

UNIVERZITET EDUKONS
FAKULTET ZA SPORT I TURIZAM

Nebojša B. Ilić

**Kinematička i dinamička analiza zaveslaja
u veslanju**

doktorska disertacija

Novi Sad, 2018

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Pregled vladajućih stavova i shvatanja u literaturi u području istraživanja.....	3
1.1.1. Hidrostatički aspekti održavnja tela na vodi.....	3
1.1.2. Hidrodinamički aspekti održavnja tela na vodi.....	5
1.1.3. Optimizacija sila u veslanju.....	9
1.1.4. Sile koje deluju na veslo.....	10
1.1.5. Sile koje deluju na veslača.....	12
1.2. Pregled istraživanja iz oblasti kinematike i dinamike veslanja.....	16
1.2.1. Uticaj antropometrijskih dimenzija na veslačke performanse.....	20
1.2.2. Kako metode testiranja utiču na kinematičke i dinamičke varijable veslačkog zaveslaja.....	21
2. PROBLEM, PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA	24
3. METODOLOGIJA RADA	26
4. REZULTATI	35
5. DISKUSIJA	59
6. TEORIJSKI I PRAKTIČNI DOPRINOS DOBIJENIH REZULTATA	68
7. ZAKLJUČAK	70
LITERATURA	71
PRILOZI	80

1. UVOD

Veslanje je olimpijski sport sa dugom tradicijom. Veslanje se može definisati i kao drevna ljudska aktivnost gde je cilj pokretanje čamca po vodi uz pomoć mišićnih sila jednog čoveka ili više ljudi i vesla (Yoshiga i Higuchi, 2003). Drugi autori definišu veslanje kao izuzetno naporan sport koji opterećuje celo telo u ponavljajućem režimu rada, sa ciljem da se sistem veslač-čamac-veslo kreće što brže po vodi (Bull i McGregor, 2000; Baudouin i Hawkins, 2002; Baudouin i Hawkins, 2004; Halliday i sar., 2004 i Formaggia i sar., 2009). Veslanje zahteva veliku snagu i izdržljivost mišića celog tela (noge, ruke i trup) uz opštu kardiovaskularnu izdržljivost, ali i dobro razvijenu koordinaciju i balans. (Baudouin i Hawkins, 2002; Caplan i Garden, 2007; Formaggia i sar., 2009). Uspešna veslačka tehnika podrazumeva maksimalnu horizontalnu brzinu sistema veslač-čamac-veslo, čineći da se najveći deo generisanih sila odvija u propulzivnoj fazi kretanja (Baudouin i Hawkins, 2004; McGregor i sar., 2004; Hofmijster i sar., 2008; Pollock i sar., 2009).

Veslanje spada u grupu cikličnih sportova, a glavne motoričke sposobnosti koje se razvijaju prilikom veslanja su snaga i izdržljivost (Steinacker, 1993; Maestu i sar., 2005; Nolte, 2011). Uspešnost veslača se ogleda u sposobnosti da tokom veslačke trke, ravnomerno i racionalno troše energiju imajući u vidu sledeće zahteve – snažan i brz start, konstantnost brzine u središnjem delu trke i produženi finiš u završnici trke. S tim u vezi, glavne determinante koje određuju uspeh u veslačkoj trci su pre svega maksimalna potrošnja kiseonika (VO_{2max}), VO_2 pri anaerobnom pragu, snaga pri VO_{2max} , maksimalna snaga i maksimalna sila (Ingham i sar., 2002; Cosgrove i sar., 2010). Osim ovih pokazatelja, pojedini autori naglašavaju i veliki značaj psiholoških karakteristika veslača za uspeh (Kellmann i sar., 2001; Connolly i Janelle, 2003). Vrlo mali broj autora ističe i značaj taktike u veslanju za postizanje vrhunskih rezultata kod elitnih veslača (Maestu i sar., 2005; Ilić i sar., 2016).

Potreba za sve efikasnijim kretanjem po vodenoj površini i za dostizanjem vrhunskih sportskih rezultata učinili su da veslači postanu česta meta kinezioloških istraživanja. Osim izučavanja morfoloških, funkcionalnih i psiholoških karakteristika veslača, brojne studije usmerene su na precizno određivanje biomehaničkih (prvenstveno dinamičkih i kinematičkih) parametara celokupnog sistema veslač-čamac-veslo. Za te potrebe konstruisani su visoko sofisticirani merni instrumenti i razrađeni standardizovani dijagnostički protokoli. Ovaj rad, projektovan kao doktorska disertacija, predstavlja upravo jednu takvu studiju u kojoj je primenjenjivana najsavremenija tehnologija za merenje dinamičkih i kinematičkih parametara izdvojenih u sistemu veslač-čamac-veslo.

Potreba za sprovođenjem ovog istraživanja proističe direktno iz sportske prakse. Kako je veslanje olimpijski sport sa dugom tradicijom u kojem su i takmičari iz Srbije ostvarili vrhunske rezultate, postoji stalna potreba za povećanjem efikasnosti veslačke tehnike, te za unapređenjem trenažne tehnologije. Veslanje je u Srbiji sve popularnije, ne samo kao takmičarski, već i kao rekreativni, školski i univerzitetski sport. Proširenjem baze dece i omladine zainteresovane za rimen i skul veslanje javlja se potreba i za kvalitetnijom selekcijom. Postoje, za sada, nepotpuni dokazi o posebnoj nadarenosti pojedinaca za prirodno ispoljavanje pojedinih kinematičkih i dinamičkih elemenata značajnih za efikasnost veslanja, čime se otvara mogućnost da se ti elementi kroz efikasan trening brzo unapređuju. Ovo istraživanje bi trebalo da omogući egzaktno otkrivanje pomenutih biomehaničkih elemenata i da ih definiše kao ključne modelne karakteristike veslačkog zaveslaja. Time bi bio pružen značajan doprinos optimizaciji rane selekcije i trenažnog procesa u rimen i skul veslanju.

1.1. Pregled vladajućih stavova i shvatanja u literaturi u području istraživanja

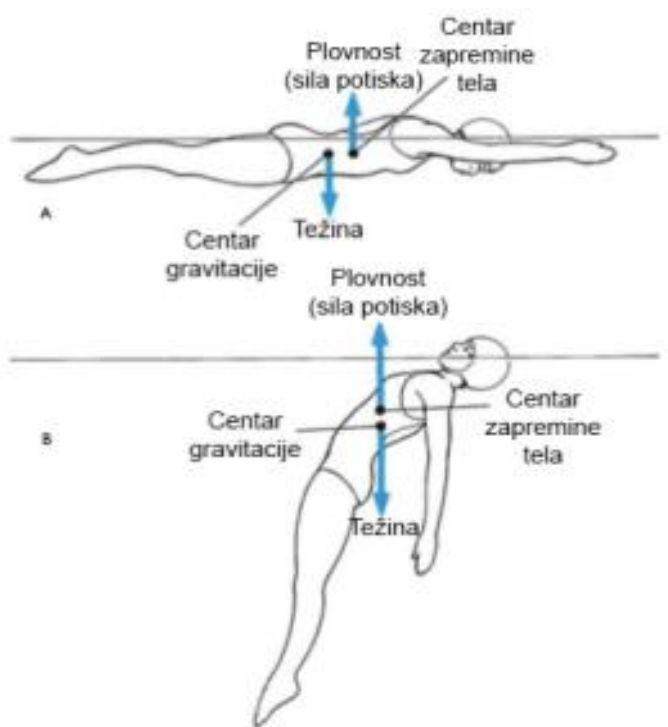
Jedan veslački zaveslaj počinje sa leđima veslača okrenutim u pravcu kretanja čamca. Veslači proizvode potisak koji je potreban za pokretanje čamca unapred povlačenjem ručica vesla prema grudima. Da bi se ovaj zadatak učinio efikasnijim, veslači započinju svaki zaveslaj u pretklonu, dok postavljaju lopatu vesla u vodu, počinju da povlače ručice vesla prema sebi, klizajući unazad na sedištu, kako bi iskoristili snagu opružaća nogu. Kada se noge potpuno opruže, a šake stignu do grudi, propulzivna faza se završava vađenjem vesla iz vode, a počinje retropulzivna faza u kojoj se veslači vraćaju u početni položaj (Formaggia i sar., 2010). S tim u vezi, brzina sistema veslač-čamac-veslo je određena pre svega odnosom između propulzivnih i retropulzivnih sila (Baudouin i Hawkins, 2004).

1.1.1. Hidrostatički aspekti održavnja tela na vodi

Telo u vodi može da se posmatra kroz odnos, tačnije interakciju između težine tela i sile potiska. S tim u vezi treba obratiti pažnju na sledeće (Ahmetović 2010):

1. Masa tela u vodi je umanjena za težinu tečnosti koji je telo istisnulo svojim uranjanjem u vodu. U veslanju, s obzirom na već definisanu masu čamca, jedini uticaj na uranjanje tela u vodu ima težina veslača. S tim u vezi moglo bi se reći da su u prednosti lakši veslači jer će u tom slučaju veći deo čamca biti iznad vode i imati manje otpor. Međutim, u veslanju to nije slučaj, što će biti objašnjeno u daljem delu ove disertacije.
2. Specifična težina slane vode je preko 1, dok je specifična težina slatke vode 1. To znači da je na slanim vodama otpor uranjanju veći nego kod slatkih voda. Kako se veslanje odvija uvek na slatkim vodama, ovaj otpor je konstantan.

3. Pritisak vode zavisi od površine kojom telo naleže na vodu, pa tako veća površina proizvodi veću silu potiska (Slika 1). Opet, kako je u veslanju već definisan oblik čamca, pritisak vode nema velikog uticaja na uspešnost u veslanju.



Slika 1. Sila potiska prilikom uranjanja tela u vodu.

Sila potiska uveliko zavisi od specifične težine tela. Na primer, kod plivača, mišići i kosti su teži od vode, dok je masno tkivo lakše, odnosno ima manju specifičnu gustinu od vode. Upravo sastav tela, tačnije odnos koštane, mišićne mase i mase masnog tkiva uzrokuje različite položaje plutanja kod različitih ljudi (Marković, 2017). Sa druge strane, sila potiska kod veslanja, težina sistema čamac-veslač-veslo, u većoj meri zavisi od plovnosti čamca i težine veslača. Sa povećanjem mase veslača, menja se i sila potiska (Ahmetović, 2010). S obzirom da se veslanje odvija u horizontalnom pravcu i na vodi, sila potiska nema veliki uticaj na brzinu čamca. Međutim, povećanje mase veslača povećava

površinu čamca koja se nalazi u vodi, što utiče na smanjenje plovnosti jer se povećava sila otpora vode (Baodouin and Hawkins, 2002). Kao što je već naglašeno, to ne znači da prednost u veslanju imaju lakši veslači. Šta više, slučaj je da su vrhunski veslači viši i teži od amaterskih (Černe, 2015).

Iz svega navedenog može se zaključiti da hidrostatički aspekti održavanja tela na vodi nemaju velikog uticaja na uspešnost u veslanju, kao što je to slučaj sa, na primer, u plivanju.

1.1.2. Hidrodinamički aspekti održavanja tela na vodi

Pomeranje, tačnije kretanje veslačkog čamca kroz vodu posledica je interakcije aktivnih, propulzivnih sila i kočćih, reaktivnih (retropulzivnih) sila. Sile propulzije u plivanju i veslanju se generišu periodičnim zaveslajima segmenata tela ili vesla. Efekat kretanja napred usled zaveslaja se objašnjava Njutnovim III zakonom, tj. zakonom akcije i reakcije. On kaže da sila kojom jedno telo deluje na drugo (sila akcije), prouzrokuje nastanak sile iste po intenzitetu i pravcu, a suprotne po smeru (sila reakcije) kojom drugo telo deluje na prvo (Newton, 1686). Dakle, delovanjem na primer veslom u zaveslaju zahvata se i potiskuje voda, a ona vraća do te početne sile gurajući napred.

Kretanju svakog tela kroz vodu (i veslačkog čamca) suprotstavljaju se sledeći otpori (Ahmetović, 2010):

1. Čeoni otpor
2. Otpor trenja
3. Otpor oblika tela

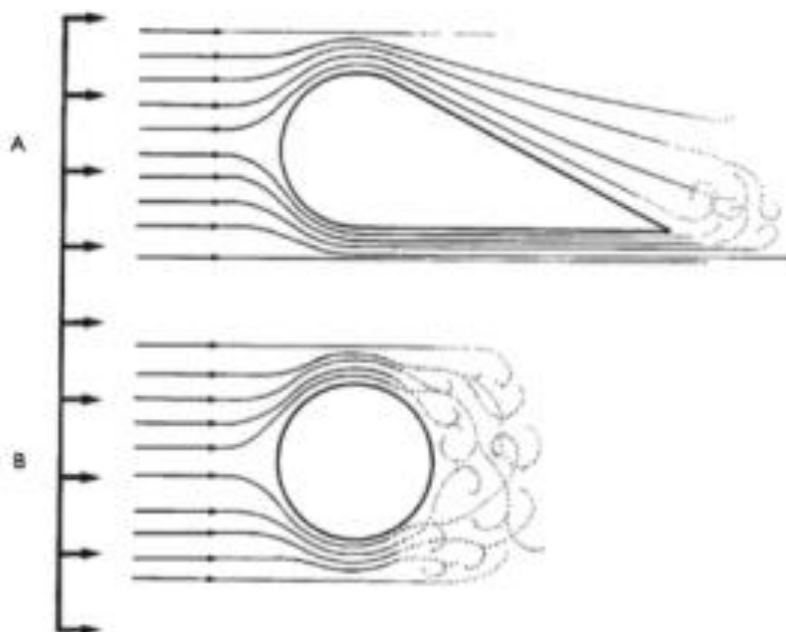
Na veličinu otpora koji voda pruža kretanju tela kroz vodu utiču:

1. Specifična težina vode (gušća sredina = veći otpor kretanja),

2. Položaj tela, oblik tela i kvalitet površine veslačkog čamca utiču na pojavu čeonog otpora, otpora usisavanja i otpora trenja.

Već je napomenuto da sa povećanjem mase veslača, čamac uranja dublje u vodu, što doprinosi povećanjem sile otpora vode. Kada se telo kreće kroz vodu ono deformiše vodu i pravi određena strujanja. Isto se dešava i kada se voda kreće oko nepomičnog tela. Ta strujanja vode se prilikom biomehaničkih testiranja nazivaju i strujnicama (Jarić, 1997). Kada se telo kreće manjom brzinom, i ako pritom ima izduženiji i oštiji oblik, kao što je to slučaj sa čamcem, ta strujanja u pravilnim crtama prolaze oko tela ne mešajući se međusobno. Takva kretanja se nazivaju **laminarna** i ona predstavljaju poželjan vid otpora (Slika 2, skica A). Međutim, kako telo u vodi (kako kod plivača, tako i kod veslačkog čamca) mora da se kreće većim brzinama, a pritom nije idealno hidrodinamičnog oblika, dolazi do pojave turbulentnih strujanja. Odnosno, strujnice se na određenim segmentima tela vrtlože, stvarajući vakuum i usporavajući kretanje. Takav vid otpora naziva se **turbulentnim** (Slika 2, skica B).

Kada je veslanje u pitanju testiranjem veslačkih čamaca u hidrodinamičnim tunelima maksimalno je smanjeno turbulentno kretanje veslačkog čamca kroz vodu. Izgled čamca (kao na Slici 2, skica A) je takav da maksimizira laminarno kretanje kroz vodu.



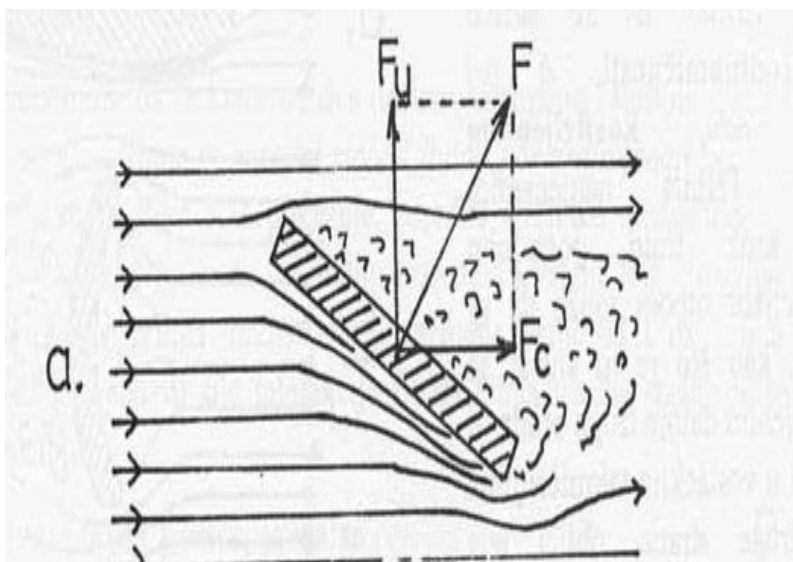
Slika 2. Laminarno kretanje (skica A) i turbulentno kretanje (skica B)

U veslanju, osim sile otpora vode, javlja se i sila otpora vazduha, kao i sila vetra, te su upravo te sile najznačajnije sile kočenja u ovom sportu.

Prilikom analize kretanja tela u fluidu, uspostavlja se koeficijent hidrodinamičnosti, odnosno pokazatelj koliko je neko telo zapravo pogodno za efikasno kretanje u vodi. Ovaj koeficijent najviše zavisi od **sile čeonog otpora**, **sile uzgona**, **sila trenja** tela sa fluidom i **sile otpora talasa** (Troup, 1996; Jarić, 1997; Zaciorski, 2000).

Sila čeonog otpora tela se definiše kao sila koja je srazmerna površini dela tela koji seče vodu, odnosno frontalni deo. Ta sila ima smer suprotan od smera kretanja tela i umnogome zavisi i od oblika tela. Kod plivača na primer, vodu seku ruke, rameni pojas i glava, dok je kod veslanja to prednji deo čamca, kao i trup i glava veslača. Da bi telo bilo efikasnije, površina koja seče vodu mora da bude što manja. Usled toga se plivači maksimalno izdužuju u ramenima te opružaju ruke što je više moguće. U veslanju se to postiže hidrodinmičnom izradom čamca.

Sila uzgona jeste sila otpora koja deluje normalno na pravac kretanja. Ona se objašnjava Bernulijevim zakonom. Naime, kada se telo kreće kroz fluid, ukoliko se sa jedne strane tela poveća brzina protoka fluida, dolazi do smanjenja pritiska i telo počinje da menja svoj položaj (Slika 3). Jednostavan primer ovog zakona jeste primer avionskog krila u vazduhu ili veslačkog čamca u vodi.



Slika 3. Prikaz delovanja sile uzgona – Bernulijev princip (Jarić, 1997)

Sila trenja tela sa fluidom jeste sila otpora koja je suprotna kretanju u bilo kom smeru u vodi. Definiše se kao sila otpora koja se javlja između vode i tela koje se u njoj nalazi u vodi i same vode. Međutim, bitan faktor čini i sila trenja između slojeva vode koji okružuju telo u vodi. Sila trenja je manja ukoliko je kontaktna površina sa fluidom glatka, što manja i pravilnija.

Sila otpora talasa se javlja prilikom sudaranja talasa sa čamcem ili, ako je plivanje u pitanju, sa plivačem. Talasi mogu biti raznog porekla uključujući druge plivače, zidove bazena, struje na slobodnim vodama, zaveslaje plivača, tj. talase koje prouzrokuju drugi čamci. Bitno je napomenuti da sila otpora talasa uporedo sa brzinom raste na kub, što je čini jednim od najvećih neprijatelja brzog plivanja i veslanja.

Iz svega navedenog, može se zaključiti da će se veslački čamac efikasno kretati kroz vodu ukoliko su propulzivne sile veće od sila otpora kretanja.

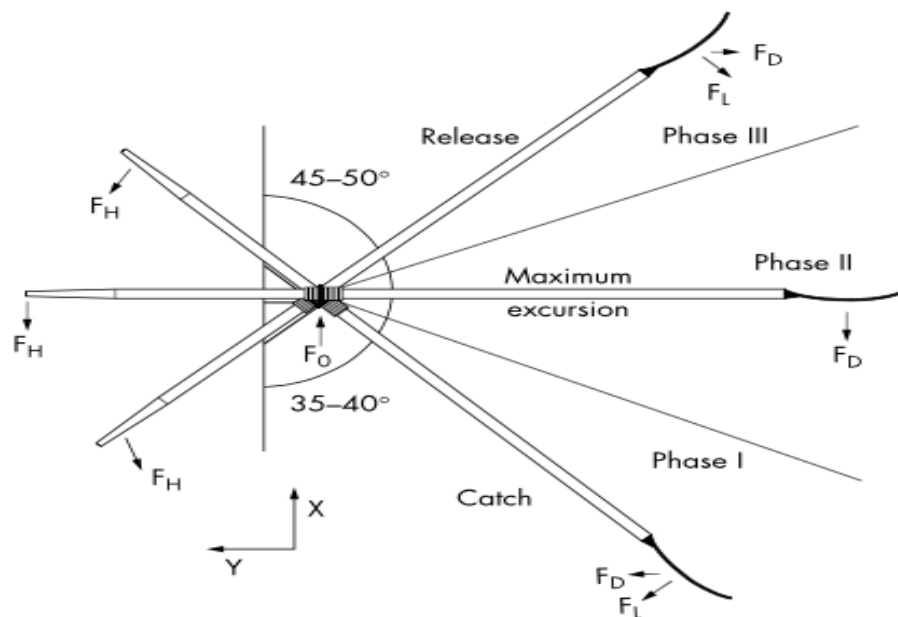
1.1.3. Optimizacija sila u veslanju

Uspeh u veslanju zahteva efikasne biološke sisteme (veslača) i odgovarajuće dizajniran čamac koji efektivno koristi snagu veslača i maksimalno umanjuje sile kočenja koje deluju na čamac. Osnovni cilj u veslačkoj trci je preći zadatu distance u što kraćem vremenu, a to se postiže na osnovu velike srednje brzine čamca. Srednja brzina čamca zavisi od propulzivne sile sa jedne i sila usporvanja čamca sa druge strane, gde propulzivne sile razvijene od strane bioloških sistema veslača nadvladavaju sile kočenja koje deluju na system veslač-čamac-veslo. Razumevanje sila koje deluju na sistem veslač-čamac-veslo i na koji način te sile utiču na brzinu kretanja čamca je fundamentalno u identifikovanju načina za poboljšanje uspeha u veslanju (Baodouin and Hawkins, 2002). Prosečna brzina čamca u velikoj meri je i pod uticajem maksimalne snage, sile, prosečne sile i sumirane snage kod veslača (Baudouin i Hawkins, 2004). Stoga, od navedenih varijabla se očekuje da pozitivno koreliraju sa uspešnošću u veslanju.

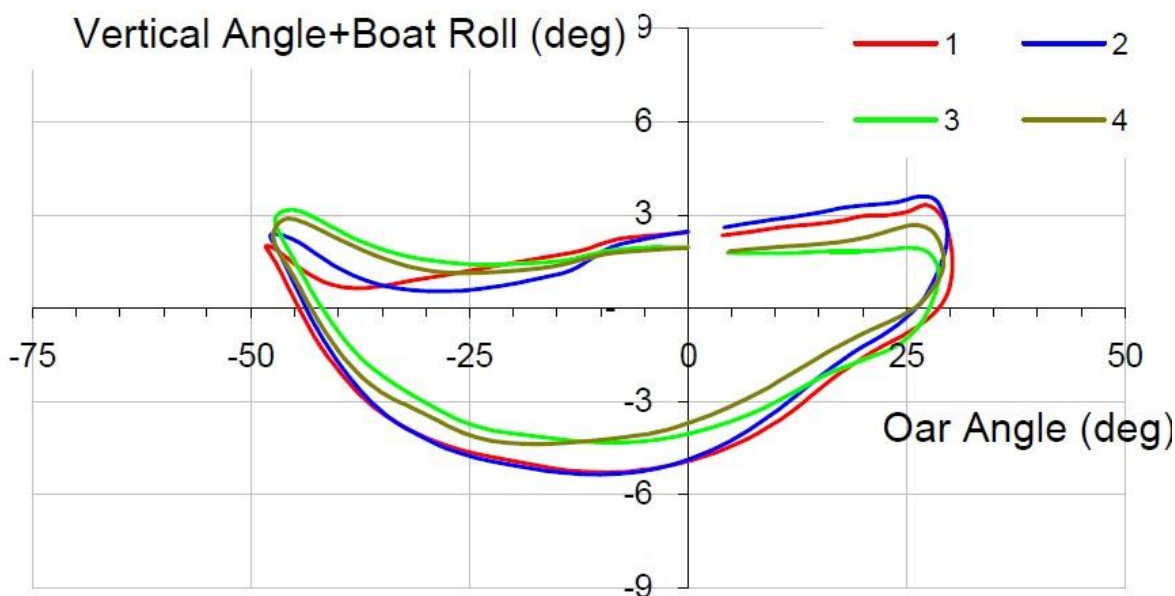
Iz svega prethodno navedenog, sledi da postoji nekoliko načina za optimizaciju najveće prosečne brzine: 1) smanjenje površine kojom je veslač izložen sili kočenja vetra, što bi dovelo do značajnog odstupanja od tehnike, te bi bila narušena propulzivna sila; 2) smanjenje mase veslača utiče na smanjenje sila kočenja, ali takođe dolazi i do ne srazmernog smanjenja propulzivne sile, te su laki veslači sporiji od teških; 3) promena materijala od kojih se proizvode čamci, međutim u tom smeru je tehnologija daleko došla te je teško zamisliti velika poboljšanja rezultata na taj račun. Čini se da je sila kojom se deluje na veslo (propulzivna sila) varijabla čijom manipulacijom bi se moglo uticati na poboljšanje brzine rezultata u veslanju (Baodouin and Hawkins, 2002).

1.1.4. Sile koje deluju na veslo

Veslo ima važnu ulogu u sistemu veslač-čamac-veslo jer sile koje razvija veslač preko lopate koja se oslonja u vodi i oslonca u auslegeru prenosi na čamac (Slika 4 i Slika 5).



Slika 4. Trajektorija vesla pri zaveslaju (Baodouin and Hawkins 2002).

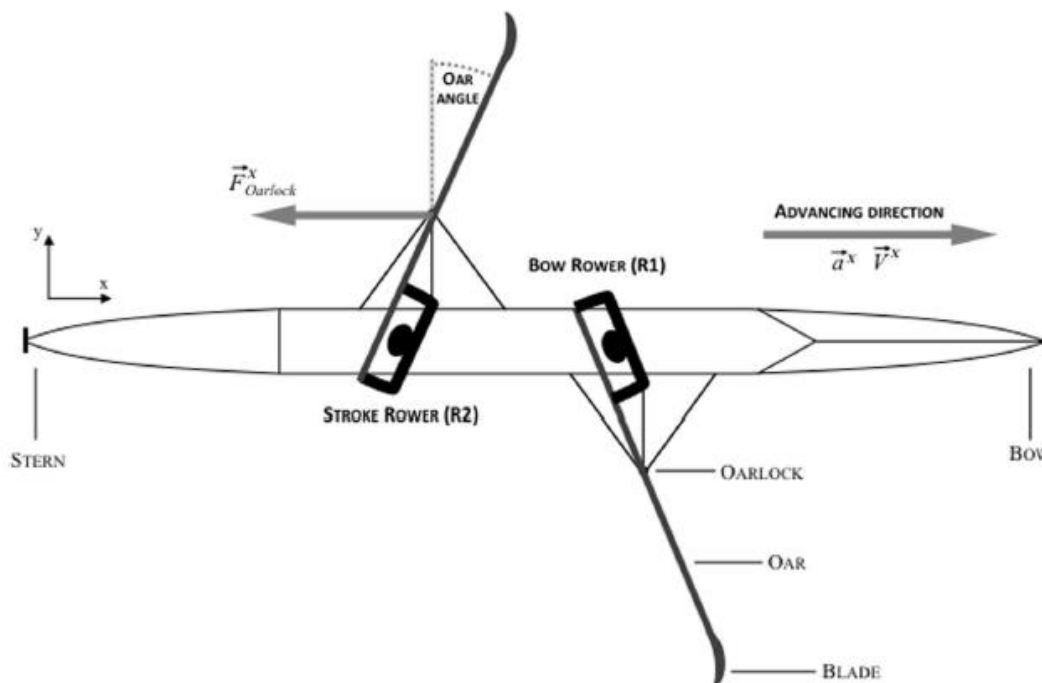


Slika 5. Poprečni presek kretanja vesla kroz vodu i vazduh

Kada lopata vesla napravi oslonac u vodi, veslač silama na ručkama vesla maksimalno brzo pokušava da pomeri veslo. Međutim, pošto je sila kojom voda deluje na lopatu daleko veća od mase sistema veslač-čamac-veslo, zbog oslonca vesla u ausleger dolazi do pomeranja tog celokupnog sistema. Na taj način se saopštva ubrzanje čamcu. Što se većom brzinom savlada sila otpora na ručkama, biće veće ubrzanje i brzina sistema. S obzirom na to da je oslonac vesla u vodi, a sila kojom veslač deluje na ručke na suprotnom kraju vesla, udaljenos oslonca u auslegeru u velikoj meri određuje količinu prenete energije na sistem. Skraćenje poluge između ručke i auslegera zahtevaće više napora kako bi se pokrenuo sistem ali će davati veće ubrzanje i obrnuto, sa povećanjem tog rastojanja uloženi napor će biti manji, kao i ubrzanje. Takođe, promena odnosa poluga utiče i na vertikalno pomeranje čamca. S tim u vezi, veoma je važan optimalan odnos poluga.

1.1.5. Sile koje deluju na veslača

Najznačajnije tri su sile koje proizvodi veslač su: sile pod stopalima, sila pod sedištem i sila u rukama (Slika 6).

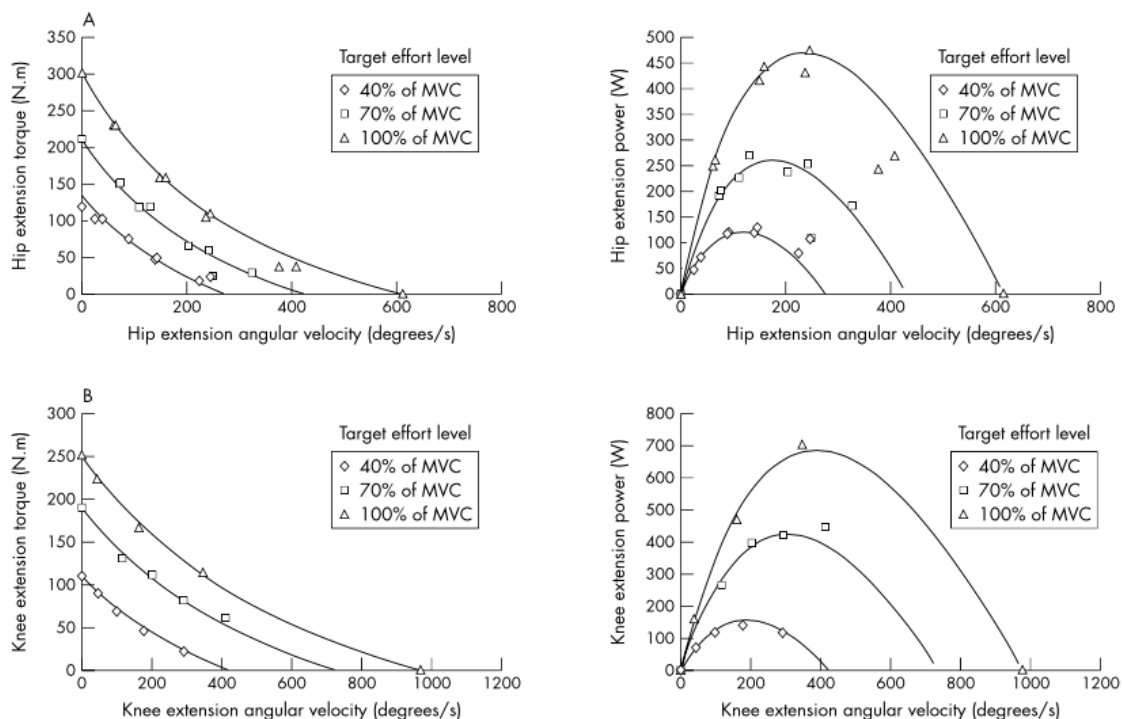


Slika 6. Grafik sile koje deluju na čamac tokom veslanja (R'Kiouak i sar., 2016)

Veslač stopalima pritiska oslonac u čamcu i razvija silu koja se preko tela i ruku prenosi na ručke vesla. Praktično, veslač sopsptvenim angažovanjem mišića nogu, leđa i ruku stvara silu koja se preko vesla prenosi na čamac. Kolika će se sila razviti u rukama zavisi od sile kojom deluje nogama na oslonac i to je osnovna propulzivna sila. Kako noge, leđa i ruke nemaju iste karakteristike i sposobnost razvijanja sile, kinematika pokreta je ključna za uspešnost u veslanju (Klashnev 2010; Černe et al. 2013; Buckeridge et al. 2015), kao i u prevenciji od povreda (Černe et al. 2013; Buckeridge et al. 2015).

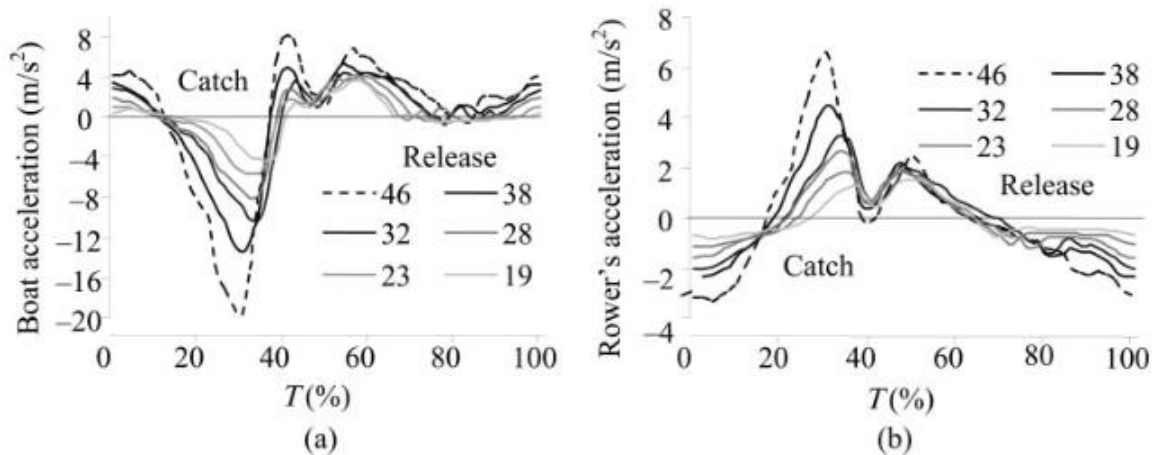
Na Slici 7. se vide 4 grafikona koja prikazuju odnos između momenta sile i ugaone brzine zgloba kuka i kolena i različitim intenzitetima veslanja. Vidi se stabilnost odnosa

momenta sile i ugaone brzine ova dva zgloba pri različitim intenzitetima veslanja: moment sile, ugaona brzina i snaga srazmerno su se manjali u oba zgloba sa promenom intenziteta.



Slika 7. Odnos između momenta sile i ugaone brzine zgloba kuka i kolena pri različitim intenzitetima veslanja – 40, 70 i 100% od maksimalne voljne kontrakcije (Baodouin i Hawkins, 2002).

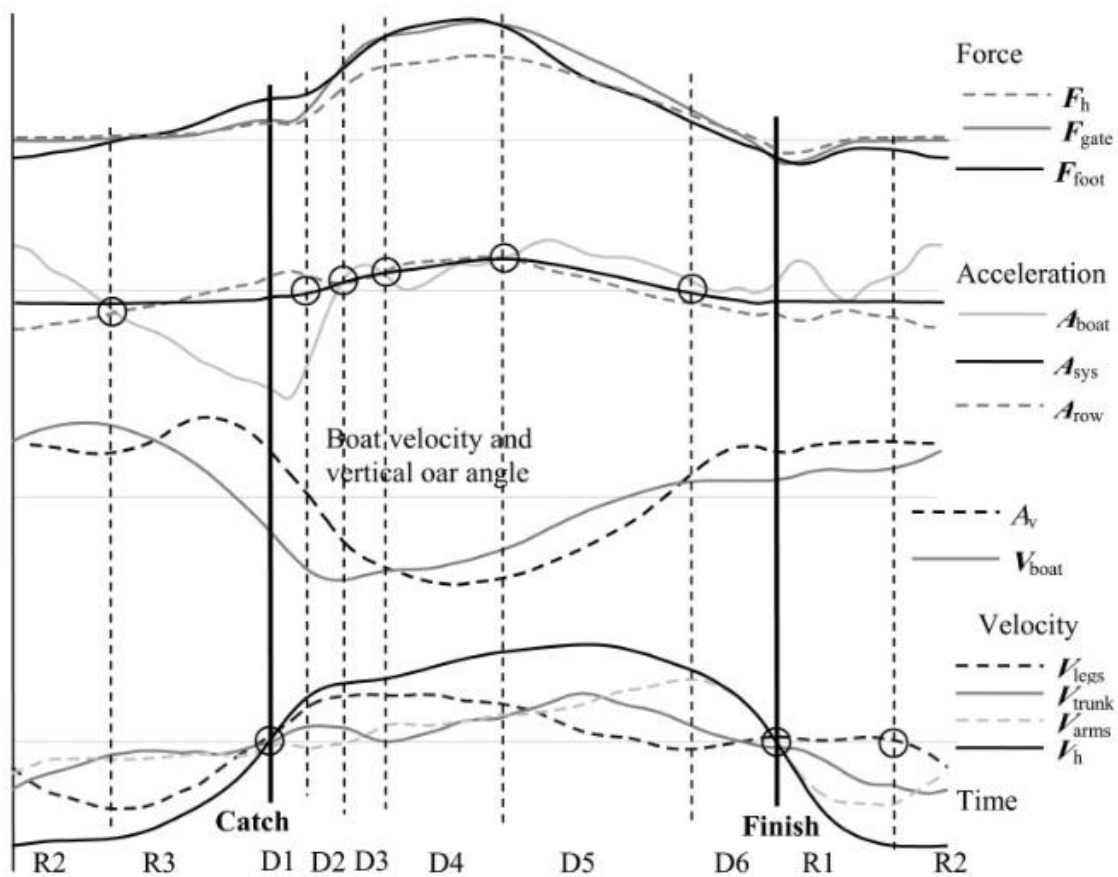
Da bi bolje objasnio tok zaveslaja, Klešnjević (2010) je podelio zaveslaj na 6 mikrofaza. Razlika od prethodnih podela je bila u tome što je on za analizu koristio ubrzanje čamca, dok su drugi koristili sekvence pokreta. Na slici 8 prikazan je klasičan obrazac ubrzanja sa jednim negativnim i dva pozitivna pika ubrzanja, a cilj pomenute studije je bio da objasni te faze.



Slika 8. Obrazac ubrzanja čamca (a) i težišta veslača (b) - Kleshnev 2010

Kada je uporedio dve grupe veslača, olimpijske pobednike i finaliste svetskog prvenstva, Kleshnev je pomoću analize po mikrofazama uočio da se olimpijski pobednici razlikuju po trećoj fazi, D3 na taj način što u toj fazi razvijaju veće sile. Zbog mogućnosti dektovanja sitnih razlika među veoma pripremljenim takmičarima ove mikrofaze pokazale su se kao veoma efektivne.

Na Slici 9 prikazano je istih 6 mikrofaza u veslanju.



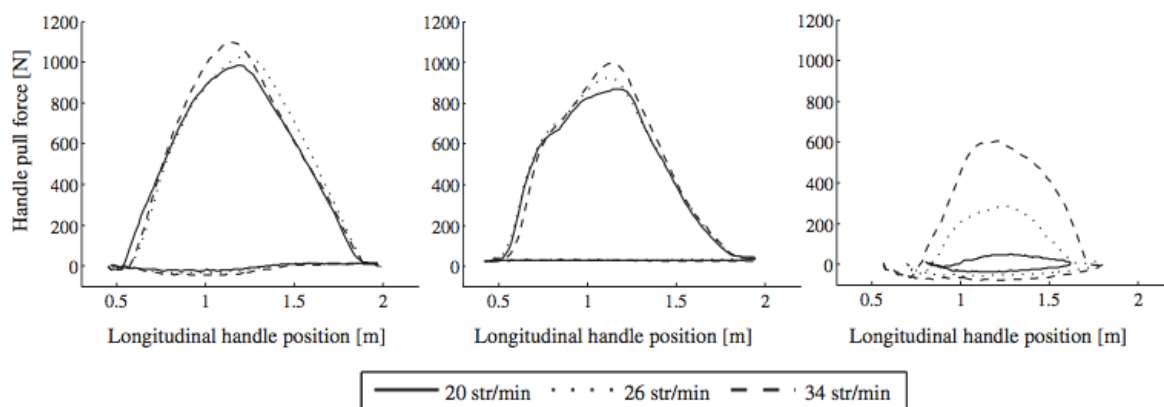
Slika 9. Mikrofaze veslačkog zaveslaja (Kleshnev 2010)

1.2. Pregled istraživanja iz oblasti kinematike i dinamike veslanja

Soper and Hume (2004), definišu veslanje, kao olimpijsku discipline gde vrhinski veslači, tokom 2000m, generišu prosečnu snagu od 300-450W tokom 6-7 minuta. Već iz ove definicije može se zaključiti koliki je značaj biomehanike (u ovom slučaju dinamike) veslanja u postizanju vrhunskih rezultata. Osim snage, maksimalna generisana sila je takođe važna za uspešnost u veslanju (Lawton i sar., 2011). Isti autori ističu veliku povezanost ($r=-0.54$ to -0.68 ; $p < 0.05$) sile (jačine) mišića nogu (testirano na nožnom potisku, izokinetičkoj ekstenziji u kolenu i maksimalne snage kod dinamičkog leg presa) vrhunskih veslača i njihovog rezultata na 2000m na ergometru (Lawton i sar., 2011). Oni ističu veći značaj dinamičkih varijabli zaveslaja, konkretno sile i snage, u odnosu na kinematičke.

Jedno od istraživanja Bukeridža i saradnika (Buckeridge i sar., 2015) dovodi u vezu dinamičke i kinematičke faktore sa uspešnošću u veslanju. Oni su došli do zaključka da pokretljivost zgloba kuka i skočnog zgloba značajno koreliraju sa prosečnom rezultatnom silom. Pokretljivost lumbo-sacralnog zgloba značajno je korelirala sa ispoljenom horizontalnom silom. Čak 50% varijanse ispoljene sile pri maksimalnoj sili zahvata objašnjeno je pokretljivošću zgloba kuka i skočnog zgloba u sagitalnoj ravni, od čega je čak 35% vezano za pokretljivost zgloba kuka. Kada je reč o pokretljivosti zgloba kuka, važno je naglasiti da dobra pokretljivost omogućava stabilniji lumbalni deo leđa, odnosno lumbo-sakralni zglob, što umanjuje mogućnost povrede. Dakle, pokretljivost zgloba kuka omogućava snažnu posturu pri zahvatu i tokom zaveslaja, čije se sile proizvedene brzim opuštanje kolena prenose na veslo u većoj meri, što će uticati na povećanje prosečne brzine čamca. U prilog ovome ide istraživanje Černe i saradnika (2015) koji su pokazali da juniori i seniori imaju stabilniji lumbo-sakralni zglob u odnosu na neiskusne veslače, a da seniori takođe imaju stabilnije ispoljavanje zaveslaja od juniora.

Poredeći tri grupe veslača po veštini izvođenja, Černe i saradnici (2013) su došli do zaključka da se seniori razlikuju od juniora po parametru sile, što se može videti na Slici 10.



Slika 10. Razlike u ispoljenoj sili pri zaveslaju seniora, juniora i neveslača (Černe i sar., 2013).

Ako se pažljivo pogleda slika 10. može se videti razlika u stabilnosti ispoljavanja sile u ranim fazama zaveslaja pri različitim frekvencijama kod seniora u odnosu na juniore, što ide u prilog analizi Klešnjeva i pretpostavci da se uspešniji veslači razlikuju po toj varijabli. Osim toga, kod vrhunskih veslača, šablon dužine zaveslaja je konstantniji i duži tokom različitih tempa zaveslaja (manje od 1cm devijacije) u odnosu na početnike (Černak i sar., 2015). Kraća dužina zaveslaja kod početnika posledica je manjeg nagiba trupa i fleksije kolena na početku zaveslaja, kao i povlačenja ručice vesla bliže trupu, što je rezultat lošije tehnike veslanja. Kada se govori o dinamičkim varijablama veslačkog zaveslaja, isti autori navode da vrhunške veslače karakteriše generisanje većeg nivoa mišićne sile, snage i proizvedenog rada (Černak i sar., 2015). Iako je u ovom istraživanju analiziran veliki broj kinetičkih i kinematičkih varijabli, njegovo ograničenje je u tome što je sprovedeno na veslačkom ergometru, a ne u situacionim uslovima, tj. u čamcu.

Turpin i saradnici (2011) navode da je ispoljena snaga najznačajnija biomehanička varijabla kod veslanja, ali tek pošto se uspostavi postojeći obrazac tehnike izvođenja zaveslaja. Zato je važno da se tokom učenja tehnike veslanja pažnja usmeri ka kinematičkim varijablama veslačkog zaveslaja. Nakon uspostavljanja konstantnog obrazca zaveslaja, pažnju treba usmeriti ka maksimizaciji dinamičkih varijabli, poput generisane sile i snage. Slično tome, Richter i saradnici (2011), ističu značaj kinematičkih varijabli za uspešnost u veslanju kod već formiranih veslača. Prema njima, elitni veslači imaju blago izraženu fleksiju kuka tokom početne faze zaveslaja i veći ugao u zglobu kolena prilikom ekstenzije na kraju zaveslaja. Na taj način, elitni veslači povećavaju opseg zaveslaja, tj. deluju silom na dužem putu, pa tako ostvaruju veći mehanički rad. Hase i saradnici (2004) takođe ističu povezanost između kinematike veslanja (veći ugao u zglobu kolena prilikom ekstenzije, manje pomeranja trupa i manji varijabilitet u zaveslaju) i uspešnosti u veslanju (elitni i subelitni veslači istih telesnih dimenzija). Turpin i sar., 2011 navode i da manji izlaz snage koji se generiše na treningu ne utiče na kinematiku veslanja. To znači da vrhunski veslači imaju uspostavljen isti motorni program veslanja i na takmičenju i na treningu, što nije slučaj sa amaterskim veslačima. U ovom istraživanju je korišćen veslački ergometar za prikupljanje biomehaničkih varijabli kod veslanja, što je veliko ograničenje ovog istraživanja. S toga je bitno ove tvrdnje potkrepiti i istraživanjem koje će se obaviti u situacionim uslovima za veslače (čamac na mirnoj vodi).

Još jedna važna pretpostavka zbog koje je potrebno dodatno istražiti biomehaničke (kinematičke i dinamičke) parametre veslanja u čamcu jeste i deformacija vesla i ugao zaveslaja koji se dešavaju tokom veslanja (Hofmijster i sar., 2010). Zanemarivanje sila koje se javljaju tokom zaveslaja dolazi se do pogrešne procene generisane sile i snage zaveslaja. Tom prilikom je i veći gubitak energije tokom faze odgurivanja. Buduća istraživanja, moraju da ispituju ove biomehaničke parametre veslanja u čamcu, kako bi se smanjio gubitak snage na veslu. Jedan od načina da se to uradi je da se unapredi tehnika veslanja vrhunskog veslača (Hofmijster i sar., 2010).

Važan faktor u rimen veslanju jeste i međusobna koordinacija takmičara koji veslaju u istom čamcu. Iako su individualno možda najsnažniji, najizdržljiviji i tehnički

najbolje pripremljeni dvojac u rimen veslanju, to ne znači da će pobediti u tri. Važnije od svega navedenog je upravo to kako će oni uskladiti sve te performanse (Cuijpers i sar., 2015). Naučnici, treneri i sami veslači se slažu da je za uspeh u veslanju izuzetno važna savršena sinhronizacija veslača. Neiskusne posade često imaju problema da nađu zajednički ritam i potrebne su godine treninga i takmičenja na vrhunskom nivou kako bi se postigla savršena sinhronizacija veslanja (Cuijpers i sar., 2015). U prilog tome govore i podaci da brzina čamca oscilira sa svakim velsčkim zaveslajem, što rezultira gubitkom snage od 5-6 procenata kod vrhunskih veslača, dok je taj procenat još veći kod sub-elitnih veslača (Hofmijster i sar., 2007; Hill i Fahrig, 2009). Isti autori smatraju da se smanjenjem gubitka ove snage, usaglašenim veslanjem, mogu postići vrhunski rezultati.

Važan faktor koji karakteriše uspešno veslanje jeste i odnos između dužine zaveslaja i frekvencije zaveslaja (Sopet i Hume, 2004). Što je veća frekvencija zaveslaja, smanjuje se njena dužina. Zato je u sportovima poput veslanja, kanua i plivanja vrlo važno usaglasiti ove dve komponente na optimalan nivo (Sealey i sar., 2011). Stoga je i potreba za istraživanjem kinematičkih i dinamičkih parametara kod veslanja veća. Povratna informacija koji bi veslači dobili ovakvom analizom, rezultirala bi optimizacijom dužine zaveslaja i frekvencije zaveslaja sa ciljem unapređenja veslačkih performansi i postizanju vrhunskog rezultata na takmičenjima.

Osim koordinacije u čamcu, važnu determinantu vrhunskog veslanja čini i međumišićna koordinacija i koordinacija na nivou “centrala-periferija” (Hartigh i sar., 2015). Vrhunski veslači imaju bolju neuromišićnu koordinaciju, kao i nervnomišićnu aktivaciju (kako na nivou korteksa, tako i na mišićnom nivou) od amaterskih veslača (Hartigh i sar., 2015).

Na kraju, ne treba zaboraviti da i kinematika zaveslaja u čamcu i na ergometru nisu iste. Veliki broj autora (Karlson i sar., 2000; McNally i sar., 2005; Rumball i sar., 2005; Hosea i Hannafin, 2012) ističe značaj kinematičke analize zaveslaja, kako bi se korigovali određeni nedostaci u tehnici veslanja i na taj način predupredile povrede, prvenstveno kod veslanja na ergometru.

1.2.1. Uticaj antropometrijskih dimenzija na veslačke performanse

Kako bi se čamac kretao po vodi, veslač mora maksimalno brzo da ga pokreće uz pomoć vesla (Shepard, 1998). Telesna visina i masa su vrlo važni faktori u postizanju vrhunskog rezultata (Shepard 1998; Bourgois et al., 2000; Claessens et al., 2005; Jürimäe and Jürimäe, 2005; Mikulic 2008).

Veća telesna visina i težina veslača imaju uticaja na uspešnost u veslanju još u juniorskom uzrastu. Studije na juniorskim vrhunskim veslačima, pokazuju da su oni viši i teži od manje utreniranih juniorskih veslača, uz veće telesne dimenzije (Bourgois et al., 2000; Claessens et al., 2005). Srednja visina elitnih juniorskih veslača varira između 187 cm i 192 cm, što je gotovo identično seniorskim vrhunskim veslačima (185 cm do 192 cm). Što se tiče težine, juniorski veslači teže između 71 kg i 84 kg, što je nešto manje od elitnih seniora koji teže između 79-93 kg (Bourgois i sar., 2000). Slične podatke navodi i Klešnjević (2010) u tabeli 1.

Tabela 1. Antropometrijske karakteristike seniorskih veslača i veslačica (Kleshnev, 2010).

Pol	Kategorija	Tip čamca	Broj	Telesna visina (m)	Telesna masa (kg)
Muški	Teška	Rimen	46	1.943	91.5
Muški	Teška	Skul	45	1.915	90.7
Muški	Laka	Rimen	36	1.830	73.0
Muški	Laka	Skul	29	1.833	73.4
Ženski	Teška	Rimen	52	1.804	74.1
Ženski	Teška	Skul	44	1.794	74.2
Ženski	Laka	Skul	42	1.702	59.1

Slične podatke, gde su elitni veslači viši i teži u odnosu na sub-elite, navodi i Mikulic (2008). Isti autor navodi da su elitni juniorski veslači slični po antropometrijskim karakteristikama sa sub-elitnim seniorima, ali su lakši, sa manjim telesnim obimima i manje procenta masti. Isti autori navode da su elitni seniori viši od juniora (194.0 ± 2.7 cm, naspram 188.6 ± 5.4 cm) i teži (97.2 ± 4.4 kg, naspram 92.9 ± 5.4 kg), uz veće dužine

ekstremiteta. Prema njegovom istraživanju, dostizanje vrhunskog rezultata u seniorskom veslanju zahteva od veslača visinu koja prelazi 190 cm i težinu od preko 95 kg, od čega na bezmasnu komponentu otpada 80 kg (u pripremnom periodu). Čak i kada se posmatraju elitni veslači koji su nastupali u velikim finalima u odnosu na takođe elitne veslače, kojima je izmaklo finale na velikim takmičenjima, uočavaju se razlike u telesnoj masi i visini u korist finalista (Claessens i sar., 2005). Važno je napomenuti da veliki značaj, na račun telesne visine i mase, ima masa skeletnih mišića, jer je ona zadužena za generisanje sile. S tim u vezi, kada je u pitanju selekcija mladih veslača, važno je birati veslače sa krupnijom građom i većim procentom mišićne mase.

Malina (1994) navodi da perspektivni veslači genetski imaju veću telesnu visinu i masu već tokom detinjstva i kao takvi se moraju selektovati za ovaj sport na vreme. Najbolji mladi veslači mogu se diferencirati prema visini, skeletnoj konstituciji i mišićnoj razvijenosti (Piotrowski i sar., 1992).

Ostim telesne mase i visine, uspešne, elitne veslače, karakterišu i duži ekstremiteti, što utiče na ispoljavanje veće snage tokom zaveslaja (Claessens i sar., 2005). Naročit uticaj ima dužina nogu jer se time povećava propulzivna faza veslačkog zaveslaja (Claessens i sar., 2005).

1.2.2. Kako metode testiranja utiču na kinematičke i dinamičke varijable veslačkog zaveslaja

Iako se takmičenja u veslanju odvijaju “na vodi”, veslački ergometri se često koriste za testiranja, trening i selekciju veslača. Prednost ergometara je u tome što direktno prezentuju neke osnovne biomehaničke parametre tokom veslanja i mogu se jednostavno primeniti na većem broju ispitanika. Testiranja su moguća i u zimskom periodu, kada je loše vreme (Soper i Hume, 2004). Sa druge strane, postoje određena odstupanja u odnosu na takmičarsko veslanje u čamcu, pa je stoga i potrebno evaluirati i koristiti obe metode u prikupljanju podataka.

U jednom od takvih istraživanja (Elliott i sar., 2002), primenjivao se često korišćeni *RowPerfect* ergometar. Naučnici su utvrdili visoku korelaciju biomehaničkih parametara dobijenih na ovom ergometru sa skul veslanjem na vodi i predlažu korišćenje ovog ergometra u testiranjima i treningu. Međutim, ovo istraživanje nije obuhvatilo i rimen veslanje. Osim toga, veliki nedostatak testiranja biomehaničkih parametara na ergometru jeste i postojanje fiksirane baze za transfer sile koja ne postoji u čamcu (Elliott i sar., 2002). To rezultira gubitkom minimalne propulzivna sile koja se prenosi do tela veslača, za razliku od čamca. Osim toga, istraživanja su pokazala i da je veća potrošnja energije tokom veslanja u čamcu na vodi nego na ergometru (de Campos Mello, 2009), kao i da postoji tzv. psihološki feedback kada se vesla na otvorenom koji rezultira većom motivacijom i boljim rezultatima (Schaffert i sar., 2011).

Ne treba zaboraviti i činjenicu da učestali i dugi treninzi i testiranja na veslačkom ergometru mogu dovesti do bolova u donjem delu leđa, što je potvrđeno u velikom broju studija (Karlson i sar., 2000; Holt i sar., 2003; McNally i sar., 2005; Rumball i sar., 2005; Hosea i Hannafin, 2012; Wilson i sar., 2013).

Ovo su neki od razloga zašto se sve više unapređuju veslački ergometri, sa ciljem da što bolje oponašaju prirodne uslove veslanja - *Scaling concept II rowing ergometer* (Nevill i sar., 2010; Černe i sar., 2011) ili kako bi se pronašao pravi model prirodnog veslanja – inercioni ergometri (Mola i sar., 2008). Bolje rešenje predstavlja nova video metoda za biomehaničku analizu veslanja u čamcu (Warmenhoven, 2012). Iako je “ekološki validna” jer se testiranje odvija u realnim/situacionim trenažnim i takmičarskim uslovima (za razliku od veslačkih ergometara), ovakava metoda je manje pouzdana jer koristi obične video kamere za zapis informacija. Osim toga, ovom metodom je moguće beležiti samo kinematičke parametre tokom veslanja, a ne i dinamičke.

Možda najbolje rešenje za biomahaničku analizu veslanja predstavljaju sistemi koji se kače za veslo tokom veslanja u čamcu. Jedan od takvih sistema je i “*Regatta*” (Mattes i Schaffert, 2010; Sfoza i sar., 2012), koji se koristi na otvorenom za analizu zaveslaja na treningu ili u trci. Ovaj sistem nije suviše složen i često ga koriste treneri u praksi. Dobijaju

se biomehanički pokazatelji brzine i ubrzanja čamca, frekvencije zaveslaja i propulzivne sile prilikom zaveslaja. Pored toga, često se koriste i Weba sport ergometri. Sistem BioRow (Kleshnev, 2010) koji je korišćen u ovom istraživanju, spada među najsofistiranije sisteme koji se trenutno koriste u svetu za biomehničku analizu veslačkog zaveslaja u realnim trenažnim i takmičarskim uslovima (više detalja u vezi sa ovim sistemom prezentovano je u okviru poglavlja Metode). I pored postojanja kvalitetne aparature za biomehnička testiranja veslača u čamcu, ne postoji mnogo istraživanja u kojima su primenjeni.

2. PROBLEM, PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA

Problem istraživanja je vezan za modelovanje što efikasnijeg delovanja u okviru sistema čamac-veslač uz sagledavanje značaja kinematičkih i dinamičkih varijabli zaveslaja u veslanju i njihove međusobne relacije.

Predmet ovog istraživanja predstavljaju kinematičke i dinamičke varijable zaveslaja u veslanju.

Glavni *cilj* ovog istraživanja je analiza kinematike i dinamike zaveslaja u modernom veslanju, primenom savremene biomehaničke aparature.

Glavni *cilj* ovog istraživanja može se sagledati i detaljnije. Preciznije govoreći, cilj ovog istraživanja predstavlja i:

1. Utvrđivanje mere u kojoj se dva uzorka veslača diferenciranih po kvalitetu veslanja razlikuju u prostoru posmatranih varijabli.
2. Utvrđivanje mere u kojoj su posmatrane varijable povezane sa brzinom veslanja (a time i sa rezultatom) u regatnom veslanju.
3. Utvrditi meru u kojoj se posmatrane varijable razlikuju u uslovima regatnog i trenažnog rezima veslanja i mere u kojoj se posmatrane varijable razlikuju kod uzorka posmatranih elitnih i univerzitetskih u odnosu na svetske elitne veslače.

Kako je za izvođenje zaveslaja potrebna i značajna veslačka snaga, uzete su u obzir i morfološke varijable testiranih veslača, pošto doprinose kvalitetnijem sagledavanju kinematičkih i dinamičkih varijabli zaveslaja u veslanju.

Za realizaciju postavljenog cilja sprovedeni su sledeći istraživački *zadaci*:

- utvrđivanje elementarne morfološke karakteristike ispitanika (telesna visina, telesna masa);

- primenom standardnog „BioRow“ test-protokola, utvrđene su biomehaničke varijable elitnih rimen veslača tokom veslanja na regatnoj stazi, regatnim tempom;
- primenom standardnog „BioRow“ test-protokola, utvrđene su biomehaničke varijable univerzitetskih rimen veslača tokom veslanja na regatnoj stazi, regatnim tempom;
- kao komparativni faktor, za potpunije sagledavanje biomehaničkih varijabli zaveslaja u veslanju na regatnom tempu, izmerene su i biomehaničke varijable zaveslaja u veslanju na trenažnom tempu (T-28) i kod elitnih i kod univerzitetskih veslača;
- sprovedena je statistička analiza empirijskih podataka.

3. METODOLOGIJA RADA

Istraživanje za ovu disertaciju je, u načelu, realizovano kao empirijska studija transverzalnog karaktera. Osim toga, u ovom istraživanju biće primenjena i studija slučaja vrhunskih veslača i veslača univerzitetskog nivoa, kao i statistički metod.

Celokupno testiranje izvršeno je u istom danu. Testiranje i sprovedeno u Beogradu, R. Srbija, na Savskom jezeru, na stajaćoj vodi (Slika 11).



Slika 11. Priprema ispitanika za testiranje

Vreme na dan testiranja je bilo sunčano i bez vetra, uz dnevnu temperaturu od 12 do 16 stepeni celzjusa. Temperatura vode bila je konstantnih 10 stepeni celzjusa.

Ispitanicima su se prvo merile telesna visina i telesna masa. Nakon toga, usledilo je zagrevanje. Zagrevanje je prvo obavljeno van čamca u trajanju od 20 minuta. Zagrevanje je podrazumevalo trčanje nakon čega je usledilo dinamičko zagrevanje svih većih mišićnih

grupa i zglobova. Nakon toga, zagrevanje je nastavljeno u čamcu, po protokolu koji se koristi pre važnijih takmičenja (u dužini od 3 km). Dva minuta po završetku zagrevanja usledio je početak testiranja.

Neposredno pre početka testiranja, sistem *BioRow* postavlja na čamac (Slika 12).

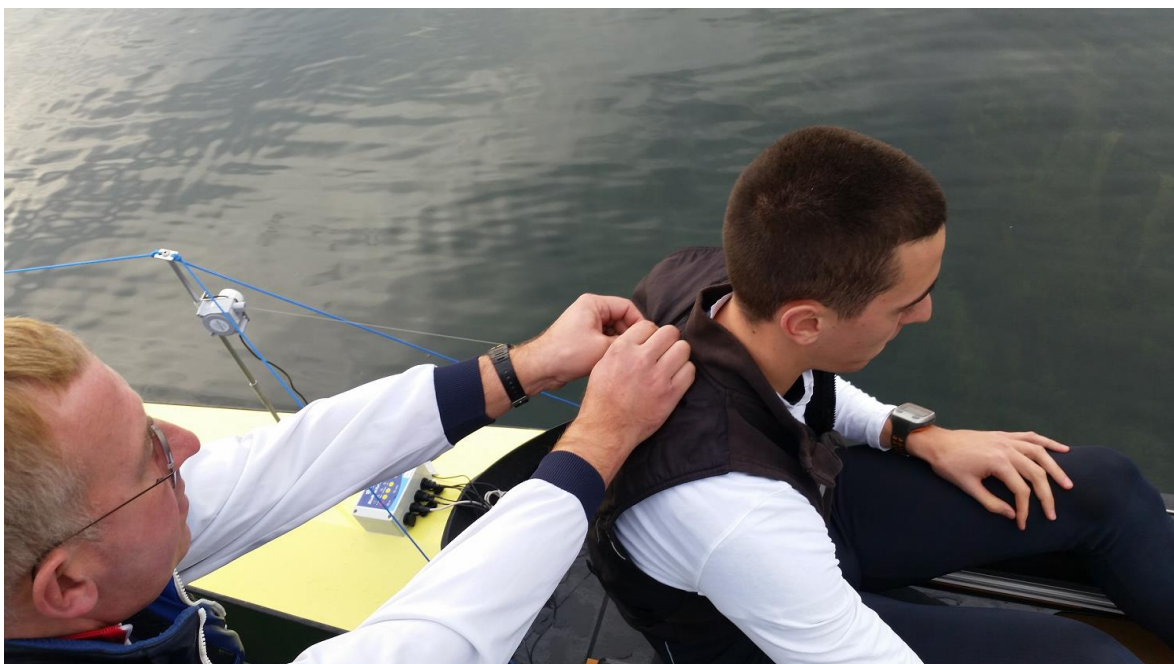


Slika 12. Postavljanje *BioRow* sistema na čamac

Zatim, sledi povezivanje *BioRow* uređaja na veslača i kalibrisanje sistema (Slika 13 i Slika 14).



Slika 13. Povezivanje BioRow uređaja na veslača



Slika 14. Povezivanje BioRow uređaja na veslača

Nakon povezivanja sistema, ispitanici su spremni za testiranje (Slika 15). Podaci dobijeni sa BioRow sistema se prikupljaju tokom zaveslaja i snimaju na *BioRow* softversku platformu, nakon čega se prebacuju u računar. Podaci se prebacuju na računar i kreiraju uz pomoć softverskog sistema *BioRowTel.exe*. Zatim se podaci analiziraju, uz kreiranje izveštaja preko *BioRowTel Reports.xls* softvera.



Slika 15. Ispitanici i merioci neposredno pred početak testiranja

Dužina testirane deonice iznosio je 1 km, i ispitanici su imali 1 pokušaj. Tempo zaveslaja kretao se progresivno od 22 zaveslaja u minuti (T-22) do regatnog tempa. (T-Reg). Za potrebe ovog istraživanja, korišćeni su rezultati ostvareni na regatnom tempu (T-Reg). Osim toga kao komparativni faktor, za potpunije sagledavanje biomehaničkih varijabli zaveslaja u veslanju na regatnom tempu, izmerene su i biomehaničke varijable zaveslaja u veslanju na trenažnom tempu (T-28).

Postupak merenja realizovao je dr Valeri Klešnjević (*Valery Kleshnev*) visoko obučeni ekspert koji poseduje licencu *BioRow* sistema za biomehanička merenja. Dr Klešnjević je jedan od vodećih svetskih biomehaničara u veslanju u poslednjih 20 godina. Osim što je rukovodilac kompanije *BioRow Ltd.*, dr Klešnjević je i rukovodio Engleskim institutom za sport i vodio engleski veslački tim do 6 medalja (2 zlatne) na Olimpijskim igrama u Pekingu 2008. godine. Takođe, njegovi klijenti su osvojili 11 medalja (4 zlatne) na Olimpijskim igrama u Londonu 2012. godine.

Pored autora ovog rada, koji je aktivno učestvovao u postupku merenja sa dr. Klešnjevićem, merenjima su prisustvovali (u funkciji konsultanata) i Milan Baćanović i Aleksandar Fedotov. Milan Baćanović je bivši trener Austrijske veslačke reprezentacije i vlasnik firme *Weba Sport*, koja se bavi izradom sistema za biomehanička merenja. Aleksandar Fedotov je trener Beloruske veslačke reprezentacije i bivši trener u okviru Veslačkog saveza Srbije.

Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika je determinisan trenutnim brojem vrhunskih i univerzitetskih veslača u Srbiji. Za realizaciju 1. i 2. cilja ovog istraživanja, uzorkom je obuhvaćeno 12 rimena veslača, od čega su 4 elitna veslača, a 8 veslači univerzitetskog nivoa.

Kriterijum za svrstavanje u prvu grupu, grupu elitnih ispitanika, je ostvaren sportski rezultat na međunarodnim takmičenjima. Konkretno, za vrhunske veslače smatraju se veslači koji su osvajači medalja na evropskim i svetskim prvenstvima, sa minimum 5 godina vrhunskog trenažnog staža u veslanju. Imajući u vidu broj klubova u Srbiji (a to je 16 klubova), to nije velika baza iz koje može da se produkuje veliki broj veslača koji mogu da zadovolje navedeni kriterijum. Drugu grupu čine univerzitetski veslači, koji kontinuirano nastupaju na domaćim i regionalnim univerzitetskim takmičenjima, a nisu nikada bili učesnici evropskih i svetskih prvenstava. Osim toga, ispitanici koji čine ovu grupu takođe imaju minimum 5 godina trenažnog staža u veslanju.

Za realizaciju 3. cilja ovog istraživanja odabran je jedan elitni i jedan univerzitetski dvojac.

Svi obuvaćeni ispitanici nisu bolovali od hroničnih bolesti i u poslednjih 6 meseci nisu pretrpeli povrede koje bi mogle da utiču na rezultate testiranja. Pre početka eksperimenta izrađen je pisani protokol eksperimenta koji sadrži sve potrebne informacije o istraživanju. Svi ispitanici su pročitali protokol i upoznali se sa tokom i ciljevima istraživanja, kao i sa mogućim rizicima koje nosi istraživanje.

Uzorak varijabli

Varijable koje su praćene u ovom istraživanju, podeljene su na:

- 1) Kinematičke,
- 2) Dinamičke i
- 3) Morfološke

Iz prostora **kinematike** dijagnostikovane su sledeće varijable:

1. Prosečna brzina čamca – PBC (m/s)

- prosečna brzina kretanja čamca tokom testiranja.

2. Projektovano vreme na 2000m izraženo u minutima, sekundama i stotinkama–PV2000 (min:s:s/100),

- predstavlja vrednosti zapisa veslačkog zaveslaja ukoliko bi se ponavljao tokom cele veslačke staze (2000m).

3. Ukupni ugao zaveslaja – UUZ (step, °)

- predstavlja zbir ugla koji čini veslo u zahvatu kada se lopata stavi u vodu, u odnosu na normalu između sredine čamca i viljučke na auslegeru, i ugla koje veslo čini u kraju zaveslaja kada lopata izlazi iz vode u odnosu na normalu između sredine čamca i viljučke na auslegeru.

4. Prednji ugao u zahvatu – PUZ (step, °)

- predstavlja zbir ugla koji čini veslo u zahvatu kada se lopata stavi u vodu, u odnosu na normalu između sredine čamca i viljučke na auslegeru.

5. Zadnji ugao u kraju zaveslaja – ZUKZ (step, °)

- predstavlja ugao koji čini veslo u kraju zaveslaja kada lopata izlazi iz vode u odnosu na normalu između sredine čamca i viljučke na auslegeru

6. Efektivni ugao zaveslaja – EUZ (step, °)

- predstavlja zbir ugla koji veslo čini u zahvatu kada lopata dostigne dovoljnu propulzivnu silu u odnosu na normalu između sredine čamca i viljuške na auslegeru i ugla koji veslo čini u kraju zaveslaja kada lopata izgubi propulzivnu silu u odnosu na normalu između čamca i viljuške na auslegeru.

7. Dužina rada veslačkog sedišta – DRVS (m)

- predstavlja kretanje veslača na veslačkom sedištu izraženo u metrima tokom propulzivne faze zaveslaja.

8. Gradijent sile u zahvatu – GSZ (step, °)

- predstavlja pređeni put lopate do dostizanja vrednosti 30% od maksimalne sile koja se ispoljava u pojedinačnom zaveslaju, a izraženo je u uglu koje veslo u tom trenutku čini u odnosu na normalu između sredine čamca i viljuške na auslegeru.

9. Gradijent sile u kraju zaveslaja – GSKZ (step, °)

- predstavlja tačku kada lopata u kraju zaveslaja postigne vrednost manju od 30% u odnosu na maksimalnu silu ispoljenu u pojedinačnom zaveslaju, a izraženo u uglu koji u tom trenutku čini veslo u odnosu na normalu između sredine čamca i viljuške na auslegeru.

10. Pozicija dostignuća maksimalne sile u odnosu na dužinu zaveslaja (DZ) – PDF_{max} (% of DZ)

- tačka u kome se dostiže maksimalna sila u jednom zaveslaju, izražen u procentima, gde je 0% početak zaveslaja (ulazak lopate u vodu), a 100% kraj zaveslaja (izlazak lopate iz vode).

Iz prostora **dinamike** dijagnostikovane su sledeće varijable:

1. Maksimalna sila – F_{Max} (N)

- predstavlja zabeleženu maksimalnu silu tokom jednog zaveslaja tokom testiranja

2. Prosečna sila – F_{Avg} (N)

- predstavlja zabeleženu prosečnu silu svih zaveslaja tokom testiranja

3. Prosečna sila po masi veslača – F_{Rel} (N/kg)

- predstavlja zabeleženu prosečnu silu svih zaveslaja tokom testiranja u odnosu na masu veslača

4. Veslačka snaga – P_{ves} (W)

- predstavlja zabeleženu prosečnu snagu svih zaveslaja tokom testiranja

5. Rad po zaveslaju – RPZ (J)

- predstavlja zabeležen prosečni rad svih zaveslaja tokom testiranja

Iz prostora **morfologije** dijagnostikovane su sledeće varijable:

1. Visina tela – BH (m)

2. Masa tela – BM (kg)

3. Indeks telesne mase – BMI (kg/m²)

Treba imati u vidu da su sve izmerene vrednosti kinematičkih i dinamičkih varijabli izražene kao prosek svih zaveslaja tokom testiranja, što omogućava merni sistem BioRow.

Statistička analiza podataka

Na prikupljenim podacima su primenjene deskriptivne i komparativne statističke procedure. Od osnovnih deskriptivnih statističkih parametara za svaku varijablu su izračunate: aritmetička sredina (Mean), standardna devijacija (SD), standardna greška (SE), minimum (Min) i maksimum (Max).

Za primenu komparativnih statističkih procedura, tačnije za poređenje grupa, primenjivane su neparametrijske statističke tehnike. Za ispitivanje razlika između elitnih i univerzitetskih rimen veslača, primenjen je Man Vitnjev U test (*Mann-Whitney U-test*).

Za ispitivanje povezanosti (korelacija) između brzine čamca i ostalih kinematičkih i dinamičkih varijabli, primenjen je Spirmanov rang metod korelacione analize (*Spearman rank-method*).

Sve statističke operacije su izvršene korišćenjem programa SPSS 20.0 (IBM, Armonk, NY) i Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). Sva zaključivanja su sprovedena sa nivoom značajnosti od 0.05 ($p \leq 0.05$).

4. REZULTATI

Upoređivanjem deskriptivnih parametara dobijenih za antropometrijske varijable (Tabela 2) utvrđeno je da su elitni veslači u proseku imali značajno veću telesnu masu i telesnu visinu od univerzitetskih, dok im se prosečne vrednost Indeksa telesne mase nisu statistički značajno razlikovale.

Tabela 2. Morfološke karakteristike ispitanika po grupama

Varijable	Grupa	N	Mean	SD	Min	Max
Visina tela (cm)	Elitni	4	1.97	.034	1.94	2.02
	Univerzitetski	8	1.85	.049	1.80	1.92
<i>Man Vitni U test</i>	U=.00*			W=36.0	Sig.=.006	
Masa tela (kg)	Elitni	4	94.50	9.037	83	105
	Univerzitetski	8	77.38	7.110	67	85
<i>Man Vitni U test</i>	U=3.0*			W=39.0	Sig.=.027	
BMI (kg/m ²)	Elitni	4	24.28	2.103	22.05	27.06
	Univerzitetski	8	22.63	1.311	20.68	24.69
<i>Man Vitni U test</i>	U=8.0			W=44.0	Sig.=.174	

BMI – indeks telesne mase; U=Man-Whitney test; W=Wilcoxon test; Z=Z test; Sig = Statistička značajnost; *Statistički značajna razlika.

Telesna masa i telesna visina elitnih veslača iz ovog istraživanja u skladu su sa dosadašnjim istraživanjima (Burgois i sar, 2000, Mikulic, 2008). Burgois i sar (2000) navode prosečne telesne visine elitnih veslača od 194.0±2.7 cm i prosečne telesne mase od 97.2±4.4 kg. Isti autori ističu da je potrebna minimalna visina od 190 cm i težina od 95 kg veslača, kako bi dostigli elitni svetski nivo veslanja. Elitni veslači u ovom eksperimentu u proseku imaju telesnu visinu od 197.0 cm i telesnu masu od 94.5 kg što ih po ovim parametrima svrstava među elitne veslače.

Tabela 3. Deskriptivni i komparativni pokazatelji kinematičkih varijabli veslačkog zaveslaja.

Varijable	Grupa	N	SrV	StD	SE	Min	Max
Prosečna brzina čamca (m/s)	Elitni	4	5.06	.109	.055	4.96	5.15
	Univerzitetski	8	4.51	.079	.028	4.40	4.58
<i>Man Vitni U test</i>		U=.00*		W=36.0	Z=-2.746	Sig.=.006	
Ukupni ugao zaveslaja (°)	Elitni	4	79.83	1.31	.654	78.7	81.4
	Univerzitetski	8	78.01	3.42	1.209	72.0	83.2
<i>Man Vitni U test</i>		U=10.5		W=46.5	Z=-.936	Sig.=.349	
Prednji ugao u zahvatu (°)	Elitni	4	47.45	1.30	.651	46.4	49.3
	Univerzitetski	8	49.10	3.06	1.08	44.6	53.4
<i>Man Vitni U test</i>		U=10.5		W=20.5	Z=-.936	Sig.=.349	
Zadnji ugao u kraju zaveslaja (°)	Elitni	4	32.35	.473	.236	32.0	33.0
	Univerzitetski	8	28.96	.955	.338	27.4	30.1
<i>Man Vitni U test</i>		U=.00*		W=36.0	Z=-2.727	Sig.=.006	
Efektivni ugao zaveslaja (°)	Elitni	4	43.90	4.17	2.08	39.4	48.6
	Univerzitetski	8	47.74	8.15	2.88	31.5	58.9
<i>Man Vitni U test</i>		U=8.0		W=18.0	Z=-1.361	Sig.=.173	
Dužina rada veslačkog sedišta(m)	Elitni	4	.55	.053	.027	.498	.616
	Univerzitetski	8	.49	.045	.016	.419	.557
<i>Man Vitni U test</i>		U=5.5		W=41.5	Z=-1.786	Sig.=.074	

Gradijent sile u zahvatu (°)	Elitni	4	12.15	2.46	1.23	9.9	15.6
	Univerzitetski	8	13.29	4.18	1.479	8.7	21.7
<i>Man Vitni U test</i>		U=13.5		W=23.5	Z=-.425	Sig=.617	
Gradijent sile u kraju zaveslaja (°)	Elitni	4	31.60	8.19	4.09	25.5	43.6
	Univerzitetski	8	28.95	3.23	1.14	24.6	33.9
<i>Man Vitni U test</i>		U=15.0		W=51.0	Z=-.170	Sig=.865	
Pozicija dostignića maksimalne sile u odnosu na DZ (%DZ)	Elitni	4	38.65	7.28	3.64	29.1	46.5
	Univerzitetski	8	41.45	6.14	2.17	35.0	52.1
<i>Man Vitni U test</i>		U=13.0		W=23.0	Z=-.510	Sig=.610	

U=Man-Whitney test; W=Wilcoxon test; Z=Z test; Sig = Statistička značajnost; *Statistički značajna razlika.

Od 9 kinematičkih varijabli samo za 2 su utvrđene statistički značajne razlike između prosečnih vrednosti elitnih i univerzitetskih veslača (Tabela 3). Prva je, kao što je i očekivano, Prosečna brzina čamca koja je u ovoj studiji imala status nezavisne (kriterijumske) varijable. Jedini kinematički prediktor u kojem su se veslači različitih nivoa značajno razlikovali bio je Zadnji ugao u kraju zaveslaja. To pokazuje da se kinematički parametri zaveslaja nisu u velikoj meri razlikovali kod testiranih ispitanika.

Iz Tabele 3., može se zaključiti da kod 7 od 9 varijabli ne postoje statistički značajne razlike između ispitanika dva nivoa treniranosti. Jedan od mogućih razloga za takav rezultat je i to što su svi ispitanici prošli identičnu obuku veslanja, gde se velika pažnja poklanja pravilnom izvođenju tehnike. Takođe, svi veslači testirani su u istom čamcu (*Empacher R32* - model čamca u kom su na Olimpijskim igrama u Londonu i Riu osvojene zlatne medalje), što ukazuje da vrhunski čamac, koji je dobro podešen, doprinosi kvalitetu kinematičkih i dinamičkih varijabli.

Tabela 4. Deskriptivni i komparativni pokazatelji dinamičkih varijabli veslačkog zaveslaja.

Varijable	Grupa	N	Mean	SD	SE	Min	Max
Maksimalna sila (N)	Elitni	4	721.75	44.58	22.29	658	762
	Univerzitetski	8	577.00	71.07	25.13	520	717
<i>Man Vitni U test</i>		U=1.0*		W=37.0	Z=-2.548	Sig.=.011	
Prosečna sila (N)	Elitni	4	367.0	15.25	7.63	349	382
	Univerzitetski	8	276.5	22.97	8.12	247	315
<i>Man Vitni U test</i>		U=.00*		W=36.0	Z=-2.717	Sig.=.007	
Prosečna sila po masi veslača (N/kg)	Elitni	4	3.92	.515	.258	3.43	4.60
	Univerzitetski	8	3.59	.301	.106	3.13	4.09
<i>Man Vitni U test</i>		U=11.0		W=47.0	Z=-.849	Sig.=.396	
Veslačka snaga (W)	Elitni	4	390.50	11.24	5.62	376	402
	Univerzitetski	8	261.38	24.07	8.51	234	294
<i>Man Vitni U test</i>		U=.00*		W=36.0	Z=-2.717	Sig.=.007	
Rad po zaveslaju (J)	Elitni	4	609.00	16.75	8.38	593	628
	Univerzitetski	8	464.75	45.66	16.14	407	551
<i>Man Vitni U test</i>		U=.00*		W=36.0	Z=-2.717	Sig.=.007	

%DZ=procenat dužine zaveslaja; U=Man-Whitney test; W=Wilcoxon test; Z=Z test; Sig = Statistička značajnost; *Statistički značajna razlika.

Dinamički parametri zaveslaja imali su daleko veću diskriminativni značaj od kinematičkih. Od 5 dinamičkih varijabli za 4 su utvrđene statistički značajne razlike između elitnih i subelitnih veslača: Maksimalna sila, Prosečna Sila, Veslačka snaga i Rad po zaveslaju (Tabela 4). To pokazuje da nivo sile i snage koji se ispoljavaju tokom izvođenja zaveslaja predstavljaju odlučujući prednost takmičara za ostvarenje vrhunskog rezultata.

Tabela 5. Spirmanova korelacija ranga između Prosečne brzine čamca i kinematičkih, dinamičkih i morfoloških varijabli tj. hipotetičkih prediktora

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Koeficijent korelacije</i>	<i>Sig.</i>
Visina tela (cm)	12	.651*	.022
Masa tela (kg)	12	.609*	.036
Indeks telesne mase (kg/m ²)	12	.481	.114
Totalni ugao zaveslaja (deg)	12	.170	.598
Prednji ugao u zahvatu (deg)	12	-.326	.302
Zadnji ugao u kraju zaveslaja (deg)	12	.596*	.041
Efektivni ugao zaveslaja (deg)	12	-.354	.259
Duzina rada veslačkog sedista (m)	12	.170	.598
Maksimalna sila (N)	12	.466	.126
Prosečna sila (N)	12	.594*	.042
Prosečna sila po masi veslača (N/kg)	12	.071	.827
Veslačka snaga (W)	12	.721**	.008
Rad po zaveslaju (J)	12	.523	.081
Gradijent sile u zahvatu (deg)	12	-.460	.132
Gradijent sile u kraju zaveslaja (deg)	12	.085	.793
Pozicija dostignića maksimalne sile u odnosu na DZ (%DZ)	12	-.254	.425

Sig = Statistička značajnost; *Statistički značajna korelacija na nivou $p < 0.05$; **Statistički značajna korelacija na nivou $p < 0.01$.

Zbog malog broja ispitanika nisu mogle da budu ispunjene osnovne teorijske pretpostavke za primenu regresione analize (Pallant, 2013), zbog čega je numerička povezanost između pojedinih varijabli kvantifikovane neparametrijskim Spearman-rank modelom korelacije (Vincent, 1995). Za potrebe ove studije najznačajnije je bilo utvrditi korelaciju između brzine čamca i svih ostalih kinematičkih i dinamičkih varijabli (Tabela 5). Pozitivna vrednost Spearmanovog koeficijenta otkrila je da sa povećanjem Zadnjeg ugla u kraju zaveslaja raste brzina čamca. Od dinamičkih varijabli, značajnu pozitivnu povezanost sa brzinom čamca imale su samo Prosečna sila i Veslačka snaga.

U daljem delu poglavlja Rezultati biće prikazani rezultati dobijeni u skladu sa ciljem 3. ovog istraživanja.

Tabela 6. Morfološke karakteristike odabranih elitnih i univerzitetskih veslača

Ime i prezime	Nivo	BH (m)	BM (kg)	BMI (kg/m ²)
Miloš Vasić	Elitni	196.0	94.0	24.47
Nenad Beđik	Elitni	202.0	96.0	23.53
Vasić-Beđik	Elitni	199.0	95.0	23.99
Luka Stojanović	Univerzitetski	181.0	70.0	21.37
Filip Stanišić	Univerzitetski	180.0	67.0	24.47
Stojanović-Stanišić	Univerzitetski	180.5	68.5	21.03

BH – Telesna visina; BM – Telesna masa; BMI – Indeks telesna mase

U Tabeli 6. prikazani su morfološki pokazatelji elitnog dvojca Vasić-Beđik i univerzitetskog dvojca Stojanović-Stanišić. Na osnovu rezultata iz Tabele 6, vidi se da su elitni veslači viši i teži od univerzitetskih, dok nema uočljivijih razlika u indeksu telesne mase.

Tokom merenja prosečne brzine čamca na regatnom tempu (T-Reg) i trenažnom tempu (T-28), kod elitnih veslača (dvojac Vasić – Beđik) je zapažen jasan priraštaj brzine od T-28 do T-Reg (Tabela 7). Taj priraštaj brzine od 54 sekunde ukazuje da veslanjem na T-Reg nije došlo do narušavanja kinematičkih varijabli zabeleženih kao obrazac zaveslaja na T-28, a sa druge strane govori o dovoljnom priraštaju dinamičkih varijabli od trenažnog tempa do regatnog tempa.

Tabela 7. Brzina i projektovano vreme na 2000m kod elitnog dvojca Vasić-Beđik

Varijable		Prosečna brzina čamca (m/s)	Projektovano vreme na 2000m (min:sek)
Elitni veslači	Miloš Vasić	T-28	4.52
		T-Reg	5.15
	Nenad Beđik	T-28	4.52
		T-Reg	5.15

T-28 – Tempo od 28 zaveslaja u minuti; T-Reg – Regatni tempo veslanja

Kod univerzitetskih veslača (dvojac Stojanović – Stanišić), zapaža se zadovoljavajuća brzina na T-28, ali priraštaj brzine na T-Reg je svega 18 sekundi (Tabela 8). Kasnijom analizom obrasca zaveslaja univerzitetskih veslača (vidi poglavlje Prilozi; strana 73) uočavamo da kinematičke varijable nisu narušene na T-Reg u odnosu na T-28, ali je priraštaj dinamičkih varijabli bio nedovoljan da generiše zadovoljavajuću brzinu na T-Reg.

Tabela 8. Brzina i projektovano vreme na 2000m kod univerzitetskog dvojca Stojanović-Stanišić

Varijable		Prosečna brzina čamca (m/s)	Projektovano vreme na 2000m (min:sek)
Univerzitetski veslači	Luka Stojanovic	T-28	4.29
		T-Reg	4.47
	Filip Stanisic	T-28	4.29
		T-Reg	4.47

T-28 – Tempo od 28 zaveslaja u minuti; T-Reg – Regatni tempo veslanja

Kada su u pitanju kinematičke varijable veslačkog zaveslaja, koje su predmet analize i diskusije ovog istraživanja, analizirano je 8 kinematičkih varijabli kod elitnog dvojca Vasić – Beđik i univerzitetskog dvojca Stanišić – Stojanović (Tabela 9 i Tabela 10).

Tabela 9. Kinematičke varijable veslačkog zaveslaja kod elitnog dvojca Vasić – Beđik

Varijable		Ukupni ugao zaveslaja (°)	Prednji ugao u zahvatu (°)	Zadnji ugao u kraju zaveslaja (°)	Efektivni ugao zaveslaja (°)	Dužina rada veslačkog sedišta (m)	Gradient sile u zahvatu (°)	Gradient sile u kraju (°)	Pozicija dostignuća maksimalne sile u dužini zaveslaja	
Elitni veslači	Miloš Vasić	T-28	80.5	47.2	33.4	52.1	0.501	17.3	23.6	46.0
		T-Reg	80.4	47.4	33.0	46.0	0.498	9.9	27.5	38.0
	Nenad Beđik	T-28	82.0	51.1	33.4	48.1	0.612	14.1	38.8	32.3
		T-Reg	81.4	49.3	32.0	41.6	0.616	11.1	43.6	29.1

Tabela 10. Kinematičke varijable veslačkog zaveslaja kod univerzitetskog dvojca Stanišić – Stojanović

Varijable			Ukupni ugao zaveslaja (°)	Prednji ugao u zahvatu (°)	Zadnji ugao u kraju zaveslaja (°)	Efektivni ugao zaveslaja (°)	Dužina rada veslačkog sedišta (m)	Gradient sile u zahvatu (°)	Gradient sile u kraju zaveslaja (°)	Pozicija dostignuća maksimalne sile u DZ (%)
Univerzitetski veslači	Luka Stojanovic	T-28	84.1	53.9	30.2	55.3	0.504	12.0	23.6	52.0
		T-Reg	83.2	53.4	29.7	58.9	0.509	10.8	24.6	52.1
	Filip Stanisic	T-28	81.9	50.7	31.2	38.2	0.508	24.2	20.3	48.5
		T-Reg	80.4	50.2	30.1	31.5	0.519	21.7	24.6	47.2

Kada je u pitanju varijabla Ukupni ugao zaveslaja, ne uočavaju se velike razlike između elitnih i univerzitetskih veslača. Neznatne razlike se uočavaju kod Prednjeg ugla u zahvatu, gde univerzitetski veslači ostvaruju nešto veće uglove i Zadnjeg ugla u kraju zaveslaja gde nešto veće uglove ostvaruju elitni veslači.

Kada je u pitanju Efektivni ugao zaveslaja vide se male oscilacije zaveslaja kod elitnih veslača (< 10 stepeni) u odnosu na drastične oscilacije univerzitetskog dvojca gde su te razlike veće od 27 stepeni.

Što se tiče Dužine rada veslačkog sedišta, veće razlike se uočavaju samo kod Nenada Beđika, a pretpostavka je da zbog visine od preko 200 cm, ovaj veslač ima veće telesne dimenzije ekstremiteta, a samim tim i duži rad sedišta tokom veslanja.

Kada je u pitanju varijabla Gradient sile u zahvatu nešto veće uglove postiže Filip Stanišić, što može doneti neuravnoteženost veslanja kod univerzitetskog dvojca. Miloš Vasić i Nenad Beđik imaju relativno male oscilacije u ovoj varijabli.

Na kraju, kod poslednje dve varijable, Gradient sile u kraju zaveslaja i Pozicija dostignuća maksimalne sile u dužini zaveslaja, vidi se da Miloš Vasić ostvaruje rezultate približne univerzitetskim veslačima.

Kada su u pitanju dinamičke varijable veslačkog zaveslaja, koje su predmet analize i diskusije ovog istraživanja, analizirano je 5 dinamičkih varijabli kod elitnog dvojca Vasić – Beđik i univerzitetskog dvojca Stanišić – Stojanović (Tabela 11 i Tabela 12).

Tabela 11. Dinamičke varijable veslačkog zaveslaja kod elitnog dvojca Vasić – Beđik

Varijable		Prosečna sila po masi veslača (N/kg)	Maksimalna sila (N)	Prosečna sila (N)	Veslačka Snaga (W)	Rad po zaveslaju (J)
Elitni veslači	Miloš Vasić	T-28	692	351	292	613
		T-Reg	658	377	402	618
	Nenad Beđik	T-28	764	360	310	650
		T-Reg	762	349	388	597

Tabela 12. Dinamičke varijable veslačkog zaveslaja kod univerzitetskog dvojca Stanišić – Stojanović

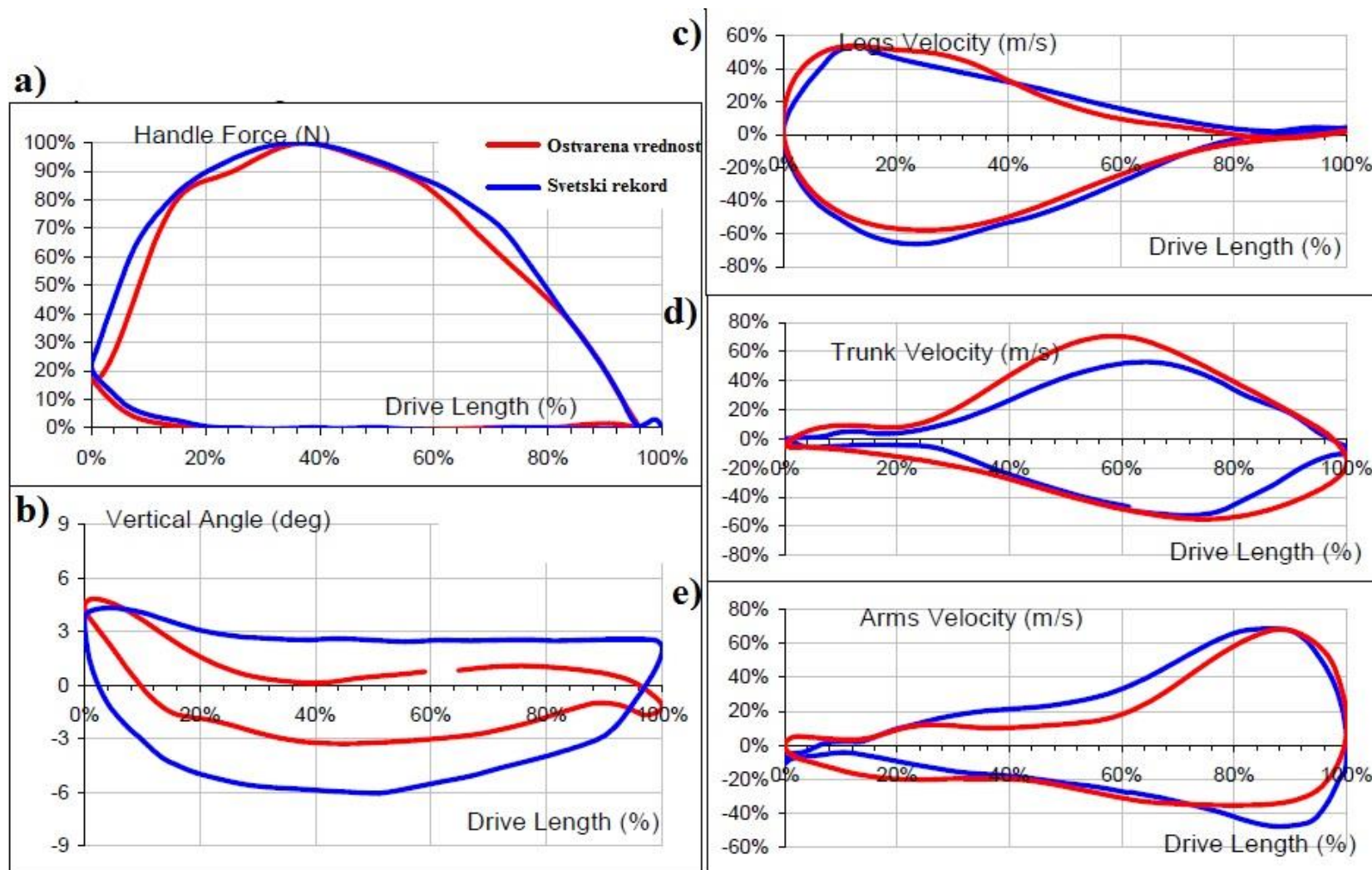
Varijable		Prosečna sila po masi veslača (N/kg)	Maksimalna sila (N)	Prosečna sila (N)	Veslačka Snaga (W)	Rad po zaveslaju (J)
Univerzitetski veslači	Luka Stojanovic	T-28	526	268	230	502
		T-Reg	522	286	257	499
	Filip Stanisic	T-28	566	245	219	477
		T-Reg	555	247	234	466

Ako posmatrano dinamičke varijable Prosečna sila po masi veslača, Maksimalna sila i Prosečna sila, uočava se da u varijabli Prosečna sila po masi veslača nema većih razlika kod elitnih i univerzitetskih veslača, dok apsolutne dinamičke varijable sile pokazuju razlike od preko 150 N po zaveslaju. Isto se dobija kada se analiziraju varijable Veslačka snaga i Rad po zaveslaju što nedvosmisleno upućuje na to da su elitni veslači dominantniji od univerzitetskih upravo u ovim pokazateljima.

U narednom delu rada, prikazana su pojedinačna poređenja elitnih i univerzitetskih veslača u odnosu na rezultate kinematičke i dinamičke analize ostvarene tokom aktuelnog svetskog rekorda, a u skladu sa **trećim ciljem ovog istraživanja**. Dobijeni rezultati daju dodatnu analizu i tumačenje odnosa kinematičkih i dinamičkih varijabli veslačkog zaveslaja.

Tabela 13. Rezultati kinematičkih i dinamičkih varijabli Miloša Vasića, elitnog veslača, u odnosu na aktuelni svetski rekord

Varijable	Rezultat svetskog rekorda	Dobijeni podaci ispitanika	Procenat razlike
Projektovano vreme na 2000m (min/sek)	06:08.0	06:31.9	-6.50%
Tempo zaveslaja (1/min)	38.0	39	2.60%
Ukupni ugao zaveslaja (°)	92.0	80.4	87.40%
Prosečna sila (N)	380.0	377.4	99.30%
Rad po zaveslaju (J)	789.0	618.2	78.30%
Veslačka snaga (W)	500.0	402	80.30%
Prednji ugao u zahvatu (°)	-59.0	-47.4	-19.60%
Zadnji ugao u kraju zaveslaja (°)	33.0	33	-0.10%
Efektivni ugao zaveslaja (°)	80%	26.40%	-67.10%
Maksimalna sila (N)	760	657.6	-13.50%
Pozicija dostignuća maksimalne sile u DZ (% of DZ)	35%	38.00%	8.50%
Gradijent sile u zahvatu (°)	9.2	9.9	7.40%
Gradijent sile u kraju zaveslaja (°)	27.6	26.8	-3.00%
Dužina kretanja veslačkog sedišta (m)	0.6	0.5	-16.90%

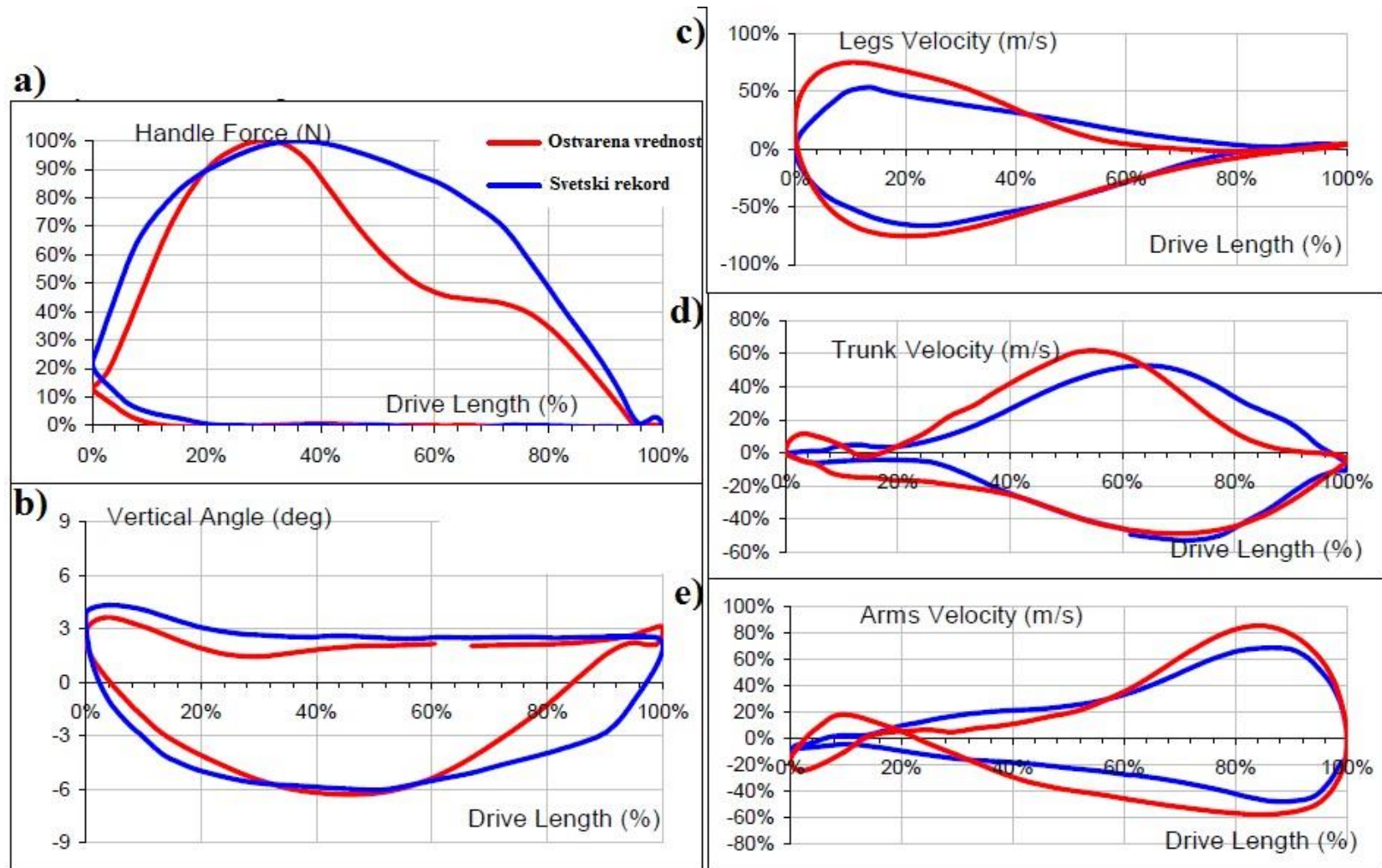


Slika 16. Rezultati kinematičkih i dinamičkih varijabli Miloša Vasića, elitnog veslača, u odnosu na aktuelni svetski rekord

Upoređujući kinematičke i dinamičke varijable Miloša Vasića, elitnog veslača, u odnosu na varijable aktuelnog svetskog rekorda dobijamo da dinamičke varijable kod zaostaju 1% do 20% za svetskim rekordom (Tabela 13). Pokazatelji jednih od najznačajnijih varijabli, Maksimalne sile i Prosečne sile, pokazuju vrlo mala odstupanja od svetskog rekorda (1% do 13.5%). Kada se pogleda Slika 16 (skica a), uočava se gotovo identično dostizanje maksimalnog nivoa sile (na istom nivou) kao i kod svetskog rekorda, kao i prirast sile, koji ukazuje na veliku eksplozivnost pokreta. Kada su u pitanju kinematičke varijable, najveće odstupanje se ogleda u Uglu zahvata (Slika 16, skica b), dok kod ostalih kinematičkih varijabli nema većeg odstupanja (Slika 16, skice c, d i e).

Tabela 14. Rezultati kinematičkih i dinamičkih varijabli Nenada Beđika, elitnog veslača, u odnosu na aktuelni svetski rekord

Varijable	Rezultat svetskog rekorda	Dobijeni podaci ispitanika	Procenat razlike
Projektovano vreme na 2000m (min/sek)	06:08.0	06:31.9	-6.50%
Tempo zaveslaja (1/min)	38.0	39	2.60%
Ukupni ugao zaveslaja (°)	92.0	81.4	88.40%
Prosečna sila (N)	380.0	349.1	91.90%
Rad po zaveslaju (J)	789.0	597.3	75.70%
Veslačka snaga (W)	500.0	388	77.60%
Prednji ugao u zahvatu (°)	-59.0	-49.3	-16.40%
Zadnji ugao u kraju zaveslaja (°)	33.0	32	-3.00%
Efektivni ugao zaveslaja (°)	80%	59.70%	-25.80%
Maksimalna sila (N)	760	762.5	0.30%
Pozicija dostignuća maksimalne sile u DZ (% of DZ)	35%	29.10%	-17.00%
Gradijent sile u zahvatu (°)	9.2	11.1	21.00%
Gradijent sile u kraju zaveslaja (°)	27.6	43.6	57.80%
Dužina kretanja veslačkog sedišta (m)	0.6	0.62	2.90%

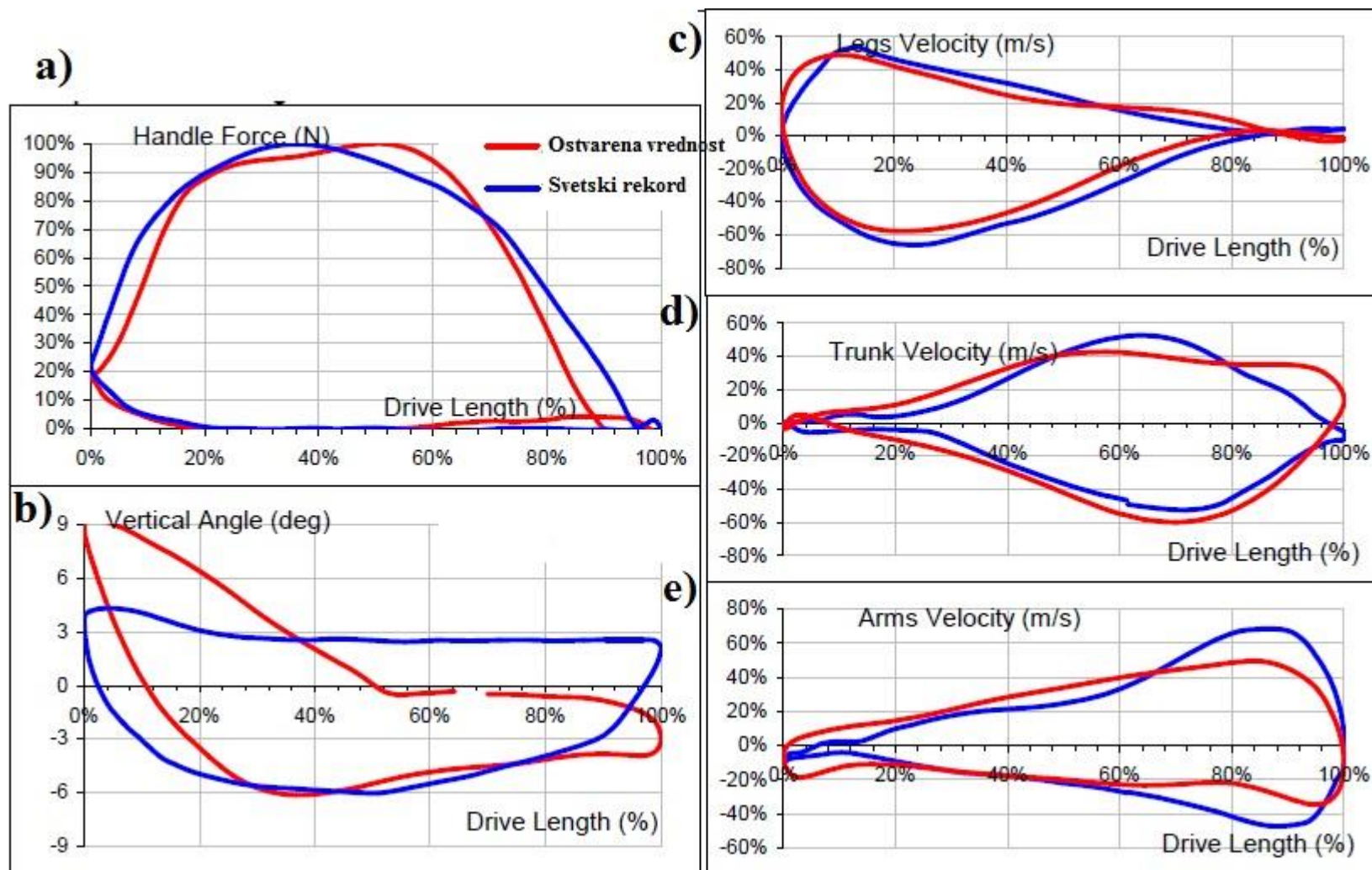


Slika 17. Rezultati kinematičkih i dinamičkih varijabli Nenada Beđika, elitnog veslača, u odnosu na aktuelni svetski rekord

Dinamičke varijable kod elitnog veslača Nenada Beđika zaostaju 0.3% do 25% za svetskim rekordom (Tabela 14). Pokazatelji jednih od najznačajnijih varijabli, Maksimalne sile i Prosečne sile, pokazuju još manja odstupanja od svetskog rekorda od Miloša Vasića (0.3% do 8%). Kada se pogleda Slika 17 (skica a), uočava se brže dostizanje maksimalnog nivoa sile od svetskog rekorda. Uz to, veći je i prirast sile, koji ukazuje na veliku eksplozivnost pokreta, čak i veći prirast od svetskog rekorda. Međutim, nakon brzog dostizanja maksimalnog nivoa sile, uočava se brži pad nivoa sile kod Nenada Beđika u odnosu na svetski rekord. Kada su u pitanju kinematičke varijable, nema većeg odstupanja u Uglu zahvata (Slika 17., skica b), dok kod ostalih kinematičkih varijabli Nenad Beđik postiže bolje rezultate od svetskog rekorda (Slika 17., skice, c, d i e).

Tabela 15. Rezultati kinematičkih i dinamičkih varijabli Luke Stojanovića, univerzitetskog veslača, u odnosu na aktuelni svetski rekord

Varijable	Rezultat svetskog rekorda	Dobijeni podaci ispitanika	Procenat razlike
Projektovano vreme na 2000m (min/sek)	06:08.0	06:57.9	-13.60%
Tempo zaveslaja (1/min)	38.0	30.9	-18.60%
Ukupni ugao zaveslaja (°)	92.0	83.2	90.40%
Prosečna sila (N)	380.0	286.4	75.40%
Rad po zaveslaju (J)	789.0	498.9	63.20%
Veslačka snaga (W)	500.0	257	51.50%
Prednji ugao u zahvatu (°)	-59.0	-53.4	-9.40%
Zadnji ugao u kraju zaveslaja (°)	33.0	29.7	-9.90%
Efektivni ugao zaveslaja (°)	80%	77.20%	-4.00%
Maksimalna sila (N)	760	522.4	-31.30%
Pozicija dostignuća maksimalne sile u DZ (% of DZ)	35%	52.10%	48.90%
Gradijent sile u zahvatu (°)	9.2	10.8	17.30%
Gradijent sile u kraju zaveslaja (°)	27.6	24.6	-10.80%
Dužina kretanja veslačkog sedišta (m)	0.6	0.51	-15.20%

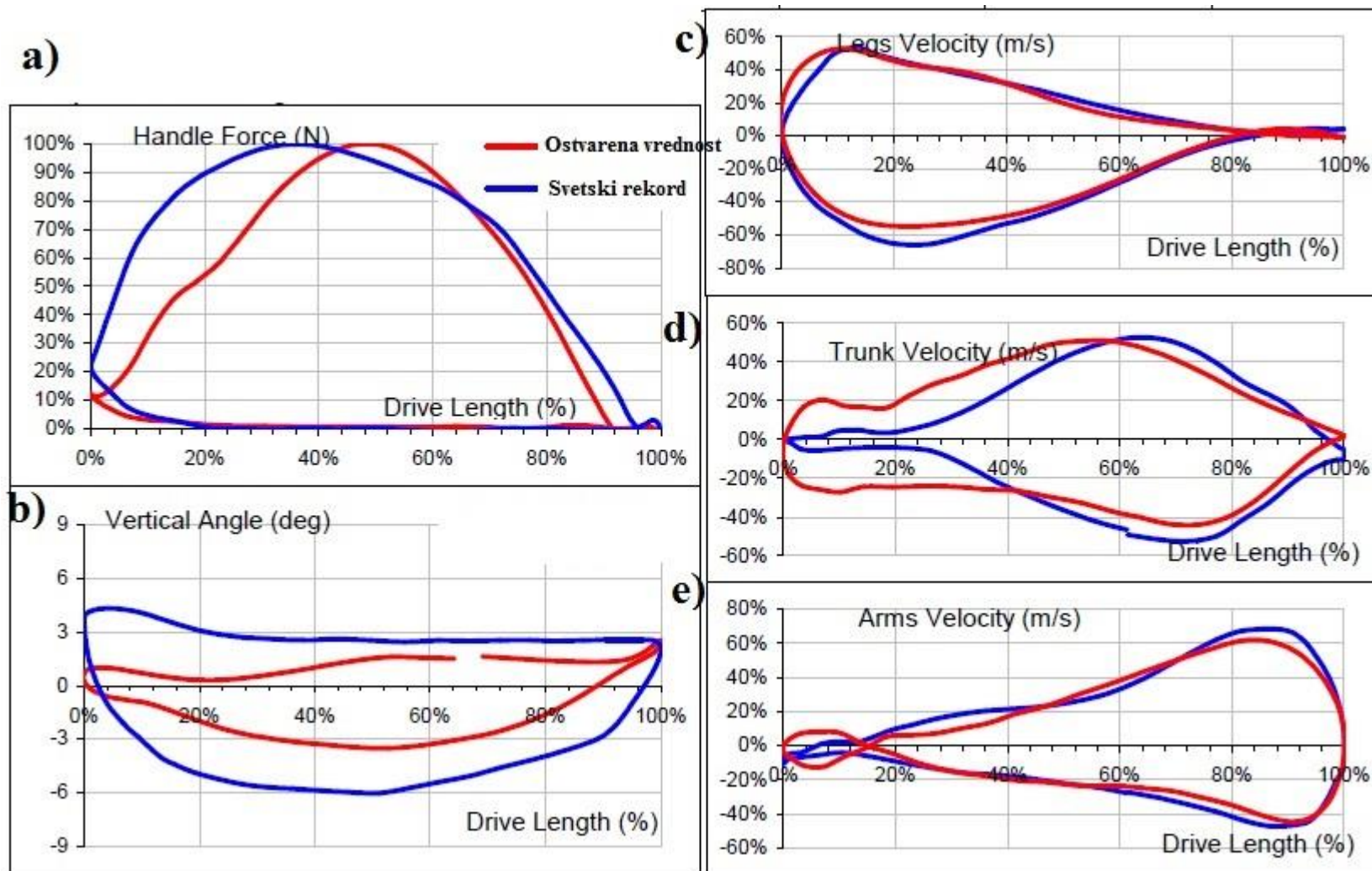


Slika 18. Rezultati kinematičkih i dinamičkih varijabli Luke Stojanovića, univerzitetskog veslača, u odnosu na aktuelni svetski rekord

Dinamičke varijable kod univerzitetskog veslača Luke Stojanovića zaostaju čak 25% do 75% za svetskim rekordom (Tabela 15). Uz niže vrednosti dinamičkih varijabli, kada se pogleda Slika 18. (skica a), uočava se i dosta kasno dostizanje maksimalnog nivoa sile u odnosu na svetski rekord. To rezultira manjim prirastom sile, uz manju eksplozivnost pokreta. Kada su u pitanju kinematičke varijable, osim nešto većeg odstupanja u Ukupnom uglu zaveslaja (Slika 18, skica b), kod ostalih kinematičkih varijabli nema drastičnih odstupanja (Slika 18, skica, c, d i e).

Tabela 16. Rezultati kinematičkih i dinamičkih varijabli Filipa Stanišića, univerzitetskog veslača, u odnosu na aktuelni svetski rekord

Varijable	Rezultat svetskog rekorda	Dobijeni podaci ispitanika	Procenat razlike
Projektovano vreme na 2000m (min/sek)	06:08.0	06:57.9	-13.60%
Tempo zaveslaja (1/min)	38.0	30.9	-18.60%
Ukupni ugao zaveslaja (°)	92.0	80.4	87.30%
Prosečna sila (N)	380.0	240.2	63.20%
Rad po zaveslaju (J)	789.0	440.7	55.80%
Veslačka snaga (W)	500.0	227	45.40%
Prednji ugao u zahvatu (°)	-59.0	-50.2	-14.90%
Zadnji ugao u kraju zaveslaja (°)	33.0	30.1	-8.70%
Efektivni ugao zaveslaja (°)	80%	33.00%	-59.00%
Maksimalna sila (N)	760	544.7	-28.30%
Pozicija dostignuća maksimalne sile u DZ (% of DZ)	35%	47.00%	34.40%
Gradijent sile u zahvatu (°)	9.2	21.9	138.60%
Gradijent sile u kraju zaveslaja (°)	27.6	24.1	-12.60%
Dužina kretanja veslačkog sedišta (m)	0.6	0.5	-16.00%



Slika 19. Rezultati kinematičkih i dinamičkih varijabli Luke Stojanovića, univerzitetskog veslača, u odnosu na aktuelni svetski rekord

Dinamičke varijable kod univerzitetskog veslača Filipa Stanišića zaostaju čak 13% do 72% za svetskim rekordom (Tabela 16). Kao i kod Luke Stojanovića i kod Filipa Stanišića, uz niže vrednosti dinamičkih varijabli, kada se pogleda Slika 19 (skica a), uočava se i dosta kasno dostizanje maksimalnog nivoa sile u odnosu na svetski rekord. To naravno rezultira već pomenutim nižim nivoom prirasta sile. Kada se sagledaju kinematičke varijable zaveslaja u odnosu na svetski rekord, osim nešto većeg odstupanja u Ukupnom uglu zaveslaja (Slika 19, skica b), kod ostalih kinematičkih varijabli nema drastičnih odstupanja (Slika 19, skica c, d i e).

5. DISKUSIJA

Da bi se razumela pozicija i tendencije sporta u savremenom društvu, neophodno je razumeti da je sport jedna od najbrže rastućih privrednih grana u poslednjih 30 godina. U skladu sa tim postavljaju se veliki zahtevi i izazovi za sve učesnike na svim nivoima.

Iz godine u godinu raste broj učesnika u sportu na celoj planeti. Najveći sportski događaji, zahvaljujući modernim svetskim tehnologijama su najpraćeniji svetski događaji, dok vrhunski sportisti ulaze u red najplaćenijih ljudi na svetu.

Da bi se odgovorilo svim zahtevima, i nekada amaterski sportovi postali su profesionalni na reprezentativnom nivou. Takmičarski vek sportista produžio se 10 i više godina u odnosu na prethodni period.

Broj zemalja u veslanju koji nastupa na svetskim prvenstvima, povećao se sa 13-16 po disciplini na 25-35 po disciplini. Utvrđeni rast rezultata u veslanju u proseku iznosi 1,2 sekunde po godini.

Da bi se pratio taj trend rasta rezultata, neophodno je u rad implementirati rezultate najnovijih istraživanja, primenu najsavremenije merne i monitoring tehnologije, kao i posedovanje najsavremenije veslačke opreme. Zato i ne čudi da savremeni sistemi za merenje i analizu veslačkog zaveslaja, svojim rezultatima ruše stare klišee i nude nove mogućnosti u dolaženju do vrhunskog rezultata.

Rukovodeći se svim gore navedenim saznanjima i zakonitostima, težnja ovog rada je da sve izmerene varijable i rezultati budu u duhu najsavremenijih tendencija iz oblasti biomehanike veslačkog zaveslaja.

S tim u vezi, u skladu sa **prvim ciljem ovog istraživanja**, rezultati dobijeni merenjem kinematičkih varijabli kod grupe elitnih seniorskih veslača i univerzitetskih veslača ne pokazuju značajne razlike. Razlozi za to su verovatno sledeći:

1. Veslački čamci savremene proizvodnje kao i vesla, izgrađeni su po savremenoj tehnologiji i materijala i od strane proizvođača postavljeni su i naštelovani da veslač kada sedne u čamac već sedi u optimalnim uslovima zahvata odnosno kraja zaveslaja. Takođe, savremeni veslački čamci i vesla imaju mogućnost lakog podešavanja sedeće visine veslača u čamcu kao i podešavanje ugla odupirača nogu, pa tako treneri mogu da koriguju i potencijalne morfološke razlike koje poseduju veslači i da svakom veslaču omoguće lako dostizanje optimalnog ugla u zahvatu (od 53° do 57°) kao i optimalni ugao u kraju zaveslaja (32° - 33°) kod rimen veslača, što približno daje totalni ugao zaveslaja od (88° - 90°). To znači da veliki broj kinematičkih varijabli vezanih za dužinu zaveslaja, prednji, zadnji ugao zaveslaja, dužinu kretanja pomičnog sedišta u čamcu je uniformisan za svakog veslača. Vesla savremene proizvodnje takođe zahvaljujući obliku i materijalima od kojih su napravljeni, kao i lakom povećanju i smanjenju dužine, olakšavaju pronalaženje otpora u zoni zahvata sa minimalnim propadanjem lopate vesla pod vodu, kao i stabilnije vođenje lopate tokom zaveslaja kroz vodu, sa održavanjem punog otpora do samog kraja zaveslaja. To ukazuje da kod velikog broja varijabli: ugao propadanja lopate u zahvatu i kasno pronalaženje otpora u zoni zahvata kao i rani izlazak vesla iz vode i rani gubitak otpora na lopati, održavanje iste dubine, lopate tokom zaveslaja, daje iste ili slične rezultate kod elitnih i subelitnih veslača.

2. Savremeni merni uređaji na tržištu lako su dostupni svakom treneru, najpoznatiji su:

- Bio Row System,
- Weba merni sistemi,
- Nilsen-Kelerman merni sistemi

3. Konkretno, svi ispitani veslači imaju homogen, konstantan obrazac zaveslaja, što se dovodi u vezu sa tim da su svi testirani veslači prošli identičnu obuku veslanja, gde se velika pažnja poklanja pravilnom izvođenju tehnike. Takođe, svi veslači testirani su u istom čamcu, što ukazuje da vrhunski čamac, koji je dobro podešen, doprinosi kvalitetu kinematičkih varijabli.

Rezultati dobijeni merenjem dinamičkih varijabli (što je takođe u skladu sa **prvim ciljem ovog istraživanja**) kod grupe elitnih seniorskih veslača i subelitnih univerzitetskih veslača pokazuju značajne razlike kod elitnih u odnosu na subelitne veslače. Jedan od razloga ovakvih rezultata ogleda se i u činjenici da morfologija u velikoj meri utiče na određene dinamičke varijable (sila, snaga, rad). Kako je u ovom istraživanju pokazano da se elitni i univerzitetski veslači razlikuju u telesnoj visini i telesnoj masi, onda je očekivano da se razlike između ovih ispitanika pojave i u dinamičkim varijablama, jer su, pre svega, sila i snaga u velikoj meri zavisne od telesnih dimenzija (Jarić, 2002; Prebeg i sar., 2013; Ćuk i sar., 2017).

Pored toga, sistem selekcije veslača u Srbiji je takav da se od početka karijere u mlađim kategorijama, elitni veslači izdvajaju po morfologiji i uspešnosti u veslanju. Primer elitnih veslača iz ovog istraživanja (Vasić, Beđik, Tričković i Mladenović) govori da su oni imali bolje rezultate od ostalih i tako uspešno prolazili kroz uzrasne kategorije i u svakoj uzrasnoj kategoriji pokazivali zapažene svetske rezultate (junior i kadeti - balkanski prvaci, finalisti svetskih i evropskih prvenstava, mlađi seniori - osvajači svetskih medalja).

Veliki značaj u tome što se elitni od univerzitetskih veslača razlikuju samo u dinamičkim varijablama jeste i činjenica da svi veslači potiču iz iste "škole" veslanja. To znači da su svi dostigli približno isti, vrhunski nivo, kada je u pitanju kinematika veslačkog zaveslaja, ali ono što razdvaja elitne od univerzitetskih veslača jeste upravo ispoljavanje dinamičkih varijabli zaveslaja (sila, snaga rad...) koja je u velikoj meri povezana sa morfološkim predispozicijama (konkretno – apsolutna masa i visina). Sem toga, elitni veslači zadovoljavaju najviše međunarodne standarde rada, što znači da imaju u proseku 1000 sati treninga na godišnjem nivou i imaju sposobnost održavanja visokog nivoa

angažovanja i motivacije za radom/treningom tokom cele sezone, što utiče na njihov konstantan razvoj merljivih parametara u veslanju.

U skladu sa **drugim ciljem ovog istraživanja** najznačajnije je bilo utvrditi korelaciju između brzine čamca i svih ostalih kinematičkih i dinamičkih varijabli (Tabela 5). Pozitivna vrednost Spearmanovog koeficijenta otkrila je da sa povećanjem Zadnjeg ugla u kraju zaveslaja raste brzina čamca. Od dinamičkih varijabli, značajnu pozitivnu povezanost sa brzinom čamca imale su samo Prosečna sila i Veslačka snaga. Značajno je uočiti da vrednost Prosečne sila ima daleko veći značaj od vrednosti Maksimalne sile (Tabela 5). To pokazuje da je značajna karakteristika elitnih veslača sposobnost da se tokom čitave trke održi ujednačena visoka sila, a samim tim i snaga zaveslaja. Ovaj podatak, verovatno, ukazuje i na značaj izdržljivosti u snazi, pa bi u narednoj studiji bilo korisno ovaj dinamički parametar zaveslaja analizirati u odnosu na metaboličke pokazatelje ispitanika (VO^2_{max} i anaerobni prag).

U skladu sa **trećim ciljem ovog istraživanja**, analizirani su rezultati seniorskog elitnog dvojca (Vasić - Beđik) i univerzitetskog dvojca (Stojanović - Stanišić). Sagledavajući prvo morfološke karakteristike navedenih veslača, uočavamo značajne razlike u visini i težini u korist elitnog dvojca Vasić – Beđik (Tabela 6.) Telesna masu i telesna visina ispitanika kod elitnih veslača iz ovog istraživanja u skladu su sa dosadašnjim istraživanjima (Burgois i sar, 2000, Mikulic, 2008), gde su prosečne telesne visine elitnih veslača od 194.0 ± 2.7 cm i prosečne telesne mase od 97.2 ± 4.4 kg. Isti autori ističu da je potrebna minimalna visina od 190 cm i težina od 95 kg veslača (od čega 80 kg bezmasne komponente u pripremnom periodu), kako bi dostigli elitni svetski nivo veslanja. Kao najbolja ilustracija opravdanosti prikazanih rezultata, govori činjenica da je elitni dvojac Vasić - Beđik trenutno najuspešniji srpski reprezentativni dvojac. Oni su višestruki učesnici Olimpijskih igara; u Londonu 2012. godine i Riju 2016. godine i osvajači evropskih medalja 2012., 2013., 2015. i 2017. godine, kao i osvajači svetske seniorske medalje u 2015. godini. Sa druge strane univerzitetski dvojac predstavlja osvajače medalja na nacionalnom prvenstvu bez međunarodnih rezultata.

Radi potpunijeg sagledavanja efikasnosti veslačkog zaveslaja, u ovom radu su vršena merenja kinematičkih i dinamičkih varijabli zaveslaja na trenažnom (T-28) i regatnom tempu (T-reg).

Kada govorimo o brzini kretanja čamca, konsultujući dosadašnja istraživanja, uočavamo da su elitni veslači ostvarili prosečne regatne brzine od blizu 5 m/s (Černik, 2015), što je u saglasnosti sa rezultatima ostvarenim u ovom istraživanju (Tabela 7. i Tabela 8.). Tokom merenja prosečne brzine čamca na regatnom tempu (T-Reg) i trenažnom tempu (T-28), kod elitnih veslača (dvojac Vasić – Beđik) je zapažen jasan priraštaj brzine od T-28 do T-Reg (Tabela 7). Taj priraštaj brzine od 54 sekunde ukazuje da veslanjem na T-Reg nije došlo do narušavanja kinematičkih varijabli zabeleženih kao obrazac zaveslaja na T-28, a sa druge strane govori o dovoljnom priraštaju dinamičkih varijabli od trenažnog tempa do regatnog tempa.

Kod univerzitetskih veslača (dvojac Stojanović – Stanišić), zapaža se zadovoljavajuća brzina na T-28, ali priraštaj brzine na T-Reg je svega 18 sekundi (Tabela 8). Kasnijom analizom obrasca zaveslaja univerzitetskih veslača (vidi poglavlje Prilozi; strana 73) uočavamo da kinematičke varijable nisu narušene na T-Reg u odnosu na T-28, ali je priraštaj dinamičkih varijabli bio nedovoljan da generiše zadovoljavajuću brzinu na T-Reg. Specifično govoreći, pri regatnoj brzini veslanja, elitni dvojac vesla brzinom od 5.15 m/s u odnosu na 4.47 m/s koliko veslaju univerzitetski veslači u dvojcu. S tim u vezi, projektovano vreme na 2000 m razlikuje se čak za ceo minut. Treba imati u vidu da su oba veslačka dvojca vrlo iskusna i da zajedno veslaju godinama, pa je važno sagledati kinematičke i dinamičke varijable veslačkog zaveslaja koji utiču na ove razlike u brzini kretanja čamca. ...

U tabelama 9. i 10. su prikazani kinematički pokazatelji zaveslaja elitnih i univerzitetskih veslača na T-reg i T-28. Kada je u pitanju varijabla Ukupni ugao zaveslaja, ne uočavaju se velike razlike između elitnih i univerzitetskih veslača. Neznatne razlike se uočavaju kod Prednjeg ugla u zahvatu, gde univerzitetski veslači ostvaruju nešto veće uglove i Zadnjeg ugla u kraju zaveslaja gde nešto veće uglove ostvaruju elitni veslači.

Kada je u pitanju Efektivni ugao zaveslaja vide se male oscilacije zaveslaja kod elitnih veslača (< 10 stepeni) u odnosu na drastične oscilacije univerzitetskog dvojca gde su te razlike veće od 27 stepeni. Ova razlika se može pripisati činjenici, da su elitni veslači u prethodnim godinama ostvarivali znatno veću kilometražu u odnosu na univerzitetske veslače, pa iz toga proizilazi da su sinhronizovaniji i kod njih beležimo minimalne oscilacije. Što se tiče Dužine rada veslačkog sedišta, veće razlike se uočavaju samo kod Nenada Beđika, a pretpostavka je da zbog visine od preko 200 cm, ovaj veslač ima veće telesne dimenzije ekstremiteta, a samim tim i duži rad sedišta tokom veslanja. To ovom veslaču donosi veliku prednost kada je veslanje u pitanju, a što navodi Claessens (2005). Kada je u pitanju varijabla Gradijent sile u zahvatu nešto veće uglove postiže Filip Stanišić, što može doneti neuravnoteženost veslanja kod univerzitetskog dvojca. Miloš Vasić i Nenad Beđik imaju relativno male oscilacije u ovoj varijabli. Na kraju, kod poslednje dve varijable, Gradient sile u kraju zaveslaja i Pozicija dostignuća maksimalne sile u dužini zaveslaja, vidi se da Miloš Vasić ostvaruje rezultate približne univerzitetskim veslačima.

U tabelama 11. i 12. su prikazani dinamički pokazatelji zaveslaja elitnih i univerzitetskih veslača na T-reg i T-28. Ako posmatrano dinamičke varijable Prosečna sila po masi veslača, Maksimalna sila i Prosečna sila, uočava se da u varijabli Prosečna sila po masi veslača nema većih razlika kod elitnih i univerzitetskih veslača, dok apsolutne dinamičke varijable sile pokazuju razlike od preko 150 N po zaveslaju, što omogućava prosečnu silu po zaveslaju kod elitnih veslača značajno veću od univerzitetskih veslača. Isti zaključak se dobija kada se analiziraju varijable Veslačka snaga i Rad po zaveslaju što nedvosmisleno upućuje na to da su elitni veslači dominantniji od univerzitetskih upravo u ovim pokazateljima. Slične rezultati pokazani su i na testiranjima na veslačkim ergometrima (Černe i sar., 2015) gde su elitni veslači bili bolji po apsolutnim dinamičkim pokazateljima zaveslaja. Međutim, isti autori navode vrednosti maksimalne sile juniorskih veslača od preko 1000 N, što daleko prevazilazi podatke iz čamca vrhunskih seniorskih veslača (Vasić i Beđik), koji ostvaruju sile između 658 N i 764 N. Takođe, Černe i sar. (2015) navode vrednosti prosečne sile od 390 N do 597 N, dok kod elitnih veslača u ovom istraživanju one ne prelaze 377 N. Ovo samo govori u prilog tome, da je izrazito važno da

se kinematika i dinamika veslačkog zaveslaja testiraju u situacionim uslovima, tj. tokom veslanja u čamcu.

Radi potpunijeg sagledavanja efikasnosti veslačkog zaveslaja, u ovom radu su vršena merenja kinematičkih i dinamičkih varijabli zaveslaja na trenažnom (T-28) i regatnom tempu (T-reg). Cilj je bio da se utvrdi da li se kinematičke i dinamičke varijable menjaju pri povećanju tempa zaveslaja. Rezultati su pokazali da u kinematičke varijable u velikoj meri konzistentne i kod elitnih i kod univerzitetskih veslača. Iz toga možemo zaključiti da je obrazac zaveslaja i kod elitnih i kod univerzitetskih veslača zadovoljavajuće usvojen, kao i da ne postoje značajne razlike u vrednosti izmerenih varijabli kod elitnih u odnosu na univerzitetske veslače. Kod dinamičkih varijabli, kod elitnih veslača, uočavaju se značajne razlike u rezultatima na T-reg u odnosu na T-28 u varijablama Prosečna sila i Veslačka snaga. To nam govori da u elitni veslači dobro utrenirani i da ostvaruju zadovoljavajući prirast sile i snage po zaveslaju na T-reg u odnosu na T-28. Sa druge strane, univerzitetski veslači nisu ostvarili dovoljan napredak u izmerenim dinamičkim varijablama na T-reg u odnosu na T-28.

U narednom delu rada, prikazana su pojedinačna poređenja elitnih i univerzitetskih veslača u odnosu na rezultate kinematičke i dinamičke analize ostvarene tokom aktuelnog svetskog rekorda, u **skladu sa trećim ciljem ovog istraživanja**. Dobijeni rezultati daju dodatnu analizu i tumačenje odnosa kinematičkih i dinamičkih varijabli veslačkog zaveslaja.

Upoređujući kinematičke i dinamičke varijable Miloša Vasića, elitnog veslača, u odnosu na varijable aktuelnog svetskog rekorda dobijamo da dinamičke varijable kod zaostaju 1% do 20% za svetskim rekordom (Tabela 13). Pokazatelji jednih od najznačajnijih varijabli, Maksimalne sile i Prosečne sile, pokazuju vrlo mala odstupanja od svetskog rekorda (1% do 13.5%). Kada se pogleda Slika 16 (skica a), uočava se gotovo identično dostizanje maksimalnog nivoa sile (na istom nivou) kao i kod svetskog rekorda, kao i prirast sile, koji ukazuje na veliku eksplozivnost pokreta. Kada su u pitanju kinematičke varijable, najveće odstupanje se ogleda u Uglu zahvata (Slika 16, skica b), dok

kod ostalih kinematičkih varijabli nema većeg odstupanja (Slika 16, skice c, d i e). To pokazuje da prostor za napredak Miloša Vasića leži upravo u poboljšanju ove kinematičke varijable, što predstavlja značajnu smernicu za njegovo dalje usavršavanje. Upravo mogućnost ovakve transparentne uporedne analize zaveslaja, predstavlja novinu koju nosi sa sobom analiza zaveslaja uz pomoć modernih biomehaničkih uređaja, kao što je BioRow i vrlo efikasno daje smernice u kom pravcu treba da ide dalji razvoj sportiste. Takođe, treba imati u vidu da su se razlikovali uslovi na vodi tokom ovog istraživanja i tokom svetskog rekorda (temperatura vazduha i vode, smer i jačina vetra, motivacija...), te ove rezultate treba gledati i sa blagom rezervom. Dinamičke varijable kod elitnog veslača Nenada Beđika zaostaju 0.3% do 25% za svetskim rekordom (Tabela 14). Pokazatelji jednih od najznačajnijih varijabli, Maksimalne sile i Prosečne sile, pokazuju još manja odstupanja od svetskog rekorda od Miloša Vasića (0.3% do 8%). Kada se pogleda Slika 17 (skica a), uočava se brže dostizanje maksimalnog nova sile od svetskog rekorda. Uz to, veći je i prirast sile, koji ukazuje na veliku eksplozivnost pokreta, čak i veći prirast od svetskog rekorda. Međutim, nakon brzog dostizanja maksimalnog nivoa sile, uočava se brži pad nivoa sile kod Nenada Beđika u odnosu na svetski rekord. Kada su u pitanju kinematičke varijable, nema većeg odstupanja u Uglu zahvata (Slika 17., skica b), dok kod ostalih kinematičkih varijabli Nenad Beđik postiže bolje rezultate od svetskog rekorda (Slika 17., skice, c, d i e). Sve ove varijable govore u prilog tome da je Nenada Beđik jedan od najboljih veslača na svetu, po određenim testiranim parametrima. Kao i u slučaju Miloša Vasića, ovakva vrsta uporedne analize veslačkog zaveslaja, daje jasne smernice u kom pravcu treba da se razvija dalje usavršavanje ovog veslača.

Dinamičke varijable kod univerzitetskog veslača Luke Stojanovića zaostaju čak 25% do 75% za svetskim rekordom (Tabela 15). Uz niže vrednosti dinamičkih varijabli, kada se pogleda Slika 18. (skica a), uočava se i dosta kasno dostizanje maksimalnog nivoa sile u odnosu na svetski rekord. To rezultira manjim prirastom sile, uz manju eksplozivnost pokreta. Kada su u pitanju kinematičke varijable, osim nešto većeg odstupanja u Ukupnom uglu zaveslaja (Slika 18, skica b), kod ostalih kinematičkih varijabli nema drastičnih odstupanja (Slika 18, skica, c, d i e). Dinamičke varijable kod univerzitetskog veslača

Filipa Stanišića zaostaju čak 13% do 72% za svetskim rekordom (Tabela 16). Kao i kod Luke Stojanovića i kod Filipa Stanišića, uz niže vrednosti dinamičkih varijabli, kada se pogleda Slika 19 (skica a), uočava se i dosta kasno dostizanje maksimalnog nivoa sile u odnosu na svetski rekord. To naravno rezultira već pomenutim nižim nivoom prirasta sile. Kada se sagledaju kinematičke varijable zaveslaja u odnosu na svetski rekord, osim nešto većeg odstupanja u Ukupnom uglu zaveslaja (Slika 19, skica b), kod ostalih kinematičkih varijabli nema drastičnih odstupanja (Slika 19, skica c, d i e), što govori u prilog prethodno pominjanim istraživanjima, da se seniorski veslači univerzitetskog i elitnog nivoa pre svega razlikuju u dinamičkim varijablama veslačkog zaveslaja.

6. TEORIJSKI I PRAKTIČNI DOPRINOS DOBIJENIH REZULTATA

Koristeći sofisticiranu opremu za merenje kinematičkih i dinamičkih varijabli zaveslaja u situacionim veslačkim uslovima, dobijeni su rezultati koji značajno daju doprinos analizi veslačkog zaveslaja. Kvalitet modela veslačkog čamca u kome je vršeno testiranje (Empacher R-32), a u kome je osvojena zlatna medalja na Olimpijskim Igrama u Londonu 2012. i Rio de Ženeiru 2016., kao i kvalitet testiranih veslača dodatno doprinose vrednosti i autentičnosti dobijenih rezultata.

Za kvalitet analize veslačkog zaveslaja i dodatno razumevanje kako i u kojoj meri kinematičke i dinamičke varijable utiču na veslački zaveslaj, značajni su i rezultati izmereni kod univerzitetskih veslača. Sama činjenica da su i elitni i univerzitetskih veslači prilikom merenja koristili identično kalibrisanu opremu, kao i isti čamac i vesla u situacionim uslovima, isključuje se mogućnost sumnje u validnost dobijenih rezultata. S tim u vezi, rezultati koji su korišćeni za analizu veslačkog zaveslaja u ovom radu mogu se koristiti kao značajni i u budućim istraživanjima.

Praktična vrednost dobijenih rezultata višestruko se može koristiti kako u trenažnoj praksi, tako i u selekciji sportista. Za doprinos u trenažnoj praksi, metodologija meranja, kao i dobijeni rezultati kinematičkih i dinamičkih varijabli, mogu se značajno koristiti za:

1. Učenje veslačke tehnike
2. Razumevanje senzitivnog perioda razvoja sportista i kada je adekvatno usvajati i razvijati određene kinematičke i dinamičke veličine.
3. Dijagnostiku trenutnog nivoa veslačke tehnike. Naime jedno merenje kinematike i dinamike veslačkog zaveslaja u situacionim uslovima daje pravu sliku veslačkog zaveslaja i na osnovu tih rezultata mogu se sa velikom sigurnošću odrediti dalji pravci u trenažnom procesu testiranih veslača.

4. Upoređivanje dobijenih rezultata sa etalonskim rezultatima. Na taj način, uočene razlike i nedostaci u određenim varijablama se mogu nadomestiti i dalje usavršavati, što skraćuje put u sticanju vrhunskih rezultata.
5. Selekciju veslača svih uzrasnih kategorija.

7. ZAKLJUČAK

Na uzorku od 12 veslača (4 elitnog nivoa i 8 univerzitetskog) izvršeno je merenje kinematičkih i dinamičkih parametara koji se ispoljavaju tokom veslačkog zaveslaja. Podaci su prikupljeni visoko sofisticiranim BioRow sistemom u situacionim uslovima. Na osnovu dobijenih rezultata moguće je izvesti sledeće zaključke:

1. Elitni i univerzitetski veslači razlikuju se statistički značajno u sledećim kinematičkim (Zadnji ugao u kraju zaveslaja) i dinamičkim (Maksimalna sila, Prosečna sila, Veslačka snaga i Rad po zaveslaju) varijablama u korist elitnih veslača.
2. Na brzinu veslanja statistički značajno utiču Visina tela i Masa tela (morfološke varijable), Zadnji ugao u kraju zaveslaja (kinematička varijabla) i Prosečna sila i Veslačka snaga (dinamičke varijable).
3. Nakon upoređivanja elitnih i univerzitetskih dvojaca u dva režima veslanja (regatni i trenazni), prepoznate su značajne razlike u kinematičkim varijablama Efektivni ugao zaveslaja i Pozicija dostignuća maksimalne sile u dužini zaveslaja, kao i u dinamičkim varijablama Maksimalna sila, Prosečna sila, Veslačka snaga i Rad po zaveslaju. Navedene razlike idu u korist elitnih veslača.
4. Nakon upoređivanja elitnih i univerzitetskih veslača sa referentnim vrednostima svetskog rekorda, razlike su prevashodno uočene kod univerzitetskih veslača i to u gotovo svim dinamičkim pokazateljima zaveslaja (Maksimalna sila, Prosečna sila, Veslačka snaga i Rad po zaveslaju). Od kinematičkih varijabli, univerzitetskih veslači zaostaju za svetskim rekordom u Dužini rada veslačkog sedišta i Poziciji dostignuća maksimalne sile u dužini zaveslaja. Elitni veslači za rezultatima svetskog rekorda zaostaju neznatno u rezultatima Veslačke snage i Rada po zaveslaju (dinamičke varijable). Od kinematičkih varijabli, jedno odstupanje se uočava kod varijable Efektivni ugao zaveslaja.

LITERATURA

1. Ahmetović, Z. (2010). Teorija plivanja. Novi Sad, Fakultet za sport i turizam.
2. Baudouin, A., & Hawkins, D. (2002). A biomechanical review of factors affecting rowing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 36(6), 396-402.
3. Baudouin, A., & Hawkins, D. (2004). Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *Journal of Biomechanics*, 37(7), 969-976.
4. Beneke, R. (1995). Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(6), 863-867.
5. Bourgois, J., Claessens, A. L., Vrijens, J., Philippaerts, R., Van Renterghem, B., Thomis, M. & Lefevre, J. (2000). Anthropometric characteristics of elite male junior rowers. *British Journal of Sports Medicine*, 34(3), 213-216.
6. Buckeridge, E. M., Bull, A. M., & McGregor, A. H. (2015). Biomechanical determinants of elite rowing technique and performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(2), 176-183.
7. Bull, A.M., McGregor, A.H. (2000). Measuring spinal motion in rowers: the use of an electromagnetic device. *Clinical Biomechanics*, 15, 772-776.

8. Caplan, N., Gardner, T.N. (2007). Optimization of oar blade design for improved performance in rowing. *Journal of Sports Science*, 25,1471-1478.
9. Claessens, A. L., Bourgois, J., Van Aken, K., Van der Auwera, R., Philippaerts, R., Thomis, M., ... & Lefevre, J. (2005). Body proportions of elite male junior rowers in relation to competition level, rowing style and boat type. *Kineziologija*, 37(2), 123-132.
10. Connolly, C., & Janelle, C. (2003). Attentional strategies in rowing: Performance, perceived exertion, and gender considerations. *Journal of Applied Sport Psychology*, 15(3), 195-212.
11. Cosgrove, M. J., Wilson, J., Watt, D., & Grant, S. F. (1999). The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. *Journal of Sports Sciences*, 17(11), 845-852.
12. Cronin, J. B., Jones, J. V., & Hagstrom, J. T. (2007). Kinematics and kinetics of the seated row and implications for conditioning. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1265-1270.
13. Cuijpers, L. S., Zaal, F. T., & de Poel, H. J. (2015). Rowing crew coordination dynamics at increasing stroke rates. *PloS One*, 10(7), E-pub.
14. Cuk, I., Prebeg, G., Sreckovic, S., Mirkov, D., & Jaric S. (2017). Generalization of muscle strength capacities as assessed from different variables, tests and muscle groups. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 305–312.

15. Černe, T., Kamnik, R., & Munih, M. (2011). The measurement setup for real-time biomechanical analysis of rowing on an ergometer. *Measurement*, 44(10), 1819-1827.
16. Černe, T., Kamnik, R., Vesnicer, B., Gros, J. Ž., & Munih, M. (2013). Differences between elite, junior and non-rowers in kinematic and kinetic parameters during ergometer rowing. *Human Movement Science*, 32(4), 691-707.
17. de Campos Mello, F., de Moraes Bertuzzi, R. C., Grangeiro, P. M., & Franchini, E. (2009). Energy systems contributions in 2,000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. *European Journal of Applied Physiology*, 107(5), 615.
18. Den Hartigh, R. J., Cox, R. F., Gernigon, C., Van Yperen, N. W., & Van Geert, P. L. (2015). Pink noise in rowing ergometer performance and the role of skill level. *Motor Control*, 19(4), 355-369.
19. Elliott, B., Lyttle, A., & Birkett, O. (2002). Rowing: The RowPerfect Ergometer: a training aid for on-water single scull rowing. *Sports Biomechanics*, 1(2), 123-134.
20. Formaggia, L., Miglio, E., Mola, A., Montano, A. (2009). A model for the dynamics of rowing boats. *International Journal of Numeric and Meth Fluid*, 61, 119-143.
21. Formaggia, L., Mola, A., Parolini, N., & Pischituta, M. (2010). A three-dimensional model for the dynamics and hydrodynamics of rowing boats. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 224(1), 51-61.

22. Halliday, S.E., Zavatsky, A.B., Hase, K. (2004). Can functional electric stimulation-assisted rowing reproduce a race-winning rowing stroke? *Archives of Physiology and Medicine in Rehabilitation*, 85,1265-1272.
23. Hase, K., Kaya, M., Zavatsky, A. B., & Halliday, S. E. (2004). Musculoskeletal loads in ergometer rowing. *Journal of Applied Biomechanics*, 20(3), 317-323.
24. Hawkins, D. (2000). A new instrumentation system for training rowers. *Journal of Biomechanics*, 33(2), 241-245.
25. Hill, H., Fahrig, S. (2009). The impact of fluctuations in boat velocity during the rowing cycle on race time. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 19, 585–594.
26. Hofmijster, M.J., Landman, E.H., Smith, R.M., Van Soest, A.J. (2007). Effect of stroke rate on the distribution of net mechanical power in rowing. *Journal of Sports Medicine*, 25, 403–411.
27. Hofmijster, M.J., Van Soest, A.J., De Koning. J.J. (2008). Rowing skill affects power loss on a modified rowing ergometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, 1101-1110.
28. Hofmijster, M., De Koning, J., & Van Soest, A. J. (2010). Estimation of the energy loss at the blades in rowing: Common assumptions revisited. *Journal of Sports Sciences*, 28(10), 1093-1102.
29. Holt, P. J. E., Bull, A. M. J., Cashman, P. M. M., & McGregor, A. H. (2003). Kinematics of spinal motion during prolonged rowing. *International Journal of Sports Medicine*, 24(8), 597-602.

30. Hosea, T. M., & Hannafin, J. A. (2012). Rowing injuries. *Sports Health*, 4(3), 236-245.
31. Ilic, N., Ilic, N., Cuk, I. (2016). Trenažni proces vrhunskih veslača kao osnov za uspešnu taktiku - studija slučaja. *Eleventh International Scientific Conference Knowledge in Practice*, Bansko, Bulgaria.
32. Ingham, S., Whyte, G., Jones, K., & Nevill, A. (2002). Determinants of 2,000 m rowing ergometer performance in elite rowers. *European Journal of Applied Physiology*, 88(3), 243-246.
33. Jaric, S. (1997). Biomehanika humane lokomocije sa biomehanikom sporta. Beograd, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
34. Jaric, S. (2002). Muscle strength testing: Use of normalisation for body size. *Sports Medicine*, 32(10), 615–631.
35. Karlson, K. A. (2000). Rowing injuries: identifying and treating musculoskeletal and nonmusculoskeletal conditions. *The Physician and Sports Medicine*, 28(4), 40-50.
36. Kellmann, M., Altenburg, D., Lormes, W., & Steinacker, J. M. (2001). Assessing stress and recovery during preparation for the world championships in rowing. *Sport Psychologist*, 15(2), 151-167.
37. Kleshnev, V. (2010). Boat acceleration, temporal structure of the stroke cycle, and effectiveness in rowing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 224(1), 63-74.

38. Lawton, T. W., Cronin, J. B., & McGuigan, M. R. (2011). Strength testing and training of rowers. *Sports Medicine*, 41(5), 413-432.
39. Mäestu, J., & Jürimäe, T. (2005). Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Medicine*, 35(7), 597-617.
40. Malina, R.M. (1994). Physical activity and training: Effects on stature and the adolescent growth spurt. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 759-766.
41. Markovic, V. (2017). Plivanje. Beograd, Fakultet za fizičku kulturu i menadžment u sportu, Univerzitet Singidunum.
42. Mattes, K., & Schaffert, N. (2010). New measuring and on water coaching device for rowing. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2, E-pub.
43. McGregor, A. H., Bull, A. M. J., & Byng-Maddick, R. (2004). A comparison of rowing technique at different stroke rates: a description of sequencing, force production and kinematics. *International journal of sports medicine*, 25(6), 465-470.
44. McNally, E., Wilson, D., & Seiler, S. (2005). Rowing injuries. *In Seminars in musculoskeletal radiology*, 9(4), 379-396.
45. Mikulić, P. (2008). Anthropometric and physiological profiles of rowers of varying ages and ranks. *Kinesiology*, 40(1), 80-88.
46. Mola, A., Formaggia, L., & Miglio, E. (2008). Simulation of the dynamics of an olympic rowing boat. *In Communications to SIMAI Congress*, 2, 127-134.

-
47. Nevill, A. M., Beech, C., Holder, R. L., & Wyon, M. (2010). Scaling concept II rowing ergometer performance for differences in body mass to better reflect rowing in water. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(1), 122-127.
48. Newton, I. (1686). *Philosophie naturalis principia Mathematica*.
49. Nolte, V. (2011). *Rowing faster*. Champaign, IL, Human Kinetics.
50. Nunnally JC, Bernstein IH. (1994). *Psychometric Theory*. New York, Mc-Graw-Hill.
51. Pallant, J. (2013). *SPSS Survival Manual*. New York, McGraw-Hill Education.
52. Piotrowski, J., Sklad, M., Krakczyk, B. and Majle, B. (1992). Somatic indices of junior rowers as related to their athletic experience. *Biology of Sport*, 9, 118-125.
53. Pollock, C.L., Jenkyn, T.R., Jones, I.C., Ivanova, T.D., Garland, S.J. Electromyography and kinematics of the trunk during rowing in elite female rowers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 628-636.
54. Prebeg G, Cuk I, Suzovic D, Stojiljkovic S, Mitic D, Jaric S. (2013). Relationships among the muscle strength properties as assessed through various tests and variables. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(2), 455-461.
55. Richter, C., Hamilton, S., & Roemer, K. (2011). The impact of body mass and skill level on rowing kinematics. *In ISBS-Conference Proceedings Archive*.
56. R'Kiouak, M., Saury, J., Durand, M., & Bourbousson, J. (2016). Joint action of a pair of rowers in a race: shared experiences of effectiveness are shaped by interpersonal mechanical states. *Frontiers in psychology*, 18(07), 720-721.

-
57. Rumball, J. S., Lebrun, C. M., Di Ciacca, S. R., & Orlando, K. (2005). Rowing injuries. *Sports medicine*, 35(6), 537-555.
58. Schabort, E. J., Hawley, J. A., Hopkins, W. G., & Blum, H. (1999). High reliability of performance of well-trained rowers on a rowing ergometer. *Journal of Sports Sciences*, 17(8), 627-632.
59. Schaffert, N., Mattes, K., & Effenberg, A. O. (2011). The sound of rowing stroke cycles as acoustic feedback. *International Community for Auditory Display*.
60. Sealey, R. M., Ness, K. F., & Leicht, A. S. (2011). Effect of self-selected and induced slow and fast paddling on stroke kinematics during 1000 m outrigger canoeing ergometry. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(1), 52.
61. Sforza, C., Casiraghi, E., Lovecchio, N., Galante, D., & Ferrario, V. F. (2012). A three-dimensional study of body motion during ergometer rowing. *The Open Sports Medicine Journal*, 6, 22-28.
62. Shephard, R. J. (1998). Science and medicine of rowing: a review. *Journal of Sports Sciences*, 16(7), 603-620.
63. Smith, R. M., & Loschner, C. (2002). Biomechanics feedback for rowing. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 783-791.
64. Soper, C., & Hume, P. A. (2004). Towards an ideal rowing technique for performance. *Sports Medicine*, 34(12), 825-848.
65. Steinacker, J. M. (1993). Physiological aspects of training in rowing. *Evaluation*, 47(57), 60-62.

-
66. Strahan, A. D., Burnett, A. F., Caneiro, J. P., Doyle, M. M., O'sullivan, P. B., & Goodman, C. (2011). Differences in spinopelvic kinematics in sweep and scull ergometer rowing. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 21(4), 330-336.
67. Tabachnick , B.G. & Fidell, L.S. (2007). Using Multivariate Statistics (5th edn). Boston: Pearson Education.
68. Troup, J.P. (1996). Biomechanics and Medicine in Swimming VII, London, E & FN SPON.
69. Turpin, N. A., Guével, A., Durand, S., & Hug, F. (2011). Effect of power output on muscle coordination during rowing. *European Journal of Applied Physiology*, 111(12), 3017-3029.
70. Vincent, J.W. (1995). Statistics in Kinesiology. *Champaign, Illinois: Human Kinetics*.
71. Warmenhoven, J., Ball, N., Draper, C., & Hunter, A. (2012). The effect of camera pan on the two-dimensional direct linear transformation and scalar reconstruction techniques when applied to ergometer rowing. *In ISBS-Conference Proceedings Archive*.
72. Wilson, F., Gissane, C., Gormley, J., & Simms, C. (2013). Sagittal plane motion of the lumbar spine during ergometer and single scull rowing. *Sports Biomechanics*, 12(2), 132-142.
73. Yoshiga C, Higuchi M. (2003). Rowing performance of female and male rowers. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 13, 317-322.
74. Zaciorski, V. (2000). Biomechanics in sports. USA, Blackwell Science.

PRILOZI

Primeri izveštaja za elitne veslače koji se dobiju nakon testiranja putem *BioRow* sistema.

BioRow Ltd. www.biorow.com

Biomechanical Measurements and Analysis

REPORT

Responsible person: **Dr. Valery Kleshnev**e-mail valery@biorow.com

Date	25/11/16	Session N 1	Place	Belgrade	Boat type	HM2-
Coach	Nebojsa Ilic	Run	Boat make	Empacher		
	<i>Air temperature</i>	14.0 ° C		<i>Water temperature</i>	10.0	° C

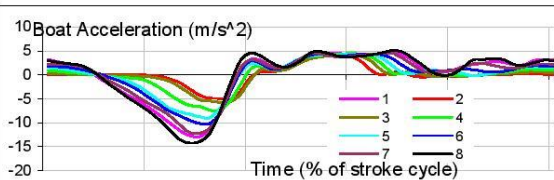
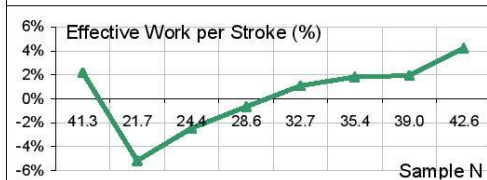
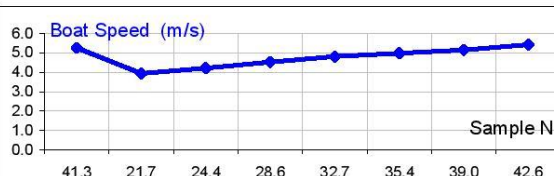
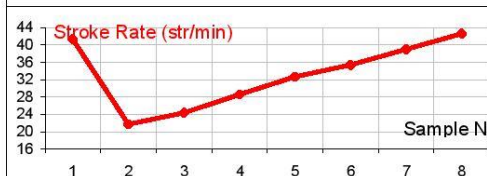
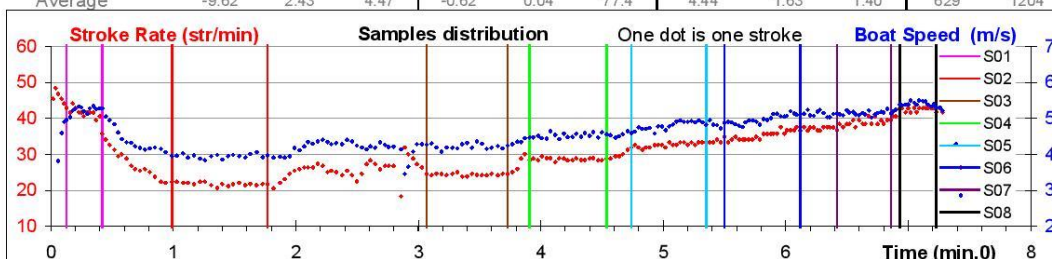
Seat	Crew list	Height (m)	Weight (kg)	Inboard (m)	Oar Length (m)
Stroke	Milos Vasic	1.96	94.0	1.160	3.755
1	Nenad Bedik	2.02	96.0	1.160	3.755
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Average/Sum		1.99	95.0	1.160	3.755



Milos Vasic, Nenad Bedik

Stroke Rate (str/min)	Stroke Rate Variation (%)	Sample Total Time (s)	Strokes Count	Sample Distance (m)	Average Boat Speed (m/s)	Time over 2000m	Boat Speed Variation (%)	Boat Speed Efficiency (%)	Distance per Stroke (m)	Drag Factor	DF Variation (%)
1 41.3	2.50%	13.1	9	68.8	5.26	6:20.12	17.9%	97.10%	7.64	4.41	-3.55%
2 21.7	2.03%	38.8	14	152.7	3.94	8:27.91	14.3%	98.18%	10.90	4.75	3.92%
3 24.4	1.14%	32.0	13	134.9	4.21	7:55.04	14.6%	98.10%	10.37	4.58	0.22%
4 28.6	0.83%	31.5	15	142.4	4.52	7:22.12	15.7%	97.81%	9.49	4.65	1.73%
5 32.7	1.60%	31.2	17	150.3	4.81	6:55.57	16.3%	97.60%	8.84	4.59	0.29%
6 35.4	3.01%	32.2	19	160.4	4.98	6:41.63	16.6%	97.50%	8.44	4.52	-1.16%
7 39.0	1.39%	21.6	14	110.9	5.15	6:28.52	17.3%	97.29%	7.92	4.41	-3.58%
8 42.6	0.69%	14.1	10	76.3	5.42	6:08.87	17.7%	97.14%	7.63	4.37	-4.38%
Average	1.65%	214.5	111	997	4.65	7:10.28	15.9%	97.7%	8.90	4.57	-0.81%

Comments	Acceleration Minimum (m/s ²):	First peak (m/s ²):	Acceleration Maximum (m/s ²):	Evaluation of Negative Peak (SD)	Evaluation of First Peak (SD)	Catch Factor (on boat acceleration)	Boat Roll Amplitude (deg)	Boat Pitch Amplitude (deg)	Boat Yaw Amplitude (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)
1 Sample 01	-12.89	3.15	4.57	-0.95	0.19	110.5	2.96	1.55	0.79	869	1262
2 Sample 02	-5.25	0.60	4.12	-0.34	-1.03	35.2	4.64	1.48	1.67	401	1111
3 Sample 03	-5.73	1.07	4.29	0.00	-0.69	34.5	4.09	1.50	1.70	468	1154
4 Sample 04	-7.50	1.88	4.45	-0.31	-0.12	55.9	4.59	1.69	1.86	593	1244
5 Sample 05	-8.94	2.28	4.39	-0.37	-0.02	76.4	4.70	1.79	1.80	675	1239
6 Sample 06	-10.19	2.84	4.34	-0.57	0.33	96.1	5.03	1.69	1.36	726	1230
7 Sample 07	-12.22	3.13	4.54	-1.03	0.34	99.8	5.02	1.60	1.16	783	1205
8 Sample 08	-14.25	4.49	5.04	-1.41	1.34	110.9	4.48	1.72	0.84	913	1285
Average	-9.62	2.43	4.47	-0.62	0.04	77.4	4.44	1.63	1.40	629	1204



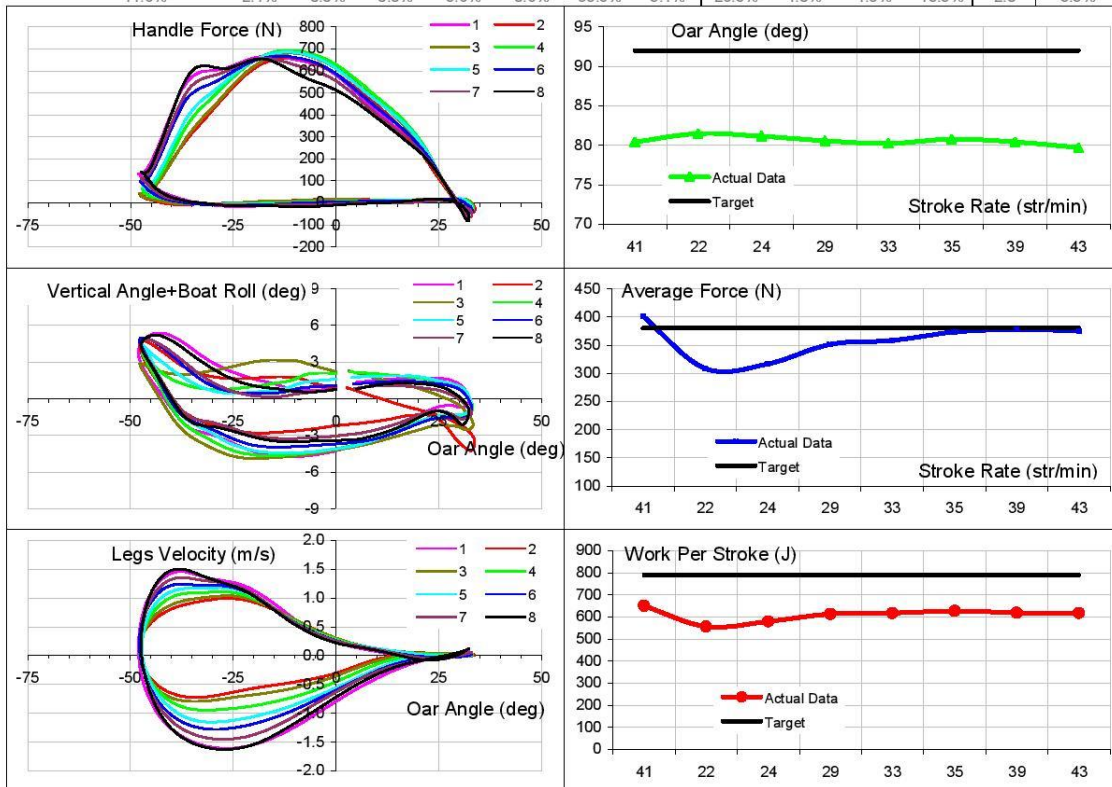


Milos Vasic

This page shows one rower data for various samples

#	Data sample	Stroke Rate (str/min)	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Effective Angle (%)	Max.Blade Depth (deg)	Blade Efficiency (%)	HDF
1	Sample 01	41.3	0.79	54.6%	-48.0	32.4	80.4	21.3	17.2	43.9	52.1%	-6.7	83.7%	73.9
2	Sample 02	21.7	1.05	37.8%	-47.7	33.8	81.5	79.8	2.2	46.3	-0.7%	-7.2	78.3%	73.4
3	Sample 03	24.4	1.01	41.2%	-47.8	33.4	81.1	15.6	12.2	53.9	65.8%	-8.8	80.5%	79.1
4	Sample 04	28.6	0.93	44.4%	-47.2	33.4	80.5	18.1	16.4	52.1	57.1%	-9.1	80.9%	78.1
5	Sample 05	32.7	0.89	48.3%	-47.1	33.1	80.2	21.3	15.8	49.0	53.7%	-9.1	82.9%	78.1
6	Sample 06	35.4	0.85	50.4%	-47.7	33.1	80.8	24.2	16.2	48.0	50.0%	-9.0	83.7%	75.2
7	Sample 07	39.0	0.81	52.5%	-47.4	33.0	80.4	31.5	27.6	46.0	26.4%	-7.9	83.7%	70.0
8	Sample 08	42.6	0.77	54.5%	-47.4	32.3	79.7	29.2	18.9	42.2	39.6%	-7.4	86.0%	67.5
Average/Sum		33.21	0.89	48.0%	-47.5	33.0	80.6	30.1	15.8	47.7	43.0%	-8.15	82.4%	74.4
Variation (%)		23.5%	11.6%	13.1%	0.3	0.5	0.6	20.8	7.1	8.3%	49.4%	0.12	3.0%	5.5%

#	Time over 2000m (m:s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver. Force/Weight (N/kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)	Legs drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Catch Factor (ms) (Δt0 Vseat - Catch)	Rowing Style Factor (%)
1	6:20.12	666	401	0.44	60%	37.9%	9.3	25.4	447	649	0.514	1.46	-6.2	86.8%
2	8:27.91	659	308	0.33	47%	42.9%	19.5	25.1	201	555	0.508	0.99	-13.1	73.2%
3	7:55.04	680	316	0.34	47%	46.2%	19.9	24.3	235	579	0.511	1.03	-9.1	75.3%
4	7:22.12	692	351	0.38	51%	46.0%	17.3	23.6	292	613	0.501	1.10	-14.2	80.4%
5	6:55.57	685	358	0.39	52%	44.8%	15.5	24.4	336	617	0.499	1.17	-13.0	83.0%
6	6:41.63	666	373	0.41	56%	43.0%	11.2	25.4	370	626	0.501	1.24	-13.9	84.4%
7	6:28.52	658	377	0.41	57%	38.0%	9.9	26.8	402	618	0.498	1.35	-10.6	85.3%
8	6:08.87	653	375	0.41	57%	38.1%	8.5	27.5	438	617	0.496	1.50	-10.4	88.9%
7:02.47		669.9	357.5	0.39	53%	42.1%	13.9	25.3	340	609	0.503	1.23	-11.3	82.1%
11.6%		2.1%	8.8%	8.8%	9.6%	8.6%	33.9%	5.1%	26.9%	4.8%	1.3%	15.5%	2.8	5.5%



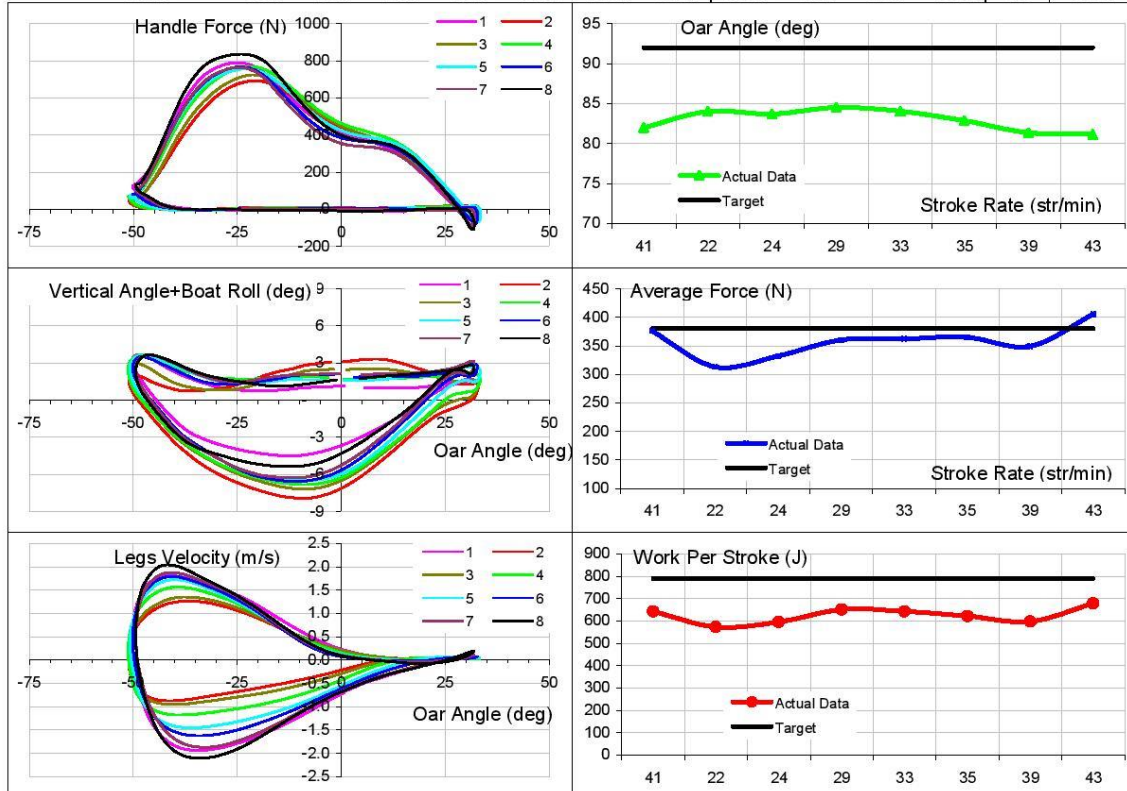


Nenad Bedik

This page shows one rower data for various samples

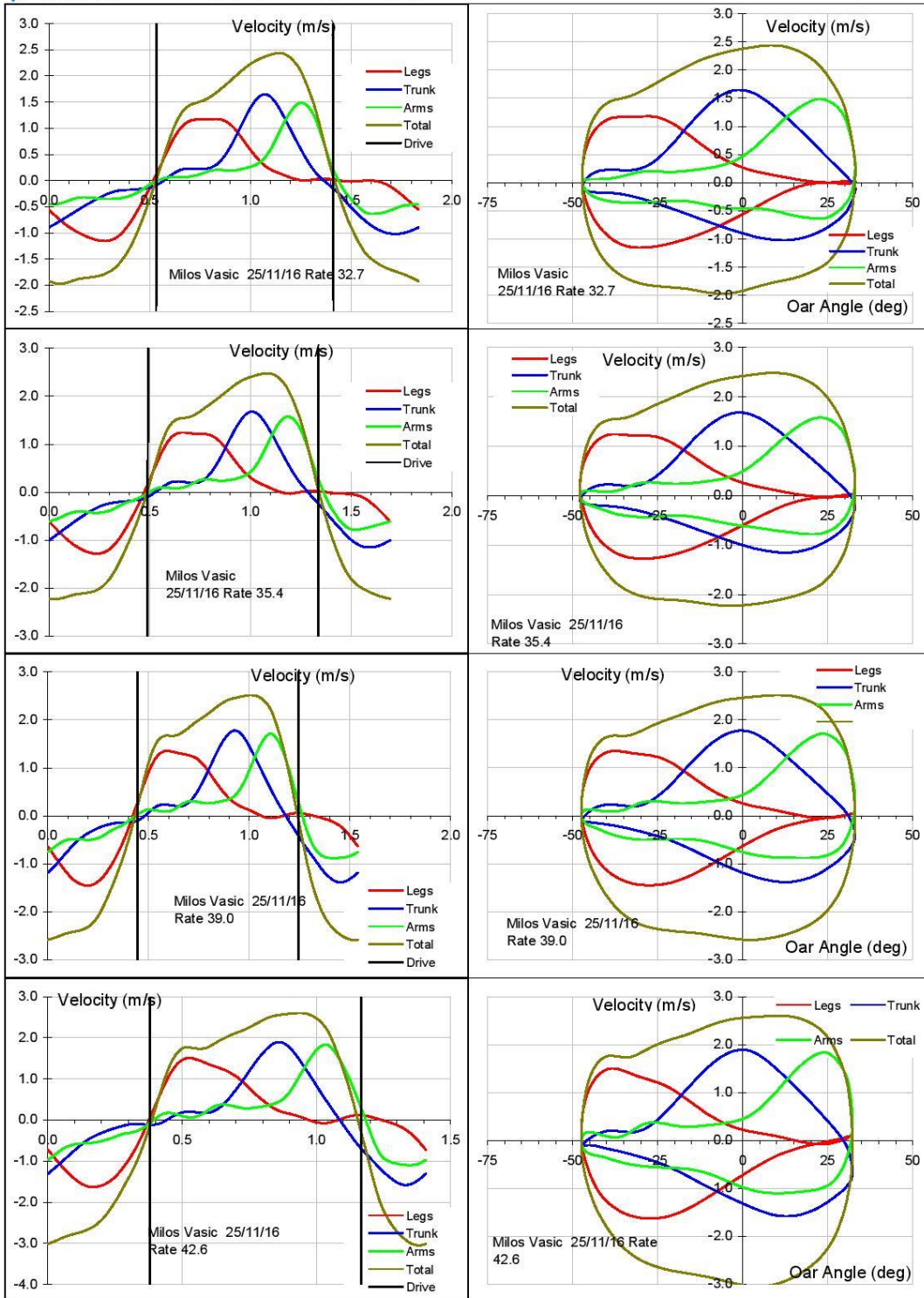
#	Data sample	Stroke Rate (str/min)	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Effective Angle (%)	Max.Blade Depth (deg)	Blade Efficiency (%)	HDF
1	Sample 01	41.3	0.78	53.8%	-50.2	31.8	82.0	19.5	23.0	39.1	48.2%	-2.5	78.3%	65.8
2	Sample 02	21.7	1.06	38.4%	-51.0	33.0	84.0	14.2	10.9	55.5	70.1%	-3.3	73.7%	71.9
3	Sample 03	24.4	1.01	41.0%	-50.8	32.8	83.7	15.3	12.6	54.6	66.6%	-3.1	75.6%	73.1
4	Sample 04	28.6	0.94	44.9%	-51.1	33.4	84.5	15.7	14.0	48.1	64.9%	-2.2	74.9%	73.7
5	Sample 05	32.7	0.89	48.7%	-50.6	33.4	84.0	16.8	16.2	44.6	60.8%	-1.9	78.5%	72.6
6	Sample 06	35.4	0.86	50.8%	-50.1	32.8	82.9	16.2	17.6	46.6	59.2%	-1.5	82.2%	70.8
7	Sample 07	39.0	0.82	53.2%	-49.3	32.0	81.4	14.5	18.2	41.6	59.7%	-1.6	81.0%	68.1
8	Sample 08	42.6	0.77	54.4%	-49.3	31.8	81.1	13.7	21.2	44.1	57.0%	-1.5	81.1%	69.7
Average/Sum		33.21	0.89	48.1%	-50.3	32.6	82.9	15.7	16.7	46.8	60.8%	-2.21	78.2%	70.7
Variation (%)		23.5%	12.0%	12.7%	0.7	0.7	1.3	1.8	4.2	12.4%	11.0%	0.32	4.0%	3.8%

#	Time over 2000m (m:s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/Kg)	Ratio Aver. / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)	Legs drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Catch Factor (ms) (Δt 0 Vseat - Catch)	Rowing Style Factor (%)
1	6:20.12	786	376	0.40	48%	32.9%	11.6	41.5	443	643	0.614	1.80	-16.3	109.3%
2	8:27.91	690	313	0.33	45%	38.1%	15.7	36.3	207	573	0.589	1.25	0.2	95.7%
3	7:55.04	723	332	0.35	46%	35.7%	15.0	37.5	242	595	0.594	1.34	-3.1	98.5%
4	7:22.12	764	360	0.38	47%	32.3%	14.1	38.8	310	650	0.612	1.56	-9.8	106.5%
5	6:55.57	755	362	0.39	48%	33.4%	12.6	40.7	350	642	0.616	1.72	-18.2	113.3%
6	6:41.63	766	365	0.39	48%	30.3%	11.9	43.1	367	621	0.614	1.78	-22.6	118.1%
7	6:28.52	762	349	0.37	46%	29.1%	11.1	43.6	388	597	0.618	1.87	-22.5	120.7%
8	6:08.87	835	405	0.43	49%	29.6%	10.6	41.8	482	679	0.617	2.04	-20.2	123.0%
7:02.47		760.3	357.8	0.38	47%	32.7%	12.8	40.4	348	625	0.609	1.67	-14.1	110.7%
11.6%		5.6%	7.8%	7.8%	2.5%	9.5%	14.8%	6.5%	26.9%	5.6%	1.8%	16.0%	8.8	10.0%



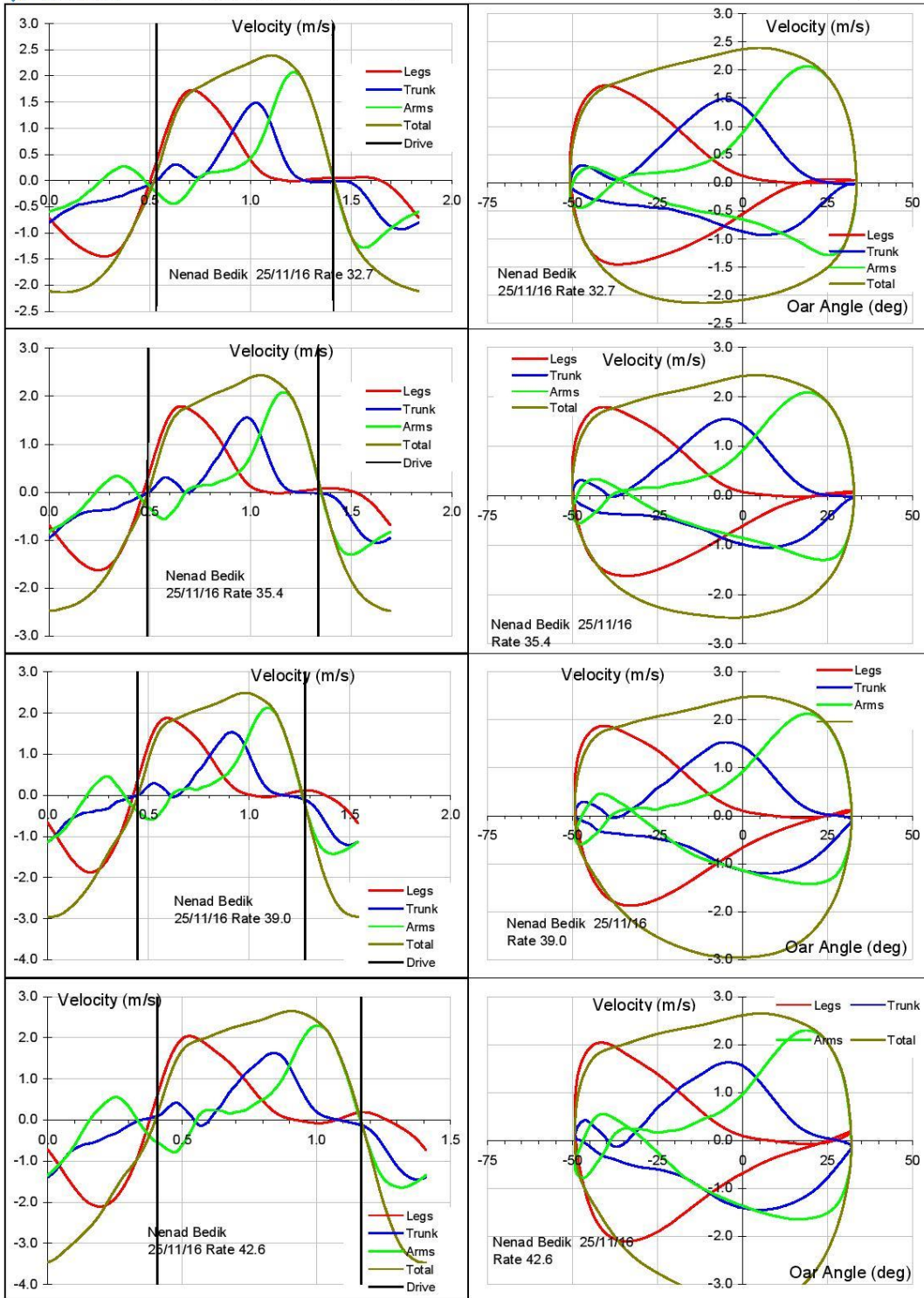


Segments Work Overlap





Segments Work Overlap



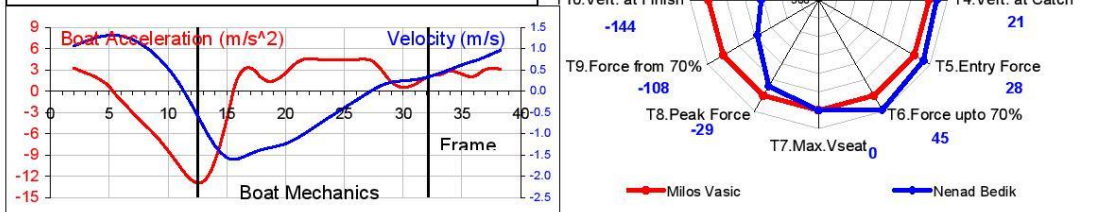
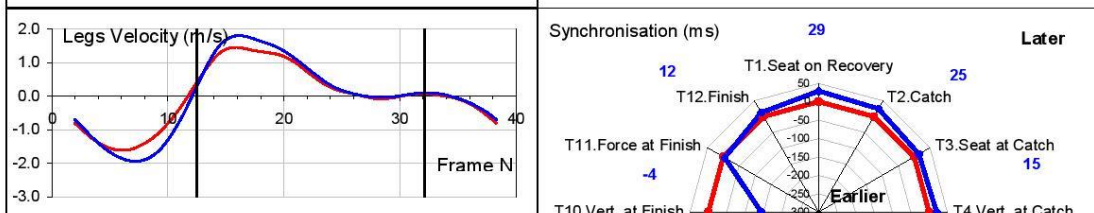
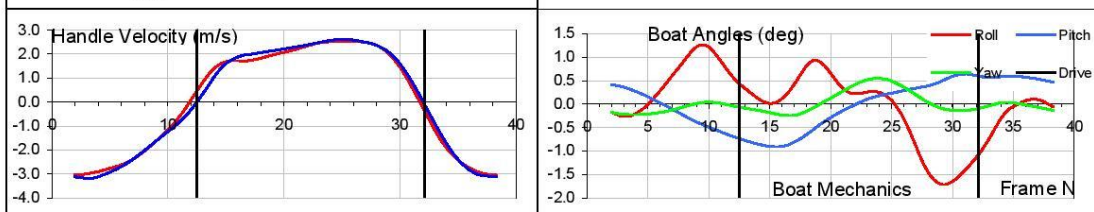
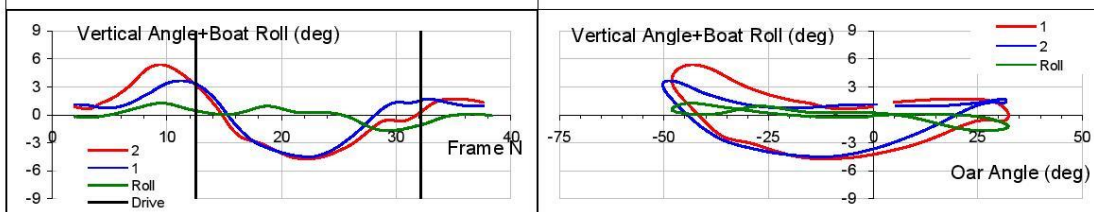
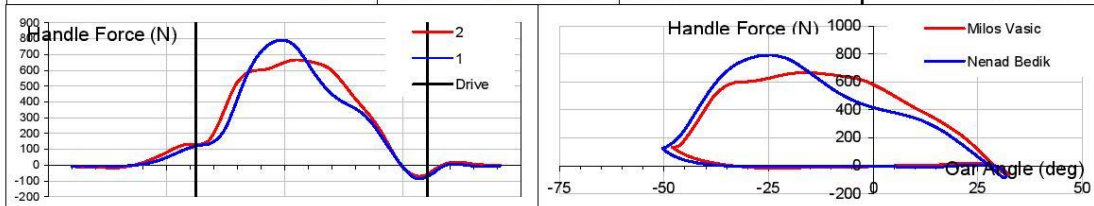


Stroke Rate (str/min) 41.3 Time over 2000m (m:s) 6:20.12

Seat	Names	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Arc Length (m)	Arc Length /Height (%)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Blade Efficiency (%)
2	Milos Vasic	0.793	54.6%	-48.0	32.4	80.4	1.45	73.7%	21.3	17.2	52.1%	83.7%
1	Nenad Bedik	0.781	53.8%	-50.2	31.8	82.0	1.47	72.9%	19.5	23.0	48.2%	78.3%

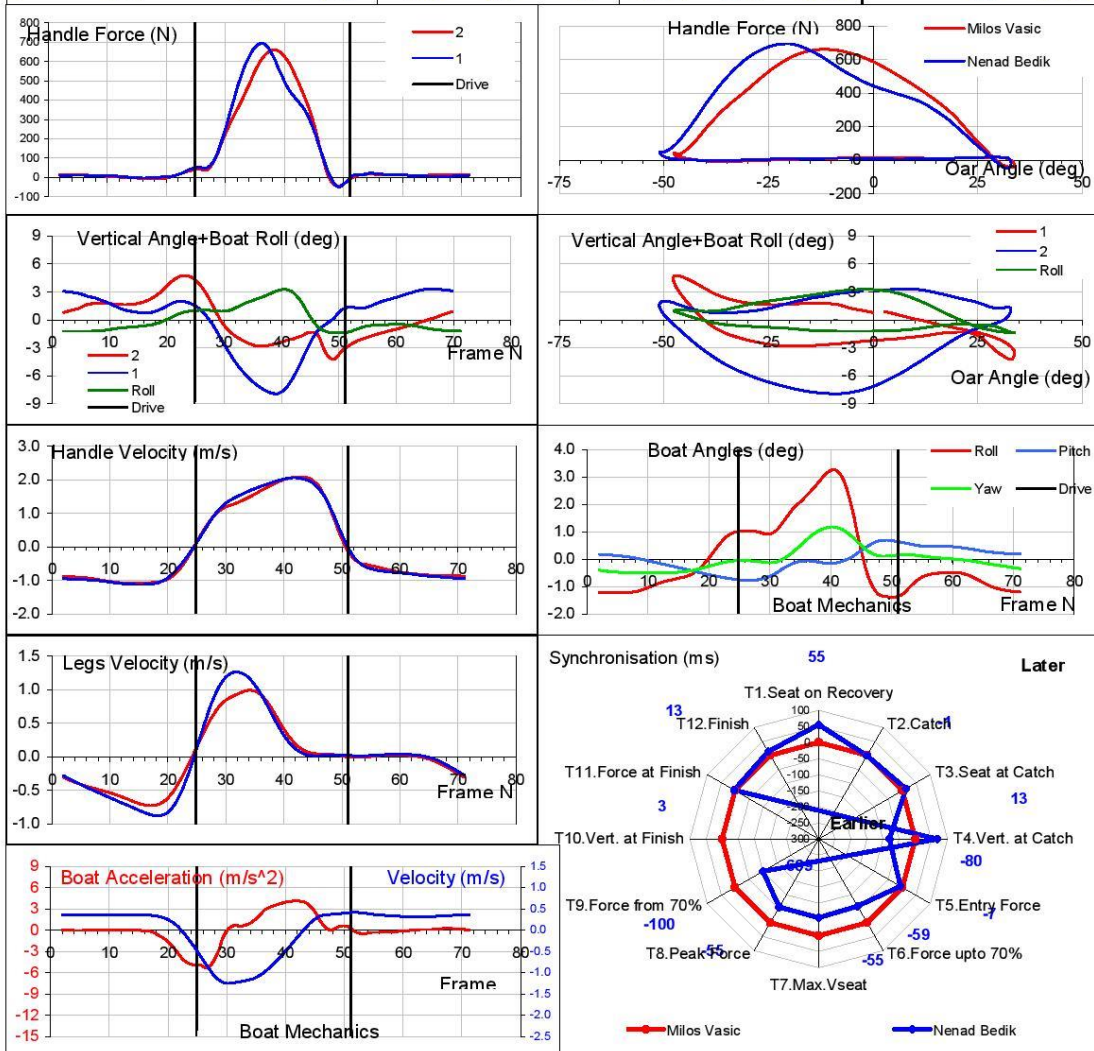
Seat	Max.Handle Velocity (m/s)	Average Handle Velocity (m/s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/Kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)
2	2.53	1.82	666	401	0.44	60%	38%	9.3	25.4	447	649
1	2.61	1.89	786	376	0.40	48%	33%	11.6	41.5	443	643

Seat	Legs drive (m)	Trunk drive (m)	Arms drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Trunk Max. Speed (m/s)	Arms Max. Speed (m/s)	Legs power (%)	Trunk power (%)	Arms power (%)	Catch Factor (ms)	Work Per Stroke (J)	Rowing Style Factor (%)
2	0.51	0.51	0.44	1.46	1.72	1.78	44.8%	37.8%	17.4%	-6.2	649	86.8%
1	0.61	0.41	0.47	1.80	1.43	2.12	53.6%	30.1%	16.3%	-16.3	643	109.3%





Stroke Rate (str/min)		21.7		Time over 2000m (m:s)		8:27.91						
Seat	Names	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Arc Length (m)	Arc Length /Height (%)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Blade Efficiency (%)
2	Milos Vasic	1.047	37.8%	-47.7	33.8	81.5	1.46	74.7%	79.8	2.2	-0.7%	78.3%
1	Nenad Bedik	1.062	38.4%	-51.0	33.0	84.0	1.51	74.8%	14.2	10.9	70.1%	73.7%
Seat	Max.Handle Velocity (m/s)	Average Handle Velocity (m/s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/Kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)	
2	2.08	1.40	659	308	0.33	47%	43%	19.5	25.1	201	555	
1	2.06	1.42	690	313	0.33	45%	38%	15.7	36.3	207	573	
Seat	Legs drive (m)	Trunk drive (m)	Arms drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Trunk Max. Speed (m/s)	Arms Max. Speed (m/s)	Legs power (%)	Trunk power (%)	Arms power (%)	Catch Factor (ms)	Work Per Stroke (J)	Rowing Style Factor (%)
2	0.51	0.55	0.41	0.99	1.35	1.31	40.4%	44.0%	15.6%	-13.1	573	73.2%
1	0.59	0.42	0.52	1.25	1.13	1.68	46.9%	33.7%	19.4%	0.2	573	95.7%

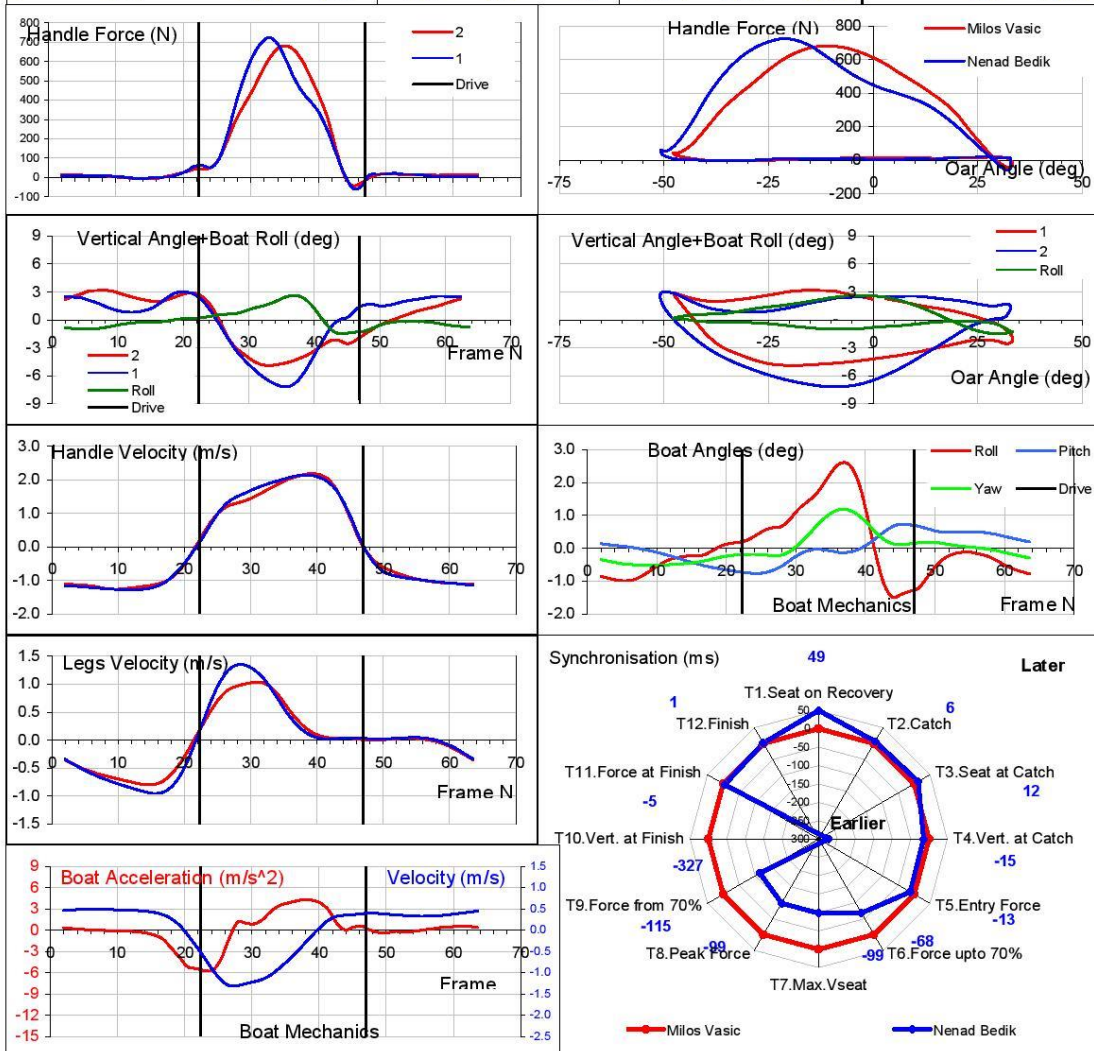




One sample data Pair and Double 25/11/16 Sample 03

Page 9

Stroke Rate (str/min)		24.4		Time over 2000m (m:s)		7:55.04						
Seat	Names	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Arc Length (m)	Arc Length /Height (%)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Blade Efficiency (%)
2	Milos Vasic	1.015	41.2%	-47.8	33.4	81.1	1.46	74.4%	15.6	12.2	65.8%	80.5%
1	Nenad Bedik	1.010	41.0%	-50.8	32.8	83.7	1.50	74.5%	15.3	12.6	66.6%	75.6%
Seat	Max.Handle Velocity (m/s)	Average Handle Velocity (m/s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/Kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)	
2	2.18	1.44	680	316	0.34	47%	46%	19.9	24.3	235	579	
1	2.14	1.49	723	332	0.35	46%	36%	15.0	37.5	242	595	
Seat	Legs drive (m)	Trunk drive (m)	Arms drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Trunk Max. Speed (m/s)	Arms Max. Speed (m/s)	Legs power (%)	Trunk power (%)	Arms power (%)	Catch Factor (ms)	Work Per Stroke (J)	Rowing Style Factor (%)
2	0.51	0.55	0.40	1.03	1.42	1.32	39.9%	44.6%	15.5%	-9.1	579	75.3%
1	0.59	0.42	0.50	1.34	1.19	1.79	47.7%	33.3%	19.1%	-3.1	595	98.5%

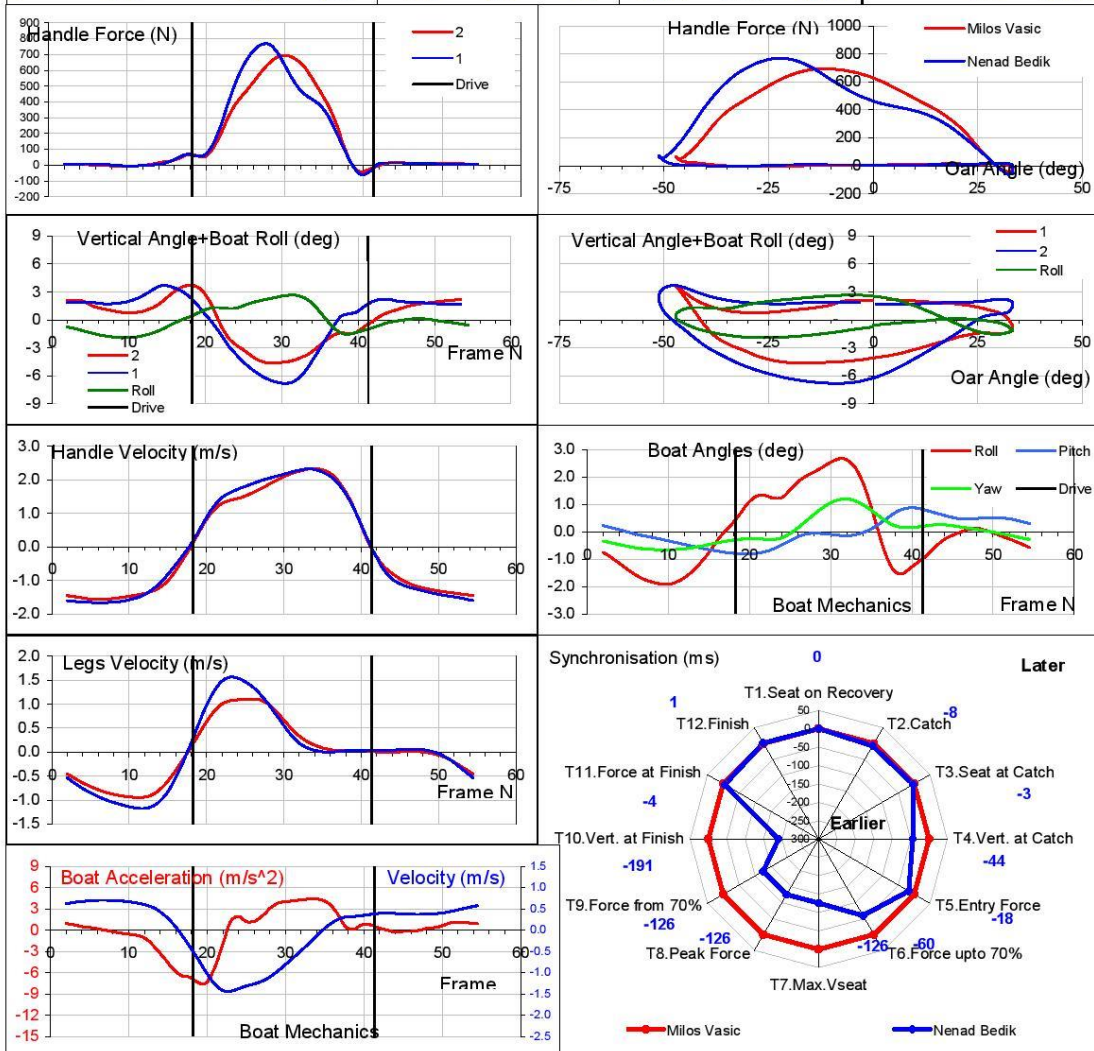


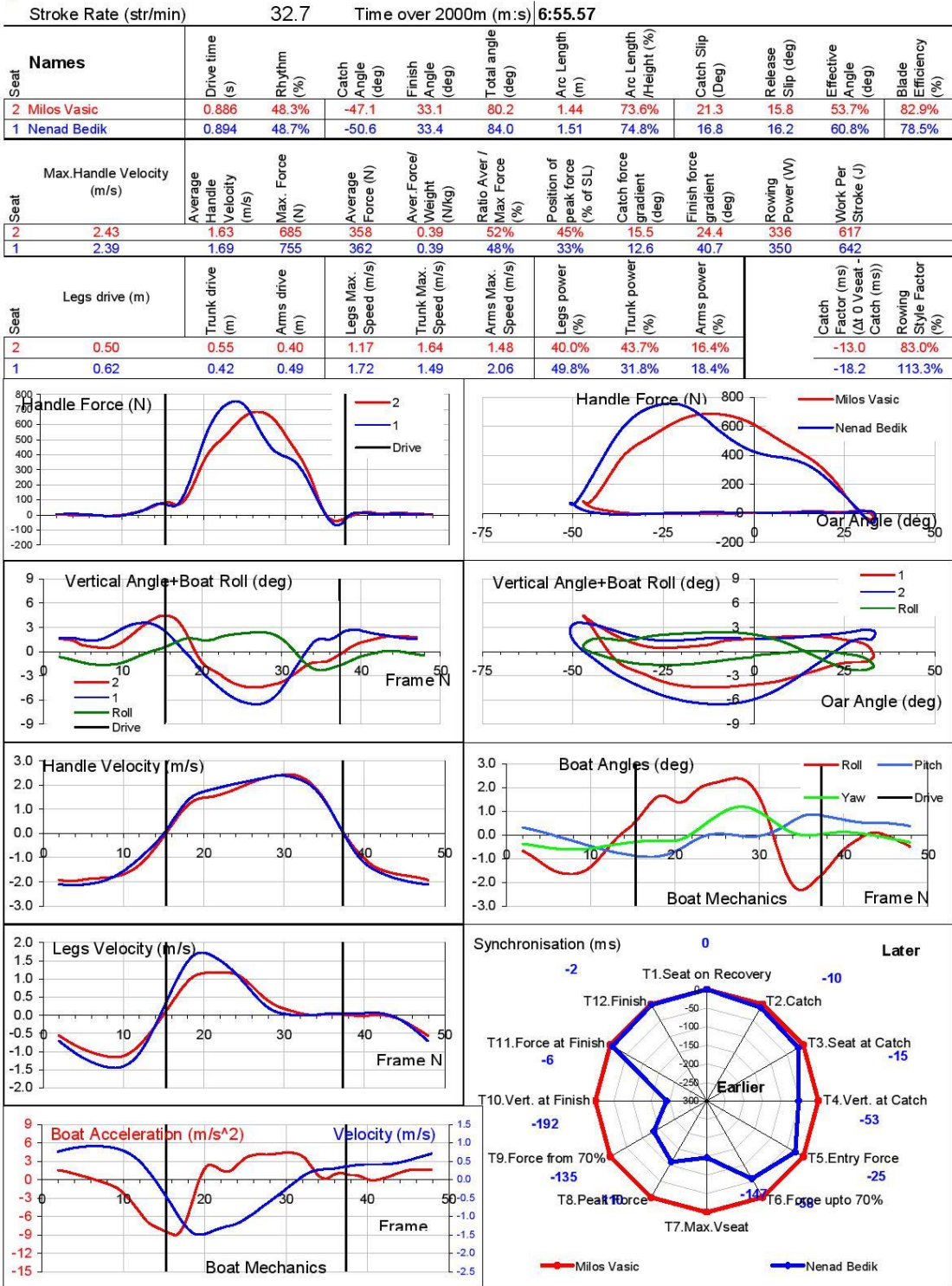


One sample data Pair and Double 25/11/16 Sample 04

Page 10

Stroke Rate (str/min)		28.6		Time over 2000m (m:s)		7:22.12						
Seat	Names	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Arc Length (m)	Arc Length /Height (%)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Blade Efficiency (%)
2	Milos Vasic	0.933	44.4%	-47.2	33.4	80.5	1.45	73.9%	18.1	16.4	57.1%	80.9%
1	Nenad Bedik	0.941	44.9%	-51.1	33.4	84.5	1.52	75.2%	15.7	14.0	64.9%	74.9%
Seat	Max.Handle Velocity (m/s)	Average Handle Velocity (m/s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/Kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)	
2	2.32	1.55	692	351	0.38	51%	46%	17.3	23.6	292	613	
1	2.32	1.61	764	360	0.38	47%	32%	14.1	38.8	310	650	
Seat	Legs drive (m)	Trunk drive (m)	Arms drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Trunk Max. Speed (m/s)	Arms Max. Speed (m/s)	Legs power (%)	Trunk power (%)	Arms power (%)	Catch Factor (ms) (Δ 0 Vseat - Catch) (ms)	Rowing Style Factor (%)	
2	0.50	0.56	0.39	1.10	1.57	1.39	39.3%	45.1%	15.7%	-14.2	80.4%	
1	0.61	0.42	0.50	1.56	1.39	1.95	48.2%	33.0%	18.8%	-9.8	106.5%	





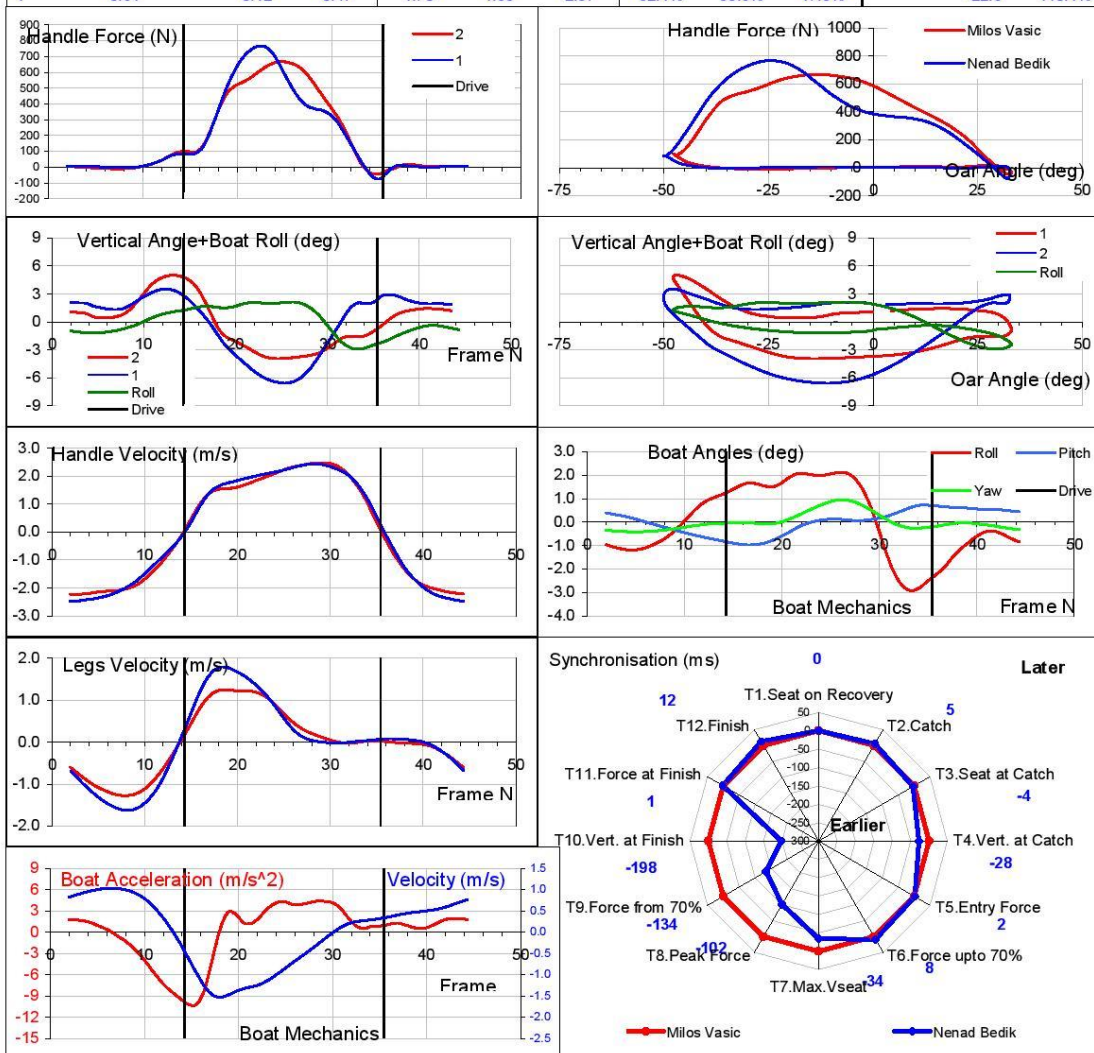


One sample data Pair and Double 25/11/16

Sample 06

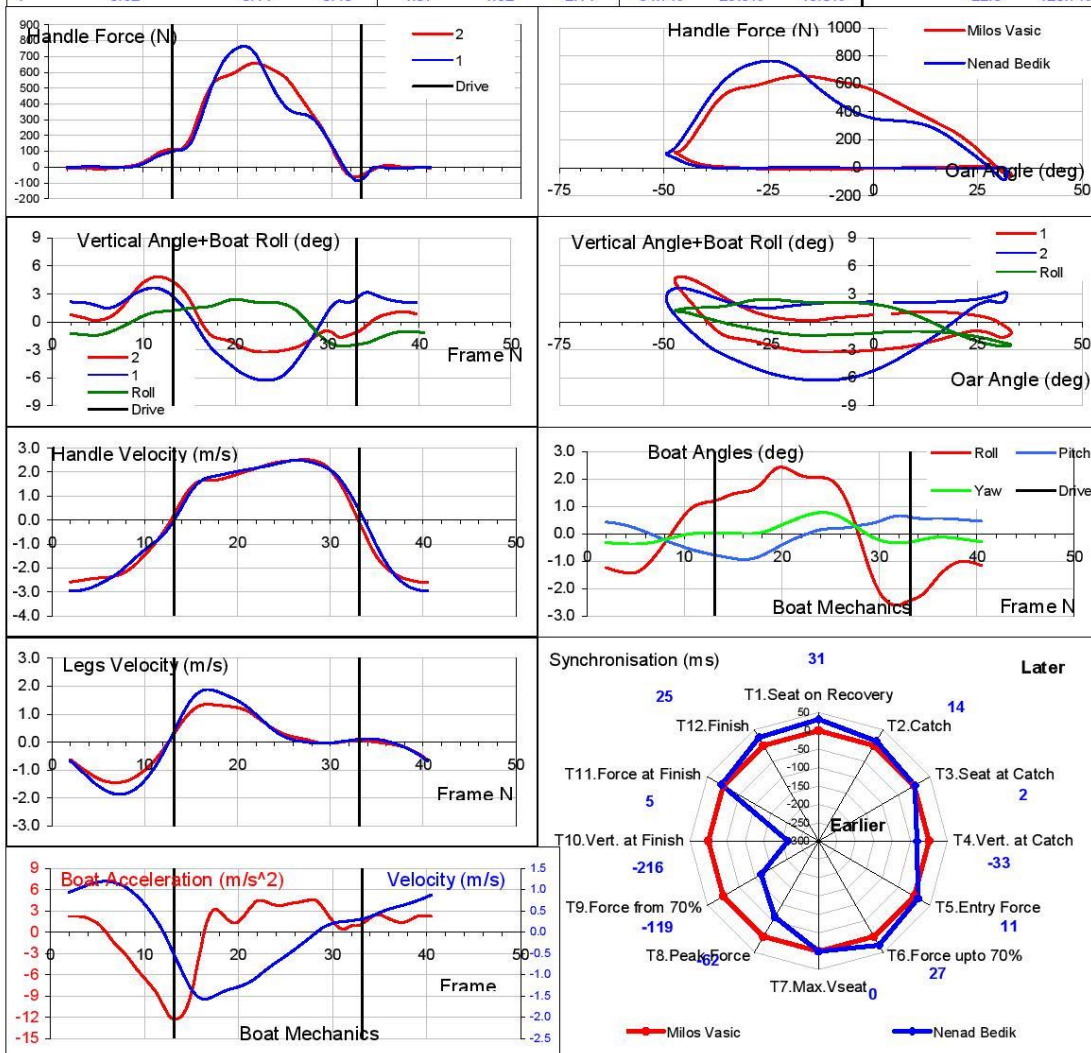
Page 12

Stroke Rate (str/min)		35.4		Time over 2000m (m:s)		6:41.63						
Seat	Names	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Arc Length (m)	Arc Length /Height (%)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Blade Efficiency (%)
2	Milos Vasic	0.854	50.4%	-47.7	33.1	80.8	1.45	74.1%	24.2	16.2	50.0%	83.7%
1	Nenad Bedik	0.861	50.8%	-50.1	32.8	82.9	1.49	73.7%	16.2	17.6	59.2%	82.2%
Seat	Max.Handle Velocity (m/s)	Average Handle Velocity (m/s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/Kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)	
2	2.48	1.70	666	373	0.41	56%	43%	11.2	25.4	370	626	
1	2.44	1.73	766	365	0.39	48%	30%	11.9	43.1	367	621	
Seat	Legs drive (m)	Trunk drive (m)	Arms drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Trunk Max. Speed (m/s)	Arms Max. Speed (m/s)	Legs power (%)	Trunk power (%)	Arms power (%)	Catch Factor (ms)	Work Per Stroke (J)	Rowing Style Factor (%)
2	0.50	0.54	0.42	1.24	1.67	1.58	41.8%	41.4%	16.8%	-13.9	84.4%	
1	0.61	0.42	0.47	1.78	1.55	2.07	52.1%	30.6%	17.3%	-22.6	118.1%	



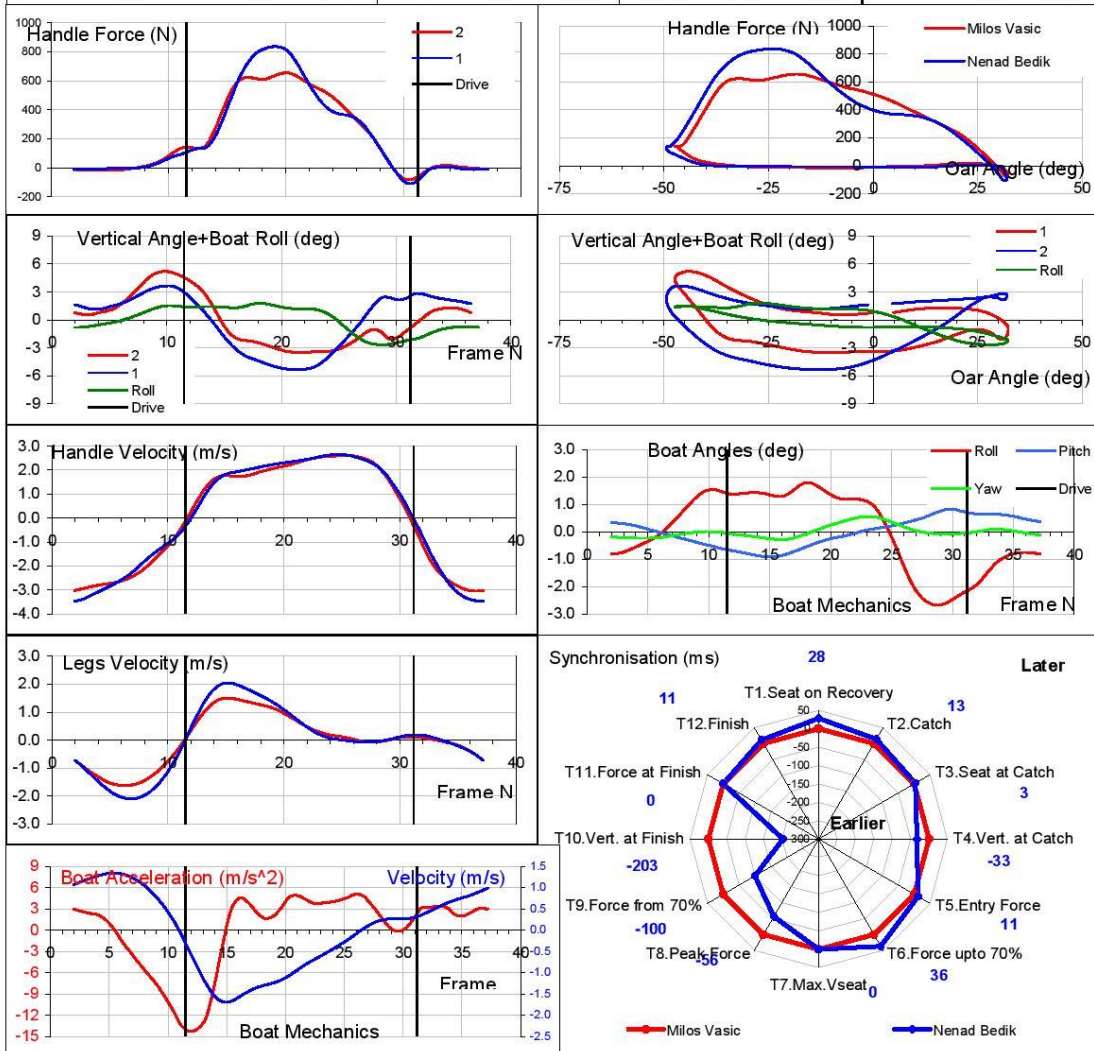


Stroke Rate (str/min)		39.0		Time over 2000m (m:s)		6:28.52						
Seat	Names	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Arc Length (m)	Arc Length /Height (%)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Blade Efficiency (%)
2	Milos Vasic	0.807	52.5%	-47.4	33.0	80.4	1.45	73.7%	31.5	27.6	26.4%	83.7%
1	Nenad Bedik	0.819	53.2%	-49.3	32.0	81.4	1.46	72.4%	14.5	18.2	59.7%	81.0%
Seat	Max.Handle Velocity (m/s)	Average Handle Velocity (m/s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/Kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)	
2	2.52	1.79	658	377	0.41	57%	38%	9.9	26.8	402	618	
1	2.49	1.79	762	349	0.37	46%	29%	11.1	43.6	388	597	
Seat	Legs drive (m)	Trunk drive (m)	Arms drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Trunk Max. Speed (m/s)	Arms Max. Speed (m/s)	Legs power (%)	Trunk power (%)	Arms power (%)	Catch Factor (ms)	Work Per Stroke (J)	Rowing Style Factor (%)
2	0.50	0.54	0.42	1.35	1.77	1.71	43.2%	40.8%	16.0%	-10.6	85.3%	
1	0.62	0.41	0.45	1.87	1.52	2.11	54.7%	29.5%	15.8%	-22.5	120.7%	





Stroke Rate (str/min)		42.6		Time over 2000m (m:s)		6:08.87						
Seat	Names	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Arc Length (m)	Arc Length /Height (%)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Blade Efficiency (%)
2	Milos Vasic	0.768	54.5%	-47.4	32.3	79.7	1.43	73.1%	29.2	18.9	39.6%	86.0%
1	Nenad Bedik	0.766	54.4%	-49.3	31.8	81.1	1.46	72.2%	13.7	21.2	57.0%	81.1%
Seat	Max.Handle Velocity (m/s)	Average Handle Velocity (m/s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/Kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)	
2	2.60	1.87	653	375	0.41	57%	38%	8.5	27.5	438	617	
1	2.65	1.91	835	405	0.43	49%	30%	10.6	41.8	482	679	
Seat	Legs drive (m)	Trunk drive (m)	Arms drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Trunk Max. Speed (m/s)	Arms Max. Speed (m/s)	Legs power (%)	Trunk power (%)	Arms power (%)	Catch Factor (ms)	Rowing Style Factor (%)	
2	0.50	0.54	0.42	1.50	1.88	1.83	44.2%	39.8%	16.0%	-10.4	88.9%	
1	0.62	0.42	0.44	2.04	1.63	2.29	53.4%	30.2%	16.3%	-20.2	123.0%	



Primeri izveštaja za univerzitetske veslače koji se dobiju nakon testiranja putem *BioRow* sistema.

BioRow Ltd. www.biorow.com

Biomechanical Measurements and Analysis

REPORT

Responsible person: **Dr. Valery Kleshnev**e-mail valery@biorow.com

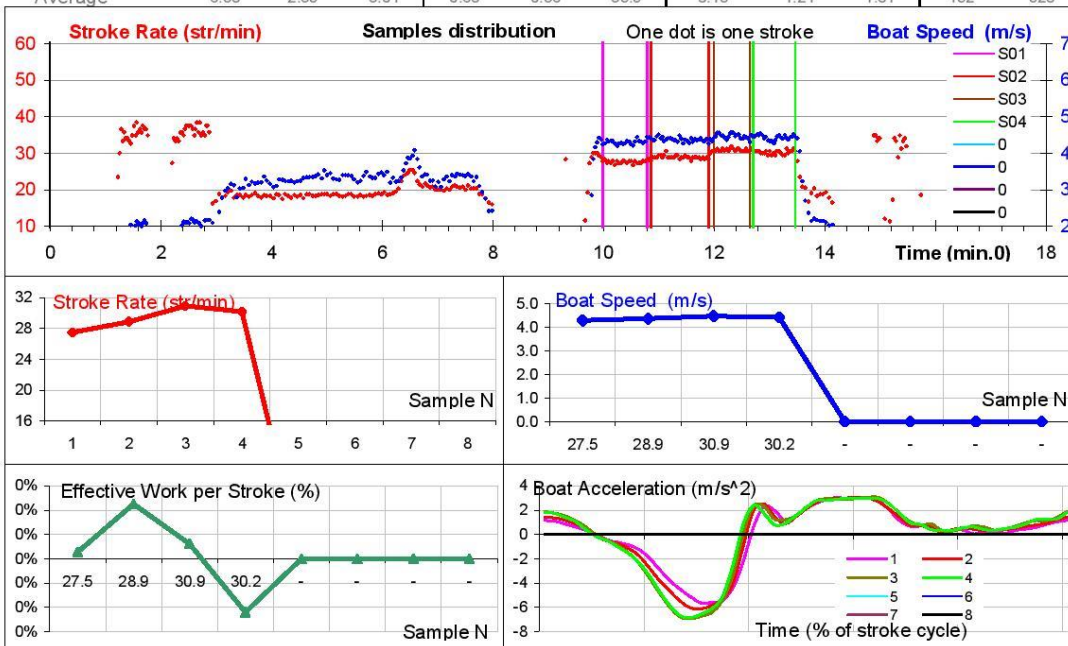
Date	25/11/16	Session N	4	Place	Belgrade	Boat type	HM2-
Coach	Nebojsa Ilic		Run	Boat make	Empacher		
	<i>Air temperature</i>		14.0 ° C	<i>Water temperature</i>		10.0	° C
Seat	Crew list	Height (m)	Weight (kg)	Inboard (m)	Oar Length (m)		
Stroke	Luca Stojanovic	1.81	70.0	1.160	3.755		
1	Flup Stahisic	1.80	67.0	1.160	3.755		
-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-		
	Average/Sum	1.81	68.5	1.160	3.755		



Luca Stojanovic, Flup Stahisic

Stroke Rate (str/min)	Stroke Rate Variation (%)	Sample Total Time (s)	Strokes Count	Sample Distance (m)	Average Boat Speed (m/s)	Time over 2000m	Boat Speed Variation (%)	Boat Speed Efficiency (%)	Distance per Stroke (m)	Drag Factor	DF Variation (%)
27.5	0.98%	41.5	19	178.2	4.29	7:45.73	14.3%	98.14%	9.38	4.25	3.84%
28.9	1.30%	56.0	26	244.9	4.37	7:37.16	14.5%	98.07%	9.09	4.04	-1.39%
30.9	1.07%	33.0	17	147.3	4.47	7:27.53	15.0%	97.93%	8.67	4.06	-0.70%
30.2	1.65%	39.8	20	175.7	4.42	7:32.42	15.0%	97.93%	8.78	4.03	-1.46%
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29.2	1.25%	170.2	82	746	4.38	7:36.19	14.7%	98.0%	8.98	4.09	0.07%

Comments	Acceleration Minimum (m/s ²);	First peak (m/s ²)	Acceleration Maximum (m/s ²);	Evaluation of Negative Peak (SD)	Evaluation of First Peak (SD)	Catch Factor (on boat acceleration)	Boat Roll Amplitude (deg)	Boat Pitch Amplitude (deg)	Boat Yaw Amplitude (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)
1 Sample 01	-5.65	2.30	3.05	0.81	0.41	30.3	10.33	1.17	2.12	442	965
2 Sample 02	-6.12	2.52	3.04	0.76	0.54	34.7	7.66	1.22	1.76	438	911
3 Sample 03	-6.94	2.37	3.08	0.61	0.20	40.0	8.59	1.26	2.03	476	924
4 Sample 04	-6.83	2.38	3.01	0.53	0.27	38.6	7.15	1.32	1.33	461	916
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Average	-6.38	2.39	3.04	0.68	0.36	35.9	8.43	1.24	1.81	452	928



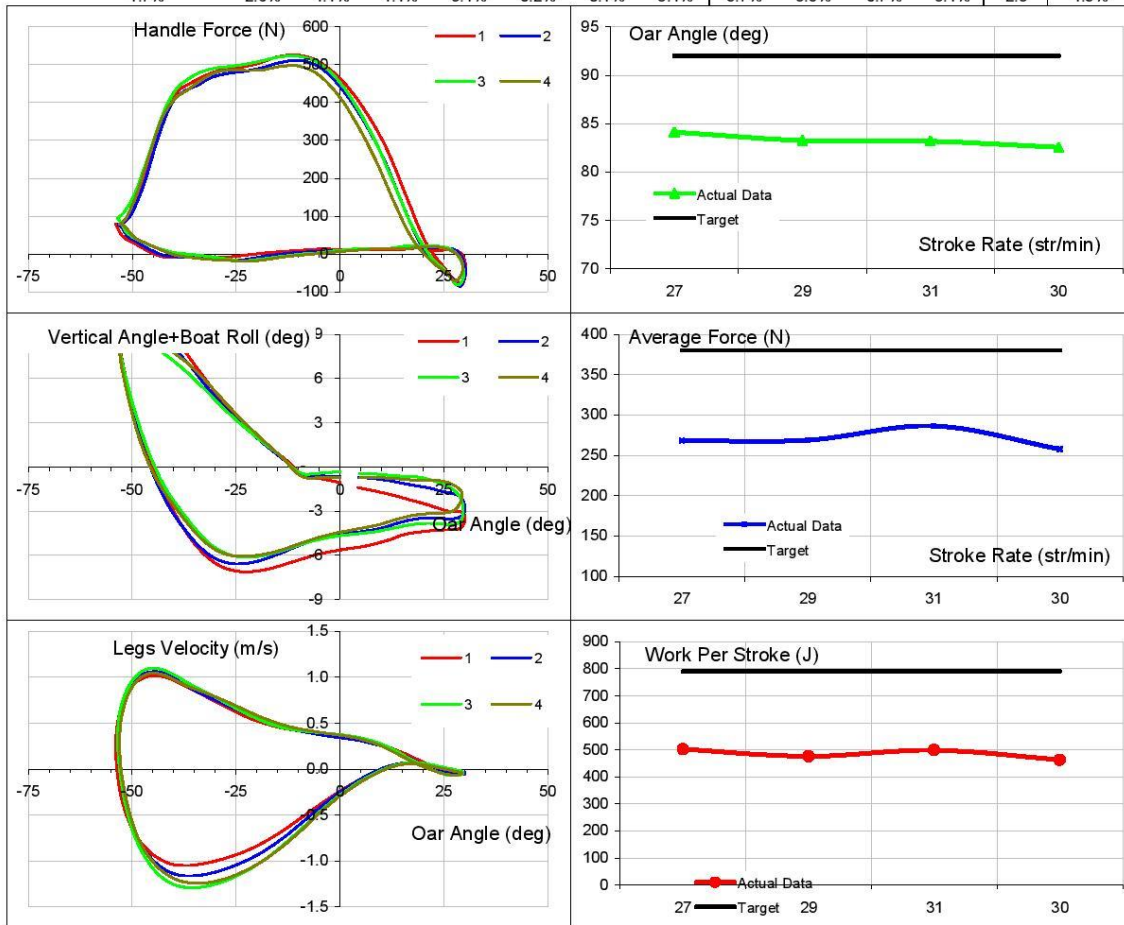


Luca Stojanovic

This page shows one rower data for various samples

#	Data sample	Stroke Rate (str/min)	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Effective Angle (%)	Max.Blade Depth (deg)	Blade Efficiency (%)	HDF
1	Sample 01	27.5	1.03	46.9%	-53.9	30.2	84.1	17.3	6.6	55.3	71.6%	-8.6	80.1%	71.6
2	Sample 02	28.9	1.01	48.7%	-53.2	30.0	83.3	15.8	0.2	59.5	80.8%	-8.6	82.3%	70.8
3	Sample 03	30.9	0.97	50.1%	-53.4	29.7	83.2	18.4	0.5	58.9	77.2%	-9.1	82.2%	70.5
4	Sample 04	30.2	1.00	50.2%	-53.0	29.5	82.6	17.2	0.9	62.1	78.0%	-8.2	82.3%	70.8
Average/Sum		29.37	1.00	49.0%	-53.4	29.9	83.3	17.2	2.1	59.0	76.9%	-8.62	81.7%	70.9
Variation (%)		5.2%	2.3%	3.1%	0.4	0.3	0.6	1.1	3.0	4.7%	5.0%	0.04	1.3%	0.7%

#	Time over 2000m (m:s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/Kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)	Legs drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Catch Factor (ms) / Δt 0 / Vseat - Catch	Rowing Style Factor (%)
1	7:45.73	526	268	0.39	51%	52.0%	12.0	23.6	230	502	0.504	1.01	-24.9	82.1%
2	7:37.16	511	269	0.39	53%	52.0%	11.3	24.8	229	476	0.507	1.06	-27.3	85.4%
3	7:27.53	522	286	0.42	55%	52.1%	10.8	24.6	257	499	0.509	1.09	-30.2	84.5%
4	7:32.42	496	257	0.38	52%	52.2%	9.9	25.7	233	462	0.512	1.04	-28.9	85.0%
7:35.71		514.0	270.2	0.39	53%	52.1%	11.0	24.7	237	485	0.508	1.05	-27.8	84.2%
1.7%		2.6%	4.4%	4.4%	3.1%	0.2%	8.1%	3.4%	5.7%	3.9%	0.7%	3.1%	2.3	1.5%



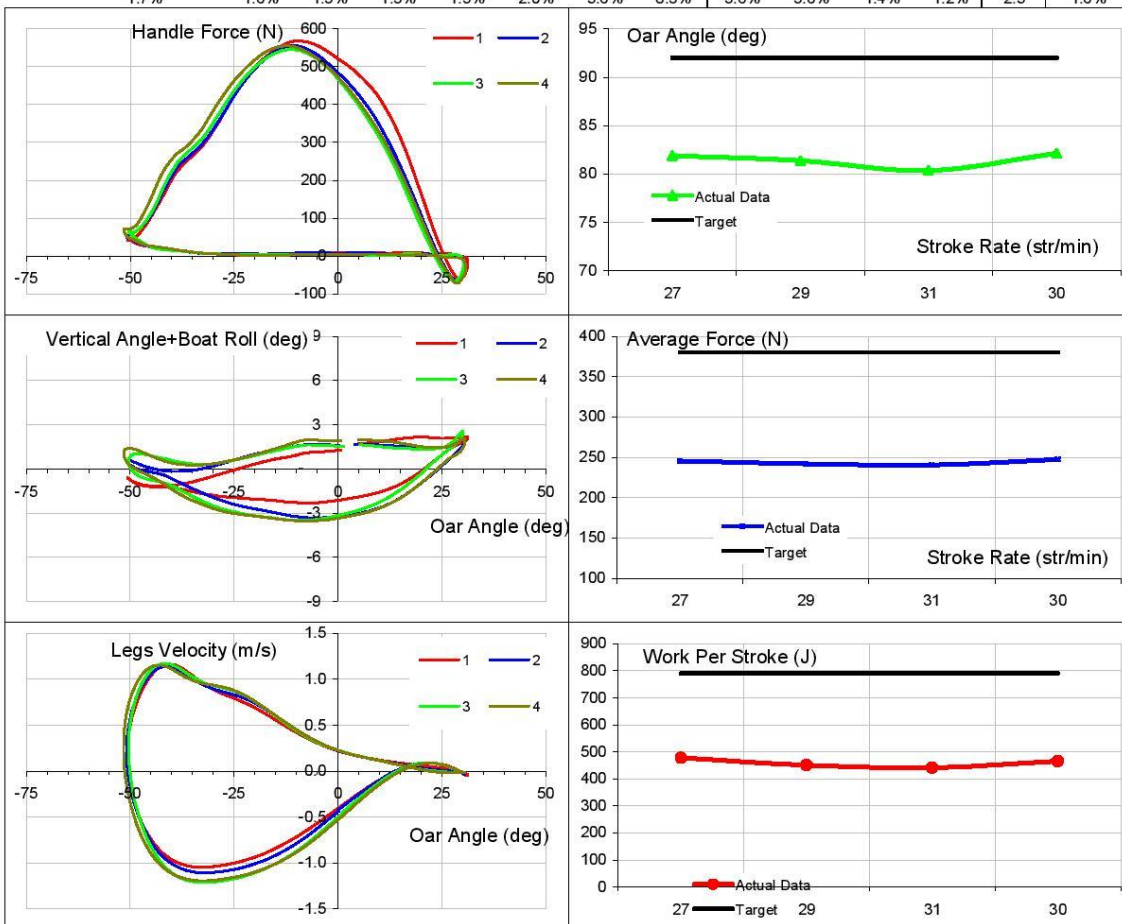


Flup Stahisic

This page shows one rower data for various samples

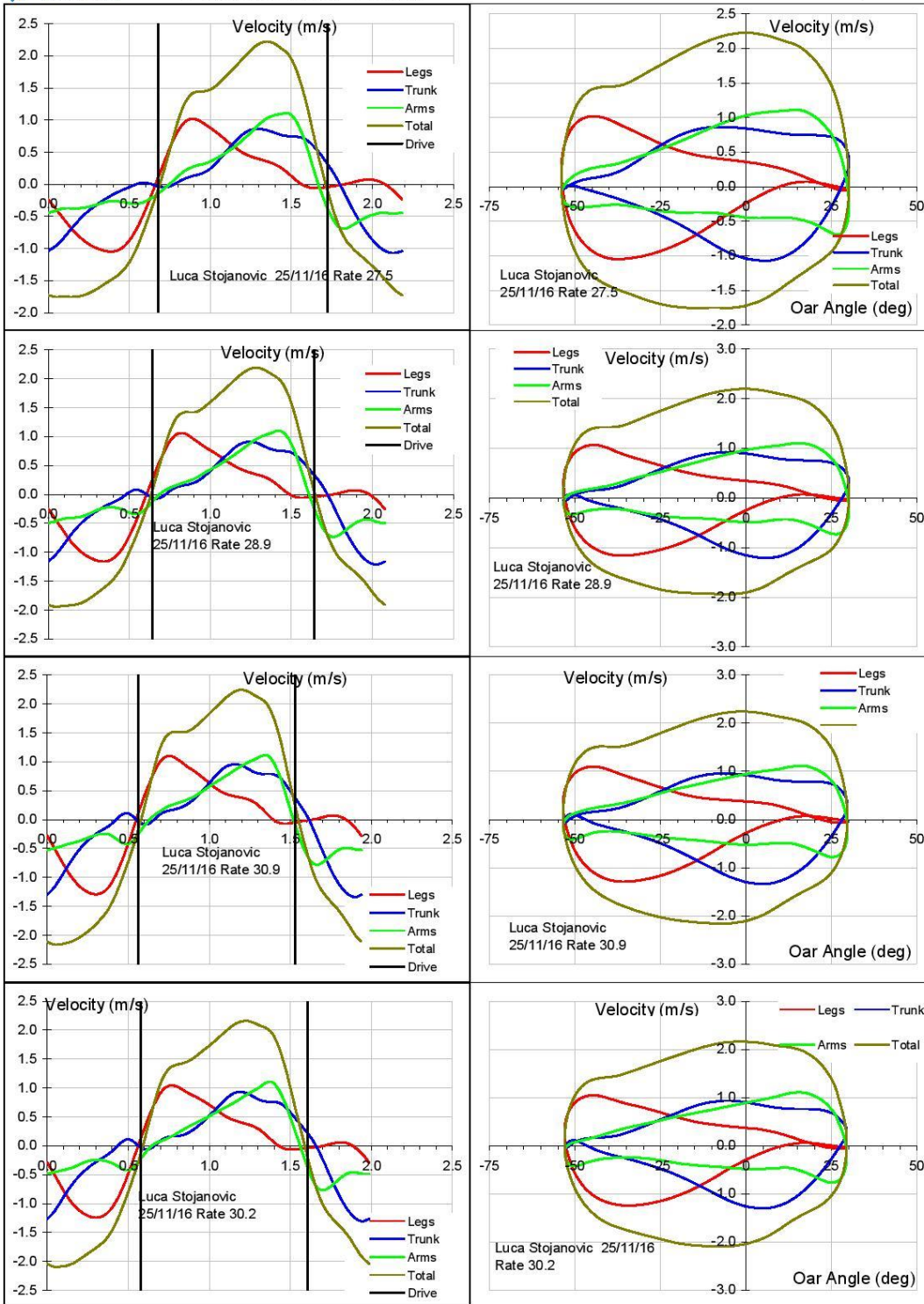
#	Data sample	Stroke Rate (str/min)	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Effective Angle (%)	Max.Blade Depth (deg)	Blade Efficiency (%)	HDF
1	Sample 01	27.5	1.04	47.4%	-50.7	31.2	81.9	#####	#####	38.2	#VALUE!	-1.3	81.1%	76.0
2	Sample 02	28.9	1.01	48.7%	-50.8	30.6	81.4	40.8	20.4	33.0	24.7%	-1.7	82.0%	71.7
3	Sample 03	30.9	0.98	50.4%	-50.2	30.1	80.4	30.8	23.1	31.5	33.0%	-1.0	82.0%	70.2
4	Sample 04	30.2	1.00	50.1%	-51.5	30.7	82.1	30.0	19.7	32.8	39.5%	-1.7	80.7%	71.9
Average/Sum		29.37	1.00	49.1%	-50.8	30.7	81.4	#####	#####	33.9	#VALUE!	-1.44	81.5%	72.5
Variation (%)		5.2%	2.5%	2.8%	0.5	0.5	0.8	#####	#####	8.8%	#VALUE!	0.23	0.9%	3.4%

#	Time over 2000m (m:s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/Kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)	Legs drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Catch Factor (ms) Δt 0 Vseat - Catch	Rowing Style Factor (%)
1	7:45.73	566	245	0.37	43%	48.5%	24.2	20.3	219	477	0.508	1.15	-20.5	90.3%
2	7:37.16	556	242	0.37	43%	49.0%	23.9	23.4	217	450	0.504	1.14	-24.3	87.2%
3	7:27.53	545	240	0.37	44%	47.0%	21.9	24.1	227	441	0.504	1.17	-25.0	90.0%
4	7:32.42	555	247	0.38	45%	47.2%	21.7	24.6	234	466	0.519	1.15	-26.3	90.6%
7:35.71		555.5	243.7	0.37	44%	47.9%	23.0	23.1	224	458	0.509	1.15	-24.0	89.5%
1.7%		1.6%	1.3%	1.3%	1.3%	2.0%	5.6%	8.3%	3.6%	3.6%	1.4%	1.2%	2.5	1.6%



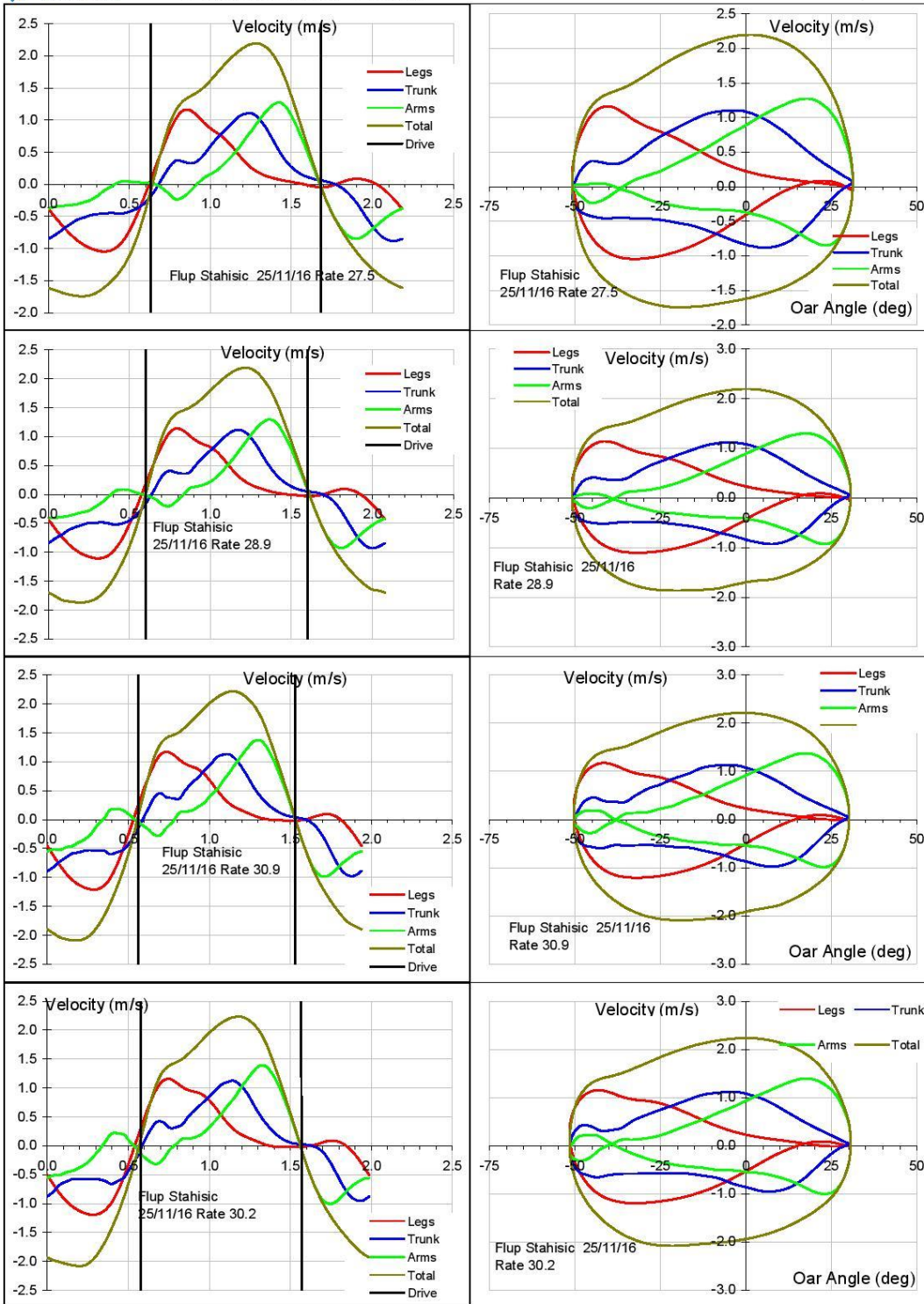


Segments Work Overlap





Segments Work Overlap



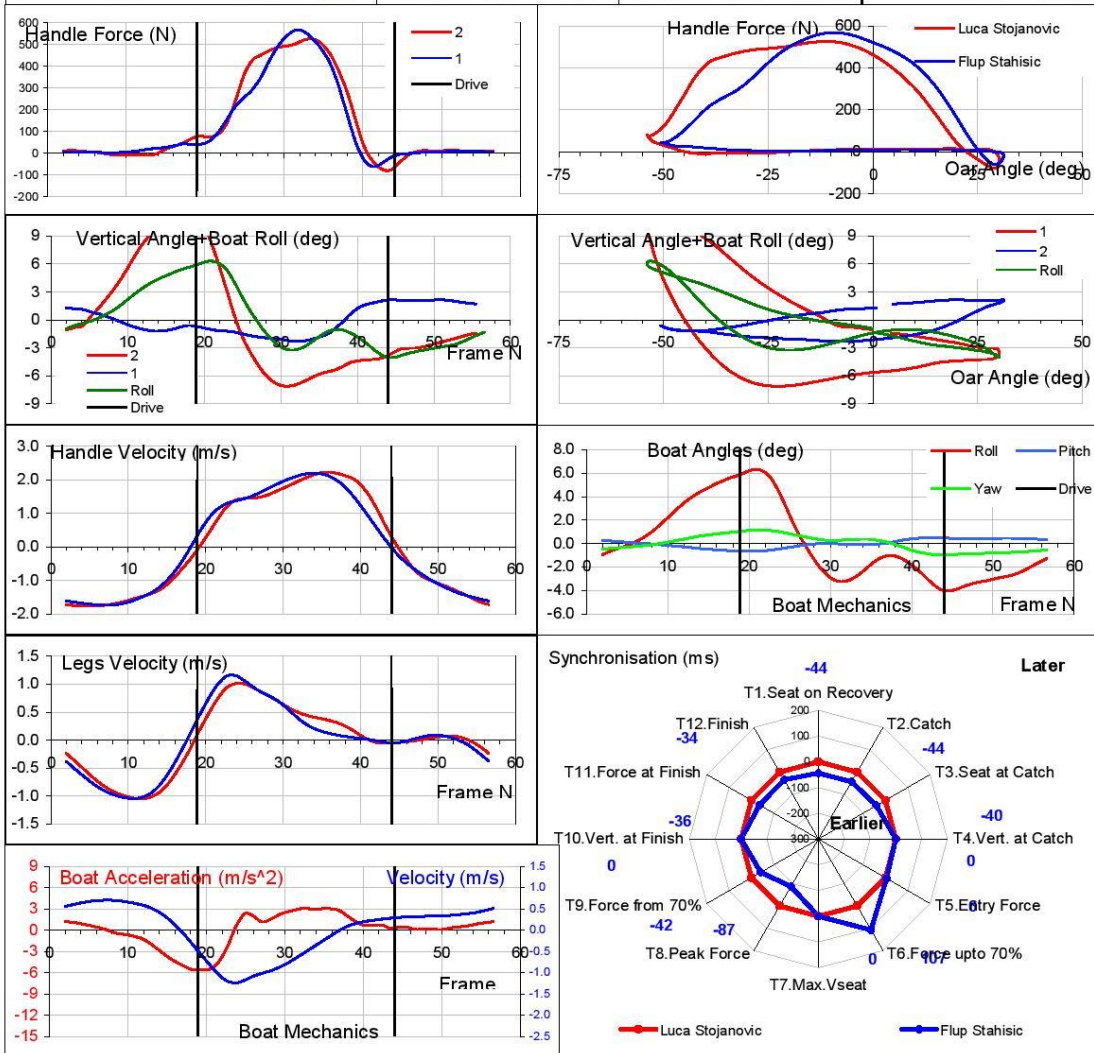


One sample data Pair and Double 25/11/16 Sample 01 Page 7

Stroke Rate (str/min)		27.5		Time over 2000m (m.s)		7:45.73						
Seat	Names	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Arc Length (m)	Arc Length /Height (%)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Blade Efficiency (%)
2	Luca Stojanovic	1.025	46.9%	-53.9	30.2	84.1	1.51	83.5%	17.3	6.6	71.6%	80.1%
1	Flup Stahisic	1.035	47.4%	-50.7	31.2	81.9	1.47	81.8%	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	81.1%

Seat	Max.Handle Velocity (m/s)	Average Handle Velocity (m/s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)
2	2.22	1.48	526	268	0.39	51%	52%	12.0	23.6	230	502
1	2.19	1.42	566	245	0.37	43%	48%	24.2	20.3	219	477

Seat	Legs drive (m)	Trunk drive (m)	Arms drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Trunk Max. Speed (m/s)	Arms Max. Speed (m/s)	Legs power (%)	Trunk power (%)	Arms power (%)	Catch Factor (ms) (Δ t O Vseat, Catch)	Rowing Style Factor (%)
2	0.50	0.53	0.50	1.01	0.86	1.11	40.1%	30.8%	29.1%	-24.9	82.1%
1	0.51	0.55	0.44	1.15	1.10	1.26	33.6%	42.5%	23.9%	-20.5	90.3%



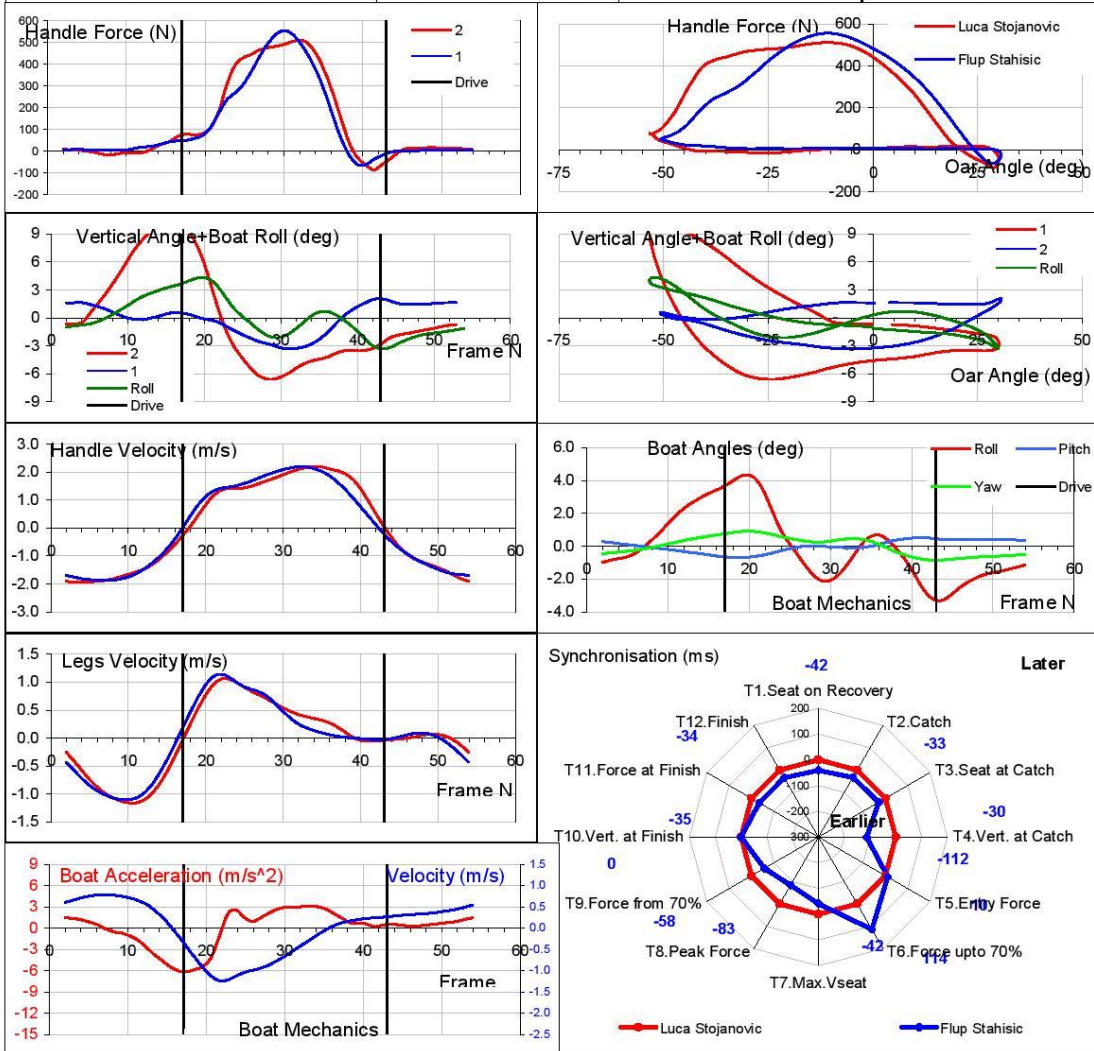


One sample data Pair and Double 25/11/16 Sample 02 Page 8

Stroke Rate (str/min)		28.9		Time over 2000m (m.s)		7:37.16						
Seat	Names	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Arc Length (m)	Arc Length /Height (%)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Blade Efficiency (%)
2	Luca Stojanovic	1.012	48.7%	-53.2	30.0	83.3	1.50	82.7%	15.8	0.2	80.8%	82.3%
1	Flup Stahisic	1.012	48.7%	-50.8	30.6	81.4	1.46	81.3%	40.8	20.4	24.7%	82.0%

Seat	Max.Handle Velocity (m/s)	Average Handle Velocity (m/s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)
2	2.19	1.48	511	269	0.39	53%	52%	11.3	24.8	229	476
1	2.19	1.45	556	242	0.37	43%	49%	23.9	23.4	217	450

Seat	Legs drive (m)	Trunk drive (m)	Arms drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Trunk Max. Speed (m/s)	Arms Max. Speed (m/s)	Legs power (%)	Trunk power (%)	Arms power (%)	Catch Factor (ms) (Δ I O Vseat, Catch (ms))	Rowing Style Factor (%)
2	0.51	0.53	0.48	1.06	0.91	1.10	41.5%	31.6%	26.9%	-27.3	85.4%
1	0.50	0.54	0.44	1.14	1.11	1.30	35.6%	42.4%	22.1%	-24.3	87.2%

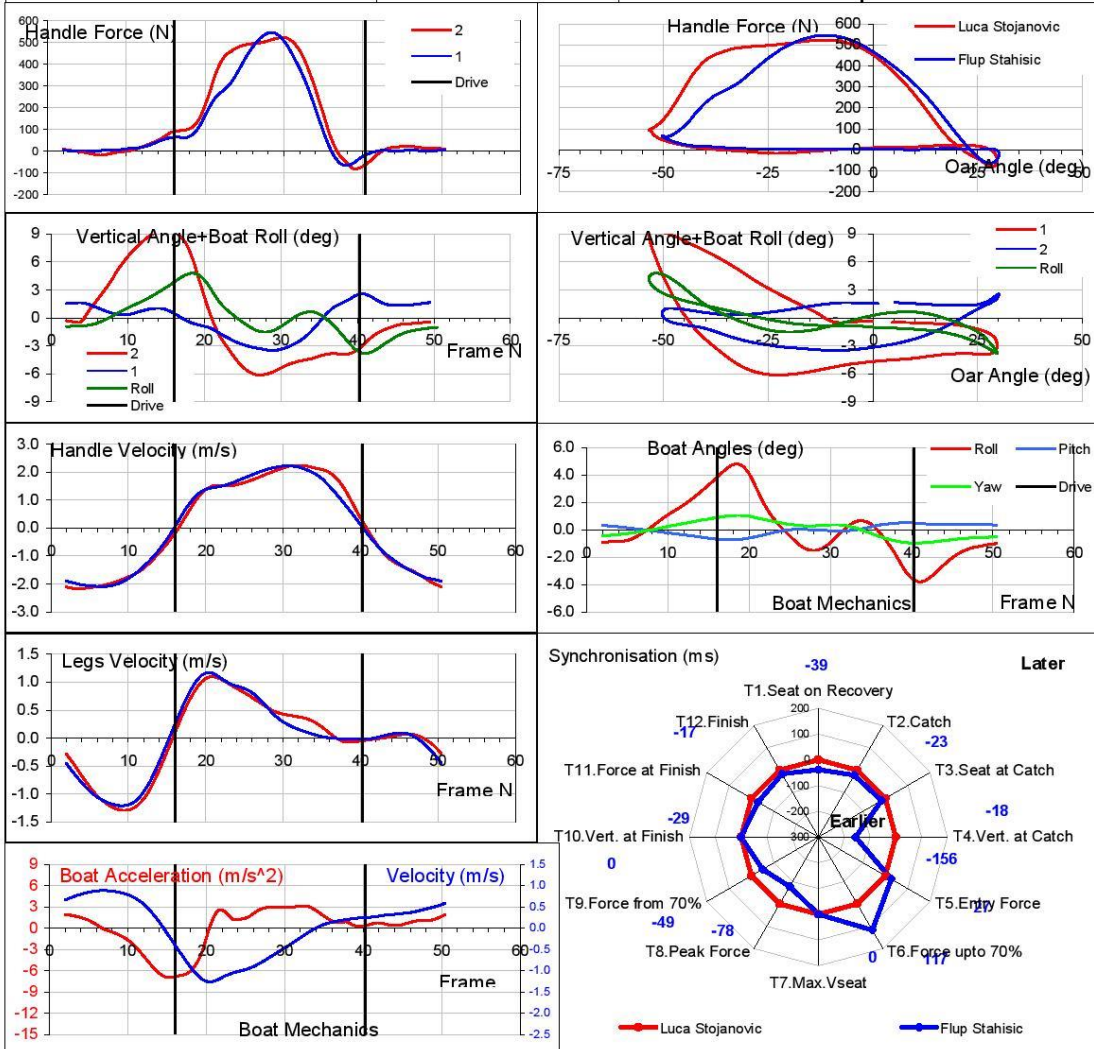




Stroke Rate (str/min)		30.9		Time over 2000m (m.s)		7:27.53						
Seat	Names	Drive time (s)	Rhythm (%)	Catch Angle (deg)	Finish Angle (deg)	Total angle (deg)	Arc Length (m)	Arc Length /Height (%)	Catch Slip (Deg)	Release Slip (deg)	Effective Angle (deg)	Blade Efficiency (%)
2	Luca Stojanovic	0.971	50.1%	-53.4	29.7	83.2	1.50	82.6%	18.4	0.5	77.2%	82.2%
1	Flup Stahisic	0.977	50.4%	-50.2	30.1	80.4	1.44	80.3%	30.8	23.1	33.0%	82.0%

Seat	Max.Handle Velocity (m/s)	Average Handle Velocity (m/s)	Max. Force (N)	Average Force (N)	Aver.Force/Weight (N/kg)	Ratio Aver / Max Force (%)	Position of peak force (% of SL)	Catch force gradient (deg)	Finish force gradient (deg)	Rowing Power (W)	Work Per Stroke (J)
2	2.24	1.54	522	286	0.42	55%	52%	10.8	24.6	257	499
1	2.21	1.48	545	240	0.37	44%	47%	21.9	24.1	227	441

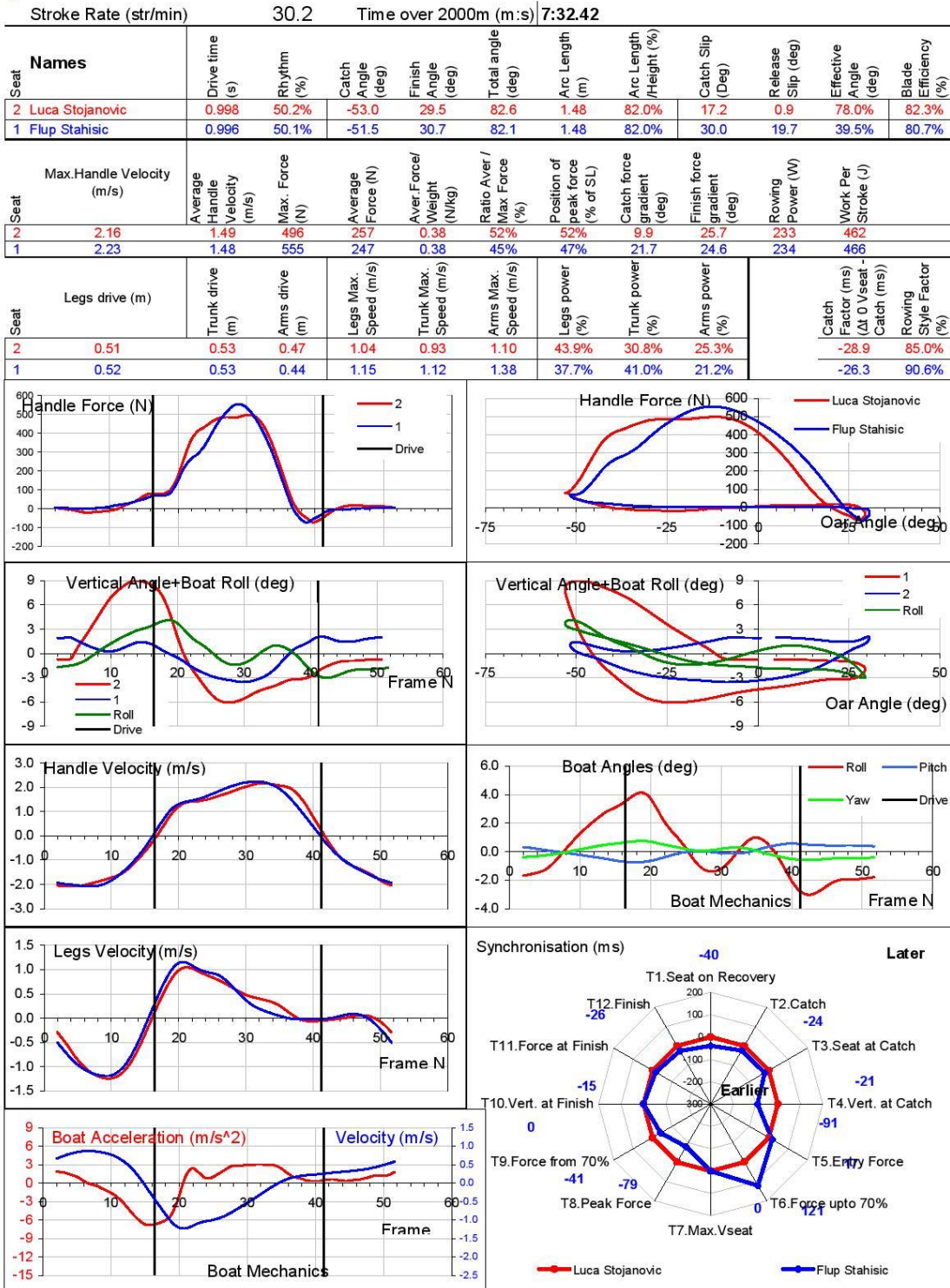
Seat	Legs drive (m)	Trunk drive (m)	Arms drive (m)	Legs Max. Speed (m/s)	Trunk Max. Speed (m/s)	Arms Max. Speed (m/s)	Legs power (%)	Trunk power (%)	Arms power (%)	Catch Factor (ms) (ΔI O Vseat)	Rowing Style Factor (%)
2	0.51	0.53	0.48	1.09	0.96	1.11	42.1%	31.6%	26.3%	-30.2	84.5%
1	0.50	0.53	0.44	1.17	1.12	1.36	37.0%	41.8%	21.3%	-25.0	90.0%





One sample data Pair and Double 25/11/16 Sample 04

Page 10



ИЗЈАВА КАНДИДАТА О АУТОРСТВУ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Потписани, Небојша Илић из Београда, ул. Београдског батаљона 27

ИЗЈАВЉУЈЕМ

да је докторска дисертација под насловом

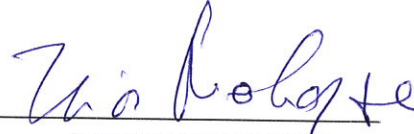
„Кинематичка и динамичка анализа завеслаја у веслању“

- резултат мог сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини или у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа у земљи и иностранству,
- да су резултати истраживања исправно и академски коректно наведени, и
- да нисам током истраживања и писања дисертације кршио/кршила туђа ауторска права и користио/користила интелектуалну својину других лица као своју без одобрења.

У Сремској Каменици,

26.03.2018.

датум


потпис кандидата

**ИЗЈАВА КАНДИДАТА О ИСТОВЕТНОСТИ
ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Потписани, Небојша Илић из Београда, ул. Београдског батаљона 27

ИЗЈАВЉУЈЕМ

да је штампана верзија моје докторске дисертације под насловом

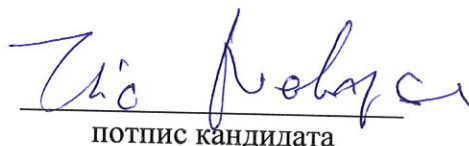
„Кинематичка и динамичка анализа завеслаја у веслању“

идентична електронској верзији коју сам предао/предала Универзитету Едуконс.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука/доктора уметности, као што су име и презиме, година и место рођења, и датум одбране рада. Ови подаци се могу објавити у публикацијама Универзитета Едуконс или на електронским порталима.

У Сремској Каменици,

26.03.2018.



ПОТПИС КАНДИДАТА

ИЗЈАВА КАНДИДАТА О КОРИШЋЕЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Потписани Небојша Илић овлашћујем Библиотеку Универзитета Едуконс да у Репозиторијум Универзитета Едуконс унесе моју дисертацију под насловом

„Кинематичка и динамичка анализа завеслаја у веслању“

која је моје ауторско дело.

Дисертацију сам са свим прилозима предао/предала у електронској форми погодной за трајно архивирање. Моју докторску дисертацију похрањену у Репозиторијуму Универзитета Едуконс могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons, <http://creativecommons.org/>), за коју сам се одлучио/одлучила (заокружити само једну опцију).

1. Ауторство
2. Ауторство – некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

У Сремској Каменици,

26.03.2018.



ПОТПИС КАНДИДАТА

Типови лиценце:

1. **Ауторство** – Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и његове прераде, ако се на исправан/одређен начин наведе име аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврха. Ово је лиценца која даје највиши степен слободе у коришћењу дела.
2. **Ауторство – некомерцијално**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и његове прераде, ако се на исправан/одређен начин наведе име аутора или даваоца лиценце, али изван комерцијалне употребе дела-дисертације.
3. **Ауторство - некомерцијално – без прераде**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, али без његове прераде, промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се на исправан/одређен начин наведе име аутора или даваоца лиценце, али изван комерцијалне употребе дела-дисертације. Овај тип лиценце највише ограничава права коришћења дела-дисертације.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и његове прераде, ако се на исправан/одређен начин наведе име аутора или даваоца лиценце, и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом, али без комерцијалне употребе.
5. **Ауторство – без прераде**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, али без његове прераде, промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се на исправан/одређен начин наведе име аутора или даваоца лиценце, уз могућност комерцијалне употребе дела-дисертације.
6. **Ауторство – делити под истим условима**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и његове прераде, ако се на исправан/одређен начин наведе име аутора или даваоца лиценце, и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Овај тип лиценце дозвољава комерцијалну употребу дела-дисертације и прерада исте. Слична је софтверским лиценцама, тј. лиценцама отвореног типа.