na drugi par jadrnic. Za potrebe analize regate je uporabljen najdaljši odsek, kjer je jadral par RC44 jadrnic 'Team Mascalzone Latino' in 'Magia'. Podatki v omenjenem odseku so se začeli zbirati na začetku prve stranice z vetrom v krmo, kjer se je začela analiza podatkov, nadaljevalo pa se je v drugi stranici proti vetru ter drugi stranici regatnega polja z vetrom v krmo. Ta edini primeren niz podatkov za analizo regate je bil pridobljen zadnji tekmovalni dan, v nedeljo 29. 10. 2012, ko so tekmovali v flotnih regatah.

2.3 POSTOPEK DELA

Zaradi spremenljivosti pogojev in velikega števila prepletajočih se dejavnikov, ki vplivajo na rezultat, je celotna regata razdeljena na posamezne stranice, od oznake do oznake. Zaradi lažje analize celotnega dogajanja med regato, je vsaka stranica razdeljena še na leve in desne uzde glede na to na katerih je jadrnica jadrala. Obrati so bili obravnavani posebej, odvisno od tega kaj smo želeli ugotoviti. Enotna slika za celotno regato bi bila zaradi prevelikega števila različnih dejavnikov nesmiselna.

Predpostavljeno je bilo, da so posadke med tekmovanjem uporabljale optimalno kombinacijo jader, kar lahko tudi vpliva na hitrost jadrnice in posledično na končni rezultat. Prav tako ni bil posebej obravnavan vpliv morskih tokov, ker za analizo tega niso bili zbrani ustrezni podatki. Tako je naloga posvečena predvsem tehniki vožnje ter hitrosti jadrnice med regato, taktiki ter izvedbi obratov. Pri ugotavljanju tehnične izpopolnjenosti posadk je bila v pomoč VMG hitrost ter razmerje med VMG hitrostjo in jakostjo vetra.

S pridobljenimi podatki o položaju jadrnic, smeri in jakosti vetra ter kurzu in hitrosti jadrnice, lahko razberemo le nekaj najbolj grobih zaključkov. Za podrobnejšo sliko problema je bilo potrebno pridobljene podatke urediti ter izračunati potrebne vrednosti za podrobnejšo analizo tehnike vožnje, tehnike obratov in taktike vožnje. Vse vrednosti so bile podane v imperialnem sistemu enot, ki ga je bilo spremeniti v metričnega.

Iz celotnega niza podatkov je bilo za analizo tehnike potrebno izključiti obrate boj ter obrate proti vetru in z vetrom v krmo. Tako so bili za analizo tehnike upoštevani le odseki 'čiste' vožnje. Med manevri je v zaznavi signala prihajalo do napak in večjih sprememb podatkov. V podatkih so bila odstopanja predvsem v smeri vetra, ker zaradi sekundnega beleženja podatkov in večjih sprememb kurza jadrnice ni bila zagotovljena zadostna natančnost. Poleg

tega bi spremenjen kot realnega vetra ter hitrost jadrnice znatno vplival na rezultate tehnike vožnje.

Pri izračunavanju razdalje med jadrnicama je absolutna razdalja neprimerna, saj na hitrost približevanja naslednji oznaki vpliva tudi kot vetra, oziroma kot pod katerim se jadrnici približujeta oznaki. Zato je upoštevana razdalja med premicama, ki potekata pravokotno glede na smer vetra, ki je bil v podatkih zabeležen za vodilno jadrnico.

Za analizo tehnike vožnje je uporabljena analiza VMG hitrosti. VMG hitrost je projekcija absolutne hitrosti jadrnice glede na kot realnega vetra.

$$VMG = v_{jadrnice} \cdot \cos \alpha_{TW}$$

$$v_{jadrnice} = \text{hitrost jadrnice (m/s)}$$

$$\alpha_{TW} = \gamma_{kurz\ jadrnice} - \omega_{smer\ vetra}$$

α_{TW} = kot realnega vetra (true wind) na jadrnico, preračunan iz smeri vetra ter kurza jadrnice

Poleg tega je bila tehnika jadrnanja analizirana z izračunom razmerja med VMG hitrostjo in hitrostjo vetra. To kaže na izkoristek lastnosti jadrnice pri določenih vetrovnih pogojih. Vrednosti so bile izražene v odstotkih VMG hitrosti pri določeni jakosti vetra. Poleg tega je bilo z odstotki opredeljeno odstopanje hitrosti jadrnice, VMG hitrosti in kota realnega vetra od teoretičnih ciljnih vrednosti pri določeni jakosti vetra.

Taktična učinkovitost je obravnavana kot izkoriščanje obratov vetra, oziroma izbira take smeri jadrnanja, ki naj bi z upoštevanjem absolutne hitrosti najhitreje pripeljala do naslednje oznake. Hitrosti približevanja oznaki kot razmerje kota pod katerim je jadrnica jadrala proti naslednji oznaki in absolutno hitrostjo jadrnice, je bila izražena kot VMC hitrost ("velocity made good to course").

$$VMC = v_{jadrnice} \cdot \cos \delta_{proti\ oznaki}$$

$$v_{jadrnice} = \text{hitrost jadrnice (m/s)}$$

$$\delta_{proti\ oznaki} = \text{kot jadrnice, pod katerim jadra proti naslednji oznaki}$$

$$\delta_{proti\ oznaki} = \text{kurz jadrnice - kompasna smer naslednje oznake}$$

Absolutna hitrost je bila podana že v zajetih podatkih. Kot jadrnice proti naslednji oznaki je bil izračunan tako, da se je najprej izračunala kompasna smer naslednje oznake, nato pa še kot pod katerim je jadrnica jadrala proti naslednji oznaki glede na svoj kompasni kurz vožnje.

V vseh primerih, ko je bila analiza opravljena za jadrnaje brez upoštevanih manevrov, so se upoštevala utežena povprečja za posamezno stranico glede na odstotek časa, pri katerem je jadrnica jadrjala z določenimi vrednostmi.

Za analizo izvedbe obrata so bili izuzeti enaki časovni intervali 20 sekund za vsako jadrnico. Pri obratu je bila upoštevana hitrost jadrnice in hitrost vetra 10 sekund pred in 10 sekund po trenutku, ko je jadrnica menjala uzde jadriranja, oziroma se je jadrnica obrnila tako, da ji je veter pričel pihati v nasprotni bok.

Tehnika obratov je bila analizirana kot razmerje med absolutno hitrostjo jadrnice in hitrostjo realnega vetra. Nato so bile primerjane vrednosti, ki sta jih jadrnici dosegali med samo vožnjo ter med izvedbo obrata. Vrednosti so bile izražene v odstotkih glede na jakost realnega vetra.

3. REZULTATI

Zaradi večje preglednosti in lažjega razumevanja rezultatov, je bil celoten plov razdeljen po posameznih stranicah. Ker so bili podatki zbrani od prve oznake dalje, torej od prve stranice v krmo dalje, je bilo prvo jadranje proti vetru izpuščeno. Celoten plov je bil po poglavjih razdeljen na prvo stranico-prvo jadranje z vetrom v krmo, drugo stranico-jadranje proti vetru ter tretjo stranico-drugo jadranje z vetrom v krmo. Vsaka od treh stranic je bila še dodatno razdeljena na podpoglavja: tehnika, manevri in taktika.

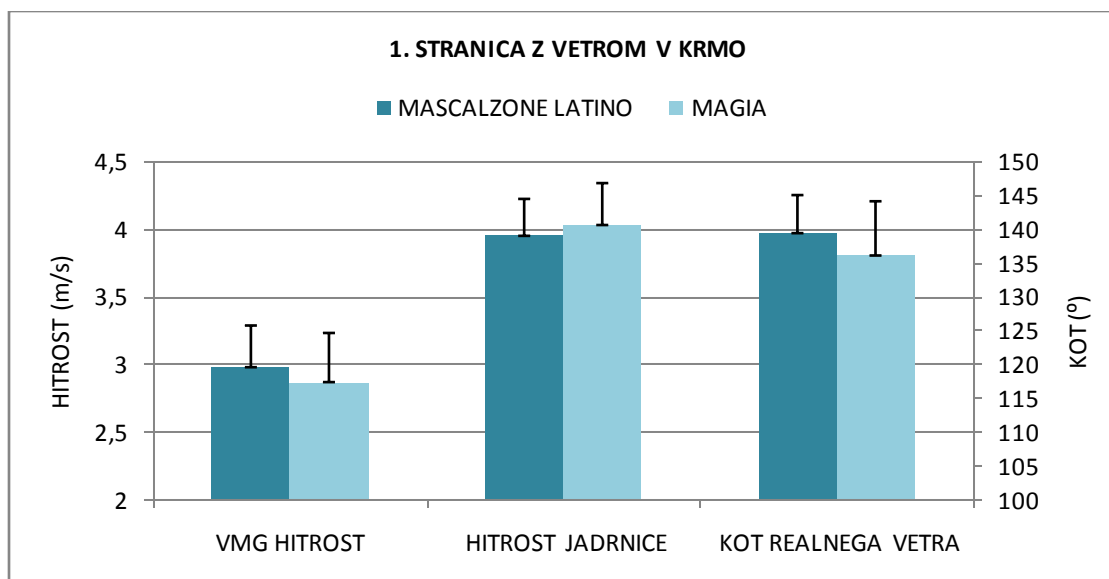
3.1 PRVA STRANICA-PRVO JADRANJE Z VETROM V KRMO

Niz zajemanja podatkov za jadrnici Mascalzone Latino in Magia je začel v prvi stranici jadrnja z vetrom v krmo po obratu prve oznake. V tem trenutku je bila v vodilnem položaju jadrnica Magia. Pred jadrnico Mascalzone Latino je vodila za 42 m oziroma 10 s. Na naslednji oznaki se je njena prednost zmanjšala na 9 m oziroma 3 s. Jadrnica Magia je v prvi stranici z vetrom v krmo izgubila 33 m prednosti. V celotni stranici je izgubila 7 s časa v primerjavi z jadrnico Mascalzone Latino.

3.1.1 Tehnika jadrnja

Jadrnica Mascalzone Latino je v celotni prvi stranici jadrjala z 0.13 m/s višjo povprečno VMG hitrostjo kakor jadrnica Magia. Ta je pri jadrnici Mascalzone Latino znašala 2.98 m/s, pri jadrnici Magia pa 2.87 m/s (Slika 18).

Absolutna hitrost jadrnice Magia je bila v povprečju višja za 0.07 m/s. Pri jadrnici Magia je znašala 4.03 m/s, pri jadrnici Mascalzone Latino pa 3.95 m/s. Kot realnega vetra je bil ostrejši pri jadrnici Magia (136.1°), kakor pri jadrnici Mascalzone Latino (139.4° - Slika 18). Jadrnica Mascalzone Latino je imela razmerje med VMG hitrostjo in hitrostjo vetra 71%, Magia pa 63%.



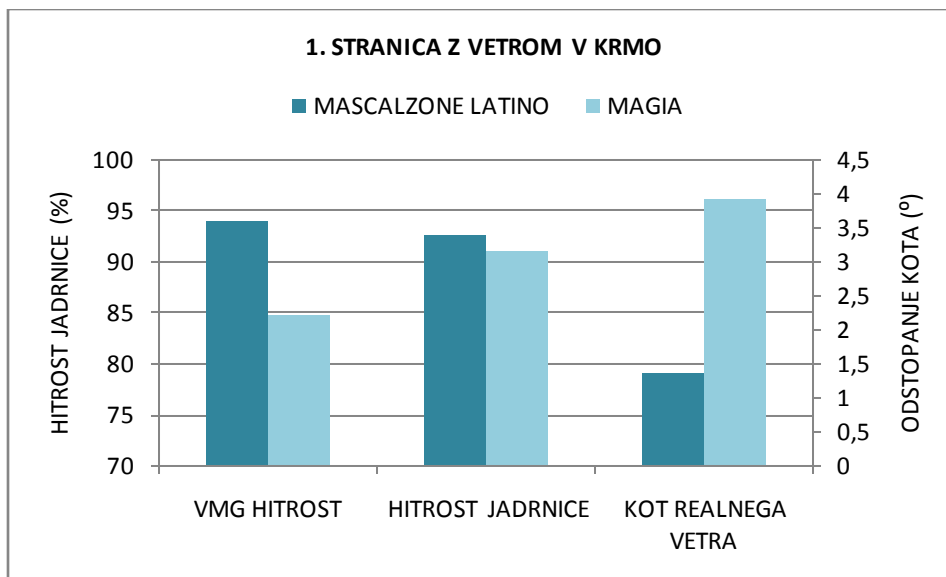
Slika 18: Primerjava VMG hitrosti, hitrosti jadrnice ter kota realnega vetra v prvi stranici z vetrom v krmo.

Tabela 1: Ciljne hitrosti in koti realnega vetra pri določeni jakosti vetra, kot jih priporoča proizvajalec za jadrnanje z vetrom v krmo (M. Supej, osebna komunikacija, april 2010).

Hitrost vetra(m/s)	Hitrost jadrnice (m/s)	Kot relanega vetra (°)	VMG hitrost (m/s)
4.1	4.27	138	3.17
4.6	4.42	140	3.39

Kot realnega vetra je pri jadrnici Mascalzone Latino odstopal v povprečju 1.4° od ciljnega kota, ki ga za določeno jakost vetra priporoča konstruktor jadrnice (Tabela 1). Pri jakosti vetra 4.1 m/s kot jo je imela jadrnica Mascalzone Latino, je ciljni kot relanega vetra glede na jadrnico 138° . Pri jakosti vetra 4.6 m/s s katero je v povprečju največ časa jadrjala Magia, pa 140° . Pri jadrnici Magia je bilo odstopanje od ciljnega kota realnega vetra večje. V povprečju je znašalo 4° v celotni stranici.

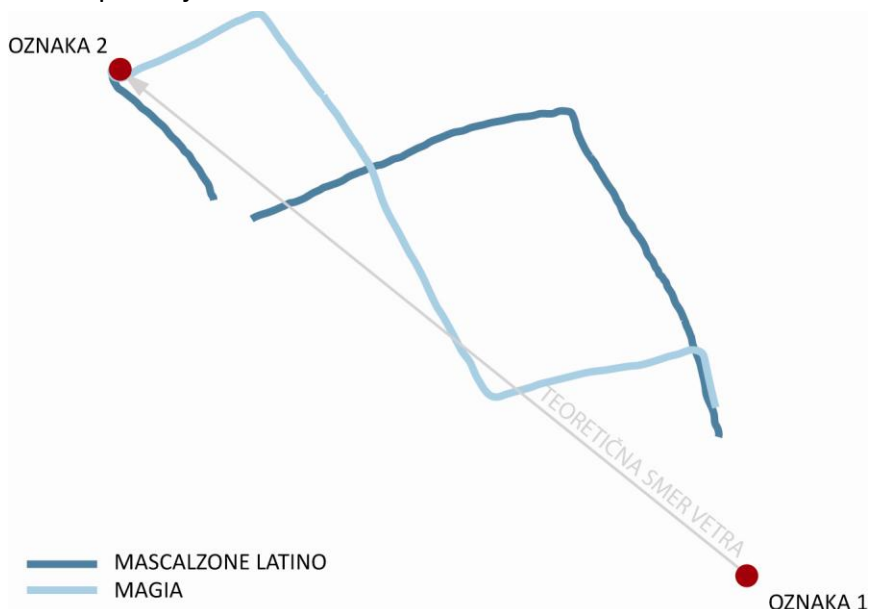
Absolutna hitrost jadrnice Mascalzone Latino je dosegala v povprečju 92.5% , pri jadrnici Magia pa 91.2% ciljnih vrednosti, ki naj bi jih dosegale glede na priporočene vrednosti proizvajalca. VMG hitrost je bila pri jadrnici Mascalzone Latino v povprečju 94% , pri Magii pa 84.6% teoretičnih ciljnih vrednosti (Slika 19).



Slika 19: Odstotek absolutne hitrosti in VMG hitrosti ter odstopanje vrednosti kota realnega vetra, ki naj bi jih (glede na priporočene vrednosti proizvajalca) dosegale jadrnice pri določeni jakosti vetra.

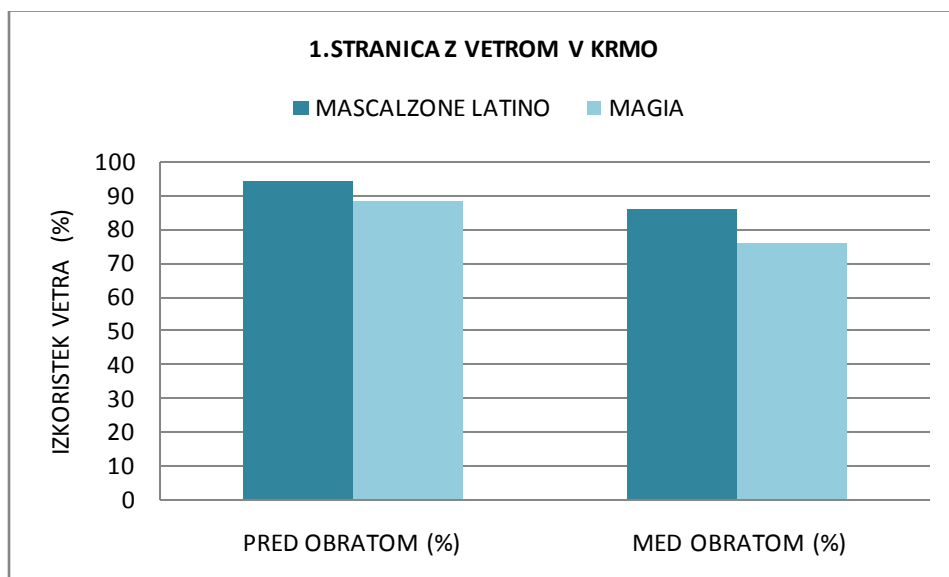
3.1.2 Manevri

Iz Slike 20 je razvidno, da je jadrnica Magia v celotni stranici naredila 3 obrate z vetrom v krmo. Jadrnica Mascalzone Latino pa enega manj torej le 2. Zabeleženi podatki niso vsebovali drugega obrata jadrnice Macalzone Latino, saj se je izgubil GPS signal. Tako je bila možna primerjava z le enim samim obratom.



Slika 20: Prikaz opravljene poti za jadrnici Masalzone Latino in Magia v prvi stranici z vetrom v krmo.

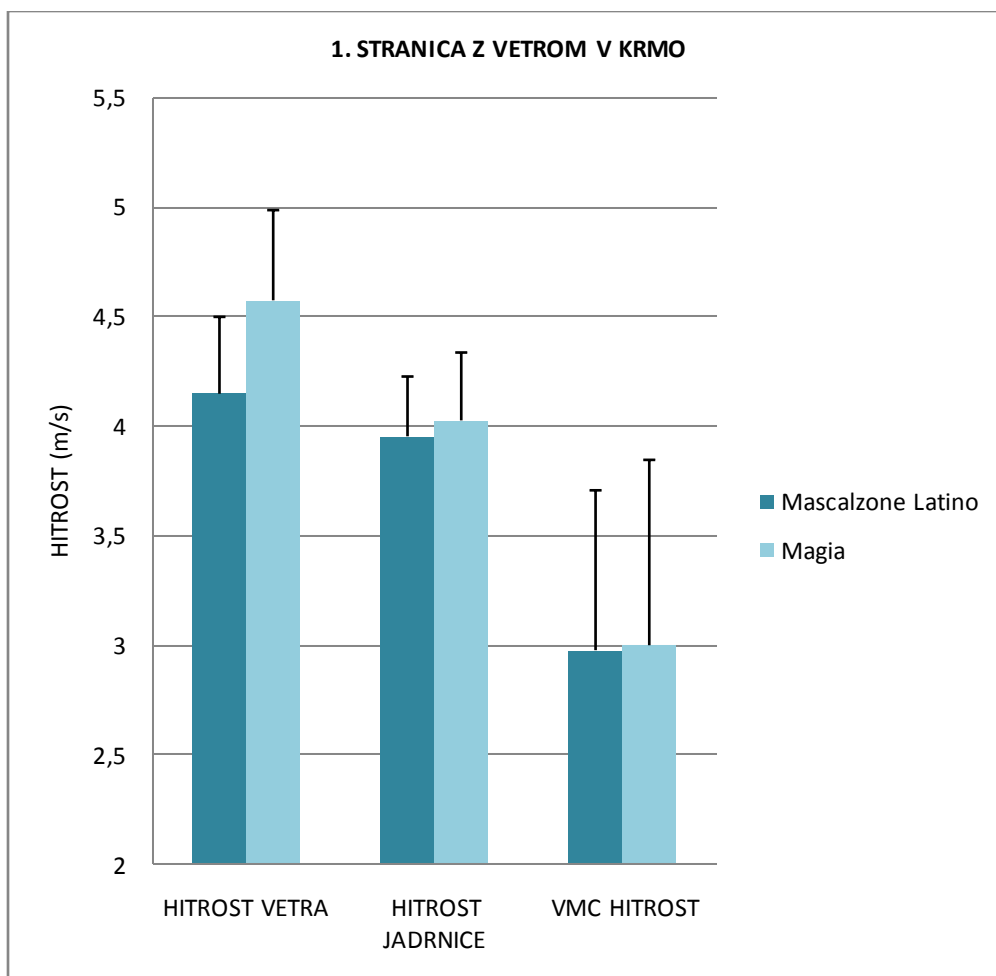
Iz Slike 21 je razvidno, da je posadka Mascalzone Latino med vožnjo pred obratom imela povprečni izkoristek hitrosti vetra 94%, Magia pa 88%. Med obrati je imela Mascalzone Latino povprečen izkoristek hitrosti vetra 86% (1. obrat: 86%), Magia pa 76% (1. obrat: 76%, 2. obrat: 77%, 3. obrat: 76%). Jadrnici Magia med obratom za 4% bolj upade izkoristek hitrosti vetra glede na izkoristek hitrosti vetra pred manevrom.



Slika 21: Povprečen odstotek izkoristka hitrosti vetra med vožnjo pred in med obrati.

3.1.3 Taktika jadriranja

Brez upoštevanja manevrov, torej med 'čisto' vožnjo je v prvi stranici z vetrom v krmo imela nekoliko višjo povprečno VMC hitrost jadrnica Magia (Magia: 3.00 m/s; Mascalzone Latino: 2.98 m/s). Jadrnica Mascalzone Latino je jadrala 1.6° ostreje proti naslednji oznaki. Vendar je imela jadrnica Magia v povprečju zabeleženo večjo jakost vetra v celotni stranici (Magia: 4.15 m/s; Mascalzone Latino: 3.57 m/s) ter višjo absolutno hitrost jadrnice (Magia: 4.03 m/s; Mascalzone Latino: 3.95 m/s) - (Slika 22).



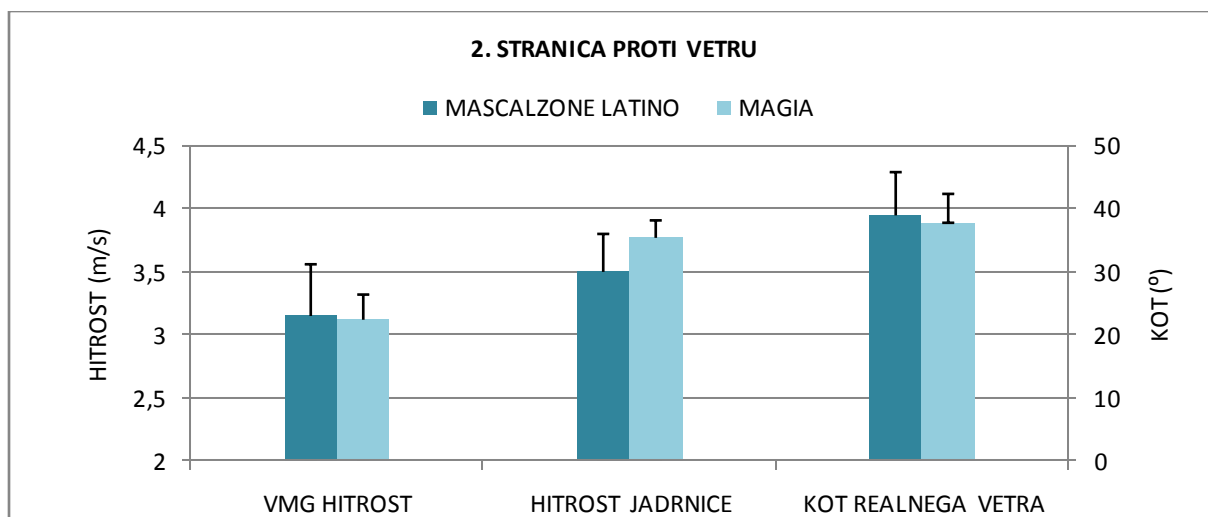
Slika 22: Primerjava hitrosti vetra, hitrosti jadrnice, VMC hitrosti brez ma nevrov.

3.2 DRUGA STRANICA-JADRANJE PROTI VETRU

Jadrnica Magia je drugo oznako obračala 9 m oziroma 3 s pred jadrnico Mascalzone Latino. Na tretji oznaki je svojo prednost povečala na 21 s. Razdalja med jadrnicama je na privetni oznaki znašala 85 m. Jadrnica Magia je za drugo stranico proti vetru porabila 18 s manj časa kakor jadrnica Mascalzone Latino.

3.2.1 Tehnika

V celotni stranici je bila VMG hitrost v povprečju nekoliko višja pri jadrnici Mascalzone Latino (Magia: 4.12 m/s; Mascalzone Latino: 4.15 m/s - Slika 23). Vendar je bila absolutna hitrost jadrnice Magia nekoliko višja (Magia: 3.86 m/s; Mascalzone Latino: 3.81 m/s). Kot realnega vetra je v celotni stranici pri Mascalzone Latino v povprečju znašal 34.5° , pri Magii pa 35.3° . Jadrnica Mascalzone Latino je imela razmerje med VMG hitrostjo in hitrostjo vetra 80%, Magia pa 78%.

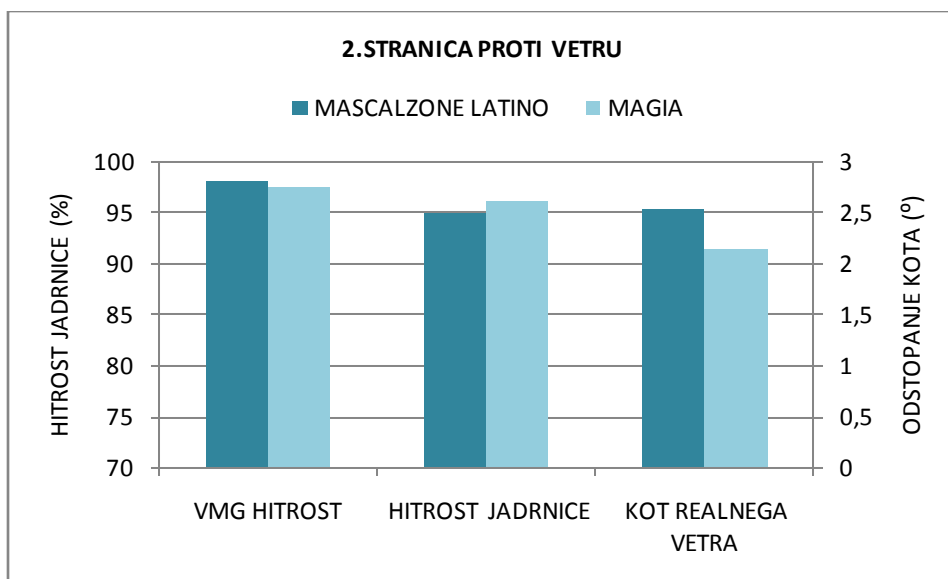


Slika 23: Primerjava VMG hitrosti, hitrosti jadrnice in kota realnega vetra za obe jadrnici v celotni stranici proti vetru.

Po teoretičnih izračunih konstruktorja jadrnice, naj bi bil pri jakosti vetra 4 m/s, pri katerem sta obe jadrnici v povprečju jadrali, kot realnega vetra 37° (Tabela 2). Jadrnica Mascalzone Latino je v povprečju odstopala 2.5° od ciljnega kota proizvajalca, jadrnica Magia pa 1.7°. Mascalzone Latino je dosegala 95% absolutne hitrosti od ciljnih vrednosti proizvajalca, Magia pa 96%. Odstotek teoretičnih ciljnih vrednosti pri VMG hitrosti je bil pri jadrnici Mascalzone Latino 98.4%, pri jadrnici Magia pa 97.5% (Slika 24).

Tabela 2: Ciljne hitrosti in kot realnega vetra pri določeni jakosti vetra kot jih priporoča proizvajalec za jadranje proti vetru (M. Supej, osebna komunikacija, april 2010).

Hitrost vetra(m/s)	Hitrost jadrnice (m/s)	Kot realnega vetra (°)	VMG hitrost (m/s)
4	4.01	37	3.2



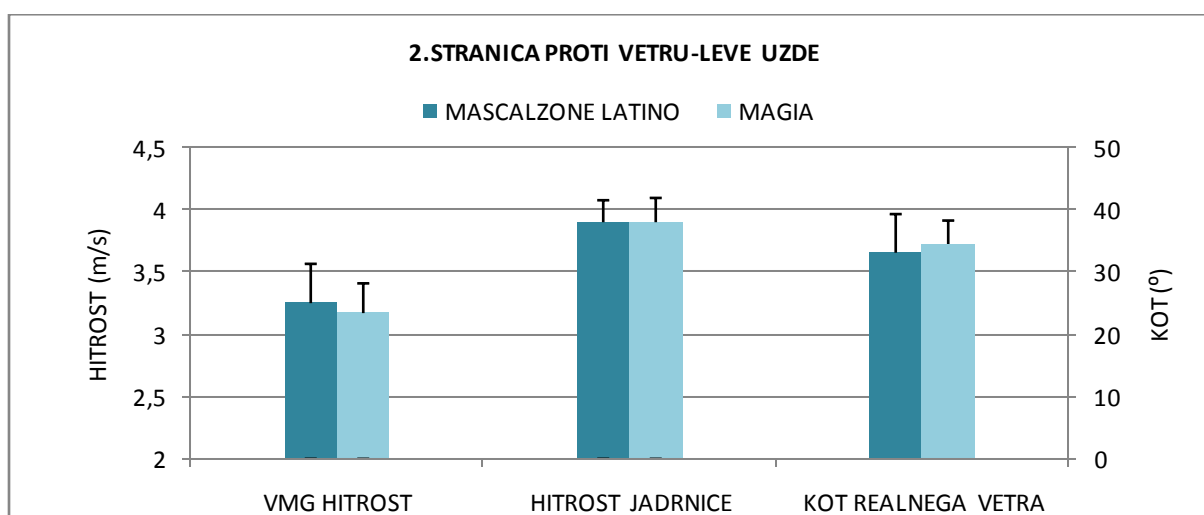
Slika 24: Odstotek absolutne hitrosti in VMG hitrosti ter odstopanje vrednosti kota realnega vetra, ki naj bi jih glede na priporočene vrednosti proizvajalca dosegale jadrnice pri določeni jakosti vetra.

Za primerjavo tehnike vožnje in analizo VMG hitrosti smo obravnavali tudi odsek v katerem jadrnici vzporedno jadrata na levih uzdah in ni opaznega odstopanja podatkov zaradi 'pokrivanja' jadrnic med seboj. V omenjenem odseku vozi jadrnica Magia 84% odstotkov časa, Mascalzone Latino pa 82% celotnega časa stranice (Tabela 3). Povprečna VMG hitrost je bila višja pri jadrnici Mascalzone Latino za 0.08 m/s (Magia: 3.17 m/s; Mascalzone Latino: 3.25 m/s). Kot realnega vetra je bil glede na teoretične vrednosti proizvajalca pri obeh jadrnicah manjši od priporočenih vrednosti. Pri jadrnici Magia je v omenjenem odseku znašal 34.5°, pri Mascalzone Latino pa 33.1° (Slika 25). Pri jadrnici Magia je kot realnega vetra odstopal 2.5°, pri Mascalzone Latino pa 3.9° od predvidenega kota 37° (Slika 26). Absolutna hitrost je bila pri obeh jadrnicah enaka (3.9 m/s).

Tabela 3: Dosežene hitrosti vetra, hitrosti jadrnice, kota jadrnja in odstotek časa na posameznih uzdah za obe jadrnici

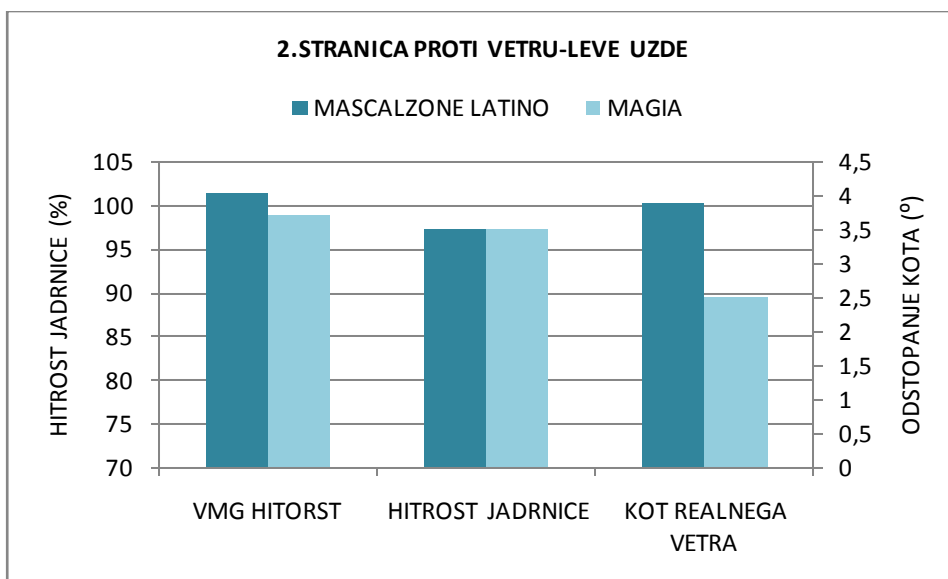
	Mascalzone Latino					Magia			
	$\Omega(x)$	Leve uzde	Desne uzde	Leve uzde	Desne uzde	$\Omega(x)$	Desne uzde	Leve uzde	Desne uzde
Hitrost vetra(m/s)	3.97	3.9	4.4	3.8	4.2	4.02	3.8	4.0	4.2
Hitrost jadrnice(m/s)	3.81	3.9	3.5	3.2	3.3	3.86	3.8	3.9	3.6
Kot relanega vetra(°)	34.5	33.1	34.9	43.7	45.5	35.3	42.8	34.5	35.7
VMG(m/s)	3.15	3.25	2.83	2.33	2.55	3.12	2.76	3.17	2.89
VMG/hitrost vetra (%)	80	84	64	61	61	78	73	79	69
% časa	100	82	8	1	9	100	2	84	13

Legenda: $\Omega(x)$ -uteženo povprečje; VMG=VMG hitrost



Slika 25: Primerjava VMG hitrosti, hitrosti jadrnice in kota realnega vetra v odseku na levih uzdah pri jadrnanju proti vetru

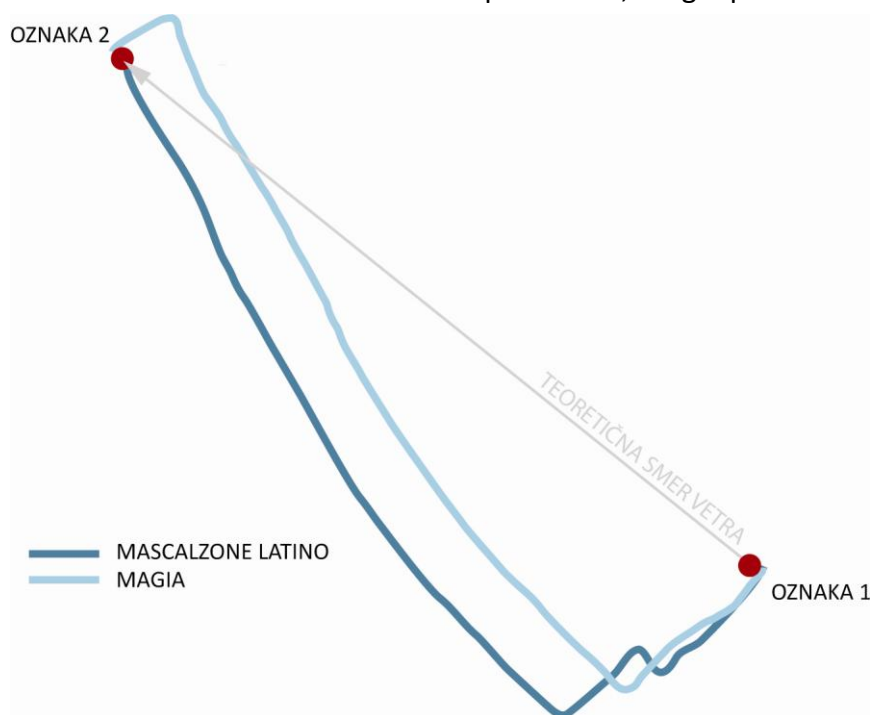
Kot je razvidno iz Slike 26, je jadrnica Mascalzone Latino v omenjenem odseku dosegla večji odstotek ciljnih vrednosti proizvajalca predvsem pri VMG hitrosti (Mascalzone Latino: 101.4%; Magia: 98.9%). Odstotek ciljnih vrednosti absolutne hitrosti je bil pri obeh jadrnicah 97.4%.



Slika 26: Odstotek absolutne hitrosti in VMG hitrosti ter odstopanje vrednosti kota realnega vetra, ki naj bi jih (glede na priporočene vrednosti proizvajalca) dosegale jadrnice pri določeni jakosti vetra.

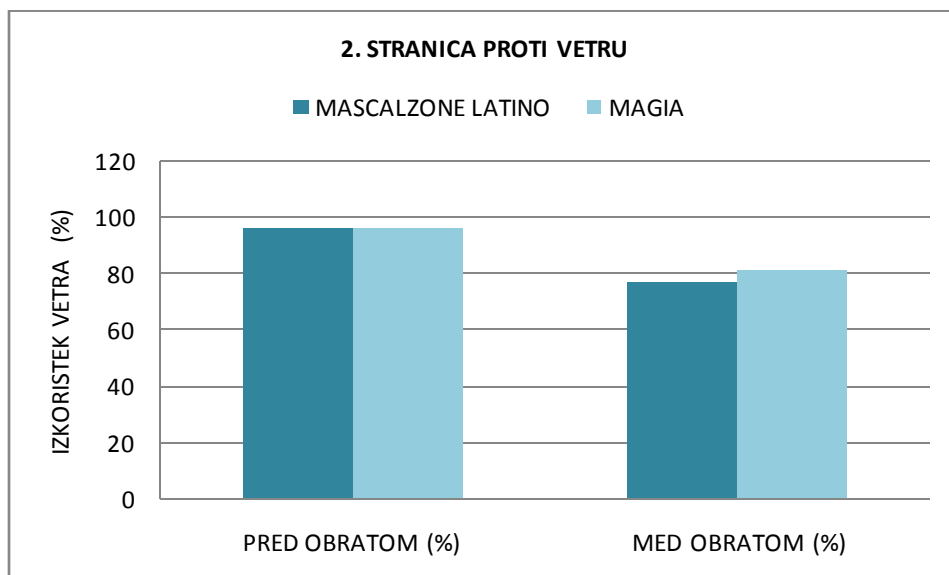
3.2.2 Manevri

Ekipa Mascalzone Latino je v drugi stranici proti vetru porabila 9 s več časa za obrate. Če odštejemo obrat takoj po drugi oznaki, ko je bil obrat proti vetru del obrata okoli oznake, je Mascalzone Latino naredila 3 obrate proti vetru, Magia pa obrat manj (Slika 27).



Slika 27: Prikaz opravljene poti za jadrnici Mascalone Latino in Magia v drugi stranici proti vetru.

Iz Slike 28 je razvidno, da je med vožnjo proti vetru bil izkoristek hitrosti vetra za obe jadrnici enak (96%). Med obrati je jadrnici Magia padel izkoristek hitrosti na 81%, jadrnici Mascalzone Latino pa na 77% (Mascalzone Latino - 1. Obrat: 68%, 2. Obrat: 85%, 3. Obrat: 78%; Magia - 1. Obrat: 83%, 2. Obrat: 79%).

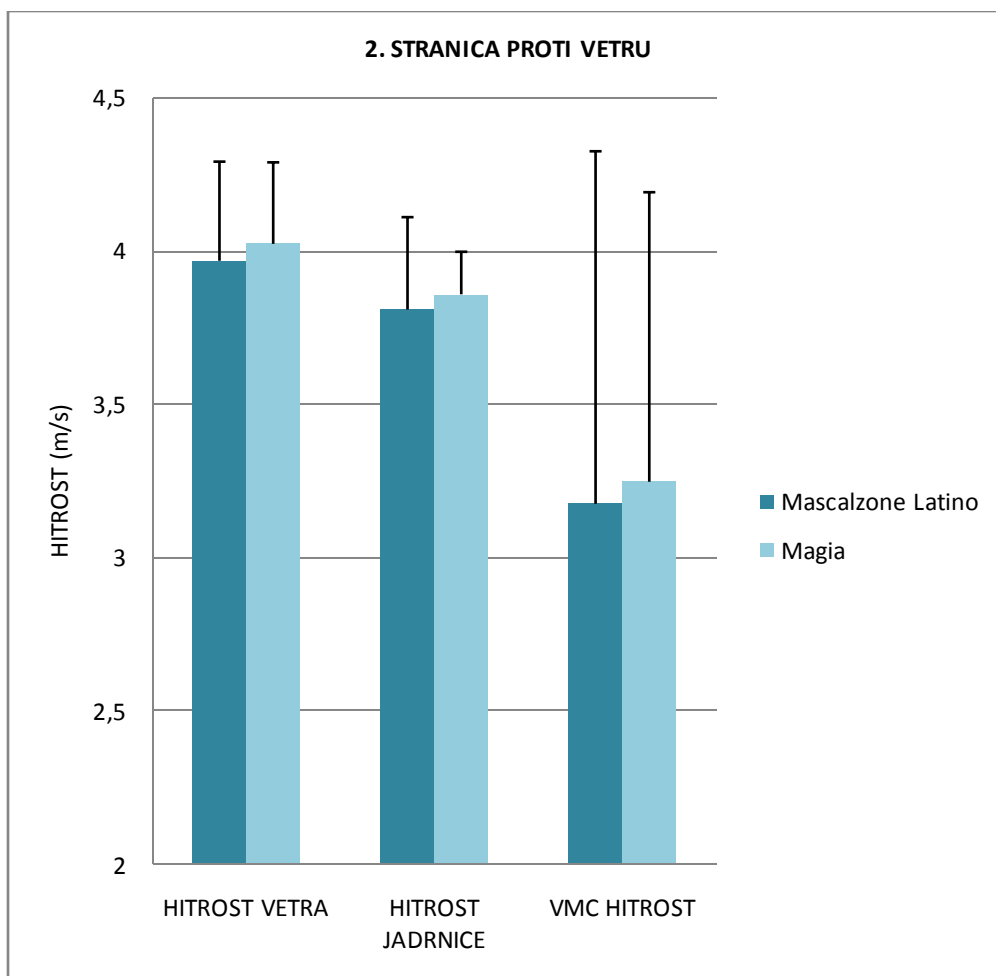


Slika 28: Odstotek ciljne hitrosti jadrnice, ki naj bi jih dosegale jadrnice pri določeni jakosti vetra pred obratom in med obratom, pri jadrnanju z vetrom v krmo.

3.2.3 Taktika

Iz Slike 29 je razvidno, da je jadrnica Magia v povprečju vozila z 0.08 m/s višjo VMC hitrostjo kakor jadrnica Mascalzone Latino (Magia: 3.25 m/s; Mascalzone Latino: 3.17 m/s).

Jadrnica Magia je v povprečju več časa vozila pod ostrejšim kotom glede na naslednjo oznako in sicer za približno 2° (Magia: 23.8°; Mascalzone Latino: 26.0°). Pri tem je imela Magia zabeleženo nekoliko večjo jakost vetra, pri katerem je jadrala (Magia: 4.02m/s; Mascalzone Latino: 3.97 m/s).



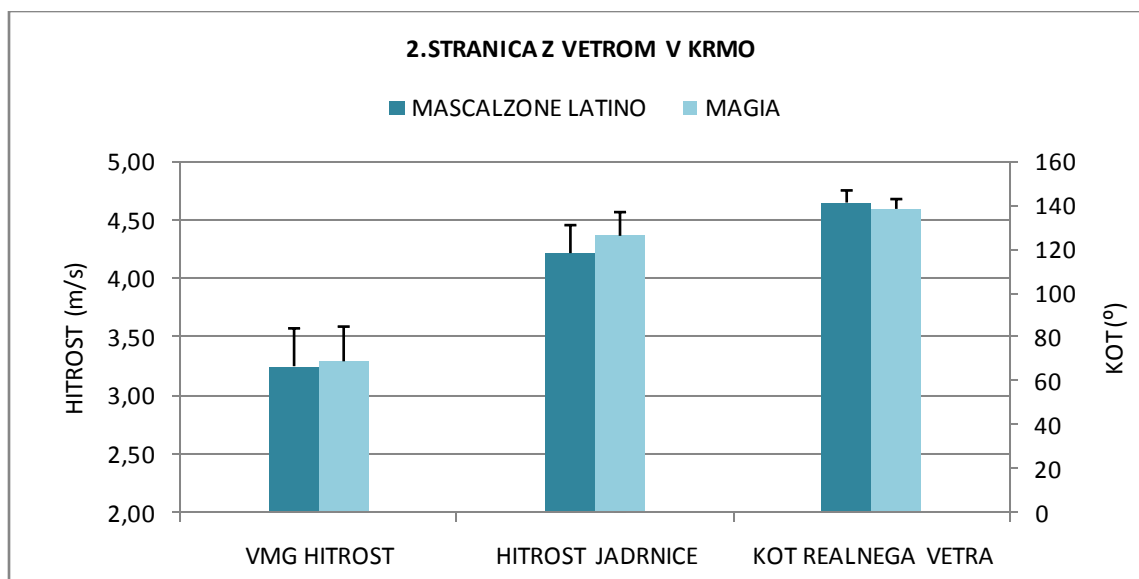
Slika 29: Primerjava hitrosti vetra, hitrosti jadrnice in VMC hitrosti brez manevrov.

3.3 TRETJA STRANICA-DRUGO JADRANJE Z VETROM V KRMO

Po obratu priveterne oznake je prednost jadrnice Magia znašala 85 m oziroma 21 s. Svojo prednost je v drugi stranici z vetrom v krmo povečala za 54 m. V cilj je prijadrala s prednostjo 139 m oziroma 38 s.

3.3.1 Tehnika

Pri VMG hitrosti je jadrnica Magia v povprečju dosegala vrednosti 3.29 m/s, jadrnica Mascalzone Latino pa 3.25 m/s. Magia je v drugi stranici z vetrom v krmo imela absolutno hitrost jadrnice 4.4 m/s, Mascalzone Latino pa 4.2 m/s. Kot relanega vetra je bil pri jadrnici Magia ostrejši (138.4°) kakor pri jadrnici Mascalzone Latino (141.3° - Slika 30). Jadrnica Mascalzone Latino je imela razmerje med VMG hitrostjo in hitrostjo vetra 71%, Magia pa 64%.

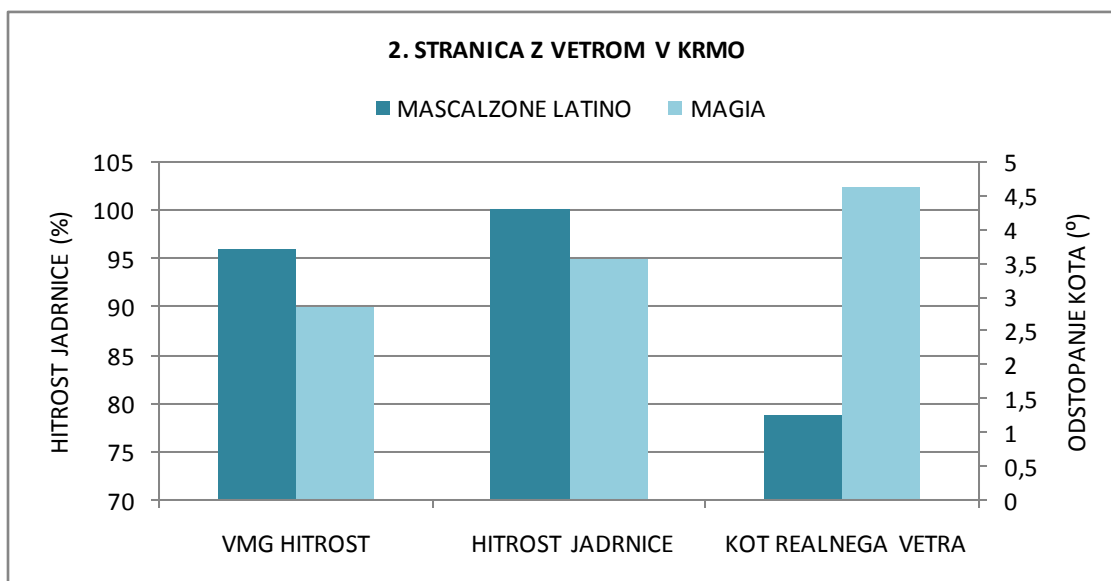


Slika 30: Primerjava VMG hitrosti, hitrosti jadrnice ter kota realnega vetra obeh jadrnic v drugi stranici z vetrom v krmo.

Glede na teoretične ciljne vrednosti proizvajalca (Tabela 4), je jadrnica Mascalzone Latino jadrala s 100% izkoristkom absolutne hitrosti jadrnice, Magia pa s 95%. Kot realnega vetra je odstopal 4.6° pri jadrnici Magia in 1.3° pri Mascalzone Latino glede na teoretične ciljne vrednosti proizvajalca. VMG hitrost je bila pri Mascalzone Latino 96%, pri Magii pa 89% teoretičnih ciljnih vrednosti (Slika 31).

Tabela 4: Ciljne hitrosti in kot realnega vetra pri določeni jakosti vetra kot jih priporoča proizvajalec za jadranje z vetrom v krmo (Supej, osebna komunikacija, april 2010).

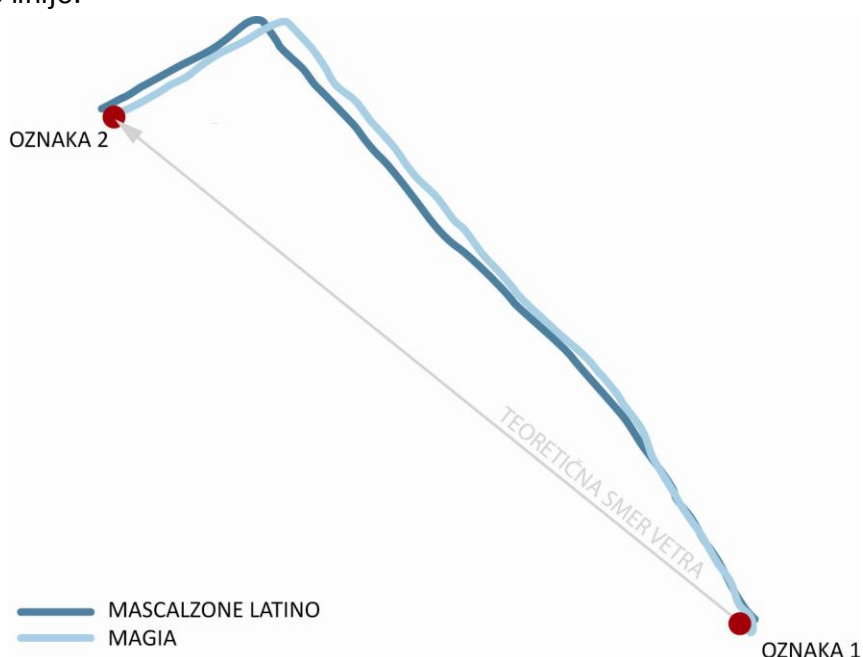
Hitrost vetra(m/s)	Hitrost jadrnice (m/s)	Kot relanega vetra (°)	VMG hitrost (m/s)
4.6	4.2	140	3.4
5.1	4.6	143	3.7



Slika 31: Odstotek absolutne hitrosti in VMG hitrosti ter odstopanje vrednosti kota realnega vetra, ki naj bi jih glede na priporočene vrednosti proizvajalca dosegale jadrnice pri določeni jakosti vetra.

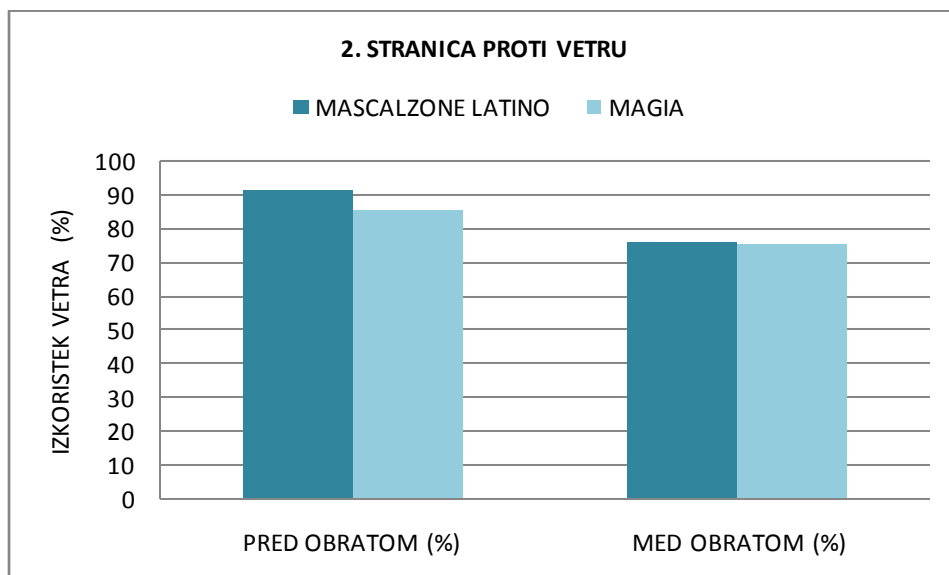
3.3.2 Manevri

Iz Slike 32 je razvidno, da sta v celotni stranici obe jadrnici izvedli po en obrat z vetrom v krmo, če odštejemo drugi obrat z vetrom v krmo, ki ga je vodilna jadrnica opravila, ko je prečkala ciljno linijo.



Slika 32: Prikaz opravljene poti za jadrnici Mascalzone Latino in Magia v drugi stranici z vetrom v krmo.

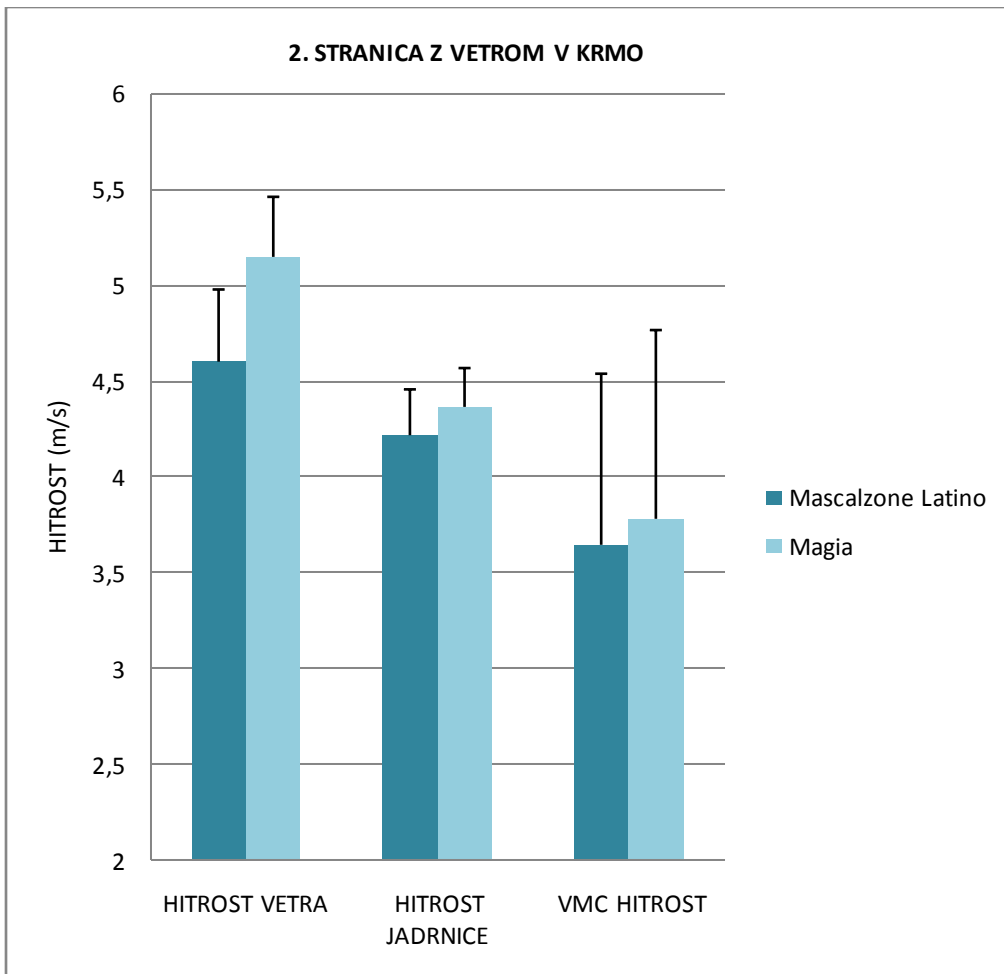
Kot je razvidno iz Slike 33, je imela jadrnica Mascalzone Latino med vožnjo pred izvedbo obrata, razmerje med jakostjo vetra in absolutno hitrostjo 91%. Magia je imela pred izvedbo obrata razmerje 85%. Med obratom je jadrnici Mascalzone Latino razmerje padlo na 76%. Jadrnici Magia je med obratom padlo razmerje na 75%.



Slika 33: Odstotek ciljne hitrosti jadrnice, ki naj bi jih dosegale jadrnice pri določeni jakosti vetra, pred obratom in med obratom pri jadrnju z vetrom v krmo.

3.3.3 Taktika

Iz Slike 34 je razvidno, da je imela jadrnica Magia v drugi stranici z vetrom v krmo brez upoštevanih manevrov boljšo VMC hitrost za 0.13 m/s (Magia: 3.78 m/s; Mascalzone Latino: 3.65 m/s). Njen kot jadrnja proti naslednji oznaki je bil v povprečju 20.7°, kot jadrnice Mascalzone Latino pa 28.2°. Absolutna hitrost Magie je bila večja za 0.15 m/s (Magia: 4.36 m/s; Mascalzone Latino: 4.22 m/s). Magia je stranico odjadrala v povprečju z večjo močjo vetra (Magia: 5.15 m/s; Mascalzone Latino: 4.60 m/s).



Slika 34: Primerjava hitrosti vetra, hitrosti jadrnice in VMC hitrosti brez upoštevanih manevrov

4. RAZPRAVA

Jadranje je šport, kjer na končni rezultat vpliva veliko število dejavnikov. Odvija se v naravi in je odvisen od vremenskih pogojev. Zato so dejavniki, ki vplivajo na končni rezultat, včasih nepredvidljivi. Potrebno je nenehno prilagajanje spremembam v okolju. V diplomskem delu so na podlagi pridobljenih podatkov obravnavani tri najpomembnejši dejavniki: taktika jadriranja, tehnika vožnje in tehnika manevrov.

Na jadrlnem tekmovanju Portorož Cup 2006 so na sodobnih visokotehnoloških jadrnicah razreda RC44 sodelovala sama vrhunska jadralska imena. Za zbiranje obravnavanih podatkov je bila uporabljena vrhunska merilna oprema, ki je lahko s centimetersko natančnostjo določila položaj jadrnice. Poleg tega so se podatki beležili iz merilnih naprav jadrnice, kar pomeni, da je bil možen dostop do podatkov ne le o položaju, smeri in hitrosti jadrnice, ampak tudi o trenutni jakosti in smeri vetra. Primerni podatki za izvedbo analize posameznega plova so bili zabeleženi za italjanski jadrnici Mascalzone Latino in Magia. V obravnavanem plovu je v cilj prej prijadrala jadrnica Magia. Za izpeljavo prve stranice z vetrom v krmo je potrebovala nekoliko več časa kakor jadrnica Mascalzone Latino, ki je v omenjeni stranici svoj zaostanek za Magio zmanjšala. V ostalih dveh stranicah (pri jadrnju proti vetru in drugič z vetrom v krmo) je manj časa za izpeljavo posamezne stranice potrebovala jadrnica Magia.

Pri primerjavi absolutne hitrosti jadrnice, VMG hitrosti ter kota realnega vetra s teoretičnimi ciljnim vrednostmi proizvajalca je predvsem pri jadrnju z vetrom v krmo opaziti, da je v stranici pridobila prednost tista jadrnica, ki je jadrjala bližje teoretičnim ciljnim vrednostim proizvajalca jadrnic.

Pri jadrnju proti vetru smo pri analizi podatkov upoštevali odsek, kjer sta jadrnici jadrjali večino časa vzporedno na levih uzdah ter imeli pri tem podobno smer in jakost vetra. Jadrnica Mascalzone Latino je imela kot reanega vetra ostrejši za 4° , jadrnica Magia pa za 2.5° glede na ciljne vrednosti. Jadrnica Mascalzone Latino je lahko kljub ostrejšemu kotu jadriranja ohranjala podobno absolutno hitrost. Posledično je imela tudi boljši izkoristek VMG hitrosti. Razlika je verjetno nastala kot posledica različnega obravnavanja podatkov. Proizvajalec jadrnic je za določitev ciljnih hitrosti upošteval idealen odsek vožnje v določenih pogojih. V analiziranih podatkih iz tekmovanja Portorož Cup so bili upoštevani odseki, kjer se verjetno še zazna vpliv obrata na spremenjeno hitrost in kot jadrnice. Poleg tega na odstopanja v podatkih vpliva stanje morja z valovi in tokovi.

Pri jadrnju z vetrom v krmo je jadrnica Mascalzone Latino v obeh stranicah jadrjala bližje ciljnim vrednostim proizvajalca. Imela je večji odstotek vrednosti tako pri absolutni hitrosti, kakor tudi pri VMG hitrost. Poleg tega je bil kot realnega vetra bižje ciljnim vrednostim proizvajalca. V prvi stranici z vetrom v krmo je ob boljšem izkoristku vetra porabila manj

časa za izpeljavo stranice kakor jadrnica Magia. Vendar je, kljub manjšim odstopanjem v izkoristku vetra glede na cljne teoretične vrednosti v zadnji stranici prednost izgubila.

Hipoteze (H1), da je jadrnica, ki je jadrjala bližje teoretičnim ciljnim vrednostim proizvajalca, potrebovala manj časa za izpeljavo stranice, **ne moremo potrditi**.

Pri jadrnanju z vetrom v krmo je bila VMG hitrost večja pri jadrnici, ki je za stranico z vetrom v krmo potrebovala manj časa. Pri jadrnici Mascalzone Latino je opaziti, da je jadrjala z vetrom v krmo pod bolj odprtim kotom realnega vetra. Ob tem je imela manjšo absolutno hitrost jadrnice. Vendar je bil izkoristek vetra v obeh stranicah z vetrom v krmo večji pri Mascalzone Latino, kar kaže na večjo učinkovitost take tehnike. V prvi stranici je izkoristek vetra večji za 8%, v zadnji stranici pa za 7%. Manjša VMG hitrost jadrnice Mascalzone Latino v zadnji stranici je verjetno posledica tudi manjše jakosti vetra, zaradi katere je imela posledično tudi manjšo absolutno in VMG hitrost.

Pri jadrnanju proti vetru je manj časa za izpeljavo stranice potrebovala jadrnica Magia. Vendar je bila njena VMG hitrost manjša tako v celi stranici kot tudi samo v odseku, ko sta jadrnici jadrjali na levih uzdah. V odseku, ko sta jadrnici vozili na levih uzdah, je imela jadrnica Mascalzone Latino 0.08 m/s višjo VMG hitrost. Imela je sicer 0.1 m/s nižjo absolutno hitrost jadrnice, vendar je zaradi 1.4° ostrejšega kota realnega vetra, imela višjo VMG hitrost. Tudi razmerje med VMG hitrostjo in hitrostjo vetra je bilo 2% boljše pri jadrnici Mascalzone Latino, kar kaže na boljše izkoriščanje vetrovnih pogojev. Hipoteza (H2) velja pri jadrnanju z vetrom v krmo, pri jadrnanju proti vetru pa je jadrnica z višjo VMG hitrostjo potrebovala več časa za izpeljavo stranice.

Torej hipoteze (H2), da je jadrnica z višjo VMG hitrostjo potrebovala manj časa za izpeljavo stranice, **ne moremo potrditi**.

V prvi stranici pri jadrnanju z vetrom v krmo, je jadrnica Mascalzone Latino zmanjšala zaostanek za jadrnico Magia. Izkoristek hitrosti vetra med obratom je manj upadel jadrnici Mascalzone Latino kakor jadrnici Magia. Med drugim obratom se je z jadrnice Mascalzone Latino izgubil signal in tako podatki za drugi obrat niso bili zabeleženi. Jadrnici Mascalzone Latino je med obrati manj upadel odstotek izkoristka hitrosti vetra za 4% (padec odstotka izkoristka hitrosti za jadrnico Mascalzone Latino je bil 8%, za jadrnico Magia pa 12%) . Poleg tega je bila tudi absolutna vrednost izkoristka vetra v odstotkih med obratom večja za 10% (Mascalzone Latino: 86%, Magia: 76%).

Pri jadrnanju proti vetru je prednost povečala jadrnica Magia, ki ji je med obrati 4% manj upadla absolutna vrednost hitrosti vetra. Pri jadrnici Magia je bil izkoristek vetra med obratom 81%, pri jadrnici Mascalzone Latino pa 77%. Poleg tega je jadrnica Magia v celotni stranici izvedla manj obratov kakor jadrnica Mascalzone Latino, ki ji je izkoristek hitrosti vetra med obratom bolj upadel.

Pri jadraniu v zadnji stranici z vetrom v krmo sta obe jadrnici izvedli po en obrat. Razlika v izkoristku jakosti vetra med obratom v primerjavi z izkoristkom med vožnjo, je bila manjša pri jadrnici Magia, ki je tudi sicer za omenjeno stranico potrebovala manj časa. Sicer je odstotek izkoristka vetra jadrnice Magia 1% nižji, kakor pri jadrnici Mascalzone Latino (Mascalzone Latino: 76%; Magia: 75%).

Hipotezo (H3), da je jadrnica, kateri je manj padel izkoristek hitrosti vetra (razmerje med absolutno hitrostjo in hitrostjo vetra v odstotkih) med izvedbo obrata, potrebovala manj časa za izpeljavo stranice, lahko **potrdimo**.

Jadrnica Magia je v prvi stranici z vetrom v krmo naredila en obrat več (3 obrati), kakor jadrnica Mascalzone Latino (2 obrata). V omenjeni stranici je jadrnica Magia izgubila 33 metrov prednosti. V stranici proti vetru je naredila en obrat proti vetru manj kakor jadrnica Mascalzone Latino. V omenjeni stranici je Magia pridobila 76 metrov. V zadnji stranici z vetrom v krmo sta obe jadrnici izvedli po en obrat, tako da v zadnji stranici ne moremo ugotavljati vpliva števila obratov na čas potreben za izpeljavo stranice.

Med obrati, ko jadrnica menjava uzde, se jadra izpraznijo in za nekaj trenutkov pretok vetra preko jader ni več idealen. To zmanjša silo, ki deluje na jadra in potiska jadrnico naprej, kar vpliva na njeno hitrost jadranja.

*Na podlagi rezultatov, lahko **potrdimo hipotezo (H4)**, da jadrnica, ki je naredila manjše število manevrov v posamezni stranici, potrebovala manj časa za izpeljavo stranice.*

Pri analizi VMC hitrosti smo iz rezultatov izvezeli odseke, ko sta jadrnici izvajali manevre. S tem je bil izločen vpliv števila in tehnike manevrov. Sama VMC hitrost pokaže hitrost približevanja oznaki jadrnice v odvisnosti od kota približevanja oznaki in absolutne hitrosti jadrnice.

V prvi stranici z vetrom v krmo je jadrnica Magia izgubila prednost, vendar ob tem imela za 0.2 m/s višjo VMC hitrost. Jadrjala je z večjo jakostjo vetra, kar je vplivalo tudi na njeno absolutno hitrost. Večja jakost vetra pomeni večjo silo na jadra, ki jo jadrnica lahko pretvori v potisno silo v smeri naprej. Kot približevanja oznaki je bil pri jadrnici Magia večji, kar pomeni, da je slabše izbirala uzde jadrnja glede na smer vetra. Posledično je zaradi tega opravila daljšo pot do oznake. Vendar je zaradi večje absolutne hitrosti, kar je verjetno tudi posledica močnejšega vetra, s katerim je jadrjala, vseeno imela v stranici večjo VMC hitrost. V drugi stranici proti vetru je jadrnica Magia potrebovala manj časa do naslednje oznake. Pri tem je imela za 0.08 m/s višjo VMC hitrost. Magia je imela ob tem tudi nekoliko večjo jakosti vetra ter manjši kot približevanja oznaki.

Za izpeljavo zadnje stranice je manj časa potrebovala jadrnica Magia, ki je imela tudi višjo VMC hitrost v tej stranici. Tudi tukaj je imela uspešnejša jadrnica Magia, zabeleženo večjo

jakost vetra, pri katerem je v povprečju jadrala. To ji je omogočalo razvoj višje absolutne hitrosti. Poleg tega je bil tudi kot približevanja naslednji oznaki manjši.

Hipotezo (H5), da je jadrnica z višjo VMC hitrostjo (brez upoštevanih manevrov), potrebovala manj časa za izpeljavo stranice, ne moremo potrditi.

Tehnika jadrnanja je bila pri jadrnici Mascalzone Latino učinkovitejša tako proti vetru kot pri jadrnanju z vetrom v krmo. Relativne vrednosti v odstotkih izkoristka vetra so bile v vseh stranicah višje. Vendar so bile absolutne vrednosti nižje predvsem zaradi jadrnanja v območju s šibkejšim vetrom. Poleg tega je jadrnica Mascalzone Latino jadrala pod večjim kotom glede na naslednjo oznako v vseh stranicah. Edino v prvi stranici je bil njen kot proti oznaki manjši. Takrat je tudi potrebovala manj časa za izpeljavo stranice.

Zaključimo lahko torej, da je na čas, potreben za izpeljavo stranice vplivalo predvsem število in učinkovitost obratov. Jadrnice RC44 dosegajo velike hitrosti, zato se manjši izkoristek hitrosti vetra bolj pozna na skupnem času. V času izvajanja obrata jadrnici pade hitrost. Takrat opravi jadrnica, ki ne izvaja obrata, daljšo pot. Zato naj bi bili vsi obrati tehtno preiščeni in tehnično dobro izvedeni.

Pri obravnavi podatkov smo predpostavili, da na rezultate obravnavane regate morski tok ni imel večjega vpliva. Piranski zaliv je razmeroma zaprt akvatorij, zaščiten z obalo in ni tako izpostavljen močnejšim morskim tokovom. Vendar pa med samim tekmovanjem pri izbiri strategije in taktike nikakor ne smemo zanemariti njegovega vpliva.

Upoštevati moramo, da so bili podatki obravnavani le za dve jadrnici v enem samem plovu. Veliko jasnejšo sliko o dogajanju na regatnem polju bi dobili, če bi bili na voljo tudi podatki z ostalih jadrnic, ki so tekmovali v isti regati. Predvsem pri jadrnanju proti vetru smo lahko le predvidevali vpliv ostalih jadrnic med tekmovanjem iz odstopajočih vrednosti v hitrosti jadrnice in kotu realnega vetra. Zato smo pri jadrnanju proti vetru obravnavali le odsek, ko očitno ni bilo motenj.

V bodoče bi bilo smiselno sočasno ob zbiranju podatkov posneti dogajanje na posamezni jadrnici in na celotnem regatnem polju. Tako bi resnično dobili podroben vpogled v celotno dogajanje. Prav tako bi bilo zanimivo pogledati podatke in dogajanje med regato že od samega štarta dalje. Obravnavani podatki so bili prvotno namenjeni za potrebe animacije in so signali prihajali z različnih jadrnic poljubno. Za analizo regate je bil tako primeren le eden slabih 30 minut dolg odsek, ko sta jadrnici že obrnili prvo oznako. Vendar je vrhunška merilna oprema zagotovila veliko natančnost podatkov o položaju jadrnic ter možnost pridobitve podatkov o smeri in jakosti vetra z merilne naprave vsake jadrnice. V bodoče bi bilo morda dobro razmisliti, da se postavi oddajnik na jadrnici na tako mesto, da ne bo možnosti izgube signala.

Upoštevati je potrebno tudi dejstvo, da so bili podatki zbrani le pri določenih vremenskih pogojih in pri določenem stanju morja. Pri večji oziroma manjši jakosti vetra ter večji ali manjši vzvalovanosti morja bi verjetno bili dobljeni rezultati in vpliv posameznih parametrov drugačen. Poleg tega ne gre zanemariti vpliva morskih tokov, ki so na drugih območjih lahko veliko močnejši. Tehnika jadranja, izvedba manevrov in nenazadnje tudi taktika jadranja bi verjetno drugače vplivali na rezultat. Že samo večja jakost vetra spremeni smer in moč navideznega vetra in zato je tudi tehnika jadranja drugačna. Poleg tega se ob vplivu potisne oziroma zaviralne sile valov spremeni kot vetra, ki deluje na jadrnico. Ta lahko odstopa od ciljnih vrednosti, ki so določene za idealne pogoje ter lahko tudi pri 'neoptimalnem' kotu vetra jadra hitreje oziroma počasneje.

5. SKLEP

Kljub množici različnih dejanikov, ki na jadralnem tekmovaju vplivajo na končni rezultat, je bilo predpostavljeno, da so najpomembnejši tehnika vožnje, taktika jadrnanja ter kvaliteta izvedbe obratov. Pri jadrnanju proti vetru in z vetrom v krmo mora biti poleg absolutne hitrosti upoštevan tudi kot vetra, ki deluje na jadrnico. Tako je pri jadrnanju proti vetru potrebno iskati kompromis med manjšim kotom realnega vetra pod katerim jadrnica jadra in manjšo absolutno hitrostjo oziroma večjim kotom realnega vetra in večjo absolutno hitrostjo. Z vetrom v krmo pa ravno obratno. Poleg tega veter ni stalen in je potrebno tehniko vožnje prilagajati spremenljivim smerem in jakostim vetra.

Na osnovi opravljene analize rezultatov je bilo ugotovljeno, da na čas potreben za izpeljavo posamezne stranice, ni imela neposrednega vpliva višja hitrost jadrnice. Največji vpliv na čas potreben za izpeljavo stranice je imelo predvsem število obratov in izkoristek hitrosti vetra med obrati.

Vendar dobljeni rezultati in posledično s tem tudi zaključki veljajo le pri obravnavani jakosti vetra in stanju morja. Slednja lahko bistveno vplivata na tehniko in taktiko jadrnanja ter izvedbo manevrov. Zato bi bilo v bodoče smiselno opraviti enako analizo pri različnih jakostih vetra ter tako dobiti bolj splošne zaključke.

Poleg tega so pridobljeni podatki dokaj specifični in verjetno veljajo samo za tip jadrnice RC44 ali take, ki dosegajo podobne hitrosti. Vpliv števila in kvalitete obratov ima večji pomen pri hitrejših jadrnicah. Jadrnici med izvedbo obrata pade izkoristek hitrosti. Hitrejša jadrnica, ki v tem času ne izvaja obrata, opravi daljšo pot.

Poleg analize v različnih vetrovnih pogojih, bi bilo smiselno opraviti analizo podatkov tudi za drugačne tipe jadrnic. Dokaj preprosto se to lahko izvede na večjih jadrnicah, ki so že opremljene z ustreznimi merilnimi napravami. Za opraviti meritve na manjših jadrnicah, ki merilnih naprav nimajo nameščenih na sami jadrnici, bi jih bilo potrebno najprej opremiti s primernimi (manjšimi) merilnimi napravami. Dodelana programska oprema, ki bi podatke preračunavala avtomatsko, bi bistveno olajšala tako trenajni proces kakor tudi sam razvoj opreme jadrnice (oblika jader, nastavitve jambora, jadrnice). Predvsem na manjših jadrnicah se v procesu treninga uporablja predvsem lastne občutke. Uporaba merilnih naprav v procesu treninga bi pomenila korak naprej v razvoju športnih sposobnosti jadralcev.

6. VIRI

Anderson, B. D. (2008). *The physics of sailing*. Physics Today, 61, Pridobljeno 25. 4. 2010 iz http://www.physicstoday.org/resource/1/phtoad/v61/i2/p38_s1?bypassSSO=1

Briney, A. (2012). *Nautical Miles*. Geography.about.com, Pridobljeno 19. 11., 2012 iz <http://geography.about.com/od/learnabouttheearth/a/nauticalmiles.htm>

Gladstone, B. (2003). *North U. TRIM*. Madison, USA: North U.
Jadralna regatna pravila za obdobje 2009-2012. (2009). Koper: Jadralna zveza Slovenije.

Knot (unit). (2012). Wikipedia. The Free Encyclopedia. Pridobljeno iz [http://en.wikipedia.org/knot\(unit\)](http://en.wikipedia.org/knot(unit))

Meden, S. (4. 11. 2012). *Nasvet krmarju: šola jadranja 3*. Navtika Kapital. Pridobljeno iz <http://www.revijakapital.com/navtika/clanki.php?idclanka=1330> www

Meden, S. (21. 11. 2012). *Osnovna spoznanja o jadrnicah*. Navtika Kapital. Pridobljeno iz <http://www.revijakapital.com/navtika/clanki.php?idclanka=80>

Points of sail. (2012). Wikipedia. The Free Encyclopedia. Pridobljeno iz http://en.wikipedia.org/points_of_sail

Polar Diagrams-VMC (23. 11. 2012). 'Routing for Non-Routers'. Pridobljeno iz <http://76trombones.wordpress.com/2009/10/18/polar-diagrams-vmc/>

Rodman, R. (5. 11. 2012). *Polarizacijski diagrami*. Val navtika. Pridobljeno iz http://val-navtika.net/val-155/nasveti/polarizacijski_diagram/

Ross, W. (1979). *Sail Power*. Great Britain: Granada Publishing.

Sagadin, B. (2007). *Fizika jadranja (Seminarska naloga, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko)*. Pridobljeno iz http://fizika.fnm.uni-mb.si/files/seminarji/06/Fizika_jadranja.pdf.

Sailing (sport). (2012). Wikipedia. The Free Encyclopedia. Pridobljeno iz [www.wikipwedia.org: http://en.wikipedia.org/wiki/Sailing_%28sport%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Sailing_%28sport%29)

Sailing. (2012). Wikipedia. The Free Encyclopedia. Pridobljeno iz <http://en.wikipedia.org/wiki/Sailing>

Spurway, N., Legg, S. in Hale, T. (2007). Sailing physiology. *Journal of Sports Sciences* , 52(1), 1073-1075.

Stres, F. (29. 10. 2006). *Prvi Portorož Cup Hrvatom*. Slovensko-morje.net. Pridobljeno iz http://slovensko-morje.net/index.php?page=news&view_news=5152

Supej, M., & Bilban, G. (2008). Live sailing with Leica System 1200. *Magazine of Leica Geosystems* [elektronska izdaja], 58, 20-21.

Technical Data. (15. 1. 2011). RC 44 Sailing Association. Pridobljeno iz www.rc44.com/rc44/view/technical_data

The North U. Smart Course. (1986). Milford, USA: North Sails

Velocity made good. (2012). Wikipedia. The Free Encyclopedia. Pridobljeno iz http://en.wikipedia.org/wiki/Velocity_made_good

VMC Sailing in shifts. (23. 11. 2012). 'Routing for Non-Routers. Pridobljeno iz <http://76trombones.wordpress.com/2009/10/21/vmc-sailing-in-shifts/>

VMG vs VMC- Buoy Racing. (28. 10. 2008). WCsailing. Pridobljeno iz <http://wcsailing.blogspot.com/2008/10/vmg-vs-vmc-buoy-racing.html>