

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Visokošolski študij
Veslanje

**POVEZAVA MED GIBANJEM SEDEŽA IN ROČAJA NA
VESLAŠKEM ERGOMETRU S TEKMOVALNO
USPEŠNOSTJO VESLANJA**

DIPLOMSKA NALOGA

MENTOR:

izr. prof. dr. Matej Supej

SOMENTOR:

Stanko Štuhec, prof. šp. vzg.

RECENZENT:

prof. dr. Ivan Čuk

Avtor dela
MARKO BEADER

Ljubljana, 2013

POSVETILO

Vsem mojim veslačem.

KLJUČNE BESEDE: veslanje, voda, ergometer, primerjava, tehnika, dejavniki uspešnega zaveslaja

POVEZAVA MED GIBANJEM SEDEŽA IN ROČAJA NA VESLAŠKEM ERGOMETRU S TEKMOVALNO USPEŠNOSTJO VESLANJA

Marko Bader

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, 2013

Visokošolski študij, veslanje

Število strani: 72, število slik: 52, število tabel: 3, število virov: 58

IZVLEČEK

NAMEN: Ugotoviti, ali bo veslač z višjo uvrstitvijo na Svetovnem prvenstvu imeli višji prirastek hitrosti gibanja ročaja v fazi potega kot veslač s slabšo. Dodatno nas je zanimala razlika med njima v časovnem razmerju faze potega in faze vračanja ročaja ter sedeža

METODE DELA: Preizkušanci: Meritve so bile opravljene na veslaških tekmovalcih, ki so bili razdeljeni v 6 skupin. Skupine so se razlikovale po starosti (člani A ter mladinci) in po kvaliteti (veslači uvrščeni med prvih 6 na SP, veslači uvrščeni slabše od 6. mesta na SP ter veslači, ki se niso uvrstili v reprezentanco). Pripomočki: Uporabili smo veslaški simulator Concept II model D z monitorjem PM 4 (Concept2c Inc., Morrisville, Vermont, USA). Na veslaški simulator smo nastavili dodatne naprave. Senzor za merjenje poti verige smo nastavili na os zračno zaviranega kolesa. To je bil potenciometer, preko katerega smo določili na podlagi premika verige položaj ročaja v danem trenutku. Dodali smo še 2 osi na ogrodje ergometra, preko katerih smo nastavili trak, ki je bil fiksiran na sedež. S premikanjem sedeža so se vrteli obe osišči. Potenciometer na osišču je meril to gibanje ter posredno računal položaj sedeža v danem trenutku. Postopek: Meritve so bile opravljene na standardnem 9 minutnem veslaškem stopnjevalnem testu. Merili smo tako standardne spremenljivke (čas veslanja, tempo, povprečni čas na 500 metrov, moč posameznega zaveslaja) kot tudi dodatne (čas potega ročaja, čas vračanja ročaja, čas odriva sedeža, čas vračanja sedeža, časovno razmerje med fazo potega in fazo vračanja ročaja, časovno razmerje med fazo potega in fazo vračanja sedeža, največja hitrost gibanja ročaja v fazi potega, največja hitrost gibanja sedeža v fazi potega, spreminjanje dolžine faze potega ročaja, točka doseganja največje hitrosti ročaja in največja sila v fazi poteg).

UGOTOVITVE: Rezultati kažejo, da imata veslača z boljšo uvrstitvijo na Svetovnem prvenstvu višji prirastek hitrosti gibanja ročaja v fazi potega kot veslača s slabšo ter nižji količnik v časovnem razmerju faze potega in faze vračanja ročaja ter sedeža.

KEY WORDS: Rowing, water, ergometer, comparison, technique, ergometer, factors of a successful stroke

CONNECTION BETWEEN THE MOVEMENT OF THE HANDLE AND OF THE SEAT ON A ROWING ERGOMETER AND THE RESULT IN ON-WATER ROWING

Marko Bader

University of Ljubljana, Faculty of sport, 2013

Higher education, Rowing

Number of pages: 72, number of photos: 52, number of tables: 3, number of sources: 58

ABSTRACT

PURPOSE: to determine if a rower with a higher classification at the World Championships (WC) had a higher increment rate of movement of the handle in the pull phase of a stroke than a rower with a lower classification. We were also interested in the difference between the two in the time ratio of the pull phase and the phase of the return of the handle and seat.

METHODS: Subjects: Measurements were performed on rowers, who were divided into 6 groups. Groups varied by age (seniors and juniors) and quality (rowers ranked among the top six at the WC, rowers ranked worse than 6th place at the WC and rowers who did not qualify for the national team). Accessories: We used a Concept II rowing simulator model D with a PM4 monitor (Concept2c Inc., Morrisville, Vermont, USA). We set up additional sensors on the simulator. One for measuring the movement of the chain was mounted on the axle of the air-braked wheel. A potentiometer, which determined the position of the handle through the moves of the chain at any given moment. The second potentiometer was mounted on one of two additional axes on the support shaft. We used a belt, which was fixed to the seat. By moving the seat the axes rotated. The potentiometer determined the position of the seat at any given time. Procedure: Measurements were performed on a 9-minute rowing step test. We measured the standard variables (time, strokes per minute, average time on 500 meters and stroke power) as well as additional (the pull phase time of the handle and seat, the handle and seat return phase time, the ratio between the pull phase and the return phase of the handle and seat, the maximum velocity in the pull phase of the handle and seat, changing of the length of the pull phase and the point of achieving the maximum speed of the handle and maximum stroke force).

CONCLUSIONS: Results suggest that rowers who have a better classification at the WC have a higher increment rate of the movement of the handle as rowers with lower classification. In addition, they have a lower ratio in the time ratio of the pull phase and the return phase of the handle and the seat.

KAZALO

1. UVOD.....	8
1.1. VESLANJE Z OSNOVNIMI POJMI	10
1.1.1. MEDNARODNA VESLAŠKA ZVEZA FISA	10
1.1.2. VESLAŠKI ČOLN.....	11
1.1.3. VESLAČI V ČOLNU.....	13
1.1.4. KRMAR.....	13
1.1.5. FAZE ZAVESLJAJA.....	14
1.1.6. ERGOMETER	14
1.2. TEHNIKA VESLANJA	17
1.3. HITROST ČOLNA	20
1.4. DRUGI DEJAVNIKI USPEŠNEGA ZAVESLJAJA.....	23
1.4.1. ANTROPOMETRIČNO – MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI.....	23
1.4.2. RITEM VESLANJA	24
1.4.3. ŠTEVILO ZAVESLJAJEV NA MINUTO	25
1.4.4. OPRAVLJENA POT ČOLNA NA ZAVESLAJ.....	27
1.4.5. DOLŽINA ZAVESLJAJA	28
2. PROBLEM IN PREDMET NALOGE.....	31
3. CILJI IN HIPOTEZE	33
4. METODE DE LA.....	34
4.1. PREIZKUŠANCI.....	34
4.2. PRIPOMOČKI	34
4.3. POSTOPEK	35
4.3.1. MERITEV.....	35
4.3.2. ZAJEM PODATKOV	35
4.3.3. OBDELAVA PODATKOV	36

4.3.4.	IZBIRA ZAVESLJAJEV IN STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	38
5.	REZULTATI.....	39
5.1.	ČLANI.....	39
5.1.1.	SPLOŠNO.....	39
5.1.2.	ROČAJ.....	41
5.1.3.	SEDEŽ.....	47
5.2.	MLADINCI.....	51
5.2.1.	SPLOŠNO.....	51
5.2.2.	ROČAJ.....	53
5.2.3.	SEDEŽ.....	59
6.	RAZPRAVA	63
7.	SKLEP	66
8.	VIRI.....	68

1. UVOD

Človek se je od nekdaj poizkušal prebijati preko vodnih brezvetrnih površin s uporabo pripomočkov, ki bi prenesli njegovo silo rok v potiskanju preprostega plovila. Prvi agonistični dogodek veslaške zvrsti je potekal med ponudniki rečnih transporta po Temzi v Londonu konec 18. stoletja (»History of rowing«, 2013). Z razvojem moderne športne dejavnosti se je izoblikovala tekmovalna panoga veslanja, ki je preko celotnega 19. stoletja doživela močan razmah med širšo javnost in je bila že od začetka vzpostavitve modernih olimpijskih iger redno vključena v nabor tekmovalne dejavnosti (»Rowing«, 2013). Njena vloga in pomen sta tako v popularnosti, kot v doseženih športnih uspehah, trdno zasidrani v zgodovini slovenskega športa. Veslaška dejavnost se je preko športnih društev pričela plasirati na današnjem ozemlju RS že konec 19. stoletja (Pavlin, 2012), vendar je svojo splošno popularizacijo pridobila predvsem v 20. stoletju (Prodan, 2003).

Do današnjih dni je veslanje slovenskemu športu prineslo vrsto odličij svetovnega merila. Slednji so bili tako plod izjemnih posameznikov in moštev, ki so svoje potenciale uspeli konkretizirati s pomočjo veslaške tehnične dovršenosti in visoke psihofizične pripravljenosti. Za ponazoritev napisanega, se bom uvodoma časovno kronološko omejil le na obdobje samostojne Slovenije; Avgusta 1991 sta se mladinska svetovna prvaka v dvojcu brez krmarja, Iztok Čop in Denis Žvegelj, pomerila s člansko svetovno elito in pri tem zaostala le za posadko Mathewom Pincettom in Stevenom Redgravom. Slednji je v svoji karieri na 5 zaporednih olimpijskih igrah osvojil kar 5 zlatih medalj. Že leto kasneje v Barceloni, je prav naveza Čop - Žvegelj bila zaslužna za prvo slovensko medaljo na olimpijskih igrah. Slabi dve uri kasneje je Slovenska zastava ponovno plapolala na drogu v čast bronca četverca brez krmarja v postavi Milan Janša, Jani Klemenčič, Sašo Mirjanič in Sadik Mujkič.

Pri naslednjem velikem mejniku je zgodovino ponovno krojil Iztok Čop. Tokrat v dvojnem dvojcu skupaj z Luko Špikom. Na olimpijskih igrah v Sydneyju leta 2000 sta že v predtekmovanju pokazala, da sta kandidata za olimpijsko odličje. Z vrhunsko odveslanimi regatami sta Sloveniji priveslala prvo zlato odličje iz olimpijskih iger in se tako zasidrala v zgodovino slovenskega športa.



Slika 1: Iztok Čop (levo) Denis Žvegelj (sredina) in Steven Redgrave (desno). Slovenska veslača sta na podelitvi nosila majico z napisom »Samostojna Slovenija 1991« zaradi česar sta bila skoraj diskvalificirana (Osterman, 2005)



Slika 2: 23. september 2000. Dan, ko je prvič v zgodovini na olimpijskih igrah odmevala Prešernova Zdravljica (Osterman, 2005)

Slovensko veslanje pa niso samo oni. Tu je še kopica drugih mladinskih in članskih uspehov, katere ne bi dosegli brez analitičnega in sistematičnega dela. Dolge zime treningov so preživete predvsem na ergometrih, saj vremenski pogoji ne dopuščajo veslanja na vodi. Stanje veslačeve veslaške pripravljenosti se testira na standardnih testih na ergometrih, ki pa so zaradi svoje narave podvrženi prilagojeni tehniki in s tem podatki lahko kažejo boljšo sliko, kot pa je v resnici. Tako so rezultati na ergometrih smatrani z neko stopnjo previdnosti, saj je potrebno počakati na testiranja na vodi, da bi se videla prava kvaliteta veslača.

1.1. VESLANJE Z OSNOVNIMI POJMI

Veslanje je šport s cikličnim gibanjem, pri katerem se posadke v različnih čolnih s pomočjo vesel premikajo hrbtno v smeri vožnje. Najbolj razširjena oblika tekmovalnega veslanja je regata na veslaškem polju dolžine 2000 metrov, ki je razdeljeno na 6 prog. Ta oblika regat se odvija tudi na olimpijskih vse od iger v Melbournu leta 1956. Na ostalih olimpijskih igrah moderne dobe pa je veslanje bilo nestandardizirano in se je olimpijko tekmovanje razlikovali ali po dolžini proge, ali po številu nastopajočih čolnov. Od leta 2008 pa je veslanje tudi na sporedu para-olimpijskih iger. Za te oblike veslanja je potrebna mirna voda, zaradi česar je tako veslanje najbolj razširjeno na jezerih in mirnih delih rek.

1.1.1. MEDNARODNA VESLAŠKA ZVEZA FISA

Fédération Internationale des Sociétés d'Aviron, je mednarodno združenje državnih veslaških zvez, ki je bilo ustanovljeno leta 1892 v Torinu. Namen zveze je promocija in širjenje veslanja po svetu ter organizacija vse tekmovanj na najvišjem nivoju kot so Svetovno prvenstvo, svetovni pokal ter olimpijske igre («International Rowing Federation», 2013).

1.1.2. VESLAŠKI ČOLN

Čolne delimo na 2 glavni skupini. Prva so čolni »skul«, kjer ima veslač v rokah 2 vesli. Taki čolni so praviloma brez krmarja. Standardne velikosti čolnov so enojec, dvojni dvojec in dvojni četverec. Druga skupina so čolni »rimen«, kjer ima vsak veslač v roki samo eno veslo. Tu poznamo dvojce, četverce in osmerce. Dvojec in četverec sta lahko z ali brez krmarja, osmerek pa že zaradi svoje dolžine 20 metrov potrebuje vedno tudi krmarja. Vse čolne veslajo tako moški (oznaka M) kot ženske (oznaka W). Čolni so prilagojeni teži posadke. To pomeni, da čolni za težke veslače (nad 72,5 kg) nimajo enakega kalupa kot tisti za lahke veslače (pod 72,5 kg). Moderni čolni so narejeni iz umetnih mas, predvsem karbonskih vlaken.

Vesla v teh dveh skupinah se razlikujejo predvsem po dimenzijah. Vesli v »skul« disciplinah sta dolgi med 280 in 290 cm. Veslo v »rimen« disciplini pa je dolgo med 370 in 380 cm. Del vesla, kjer nastaja pogonska sila imenujemo lopata ali sekira. Na »rimen« veslu je površina tega sploščenega dela večja kot pri »skul« veslu.



Slika 3: 1x, Enojec, »skul« disciplina (»Boats and Equipment« , 2013)



Slika 4: 2x, dvojni dvojec, »skul« disciplina (»Boats and Equipment« , 2013)



Slika 5: 2-, Dvojec brez krmarja, »rimen« disciplina (»Boats and Equipment« , 2013)



Slika 6: 2+, Dvojec s krmarjem, »rimen« disciplina (»Boats and Equipment« , 2013)



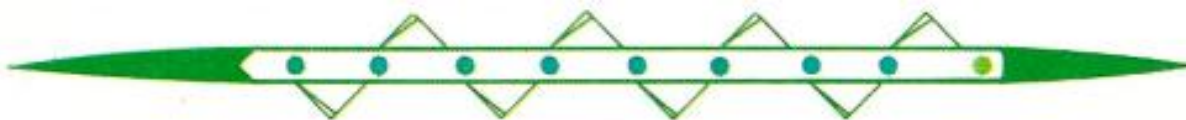
Slika 7: 4x, Dvojni četverec, »skul« disciplina (»Boats and Equipment« , 2013)



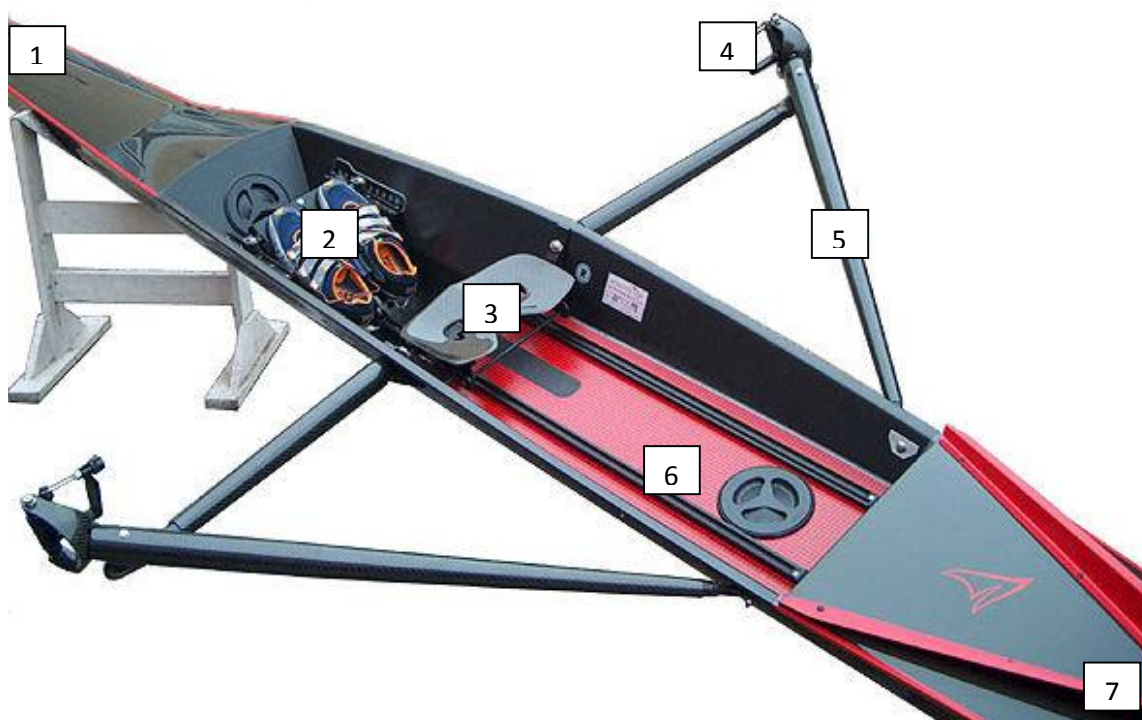
Slika 8: 4-, Četverec brez krmarja, »rimen« disciplina (»Boats and Equipment« , 2013)



Slika 9: 4+, Četverec s krmarjem, »rimen« disciplina (»Boats and Equipment« , 2013)



Slika 10: 8+, Osmerec, »rimen« disciplina (»Boats and Equipment« , 2013)



Slika 11: Deli čolna: 1- krma čolna, 2 – »nožniki« , 3 – voziček oz. sedež, 4 – vilice, 5 – izbočnik oz. mušketa, 6 – tirnice oz. šine, 7 – špica (»BBG Bootsbau«, 2013)

1.1.3. VESLAČI V ČOLNU

Glede na vrsto čolna se tudi število veslačev v čolnu spreminja. Preštevanje veslačev ni standardizirano. V državah bivše Jugoslavije prevladuje štetje od »špice« proti »krmi«, torej od dela čolna, ki prvi prečka cilj do dela, ki ga zadnji prečka. Tako je veslač, ki prvi prečka cilj »enka«, zadnji pa v primeru osmerca »osemka«. Ta veslač je tudi glavni veslač v čolnu in ima ne glede na vrsto čolna (razen v enojcu kjer je samo en veslač) naziv »štroher«.

1.1.4. KRMAR

Je član posadke, ki ja primarno zadolžen za smer potovanja čolna. Med pomembnimi nalogami krmarja je tudi skrb za taktiko med regato, zato morajo natančno opazovati ne samo dogajanje v lastnem čolnu, vendar morajo opazovat tudi konkurenčne čolne. Krmar je lahko nameščen na dveh mestih. Lahko na pol leži za »enko« ali pa sedi pred »štroherjem«. Prednost prvega položaja je dober razgled nad smerjo potovanja čolna saj nima ovir pred seboj. Prednost drugega položaja pa je dober pogled nad dogajanjem v lastnem čolnu. Pri vrhunskih posadkah se drugi položaj uporablja samo v osmercu, v dvojcu s krmarjem in četvercu s krmarjem pa predvsem prvi položaj krmarja.



Slika 12: Nenapisano pravilo govori, da se krmarja zmagovalne posadke po tekmi vrže v vodo (»Price calls the shots as Canadian 8 go for second straight Olympic rowing gold«, 2013)

1.1.5. FAZE ZAVESLJAJA

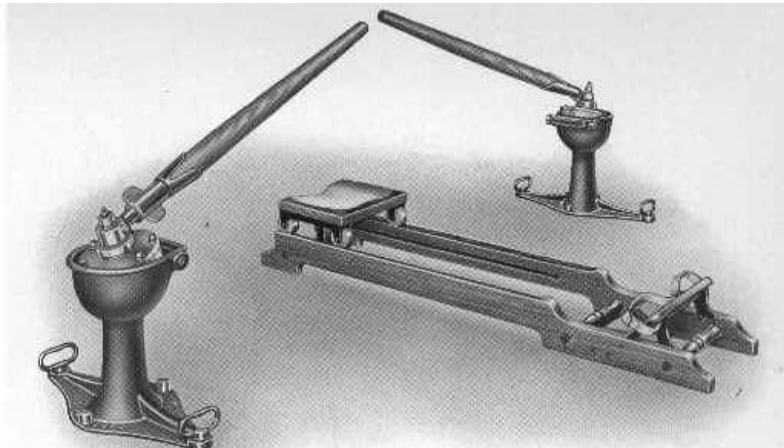
Redgrave (1992) ter McNeely in Royle (2002) navajajo 4 faze zavesljaja:

- Prva faza; zajem vode, kjer lopato vesla (listnati del, ki je najbolj oddaljen od veslača) v celoti potopimo. Pri tem ima veslač pokrčene noge in popolnoma iztegnjene roke.
- Druga faza; poteg ali delovna faza. Iz energijskega vidika je to najzahtevnejša faza, saj veslač skuša z zaporedjem gibov (stabilizacija trupa, izteg nog, ekstenzijo kolka in krčenje rok) preko delovanja na vesla čim bolj pospešiti čoln. V tej fazi veslo potuje pod vodo v navpičnem položaju.
- Tretja faza; končnica. V tej fazi se aktivni del zavesljaja zaključi. Veslač dokonča zaveslaj z nagibom trupa nazaj do kota 40° in z zaporedjem gibov rok izpodrine veslo iz vode.
- Četrta faza; vračanje ali faza počitka. Z nasprotnim zaporedjem kot med fazo potega, se veslač vrača na začetni položaj prve faze. Pri temu veslo v vodoravnem položaju potuje nad vodo. To je tudi faza odmora med zaveslaji.

Zaveslaj se začne s prvo fazo in konča v trenutku, ko začnemo prvo fazo naslednjega zaveslaja.

1.1.6. ERGOMETER

Pogovorno »ergo«, je simulator veslanja. Prvi modeli so se pojavljali že na prehodu med 19. in 20. stoletjem. Eden takih je bil Narragansettov hidravlični model, ki pa ni dobro simuliral delovanja čolna. Gibanje je bilo dokaj podobno veslanju na vodi, vendar je deloval kot hidravlični trenažer in zato ni bil primeren za vzdržljivostno vadbo (Indoor rower, 2013).



Slika 13: Narragansett-ov hidravlični ergometer uporabljen med leti 1900 ter 1965 (»The Development of Rowing Equipment«, 2013)

Večje spremembe so nastale šele nekje po letu 1950, ko se je število ergometrov domače proizvodnje začelo povečevati. Med najbolj zanimivimi je bil avstralski model, ki je izkoriščal mehanski upor vrtečega železnega kolesa. Profesor inženirstva mehanike Frank Cotton je tako sestavil rudimentaren stroj z edinim namenom utrujanja veslačev. Ergometer je bil napreden tudi zato, ker je opustil pristop starejših modelov in gibanje prenesel na osrednjo verigo, ki je obračala kolo. S tem principom je ergometer lahko simuliral inercijo čolna (The Development of Rowing Equipment, 2013).

Leta 1980 pa so se pojavili prvi ergometri, ki so delovali na zračnem uporu. Concept2 je svoj prvi model sestavil kar s kolesom navadnega bicikla. Ker ni imel težkega vrtečega kolesa je bil lahko prenosljiv. Že 6 let kasneje je ista družba naredila model B. To je bil prvi simulator z digitalnim ekranom, ki je na podlagi senzorja na vrtečem kolesu računal in v realnem času prikazoval hitrost, opravljeno delo, čas ter meril frekvenco zavesljajev. Ta model je tako postavil standard za moderne ergometre. Modela C in D sta bila najbolj prodajana simulatorja veslanja v zgodovini (Winchester, 2002)



Slika 14: Od leve proti desni vsi modeli ergometrov Concept2. Model A (1981-1986), model B (1986-1993), model C (1993-2003), model D (2003 - danes) in model E (2006 – danes).

Model E je prvi namenjen rekreaciji, zardi česar je precej višji kot ostali ergometri
(»Evolution Through Revolution«, 2013)

Ergometri Concept2 (Concept2c Inc., Morrisville, Vermont, USA) so trenutno najbolj uporabljeni zračno zavirani ergometri za potrebe simuliranja veslanja (Soper in Hume 2004a). Na vseh tekmah najvišjega ranga je to edini model ergometra, na katerem se lahko veslači ogrevajo.

Ergometri Concept2 (Concept2c Inc., Morrisville, Vermont, USA) imajo visoko zanesljivost pri testiranju tako vrhunskih (Schabort, Hawley, Hopkins in Blum, 1999) kot nevrhunskih veslačev (Soper in Hume 2004b) med 2000 metrov dolgimi regatami.

Schabort, Hawley, Hopkins in Blum (1999) to zanesljivost in ponovljivost rezultatov pripisujejo splošni zanesljivosti ergometra saj ne potrebuje kalibracij (te so narejene že tovarniško) in navajenosti veslačev, da opravljajo teste na teh ergometrih.

1.2. TEHNIKA VESLANJA

Primaren vpliv veslača na čoln in na učinkovito gibanje le tega imenujemo tehnika veslanja (Thompson, 2005). V vseh športnih je pomembno osnovno razumevanje tehnike. V veslanju je to še toliko pomembnejše, saj zaradi cikličnega gibanja ni bistvene razlike v tehniki začetnika in vrhunskega veslača. Razlika se pojavi šele v obvladovanju tehnike in učinkoviti ter ekonomični uporabi tega znanja.

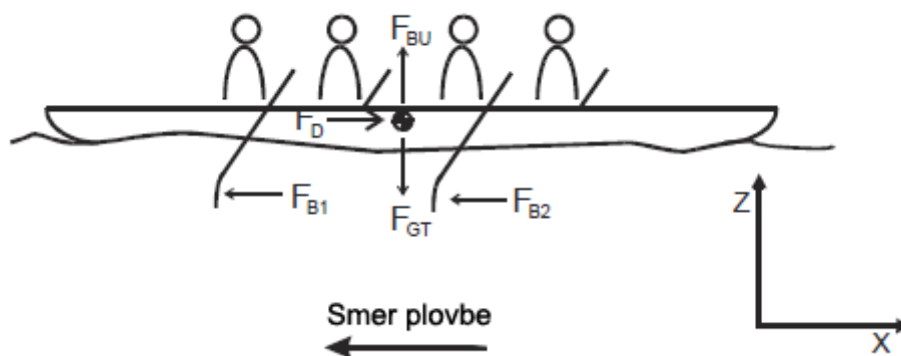
Tehnika je teoretično dokaj preprosta. V praksi pa je dokaj komplicirano doseči željen zaveslaj, saj je zahteva po usklajenem delovanju rok, nog in trupa ter obenem tudi zelo dobrem ravnotežju zelo velika (Redgave, 1992)

Dobra tehnika je osnovana na dokazanih, temeljnih biomehanskih principih, katerih cilj je proizvesti ekonomičen in učinkovit zaveslaj, ki izkorišča pogonske mehanske zakonitosti čolna (Thompson, 2005)

Uspešno gibanje veslača in čolna je osnovano predvsem na zakonih fizike, ki so osnova veslaške tehnike. Veslač skuša proizvesti pogonsko silo, ki potiska čoln skozi vodo. Ta pogonska sila pa je omejena z veslačevimi telesnimi sposobnostmi in njegovim obvladovanjem tehnike (Nilsen, 1987)

Pri veslanju je ta pogonska sila priskrbljena intervalno, saj zaradi faz zaveslaja to potuje pod vodo (kjer proizvaja silo) ter nad vodo, kjer poizkuša veslač z dobrim ravnotežjem zmanjšati količino dotikov vesla z vodo in s tem zmanjšati morebiten upor. To so osnovni pogoji za doseganje čim višje povprečne hitrosti.

Čas potreben za preveslati določeno razdaljo je najpomembnejša merilna enota v veslanju zaradi česar je čim višja povprečna hitrost nujno potrebna (Shneider in Hauser, 1981). Povprečno hitrost pa dvigujejo količina proizvedenih vatov (Shneider in Hauser, 1981), sila na veslu (Ishiko, Katamoto in Maeshima, 1983) ter fizična moč veslača (Secher, 1975). Tem silam pa nasprotuje upor. Zato so te spremenljivke, ki vplivajo na učinkovitost zaveslaja pomembne iz vidika tehnike.

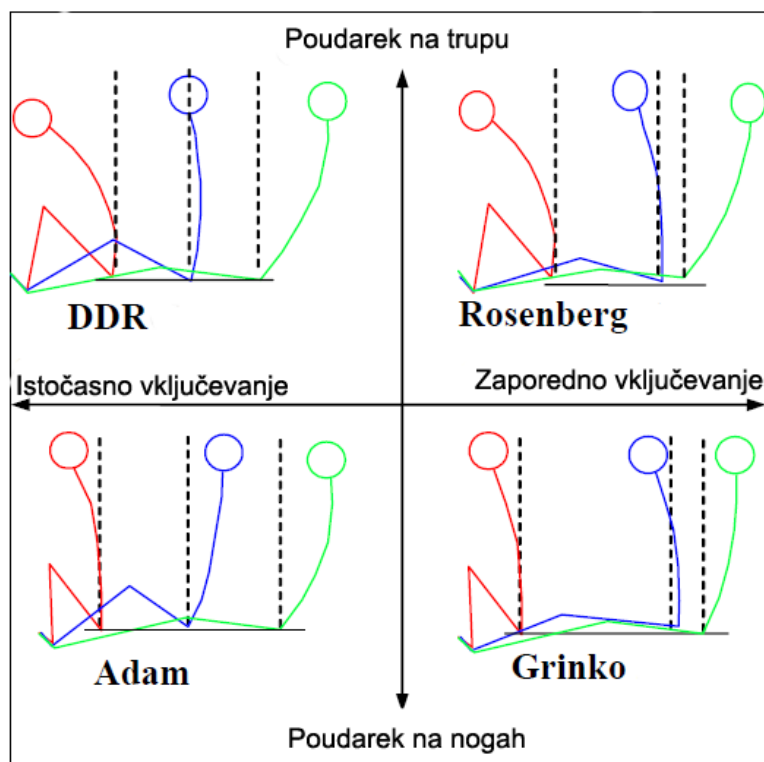


Slika 15: Osnovne sile, ki delujejo na veslaški čoln (v tem primeru četverec brez krmarja). Seštevek sil na veslih (F_b) vseh veslačev (i) je edini vir pogonske sile. Temu nasprotuje sila upora (F_d). Navpično ravnovesje je ustvarjeno med silo gravitacije (F_{gt}) ter silo vzgona (F_{bu}). (Baudouin in Hawkins, 2004)

Danes najbolj popularne stile veslanja je prvič predstavil Slovenec delujoč v Kanadi dr. Peter Klavora (Klavora, 1977, v Kleshnev 2006) in jih poimenoval:

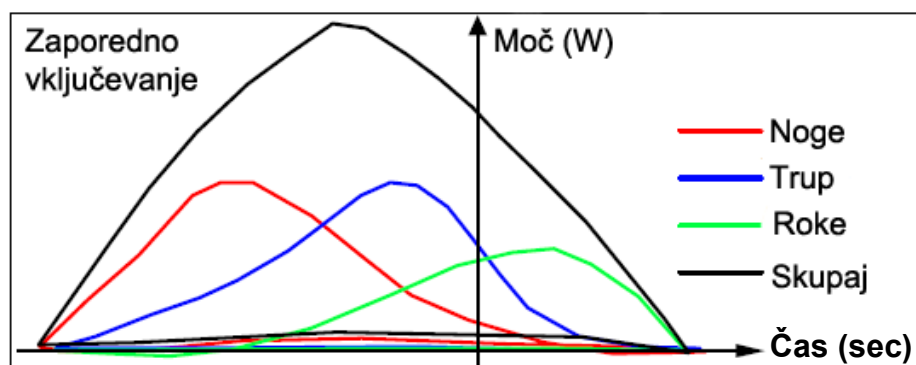
- Adam: razmeroma dolgo delo nog in omejena amplituda ekstenzije kolka. Sočasno delo nog in trupa v fazi potega;
- DDR: veslač ne pokrči nog do konca vendar se globlo nagne naprej s trupom v fazi zajema. Odriv se izvaja sočasno s trupom ter nogami.
- Rosenberg: začetni položaj enak kot pri DDR stilu. Faza odriva se začne z močnim delom nog in samo stabilizacijo trupa (zaporedno delo segmentov).

Da bi na grobo ločili stile veslanja uporabljamo dva glavna kriterija: način koordinacije segmentov (istočasno ali zaporedno delovanje nog ter trupa) ter na katerem segmentu je poudarek med zavesljajem (noge ali trup). Dr. Kleshnev (2006) je ob tem kriteriju sklepal, da mora obstajati še četrti stil veslanja in ga poimenoval Grinko stil.

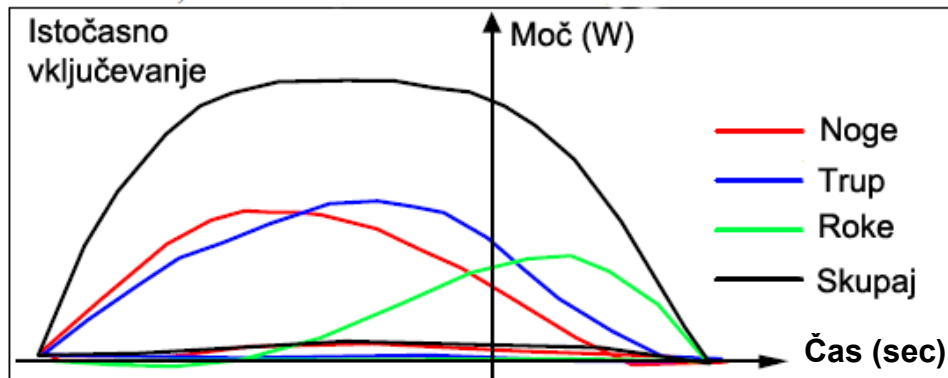


Slika 16: Razdelitev veslaških stilov glede na glavne kriterije: način gibanja segmentov ter izbrani segment zaveslaja (Kleshnev, 2006)

Več raziskav (Lamb, 1989; Kleshnev in Kleshnev, 1998; Nelson in Widule, 1983; Hume in Soper, 2001) je zaključilo, da je zaporedno gibanje segmentov podlaga za bolj učinkovit zaveslaj in posledično višjo povprečno hitrost. Kleshnev in Kleshnev (1998) sta dodatno poročala, da zaporedno gibanje segmentov proizvede večjo moč zaveslaja. Slednji način gibanja pa proizvede mehanično učinkovitejši zaveslaj. Zaključila sta, da je izbira primerne stila odvisna od posameznikovih antropometriko-morfoloških značilnosti.



Slika 17: Črna črta ima trikotno obliko in seže visoko po y osi (Kleshnev, 2006)



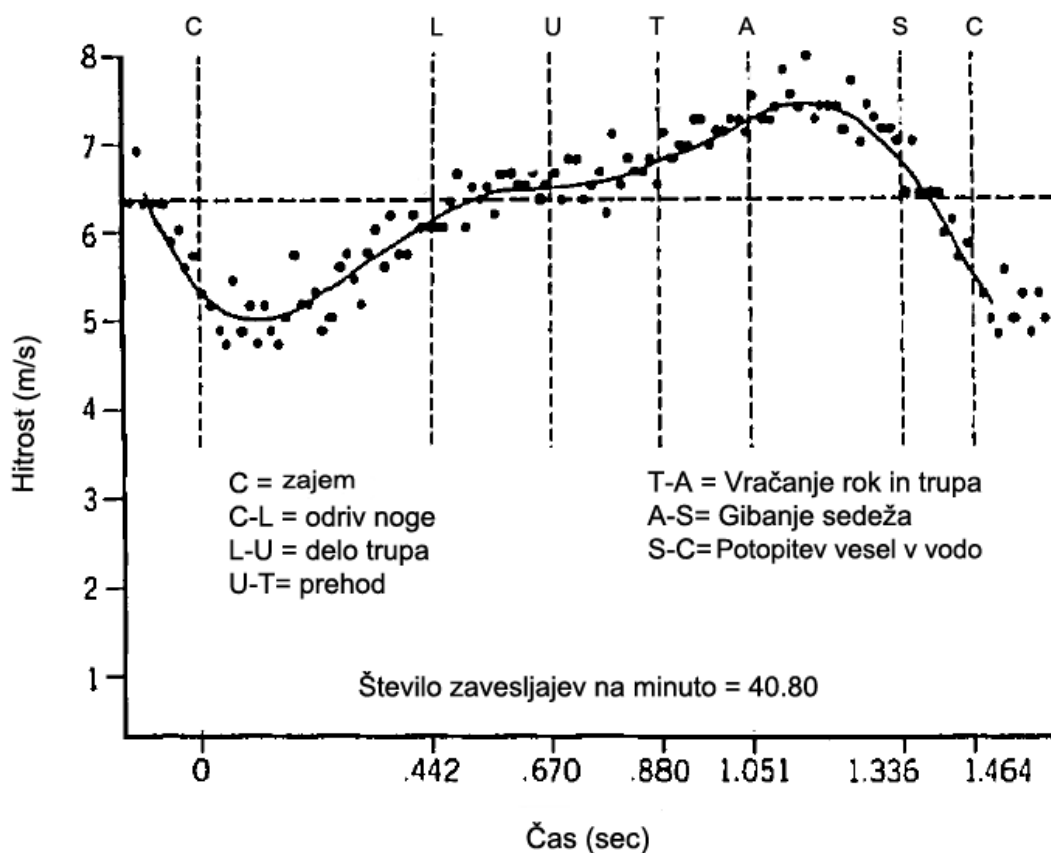
Slika 18: Črna črta ima obliko platoja. Ne doseže tako visoke vrednosti kot zaporedno gibanje segmentov, vendar je prirastek sile hitrejši in sila je vzdrževana več časa (Kleshnev, 2006)

1.3. HITROST ČOLNA

Cilj tekmovalnega veslanja je čim višja povprečna hitrost čolna čez progo. Hitrost čolna mora biti čim bolj konstantna, da bi se izognili učinkom upora vode na čoln in v manjši meri upora zraka na telo veslača. Ker je gostota vode pri +4°C približno 770-krat večja kot upor zraka pri 0°C, zračni upor pogosto zanemarimo (Soper in Hume, 2004a). Zanemarjanje upora zraka velja v pogojih brezvetrja.

Upor tekočin naraste približno kvadratno glede na hitrost čolna (Martin in Bernfield, 1980). Zaradi tega je upor vode večji pri večjih hitrostih oz. pri večjih čolnih. Skupni upor, ki ga predstavlja voda je razdeljen na tri dele: upor vode glede na obliko kalupa čolna, upor vode glede na nagib kalupa čolna ter upor vode glede na površino kalupa čolna. Ozek in dolg kalup omogoča plutje z najmanjšim uporom, saj je tako čelna površina čolna najmanjša. Prav tako ima krma ušpičeno obliko z namenom zmanjšanja upora vala, ki ga povzroča čoln. Ta upor znaša 8% skupnega upora. Upor vode glede na nagib kalupa čolna znaša približno 4% skupnega upora in se nanaša na pritisk okoli kalupa čolna, ki je med veslanjem večji kot v mirovanju. To pa zaradi nihanja v vodoravni in navpični smeri. Preostalih 88% pa predstavlja upor površine kalupa čolna. Med kalupom in vodo se ustvari plast vzdraženih molekul vode, ki pa naraste tekom dolžine čolna. Tako se ustvari upor, ki pa deluje na čoln tudi preko sledečih turbulenc v vodi (Herberger, 1990).

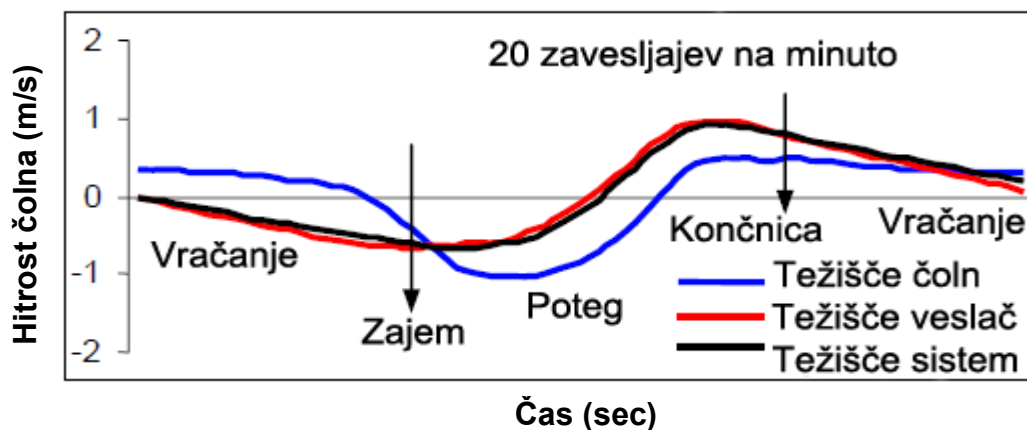
Krivulja izdelana na podlagi meritev osmerca dokazuje, da hitrost čolna pada kljub temu, da je veslač že potopil vesla in začel fazo odriva. Šele ko veslaču uspe ustvariti dovolj sile, da bi premagal upor vode, začne hitrost čolna naraščati. To pomeni, da je za ustvarjanje pospeška čolna potrebna dovolj visoka hitrost gibanja vesla, ki mora biti višja od relativne hitrosti vode glede na čoln (Martin in Bernfield, 1980). Ta raziskava pa je odvrгла še eno prepričanje. Dolga leta je namreč veljalo, da čoln doseže najvišjo hitrost v fazi končnice. Iz krivulje (slika 20) pa lahko vidimo, da hitrost narašča še po fazi končnice.



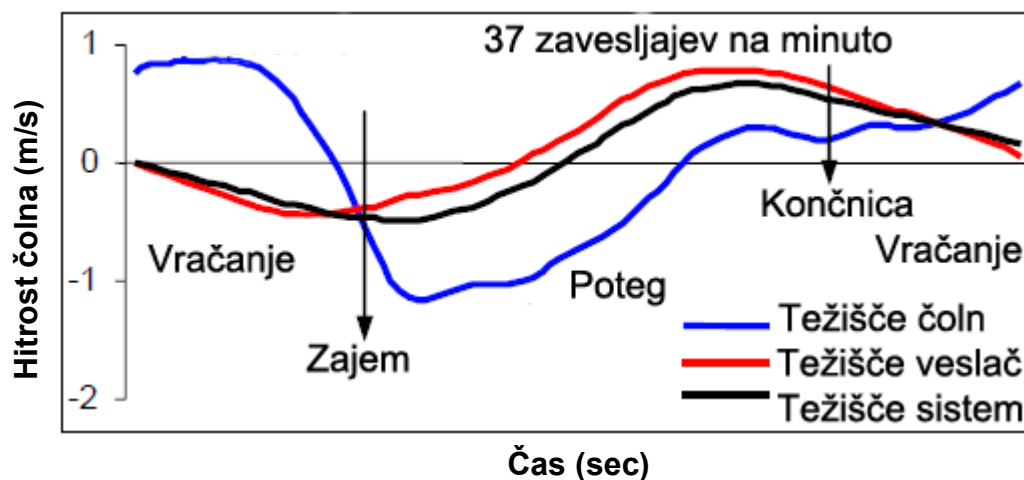
Slika 19: tipična krivulja hitrosti čolna. Razdeljena je na posamezne faze zaveslaja tako da lažje vidimo, kje čoln doseže svojo najvišjo hitrost (Martin in Bernfield, 1980)

Kasneje so še druge raziskave (Martin in Bernfield, 1980; Affeld, Schichl in Ziemann, 1993) potrdile, da čoln doseže svojo najvišjo hitrost šele v fazi vračanja, ko so vesla v zraku in se masa veslača giblje v nasprotni smeri plutja čolna (pogoj je uspešna končnica).

Kleshnev (2004) je zadevo še boljše preučil in analiziral hitrost čolna pri različnih tempih. Odkril je, da trditev o najvišji hitrosti takoj po končnici velja pri nižjem tempu (slika 21). Bolj je »tempo« naraščal, bolj se je točka najvišje hitrosti premikala preko faze vračanja proti prvi fazi zaveslaja (slika 22). Razlog za ta pojav je našel v interakciji težišča telesa veslača in težišča sistema (veslač + čoln + vesla).



Slika 20: Težišča veslača (rdeča črta) in sistema (črna črta) delujeta usklajeno, zato je hitrost čolna (modra) najvišja v fazi končnice (Kleshnev, 2004)



Slika 21: Težišča nista več usklajena, zato je hitrost čolna najvišja v fazi vračanja (Kleshnev, 2004)

V obeh primerih se točka najvišje hitrosti težišča sistema nahaja na koncu faze potega, kjer pogonska sila postane manjša kot sile upora na trup čolna. Pri višjih tempih hitrost težišča veslača hitreje pada v fazi vračanja, vendar hitrost čolna naraste. To pomeni, da prihaja do prenosa kinetične energije iz veslačevega težišča na težišče čolna (preko aktivnega vlečenja na »nožnikih«) (Kleshnev, 2004)

1.4. DRUGI DEJAVNIKI USPEŠNEGA ZAVESLJAJA

Do sedaj smo našli vse glavne dejavnike, ki tvorijo uspešno tehniko. Sile v čolnu, moč zaveslaja in hitrost čolna. Vendar v literaturi lahko najdemo še druge dejavnike, ki vplivajo na kvaliteto zaveslaja in s tem na uspešnejšo tehniko.

1.4.1. ANTROPOMETRIČNO – MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI

Na področju telesnih lastnosti veslačev so bile narejene številne raziskave zato se bomo osredotočili samo na tiste, ki so bile narejene na vrhunskih veslačih in veslačicah.

Študija antropometrijskih lastnosti lahko poda potrebno strukturo atletskega telesa za določeno nalogo. Z njo lahko razumemo tudi omejitve izmerjenih razmerij (Carter, 1984)

Bourgois, Claessens, Vrijens idr. (2000) so na vzorcu 383 vrhunskih mladinskih veslačev odkrili naslednje:

- Vrhunski veslači mladinskega razreda so višji, težji, z višjimi vrednostmi v dolžinah, obsegih in širinah telesnih segmentov kot populacija neveslačev enake starosti
- Finalisti (uvrstitve med prvih 6 na svetovnem prvenstvu) so imeli višje vrednosti dolžin, obsegov in širin telesnih segmentov kot nefinalisti. Razlik v teži in višini ni bilo

Bourgois, Claessens, Janssens idr. (2000) so kasneje preučili še populacijo vrhunskih mladinskih veslačic:

- Veslačice v »rimen« disciplinah so višje, težje, z večjimi vrednostmi v dolžinah, obsegih in širinah. Imajo tudi nižjo kožno gubo kot ostala populacija enake starosti
- Veslačice v »skul« disciplinah so višje, težje, z večjimi vrednostmi v dolžinah, obsegih in širinah od veslačic v »rimen« disciplinah. V primerjavi z njimi pa imajo višjo kožno gubo
- Za oba razreda čolnov velja, da so finalistke (uvrščene med prvih 6) na svetovnem prvenstvu višje, težje, z večjimi vrednostmi v dolžinah, obsegih in širinah kot nefinalistke

Hahn (1990) je iz enakega vidika raziskoval populacijo vrhunskih članov in članic. Rezultati so bili naslednji:

- Moški veslači obeh razredov čolnov so imeli proporcionalno daljše noge ter nekoliko višje razmerje med dolžino rok in telesno višino kot splošna populacija
- Bolje uvrščeni člani so bili nekoliko višji, težji ter z nekoliko daljšimi podlaktmi in stegni kot slabše uvrščeni veslači. Poleg tega so bolje uvrščeni imeli manjše boke, nižjo skupno kožno gubo ter večji obseg bicepsov kot slabše uvrščeni.
- V ženski populaciji veslačic obeh razredov ni bilo statističnih razlik med bolje in slabše uvrščenimi veslačicami

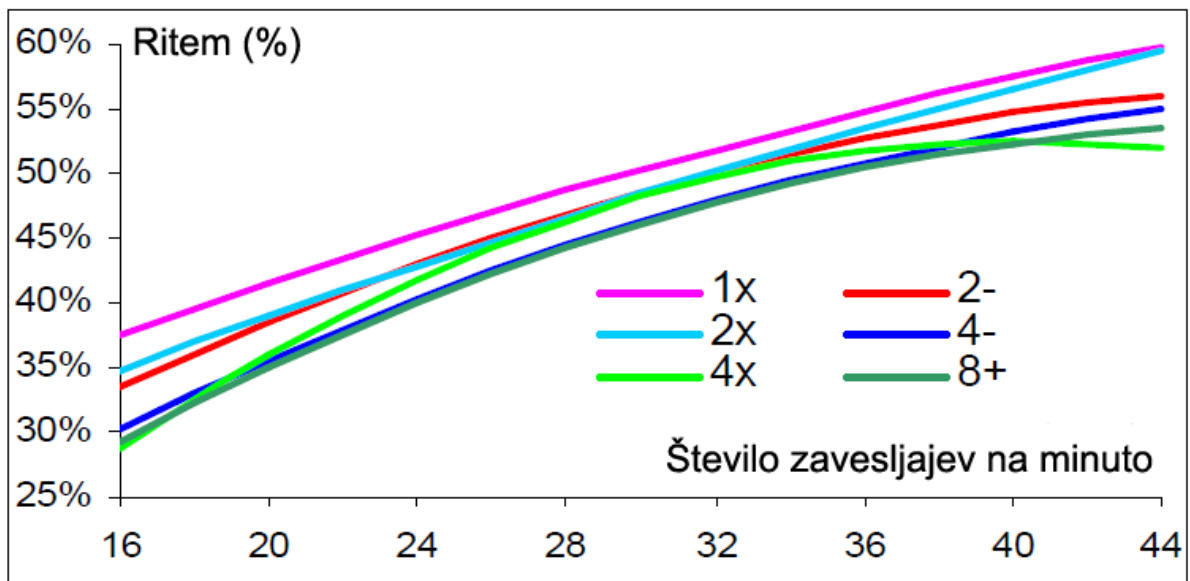
Ackland, Kerr in Hume (2001) pa so se posvetili morfološkim razredom veslačev in jih uvrstili na sledeči način:

- Člani so imeli višje mezomorfne lastnosti kot veslačice in lahki veslači
- Veslačice so imele predvsem endomorfne lastnosti
- Tako lahki veslači kot lahke veslačice so imeli ektomorfne lastnosti

1.4.2. RITEM VESLANJA

Ritem veslanja predstavlja časovno razmerje med fazo potega in fazo vračanja v enem zaveslaju. Dober ritem omogoča najboljši izkoristek v posameznem zaveslaju ter omogoča krajši počitek veslaču v fazi vračanja. Tako veslanje je na videz lahkotno (Redgrave 1992). Literatura navaja različna priporočena razmerja med tema dvema fazama: Redgrave (1992) navaja razmerje 1:2, McNeely in Royle (2002) pa razmerje do 1:3. Raziskave pa so pokazale, da med veslanjem na vodi v »rimen« disciplinah (Martin in Bernfield, 1980; McBride, 1998) in veslanjem na ergometru (Torres-Moreno, Tanaka, in Penney, 2000) to razmerje znaša med 0,9 in 1,7, kar je precejšnja razlika glede na napotke Redgrave-a. McBride (1998) je pri povečanju frekvence zaveslajev iz 20 na 35,7 zaveslajev na minuto izmeril močno negativno korelacijo ritmom in frekvenco zaveslajev ($r = -0,98$).

Kleshnev (2003b) je obdelal isto tematiko, s to razliko, da je korelacijo izmeril posebej za vsako olimpijsko disciplino čolna (slika 23). Njegovi izračuni kažejo korelacijo $r = 0.91$ za enojec, ter vse do $r = 0.96$ za osmerek. Kot razlog za razliko v večjih čolnih navaja dejstvo, da večji čolni potujejo pri znatno višjih hitrostih, kar omogoča hitrejšo fazo potega.



Slika 22: Kleshnev je za izračun ritma uporabil % deleža faze potega glede na skupen čas v celem zaveslaju (Kleshnev, 2003b)

Z analizo ritma veslanja smo v diplomski nalogi želeli odkriti, ali se tudi veslači različnih kakovostnih razredov ločijo med seboj. Ritem se nam je zdel posebno pomemben, saj menimo, da je lahko ključen pokazatelj kakovosti veslanja na ergometru.

1.4.3. ŠTEVILO ZAVESLJAJEV NA MINUTO

Je frekvenca veslanja v eni minuti oz. število zaveslajev na minuto in je v veslaškem svetu poznan kot »tempo«. McBride (1998) ter Martin in Bernfield (1980) navajajo visoko korelacijo med »tempom« in hitrostjo čolna. Prvi navaja podatek $r = 0.66$, drugi pa $r = 0.76$. Soper in Hume (2004a) kot razloge za to razliko navajata 2 dejavnika: testiranje pri različnih tempih ter dejstvo, da se dvojni dvojec in osmerek zaradi razlike v teži, velikosti in hitrosti drugače odzivajo na upor.

Kleshnev (2001b) je na podlagi natančne analize rezultatov (končnih časov) na olimpijskih igrah v Sydneyu leta 2000 izračunal priporočene povprečne zaveslaje na minuto, ki naj bi jih veslači uporabljali na treningih oz. kot povprečno število zavesljajev na minuto na regatah (slika 24).

W1x	M1x	W2-	M2-	W2x	M2x	M4-
35.2	37.3	36.2	38.3	37.0	39.0	40.0
LW2x	LM2x	LM4-	W4x	M4x	W8+	M8+
36.6	38.5	39.8	38.8	40.6	39.5	41.4

Slika 23: Kleshnev priporoča različno število zavesljajev na minuto za vsako veslaško kategorijo posebej. Najnižjo vrednost pripisuje ženskemu enojcu (W1x), najvišjo pa moškemu osmercu (M8+) (Kleshnev, 2001b)

Slabost povprečne vrednosti tempa je, da na različnih delih proge oz. treninga potrebujemo različen »tempo«, zaradi česar je deviacija lahko visoka. Selektor slovenske reprezentance Miloš Janša (Janša, 2012) zaradi tega deli »tempo« po ciljani intenzivnosti in ga povezuje z vrednostjo laktata v krvi (tabela 1)

Intenzivnost	Laktat (mmol)	Število zavesljajev na minuto
-A0	< 2	T 18-20
-A1	2	T 20-22
-A2	3	T 22-24
-AP	4	T 24-26
-AN1	6	T 26-28
-AN2	8	T 28-30
-Regatno	> 8	T 34-40
-R+ x	-----	T 40 in več

Tabela 1: A0 označuje osnovno intenzivnost, AP je intenzivnost laktatnega praga, »Regatno« pa označuje tekmovalno intenzivnost (Janša, 2012). Opomba: Avtor je v originalnem delu označil število zavesljajev na minuto z besedo »tempo«

McBride (1998) je poročal o linearnem naraščanju hitrosti čolna, ko je posadka dvojnega dvojca dvigovala »tempo« iz 20 na 32 zavesljajev na minuto. Ker upor narašča s hitrostjo čolna lahko pričakujemo, da pri določenem tempu hitrost doseže nek plato.

Redgrave (1992) je za to predlagal preprost graf hitrosti v odvisnosti od števila zavesljajev. V svojem primeru je izračunal, da je se ta plato doseže pri tempu 36, pod pogojem da se izvaja cel zavesljaj.

McBride (1998) ja dokazal, da se z naraščanjem tempa amplituda sprememb poveča za 44.3% (raziskava narejena na trinajstih posadkah dvojca brez krmarja). Spremembo v amplitudi so zaznali tudi Martin in Bernfield (1980), ko se je »tempo« dvignil iz 37.5 na 39.6 zavesljajev na minuto.

Veslači (da bi se izognili tem izgubam) skušajo »tempo« dvigovati predvsem s hitrejšo fazo potega. Iz osnovnih fizikalnih zakonov lahko sklepamo, da masa veslača povzroča spremembo inercije v trenutku, ko veslač spremeni smer gibanja težišča. To se v zavesljaju dogaja dvakrat in sicer med fazo končnice in fazo vračanja ter med fazo vračanja ter zajemom. Prva ob pravilni izvedbi deluje pozitivno na hitrost čolna in zato hitrost čolna še naraste kljub temu, da so vesla že izven vode. Druga pa deluje negativno (t.i zabijanje v čolnu), zato veslači ta del zavesljaja poizkušajo čim bolj ublažiti.

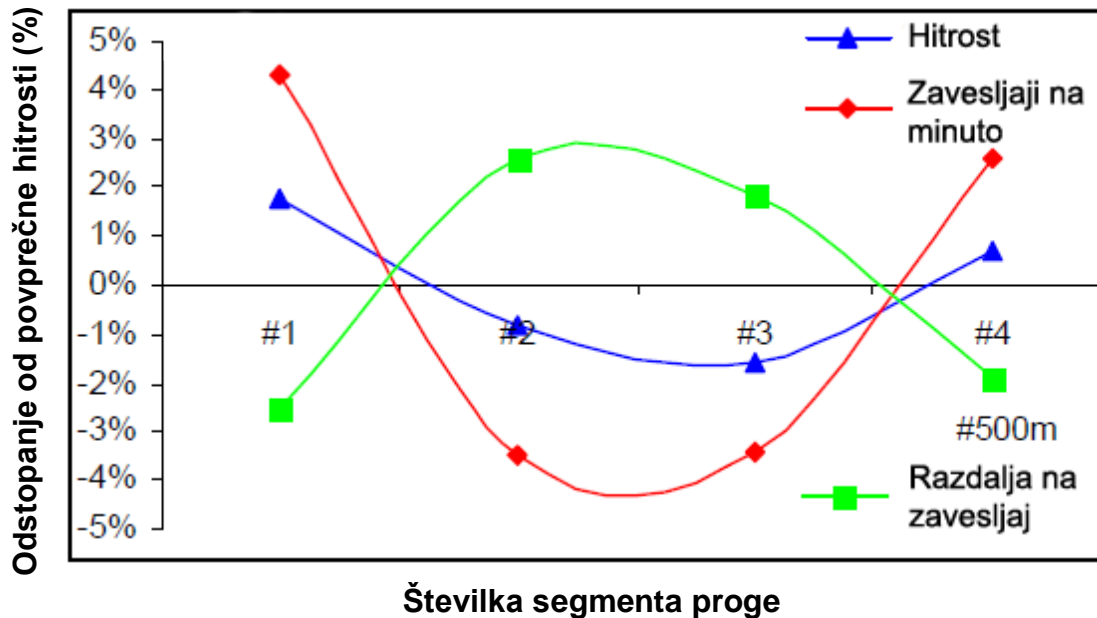
Spremembe hitrosti gibanja sistema znotraj enega zavesljaja so bile označene kot pomemben faktor pri ocenjevanju kvalitete veslanja (Dal Monte in Komor, 1989) in višje vrednosti so povezane z manj uspešno tehniko (Nolte, 1991).

1.4.4. OPRAVLJENA POT ČOLNA NA ZAVESLAJ

Je razdalja, ki jo čoln opravi v času enega zavesljaja. Žal je spremenljivka malo raziskana in se ji posveča predvsem dr. Kleshnev. Kleshnev (2001a) je v analizi Sydneyjskih olimpijskih iger odkril, da je šest posadk osvojilo zlato medaljo predvsem z uporabo večje razdalje na zaveslaj (ženski enojec, moški dvojni dvojec, ženski dvojni dvojec, moški dvojni dvojec, moški lahki dvojni dvojec, ženski dvojni četverec) v primerjavi s samo tremi (ženski dvojec brez krmarja, moški dvojec brez krmarja, moški lahki četverec brez krmarja), ki so uporabili predvsem večji »tempo«.

Takoj vidimo, da je večja razdalja na zaveslaj učinkovita predvsem v »skul« disciplinah. Logično pa je, da z večanjem tempa razdalja na zaveslaj pada. Cilj pa je obdržati čim višjo razdaljo.

Kleshnev (2003a) je analiziral finalne tekme svetovnega veslaškega prvenstva 2002 v 14 olimpijskih disciplinah. Progo je razdelil na standardne 4 odseke (vsakih 500 metrov) ter izmeril s pomočjo kinematike razdaljo na zaveslaj, »tempo« ter hitrost čolna.



Slika 24: Večja razdalja na zaveslaj je bila dominantna spremenljivka predvsem na srednjih dveh odsekih proge, kjer ima čoln potovalno hitrost. Razdaljo na zaveslaj pa veslači žrtvujejo predvsem v prvih in zadnjih 500 metrih proge z namenom doseganja višjih hitrosti čolna (Kleshnev, 2003a)

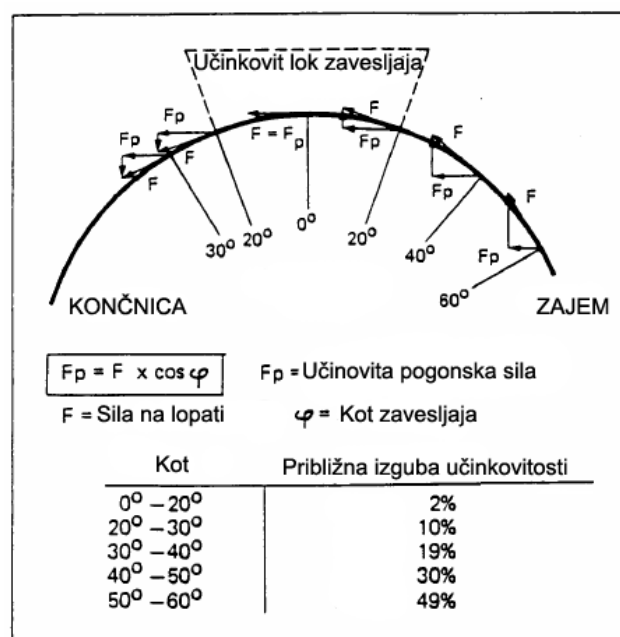
Iz te raziskave lahko sklepamo, da bo uspešnejši veslač tisti, ki bo pri višjem tempu obdržal višji razdaljo na zaveslaj. Ker pa je ta raziskava bila narejena samo na zmagovalcih v različnih čolnih, ne moremo sklepati ali so razlike izmerljive tudi pri veslačih v isti disciplini ter kolikšne so te razlike med zmagovalci ter slabše uvrščenimi veslači.

1.4.5. DOLŽINA ZAVESLJAJA

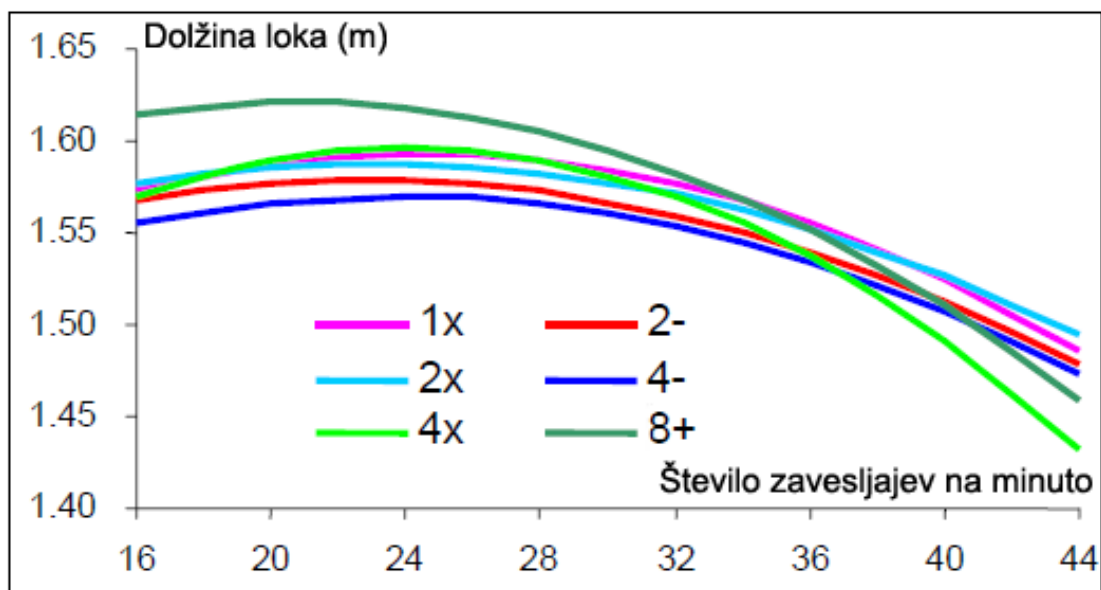
Gre za pot, ki ga opravi lopata vesla v vodi med fazo potega, izraženo v metrih ali kotnih stopinjah. Dolžina zaveslaja je imela visoko korelacijo ($r = -0.99$) s »tempom« veslanja pri 13 posadkah dvojce brez krmarja, pri petih stopnjevalnih tempih McBride (1998).

Kot posledica povečane prečne sile je učinkovitost zaveslaja najslabša v fazi zajema in končnice (Sanderson in Martindale, 1986). Da bi povečali učinkovitost zaveslaja, je krajši zaveslaj sprejemljiv pod pogojem, da se poveča število zaveslajev na minuto ali pa razdalja na zaveslaj s ciljem zvišanja povprečne hitrosti čolna.

Iz slike 26 je razvidno, da vsi čolni dosežejo največjo dolžino zaveslaja pri tempu 24. Večja krajšava zaveslaja se je pojavila pri večjih čolnih (dvojni četverec in osmerek) kjer je dolžina zaveslaja pri tempu 40 bila 10-11 cm krajša kot pa pri tempu 24. Raziskavo so razširili in posebej analizirali fazo zajema in fazo končnice ter primerjali, v katerem delu zaveslaja pride do večjega krajšanja zaveslaja. Izkazalo se je, da so »rimen« čolni krajšali zaveslaj predvsem v fazi zajema, »skul« čolna pa v obeh. Primerjava vrhunskih posadk v dvojcu brez krmarja in povprečnih posadk pri stopnjevanju tempa je pokazala razliko v dolžini zaveslaja. Krivulje poti so imele enako obliko kar pomeni, da so vse posadke pri višanju tempa krajšale zaveslaj na enak način. Razlika pa je bila v absolutni dolžini zaveslaja, kjer so vrhunske posadke izvajale v povprečju 10-12 cm daljši zaveslaj pri vseh tempih (Kleshnev, 2003c).



Slika 25: Učinkovitost zaveslaja glede na različne točke v fazi potega ter ocene izgub glede na kot (Körner, 2013)



Slika 26: Graf dolžine loka zaveslaja v odvisnosti od tempa. Zaradi razlike v dolžini »rimen« in »skuk« vesel, ter razlike v dosegu izbočnikov je meritve normaliziral s pomočjo prognostičnih tabel. (Kleshnev, 2003c)

2. PREDMET IN PROBLEM NALOGE

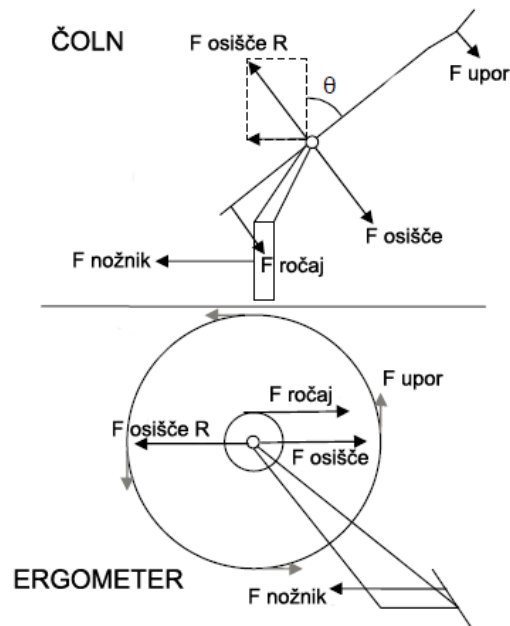
V zimskem ciklu treningov, predvsem zaradi vremenskih pogojev, prevladuje veslanje na suhem simulatorju t.i. ergometru. Tudi prva testiranja za prihajajočo sezono so opravljena na tem simulatorju.

Veslanje na vodi in na ergometru je bilo analizirano že z mnogimi raziskavami. Žal pa omejeno število raziskav posveča pozornost povezavi med rezultati na ergometru in rezultati na vodi. Dve taki raziskavi (Mikulić, P., Smoljanović, T., Bojanić, I., Hannafin, J. A., Matkovic, B.R. , 2009; Mikulić, P., Smoljanović, T., Bojanić, I., Hannafin, J. A., Pedišić, Ž., 2009), ki sta bili narejeni na vrhunskih članih in vrhunskih mladincih sta pokazali, da ergometer zelo dobro napove rezultate na vodi, vendar samo v enojcih. Večji kot je bil čoln, manjša je bila korelacija. Kljub temu ergometri dobro simulirajo fiziološke vidike veslanja na vodi (Soper in Hume, 2004a).

Lamb (1989) je primerjal fazo potega na ergometru in na vodi. Zaključil je, da ni bistvenih razlik pri doprinosu posameznih telesnih segmentov k skupni hitrosti gibanja vesla. Bistveno razliko pa je opazil v kinematiki rok, ki so se razlikovale v fazi zajema ter fazi končnice. To pa zaradi specifičnega lokastega gibanja ročaja vesla skozi zaveslaj med veslanjem na vodi (na ergometru je potovanje linearno).

Schneider in Hauser (1979) sta primerjala zaveslaja iz vidika moči. Raziskava je pokazala, da je korelacija med skupno močjo zaveslajev na vodi in testom na ergometru dobra ($r = 0.63$).

Kleshnev (2001a) je tudi premerjal sile, natančneje sile na ročaju in na »nožniku«. Odkril je, da je sila na »nožniku« med veslanjem na vodi približno 30% večja kot sila na ročaju. Na ergometru pa sta sili bili enaki. Posledično sta zaveslaja različna, saj na vodi veslač bolj obremenjuje noge, medtem ko na ergometru bolj obremenjuje roke in trup.



Slika 27: Grafični prikaz sil v čolnu (zgoraj) ter na ergometru (spodaj) (Kleshnev, 2005)

Kasneje (Kleshnev, 2003d) je raziskavo razširil in podal naslednje rezultate:

- Sila na »nožnikih« se je razvila veliko prej na ergometru. Razlog za to je sila inercije mase telesa, ki jo mora veslač premagati, da bi zamenjal smer gibanja. Sila na ročaju med veslanjem na ergometru ima višjo končno vrednost, ki se pa razvije kasneje kot med veslanjem na vodi. Med veslanjem na vodi ima krivulja te sile nekoliko bolj trikotno obliko.
- Hitrost gibanja ročaja med veslanjem na ergometru se razlikuje od hitrosti zabeležene v čolnu. V prvem primeru je hitrost narastla na začetku, kasneje pa je bila konstantna. Med veslanjem na vodi pa je v drugem delu zaveslaja hitrost naraščala.
- Najvišja hitrost gibanja nog je na vodi višja
- Doprinos noge-trup-roke niso enake. Med veslanjem na ergometru je to razmerje 37%-41%-22%, med veslanjem na vodi pa 45%-37%-18%

Veslaški trenerji zaradi številnih razlik med veslanjem na vodi in veslanjem na ergometru posledično težko preslikamo rezultate glavnih spremenljivk (doseženi metri, povprečen čas na 500 m, moč potega zaveslaja ter števila zaveslajev na minuto) ter samo na njihovi podlagi sestavljati posadke za čolne. Že mladinski veslači znajo uspešno prilagoditi zaveslaj, da bi izboljšali prej omenjena spremenljivke in tako umetno izboljšali končni rezultat na ergometru. Zaradi tega veslaški trenerji dobimo nepopolne informacije katerih uporabnost je omejena.

3. CILJI IN HIPOTEZE

Na podlagi raziskav predstavljenih v predmetu in problemu in analiz veslanja na Inštitutu za šport Fakultete za šport, smo se odločili, da s pomočjo dodatnih merilnih naprav zajamemo še druge relevantne spremenljivke, za katere smo smatrali, da se jih ne da ponarediti s tako lahkoto in so zato v kombinaciji z glavnimi spremenljivkami veliko boljši pokazatelj kvalitete veslanja.

Te spremenljivke so:

- Čas potega ročaja
- Čas vračanja ročaja
- Čas odriva sedeža
- Čas vračanja sedeža
- Časovno razmerje med fazo potega in fazo vračanja ročaja
- Časovno razmerje med fazo potega in fazo vračanja sedeža
- Največja hitrost gibanja ročaja v fazi potega
- Največja hitrost gibanja sedeža v fazi potega
- Spreminjanje dolžine faze potega ročaja
- Točka doseganja največje hitrosti ročaja v fazi potega
- Največja sila v fazi potega

V diplomski nalogi pa nas je zanimalo predvsem to, ali je možno najti razlike v dodatno izmerjenih spremenljivkah med veslači različnih rangov ter odkriti, ali obstaja povezava med temi spremenljivkami in uvrstitvenim razredom veslača na svetovnem prvenstvu. S tem bi lahko bolje ocenili resničnost podatkov zimskega testa na ergometru in tako omogočili realnejšo interpretacijo rezultatov.

Tako smo postavili naslednje hipoteze:

H1: Veslači z višjo uvrstitvijo na Svetovnem prvenstvu imajo višji prirastek hitrosti ročaja v fazi potega

H2: Veslači z višjo uvrstitvijo na Svetovnem prvenstvu bodo imeli nižje vrednosti v časovnem razmerju med fazo potega in fazo vračanja med veslanjem na ergometru

4. METODE DE LA

4.1. PREIZKUŠANCI

Meritve so bile narejene na šestih reprezentančnih kandidatih. Starostno so bili ločeni med člane ter mladince. Dodatno smo jih ločili po kvaliteti na 3 dodatne kategorije. Prvi je imel uvrstitev med prvih 6 na svetovnem prvenstvu u pretekli sezoni, drugi je imel uvrstitev slabšo od šestega mesta, ter tretji, ki pa se ni uvrstil v reprezentanco. Vsi so izkušeni veslači z vsaj tremi leti tekmovalne kariere in nastopajo v čolnih »skul«. Zaradi varovanja osebnih podatkov smo imena zamenjali z oznakami (tabela2).

Oznaka	Rang	Opis
S1a	1	Član, uvrščen med prvih šest na SP
S2a	2	Član, uvrščen slabše od šestega mesta ns SP
S3a	3	Član, ki se ni uvrstil v reprezentanco težke kategorije (nad 72.5 kg telesne teže)
J1a	1	Mladinec, uvrščen med prvih šest na SP
J2b	2	Mladinec, uvrščen slabše od šestega mesta na SP
J3a	3	Mladinec, ki se ni uvrstil v reprezentanco

Tabela 2: Tabela merjencev

4.2. PRIPOMOČKI

Kot glavni pripomoček smo uporabili veslaški simulator Concept II model D z monitorjem PM 4 (Concept2 Inc., Morrisville, Vermont, USA). Ročaj je z verigo povezan preko zobnika na zračno zavirano kolo. S spiralnim regulatorjem kontroliramo težavnost vadbe. Veslač sedi na vozičku, ki se giblje samo v vzdolžni ravnini. Noge so fiksirane v za to namenjenih nastavkih oz. »nožnikih«. Na veslaški simulator smo nastavili dodatne naprave razvite na Inštitutu za šport. Senzor za merjenje poti verige bomo nastavili na os zračno zaviranega kolesa. To je potenciometer, preko katerega smo določili na podlagi premika verige položaj ročaja v danem trenutku. Dodaten senzor smo nastavili na ogrodje po katerem se premika sedež. Dodali smo 2 osi preko katerih smo nastavili trak, ki je fiksiran na sedež. S premikanjem sedeža se vrtita

obe osišči. Potenciometer na osišču je meril to gibanje ter posredno računal položaj sedeža v danem trenutku. Vsi dodatni senzori so bili žično povezani na črno skrinjico, ki je podatke preko RS-232 vmesnika (ta je bil preko adapterja priklopljen na USB vrata) pošiljal v računalnik.

4.3. POSTOPEK

4.3.1. MERITEV

Meritev je bila opravljena na standardnem veslaškem testu imenovanem OxyBled. Test je stopnjevalnega tipa in traja 9 minut (brez premora). Prve tri minute veslači veslajo na intenzivnosti AN1 (tabela1) s 26-28 zaveslaji na minuto. Naslednje tri minute veslači pospešijo in veslajo na intenzivnosti AN2 s 28-30 zaveslaji na minuto. Tretja stopnja traja 2 minuti in predstavlja regatno (tekmovalno) intenzivnost. Tu veslači veslajo s 30-32 zaveslaji na minuto. Zadnja stopnja traja eno minuto. Na tej stopnji veslač odvesla na vso moč in skuša držati število zaveslajev nad 32. Veslači uporabljajo kot povratno informacijo iz simulatorja predviden čas na 500 metrov. Vsaka višja stopnja intenzivnosti predvideva 3 sekunde krajši čas na 500 metrov kot predhodna (lažja) stopnja. Iz tega povprečja je možno izračunati moč (P) zaveslaja s formulo:

$$P (W) = \frac{2,80}{\left(\frac{\text{povprečen čas na 500 metrov (sec)}}{500 (m)}\right)^3}$$

Enačba 1: Formula za izračun moči faze potega po načelu ergometrov ConceptII(»Watts calculator«, 2013)

4.3.2. ZAJEM PODATKOV

Podatke smo zajemali iz dveh virov. Osnovni podatki, ki jih izračuna zaslon ergometra PM4, so bili najprej shranjeni na spominsko kartico Concept2 LogCard (Concept2 Inc., Morrisville, Vermont, USA), nato preko aplikacije Concept2 Utility 6.53 (Concept2 Inc., Morrisville, Vermont, USA) podatke prenesli na računalnik. Med veslanjem smo podatke preverjali z aplikacijo RowIT 1.1 (Scott Michael) ter jih prikazovali na računalniškem zaslonu. Z namensko aplikacijo (Inštitut za šport, Ljubljana, Slovenija) smo zajeli drugo skupino podatkov in jih

shranili v CSV obliki. Podatke (točka kje se ročaj oz sedež nahaja v danem trenutku) smo zajemali vsako tisočinko sekunde. Ker sistema nista kompatibilna, obstaja razlika v trenutku prepoznavanja novega zaveslaja. Ergometer zazna nov zaveslaj šele, ko zavirano kolo pospeši. Naš sistem pa zazna nov zaveslaj takoj v trenutku, ko vrednost ročaja (oz sedeža) začne naraščati.

4.3.3. OBDELAVA PODATKOV

Podatke smo uvozili v MS Excel 2013 (Microsoft, Redmond, Washington, USA) datoteko. Podatke iz obeh virov je bilo najprej potrebno uskladiti, kar smo storili s pomočjo spremenljivke časa ter števila zavesljajev na minuto.

Hitrost gibanja ročaja in sedeža je bila izračunana iz poti in časa. Te podatke smo pogladili s pomočjo nizkoprepustnega »low pass« Butterworthovega filtra 2. reda pri 15 Hz. Iz teh podatkov smo s pomočjo MS Excel 2013 funkcij izračunali še ostale spremenljivke (tabela 3).

Spremenljivka n-tega zavesljaja	Formula	Legenda nestandardnih spremenljivk
Število zavesljajev na minuto	$\dot{S}T_n = \left \frac{N}{t_{n+1} - t_n} \right $	N: število zavesljajev t_{n+1} : čas začetka naslednjega zavesljaja t_n : čas začetka merjenega zavesljaja
Največja sila med fazo potega	$F_n = P * v_{npovp}$	v_{npovp} : povprečna hitrost gibanja ročaja v n-tem zavesljaju
Čas faze potega ročaja	$t_{p_r_n} = t_{smaxr_n} - t_{zač_n}$	t_{smaxr_n} : čas pri največji poti gibanja ročaja v n-tem zavesljaju $t_{zač_n}$: čas začetek n-tega zavesljaja

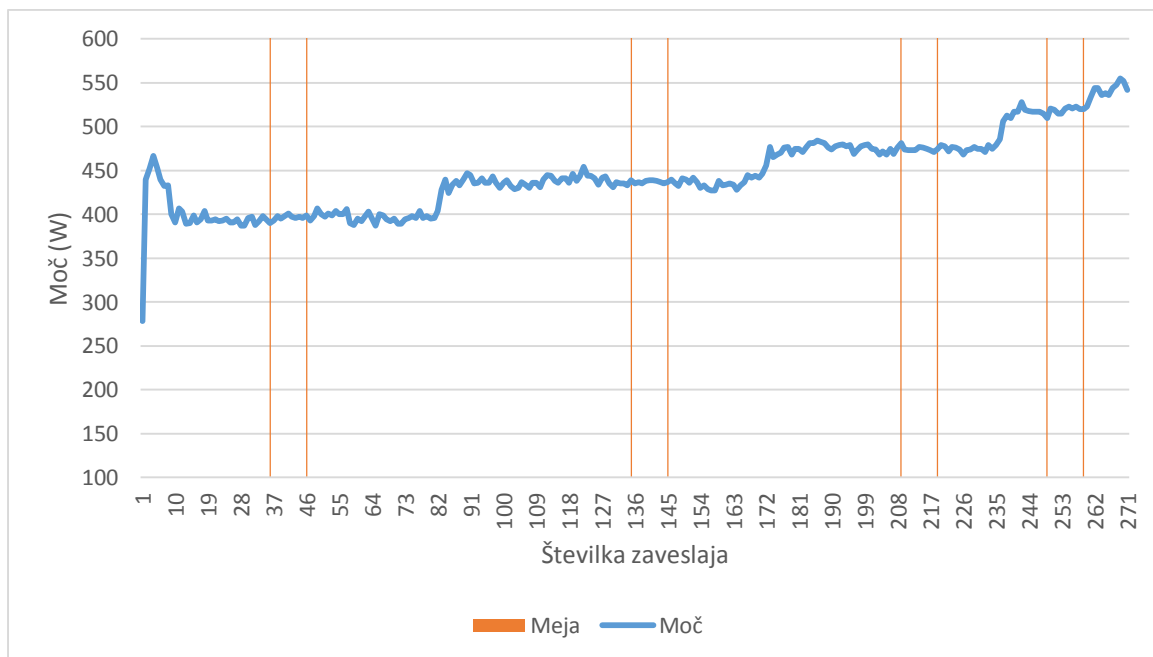
Čas faze vračanja ročaja	$t_{v_r_n} = t_{zač_{n+1}} - \Delta t - t_{smaxr_n}$	$t_{zač_{n+1}}$: čas začetka naslednjega zavesljaja Δt : znaša 0.001 sekunde, saj smo podatka zajemali s 1000Hz.
Razmerje med časom faze potega in časom faze vračanja ročaja	$x_{r_n} = \frac{t_{p_r_n}}{t_{v_r_n}}$	
Hitrost gibanja ročaja med fazo potega	$v_{r_n} = \frac{s_{r_{i+1}} - s_{r_i}}{\Delta t}$	$s_{r_{i+1}}$: oddaljenost ročaja od izhodišča v točki i+1 s_{r_i} : oddaljenost ročaja od izhodišča v točki i
Dolžina faze potega ročaja	$s_{r_n} = \frac{(s_{zacr_n} - s_{konc_n}) * 100}{(s_{max} - s_{min})}$	s_{zacr_n} : oddaljenost ročaja od izhodišča pri začetku zavesljaja s_{konc_n} : oddaljenost ročaja od izhodišča pri koncu zavesljaja s_{min} : najnižja oddaljenost ročaja od izhodišča tekom celotne meritve s_{max} : najvišja oddaljenost ročaja od izhodišča tekom celotne meritve
Pot do največje hitrosti gibanja ročaja	$s_{vmaxr_n} = s_{vmaxr_n} - s_{zacr_n}$	s_{vmaxr_n} : oddaljenost ročaja od izhodišča pri največji hitrosti
Čas faze potega sedeža	$t_{p_s_n} = t_{smaxs_n} - t_{zač_n}$	t_{smaxs_n} : čas pri največji poti gibanja sedeža v n-tem zavesljaju
Čas faze vračanja sedeža	$t_{v_s_n} = t_{zač_{n+1}} - \Delta t - t_{smaxs_n}$	

Razmerje med časom faze potega in časom faze vračanja sedeža	$x_{s_n} = \frac{t_{p_{s_n}}}{t_{v_{s_n}}}$	
Hitrost gibanja sedeža med fazo potega	$v_{s_n} = \frac{s_{s_{i+1}} - s_{s_i}}{\Delta t}$	$s_{s_{i+1}}$: oddaljenost sedeža od izhodišča v točki i+1 s_{s_i} : oddaljenost sedeža od izhodišča v točki i

Tabela 3: Tabela uporabljenih spremenljivk v diplomski nalogi.

4.3.4. IZBIRA ZAVESLJAJEV IN STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Da bi najboljše videli razlike med veslači, samo se odločili uporabiti najbolj reprezentativne zavesljuje na vsaki obremenitvi. Za vsako stopnjo obremenitve smo pri vsakem veslaču izbrali 10 zaporednih zaveslajev (skupaj 40 zaveslajev za vsakega veslača) na podlagi najmanjšega standardnega odklona od povprečne moči zaveslajev na dani obremenitvi (slika 28). Te štiri skupine zaveslajev smo nato predstavili z raztrosnimi grafi ter z regresijsko premico. Dodatno smo za te izračunali povprečne vrednosti dane spremenljivke, standardni odklon, najmanjšo vrednost, največjo vrednost in Pearsonov korelacijski koeficient r.



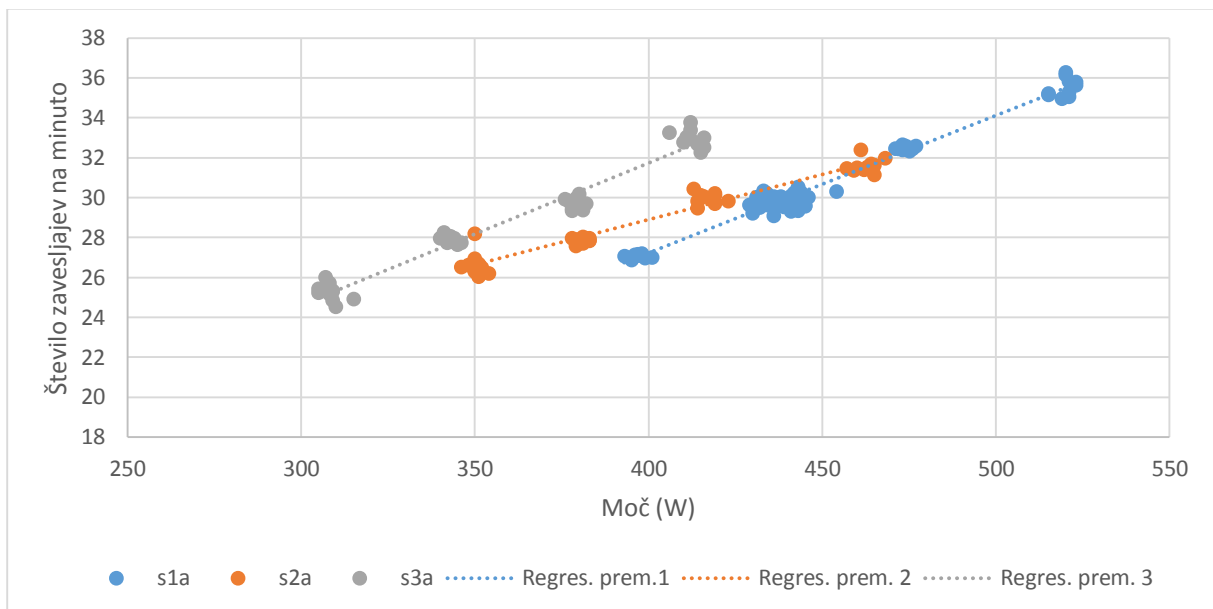
Slika 28: Primer prikaza grafa moči veslača S1a, ter meje izbranih zaveslajev

5. REZULTATI

5.1. ČLANI

5.1.1. SPLOŠNO

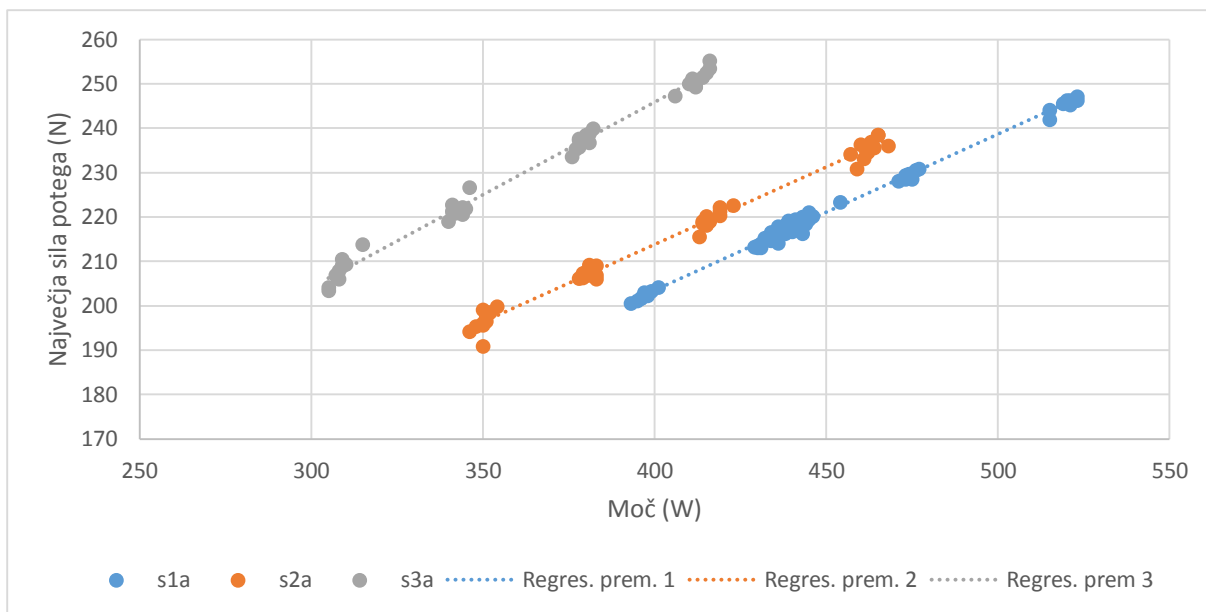
Na vseh grafih smo opazili, da se veslači razlikujejo po povprečni moči zavesljajev. Veslač S1a ima povprečno moč 456,9 W, S2a ima 402,5 W (kar predstavlja približno 4 sekundno zamudo vsakih 500 metrov), S3a pa 360,7 W (oziroma 8 sekunden zaostanek za S1a vsakih 500 metrov proge). Vsem je skupen interval med 400W in 415W, kjer lahko veslače pri nekaterih spremenljivkah neposredno primerjamo.



	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	31,191	29,006	28,942
Standardna deviacija	3,163	1,938	2,825
Najmanjša vrednost	26,870	26,008	24,500
Največja vrednost	36,276	32,380	33,765
Pearsonov r koeficient	0,996	0,975	0,981

Slika 29: Število zavesljajev na minuto

Vsi trije veslači so po navodilih stopnjevali število zavesljajev na minuto. Veslač je začetno obremenitev veslal s približno dvema zavesljajema na minuto manj od pričakovanega. Najvišje rangirani veslač S1a je imel tudi najvišje povprečje.

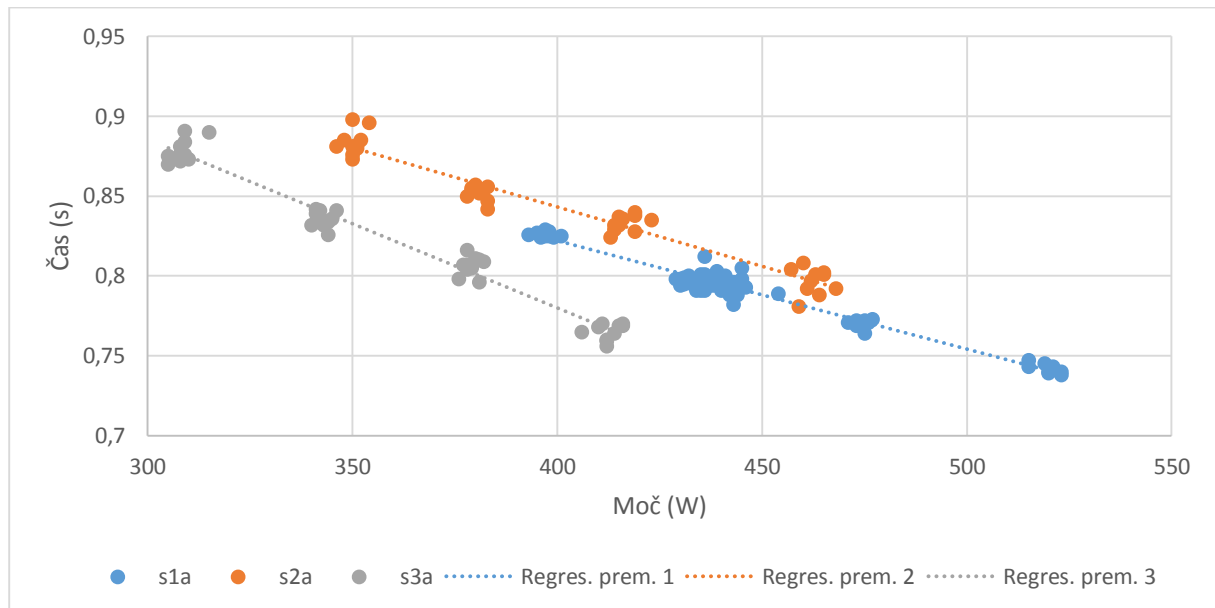


	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	223,302	214,713	229,482
Standardna deviacija	16,000	14,651	16,295
Najmanjša vrednost	200,541	190,851	203,486
Največja vrednost	247,063	238,449	255,190
Pearsonov r koeficient	0,999	0,994	0,996

Slika 30: Največja sila med fazo potega

V povprečju je z najvišjo silo veslal zadnje rangiran veslač. Razlika med S3a z najvišjim povprečjem in S2a z najnižjim je znašala samo 6,6%.

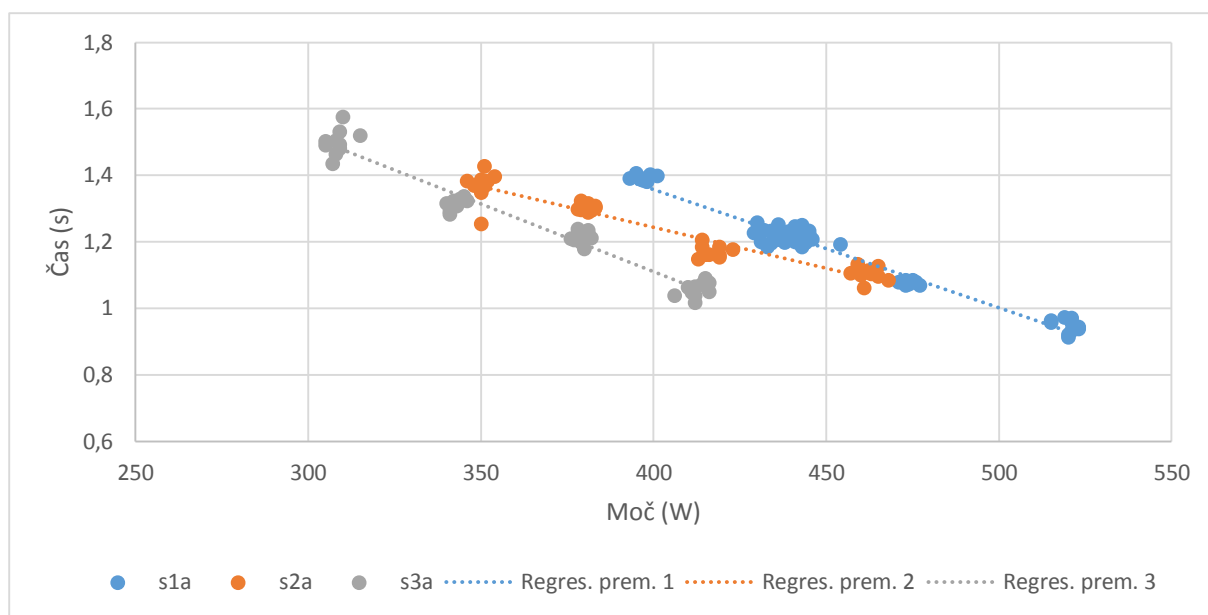
5.1.2. ROČAJ



	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	0,783	0,841	0,821
Standardna deviacija	0,031	0,032	0,042
Najmanjša vrednost	0,738	0,781	0,756
Največja vrednost	0,829	0,898	0,891
Pearsonov r koeficient	-0,996	-0,972	-0,983

Slika 31: Čas faze potega ročaja

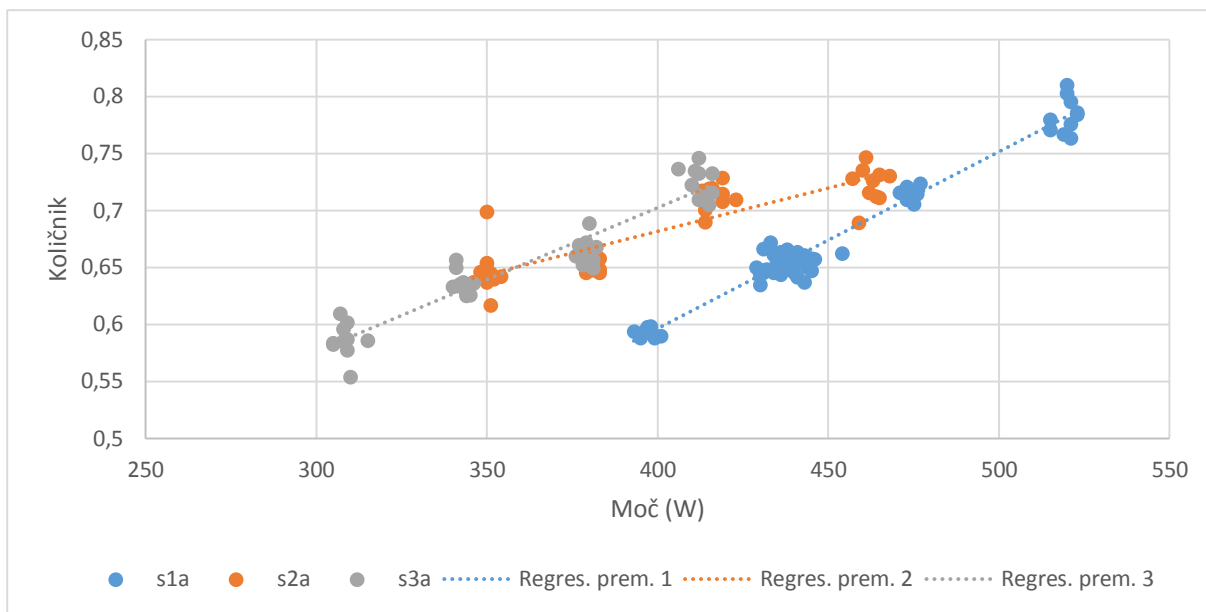
Pri vseh treh je visoka negativna linearna korelacija. Čeprav so antropometrične razlike med posamezniki, je bilo skrajševanje časa faze potega ročaja tekom testa pri vseh treh zelo podobno.



	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	1,160	1,236	1,271
Standardna deviacija	0,166	0,108	0,163
Najmanjša vrednost	0,914	1,061	1,018
Največja vrednost	1,406	1,427	1,576
Pearsonov r koeficient	-0,992	-0,954	-0,977

Slika 32: Čas faze vračanja ročaja

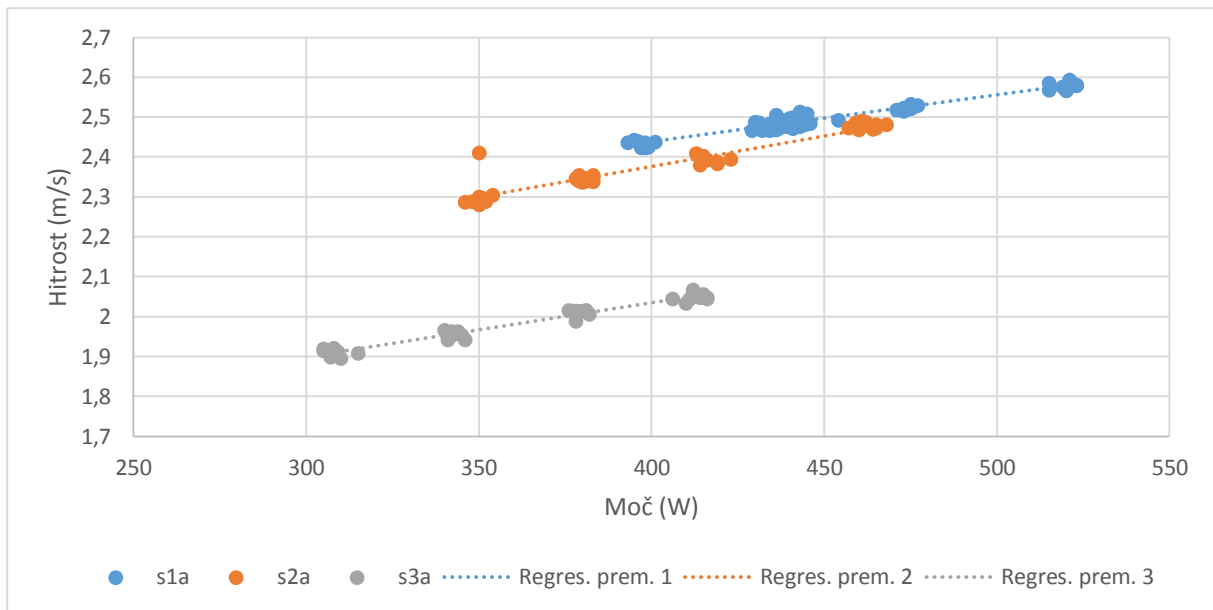
Visoka negativna linearna korelacija pri vseh treh veslačih kaže, da so tekom testa krajšali čas faze potega zavesljaja ročaja.



	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	0,685	0,684	0,653
Standardna deviacija	0,072	0,037	0,051
Najmanjša vrednost	0,588	0,617	0,554
Največja vrednost	0,810	0,746	0,746
Pearsonov r koeficient	0,990	0,868	0,956

Slika 33: Razmerje med časom faze potega in časom faze vračanja ročaja

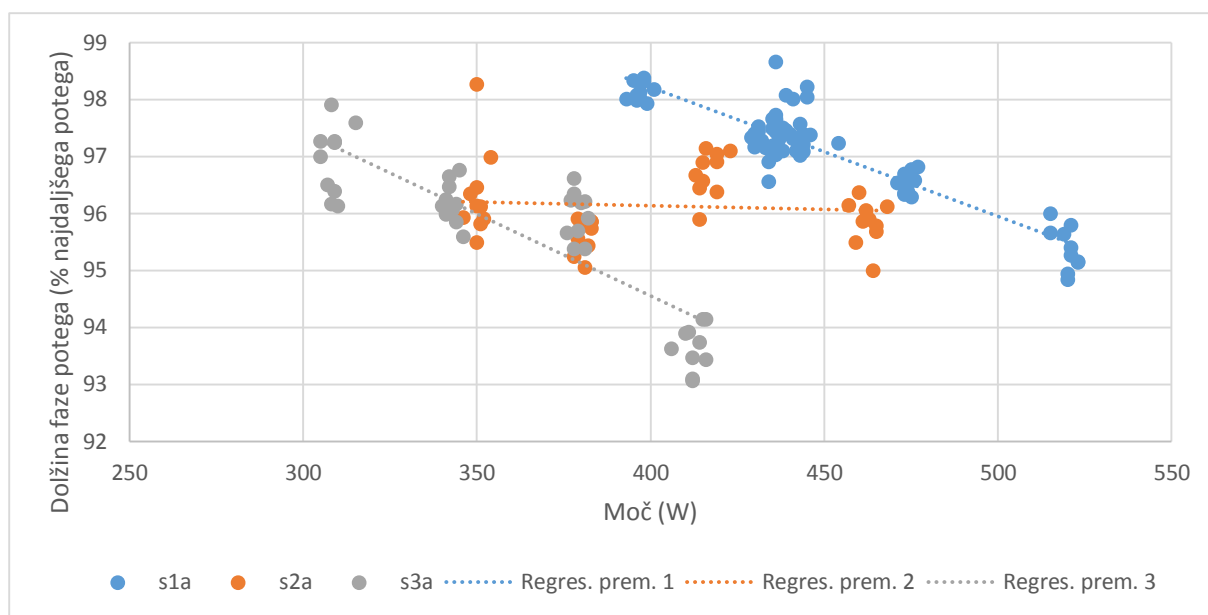
Čeprav so povprečne vrednosti zelo podobne, so moči pri katerih se ta količnik dosega različne. Veslači so na skupnem intervalu razporejeni po začetnem rangi. Vsi so imeli zelo visok r.



	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	2,505	2,380	1,981
Standardna deviacija	0,054	0,067	0,054
Najmanjša vrednost	2,423	2,281	1,895
Največja vrednost	2,593	2,491	2,068
Pearsonov r koeficient	0,992	0,953	0,985

Slika 34: Največja dosežena hitrost gibanja ročaja med fazo potega

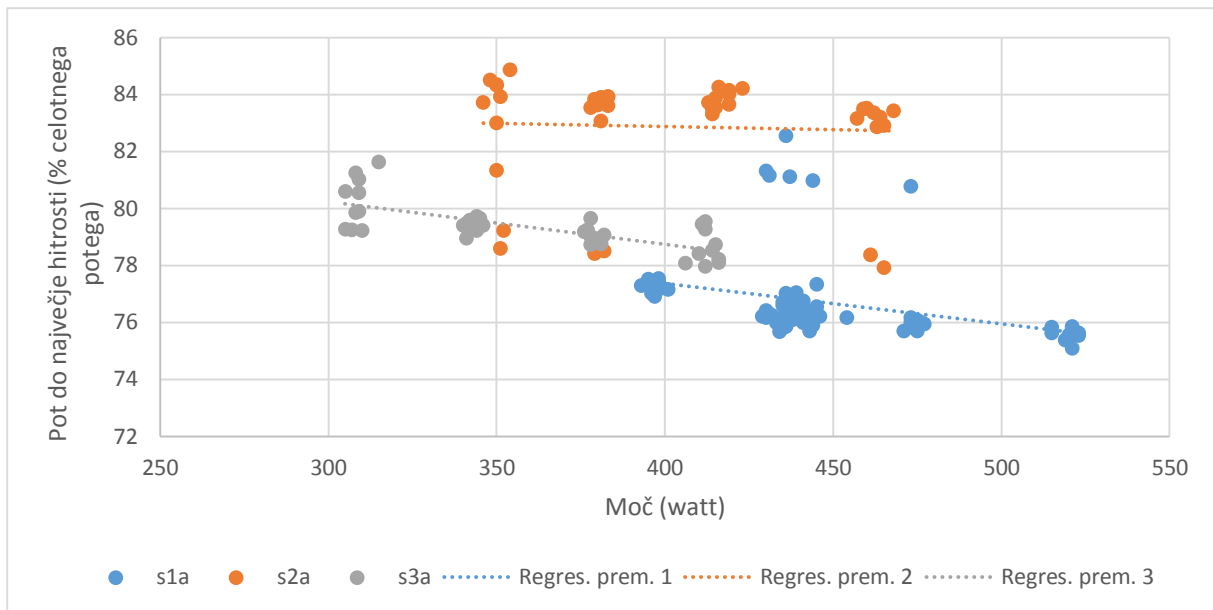
Vsi trije imajo visok r. Veslač S1a dosega v povprečju 4.9% višjo najvišjo hitrost gibanja ročaja v fazi potega kot veslač S2a in kar 20.9% višjo kot S3a. Na skupnem intervalu so veslači razporejeni po začetnih rangih.



	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	96,852	96,127	95,686
Standardna deviacija	1,048	0,638	1,304
Najmanjša vrednost	94,837	94,994	93,068
Največja vrednost	98,375	98,259	97,906
Pearsonov r koeficient	-0,975	-0,082	-0,859

Slika 35: Spreminjanje dolžine faze potega ročaja

Izstopa rezultat veslača S2a, ki edini ne krajša zavesljaja. Povprečne vrednosti so pri vseh veslačih podobne, vendar se S2a loči po zelo nizki standardni deviaciji v primerjavi z ostalima dvema. Veslačema S1a in S3a lahko dokaj natančno napovemo vrednost dolžine faze potega ročaja na podlagi moči.

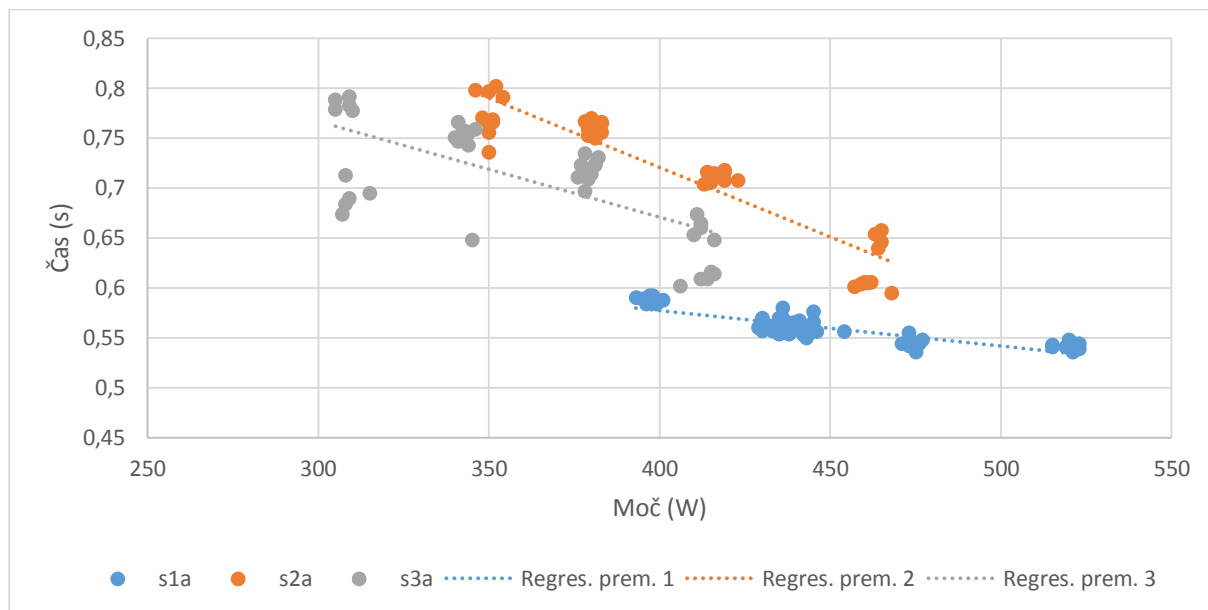


	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	76,640	82,866	79,331
Standardna deviacija	1,458	1,922	0,801
Najmanjša vrednost	75,081	77,921	77,978
Največja vrednost	81,455	84,858	81,620
Pearsonov r koeficient	-0,458	-0,050	-0,725

Slika 36: Pot do največje hitrosti gibanja ročaja

Čeprav naklon premice kaže, da vsi trije bližajo točko najvišje hitrosti gibanja ročaja bližje k začetku zavesljaja, je to najbolj očitno pri veslaču S3a. V povprečju je veslač S1a imel to točko najbližje začetku zavesljaja.

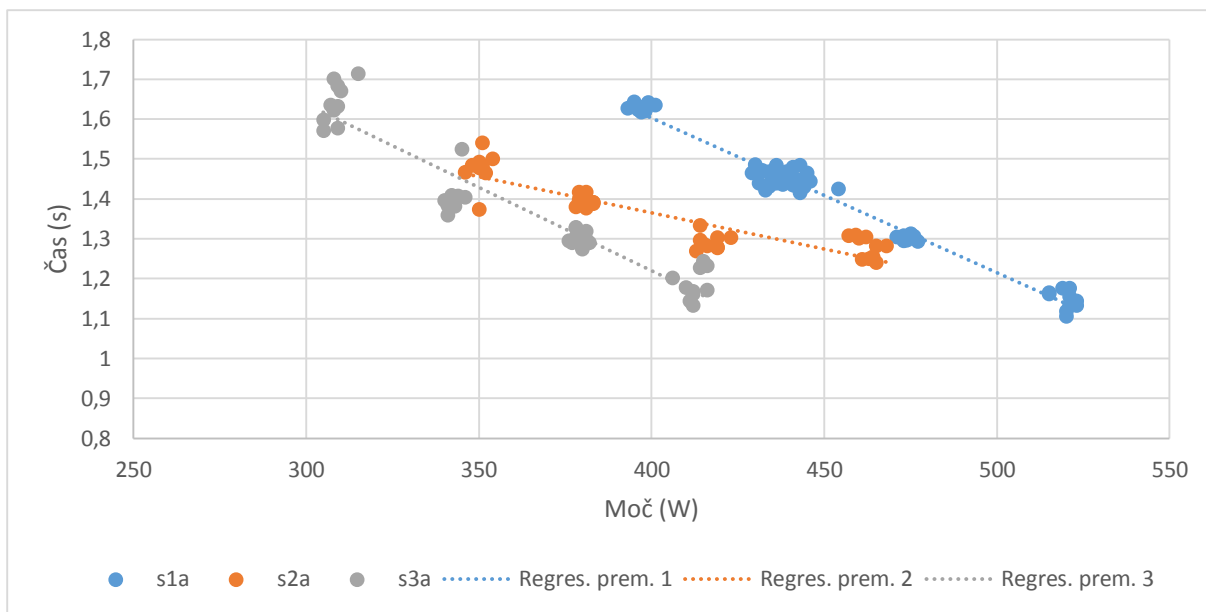
5.1.3. SEDEŽ



	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	0,558	0,717	0,709
Standardna deviacija	0,019	0,062	0,054
Najmanjša vrednost	0,536	0,595	0,602
Največja vrednost	0,592	0,802	0,792
Pearsonov r koeficient	-0,894	-0,936	-0,691

Slika 37: Čas faze potega sedeža

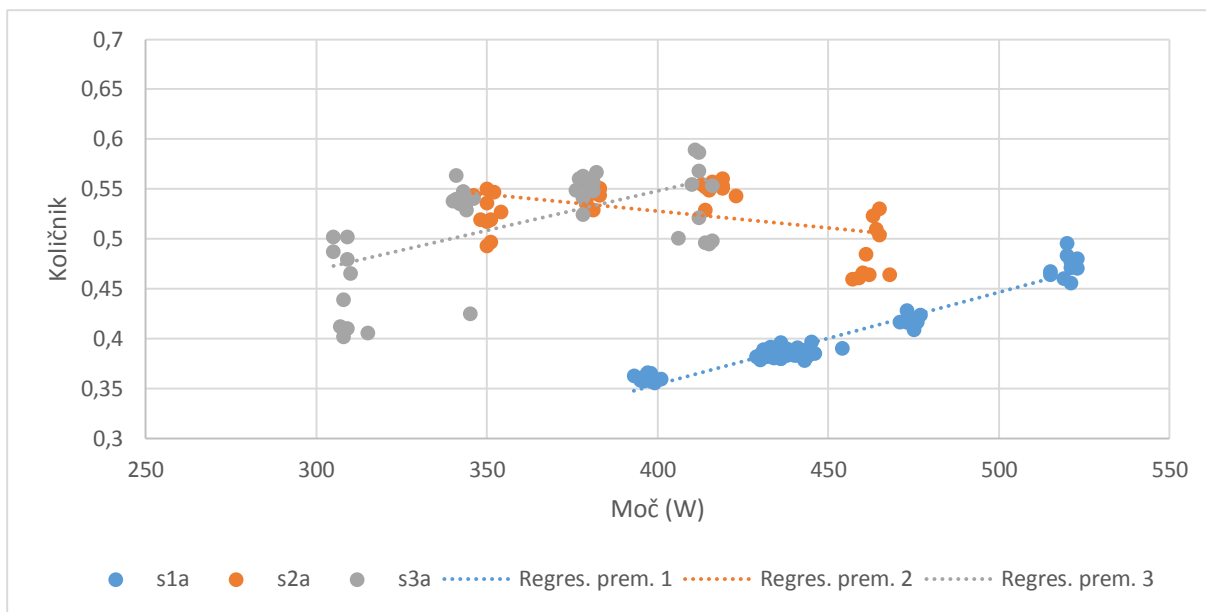
Za oba reprezentanta je bila korelacija med časom faze potega sedeža in močjo zaveslajev visoka. Najmanjša verjetnost pravilne napovedi pri veslaču S3a, kjer je razpršenost vrednosti največja.



	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	1,386	1,361	1,384
Standardna deviacija	0,180	0,085	0,172
Najmanjša vrednost	1,106	1,241	1,133
Največja vrednost	1,644	1,541	1,714
Pearsonov r koeficient	-0,995	-0,896	-0,949

Slika 38: Čas faze vračanja sedeža

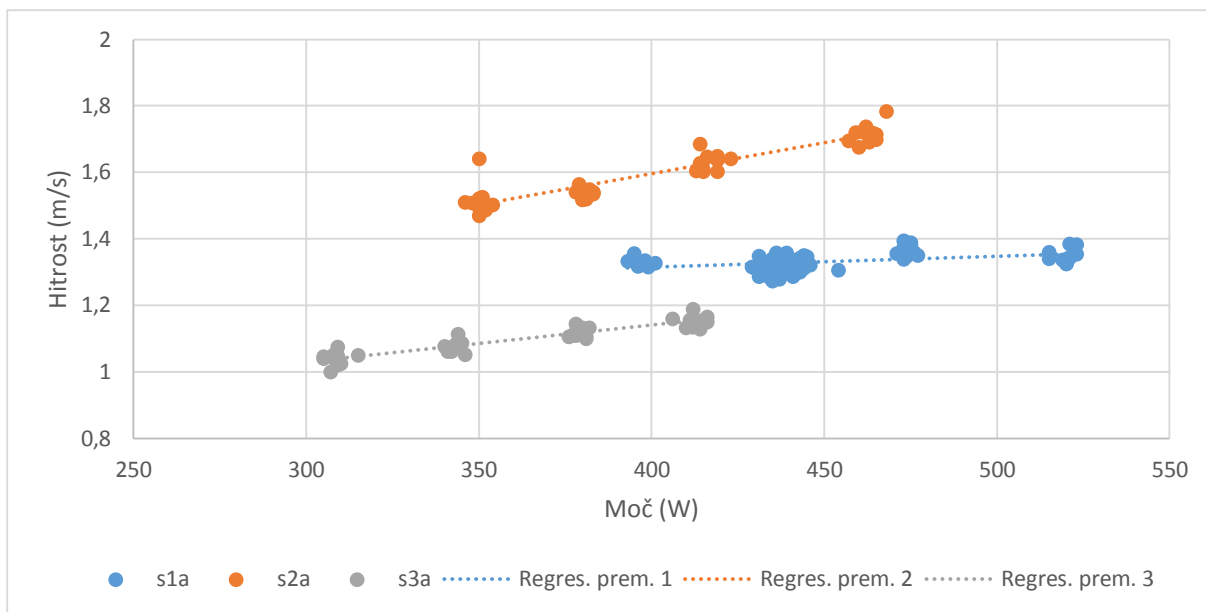
Pri vseh je čez cel test visoka negativna linearna korelacija. Najmanjša razlika med prvo in zadnjo obremenitvijo se je pokazala pri veslaču S2a.



	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	0,408	0,527	0,517
Standardna deviacija	0,043	0,030	0,051
Najmanjša vrednost	0,356	0,459	0,402
Največja vrednost	0,495	0,561	0,589
Pearsonov r koeficient	0,973	-0,460	0,604

Slika 39: Razmerje med časom faze potega in časom faze vračanja sedeža

Najbolj izstopa regresivna premica veslača S2a, ki je obrnjena v obratno smer kot premici ostalih dveh veslačev. Natančnejši pregled kaže, da je na prvih treh obremenitvenih stopnjah tudi veslaču S2a količnik naraščal, vendar je pri zadnji toliko padel, da je bistveno vplivalo na premico. Kljub temu imajo na skupnem intervalu veslači vrednosti razvrščene po rangih. Najnižje povprečje je imel veslač S1a.



	S1a	S2a	S3a
Povprečna vrednost	1,341	1,601	1,097
Standardna deviacija	0,024	0,084	0,046
Najmanjša vrednost	1,291	1,469	1,000
Največja vrednost	1,394	1,783	1,187
Pearsonov r koeficient	0,468	0,925	0,931

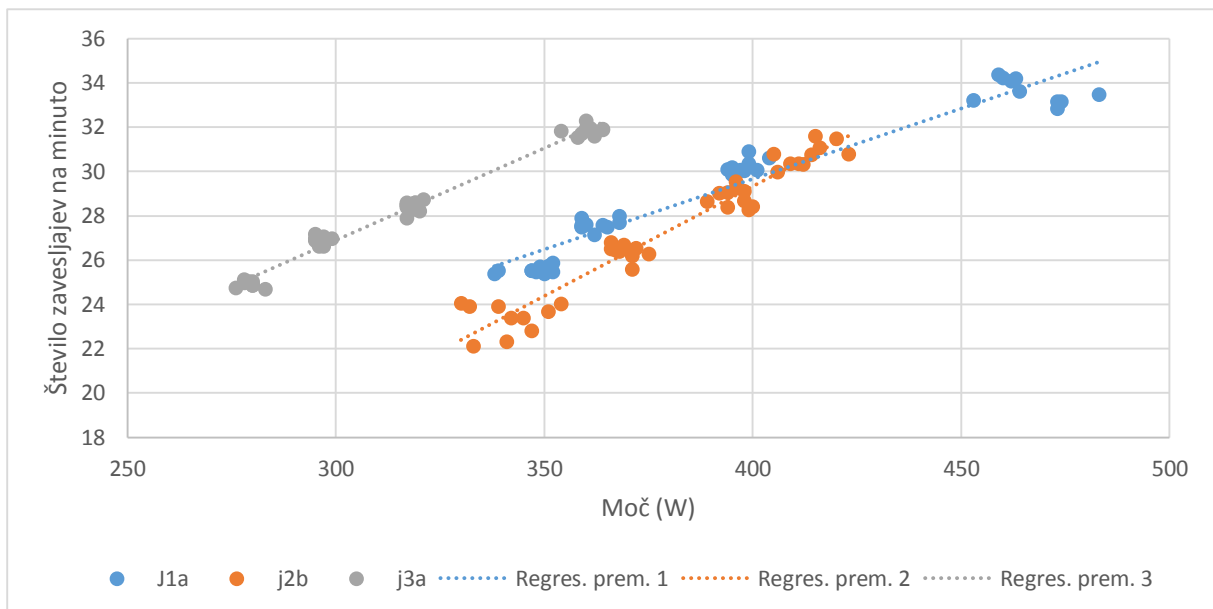
Slika 40: Največja dosežena hitrost gibanja sedeža med fazo potega

Najvišje povprečje je dosegel veslač S2a, ki je imel za 16,2 % višjo povprečno hitrost gibanja sedeža med fazo potega kot veslač S1a, ter kar 31,5% višjo kot veslač S3a. Pozitiven r kaže večanje hitrosti čez test.

5.2. MLADINCI

5.2.1. SPLOŠNO

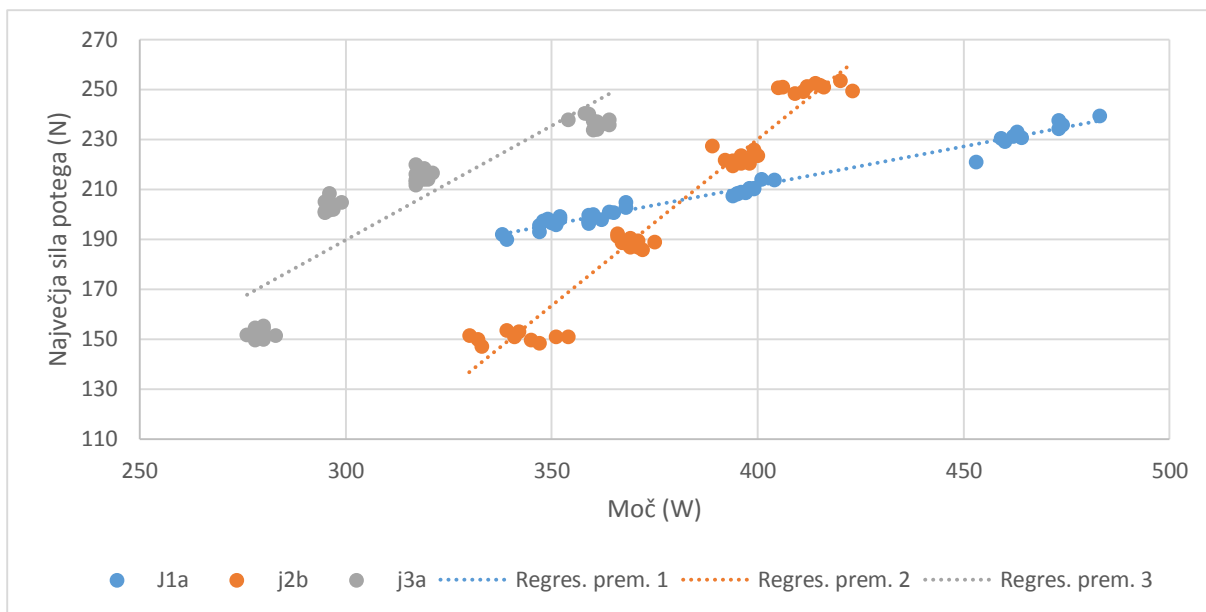
Tudi pri mladincih vidimo razlike pri povprečni moči zavesljajev, ki pa niso tako očitne kot pri članih. Veslača člana reprezentance (J1a ter J2b) imata prve tri obremenitve vrednosti moči obremenitvenega testa zelo podobne. J1a je šele na zadnji obremenitvi, kjer je veslal na vso moč naredil razliko z J2b. Veslač J1a ima povprečno vrednost 393.4W, veslač J2b 379.8W (kar znaša manj kot 1 sekundo zaostanka za J1a vsakih 500 metrov) ter veslač J3a z 313,5 (oziroma 7,5 sekunde zaostanka za J1a vsakih 500 metrov proge). Vsi trije so del testa opravili na intervalu med 330W in 360W.



	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	29,255	27,433	28,024
Standardna deviacija	3,037	2,660	2,543
Najmanjša vrednost	25,381	23,319	24,681
Največja vrednost	34,384	31,596	32,293
Pearsonov r koeficient	0,969	0,984	0,993

Slika 41: Število zavesljajev na minuto

Vsi trije so stopnjevali število zavesljajev na minuto. Predvsem veslača J2b in J3a pa sta prvo obremenitev odveslala s povprečjem pod pričakovanim. Pri vseh treh je visok r. J2b je tudi edini, ki ni presegel meje 32 zavesljajev na minuto v zadnji obremenitvi.

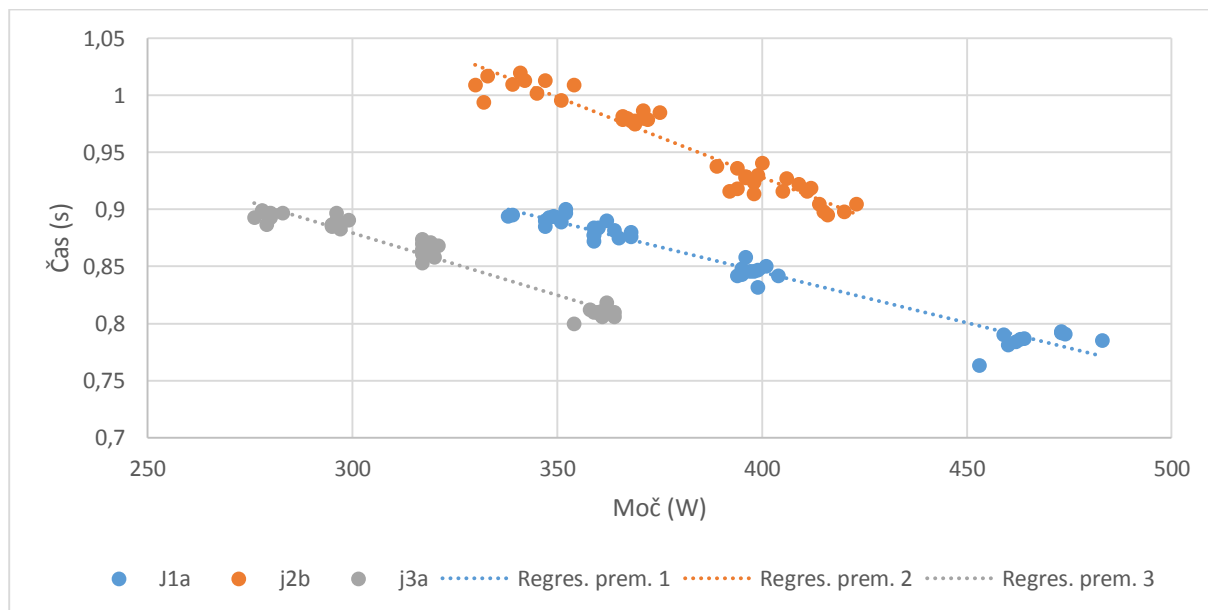


	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	209,380	203,184	202,017
Standardna deviacija	14,577	37,493	31,170
Najmanjša vrednost	189,932	147,051	149,557
Največja vrednost	239,329	253,569	240,467
Pearsonov r koeficient	0,991	0,989	0,891

Slika 42: Največja sila med fazo potega

Na skupnem intervalu ima veslač J3a največje vrednosti sile. Veslač J1a je imel povprečje sile višje kot J3a za 3,4%. Vsi imajo visoko korelacijo.

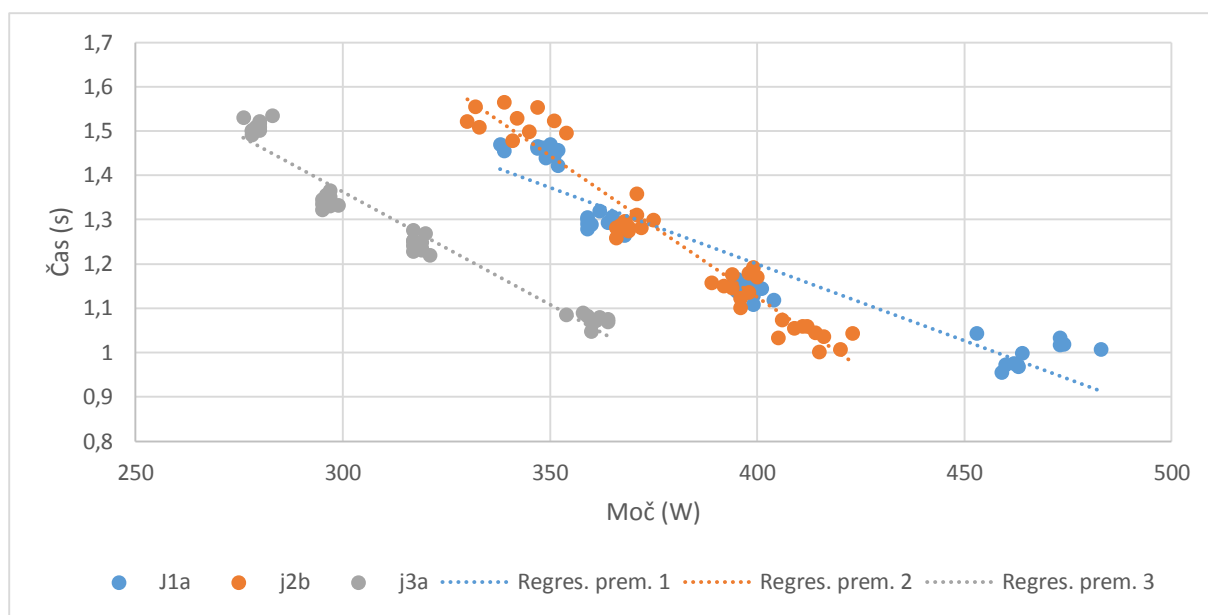
5.2.2. ROČAJ



	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	0,851	0,956	0,864
Standardna deviacija	0,042	0,039	0,034
Najmanjša vrednost	0,763	0,895	0,800
Največja vrednost	0,900	1,013	0,899
Pearsonov r koeficient	-0,977	-0,966	-0,975

Slika 43: Čas faze potega ročaja

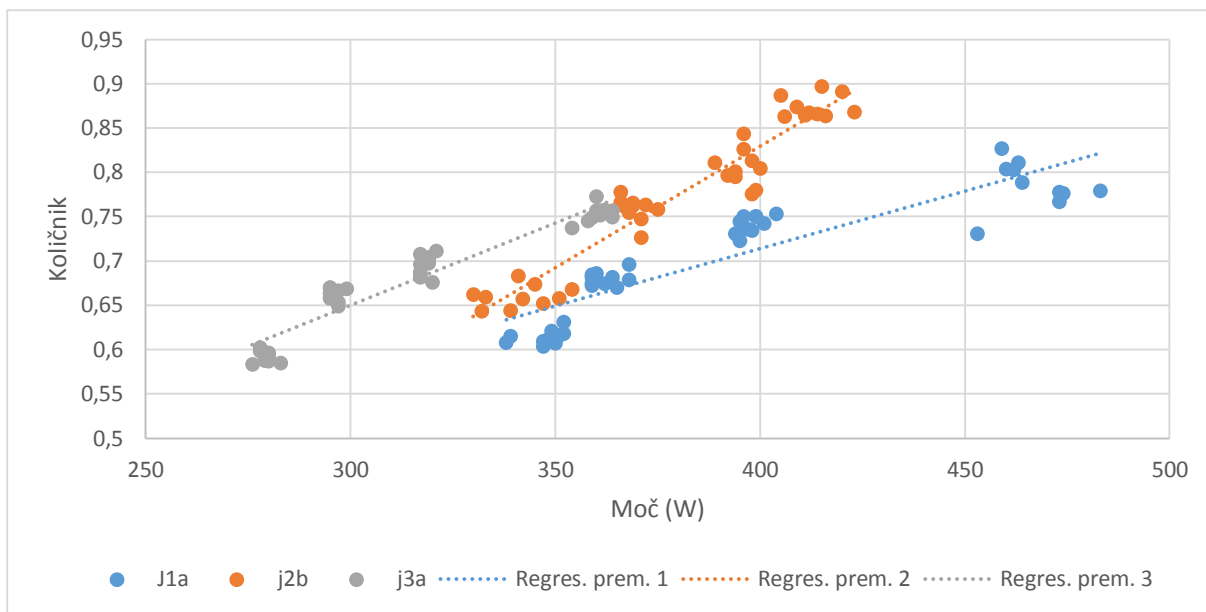
Za vse veslače je bilo značilno krajšanje časa faze potega tekom testa. Pri vseh treh lahko z zelo visoko natančnostjo napovemo vrednost časa faze potega ročaja.



	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	1,222	1,253	1,294
Standardna deviacija	0,171	0,181	0,159
Najmanjša vrednost	0,955	1,001	1,048
Največja vrednost	1,470	1,565	1,534
Pearsonov r koeficient	-0,935	-0,978	-0,974

Slika 44: Čas faze vračanja ročaja

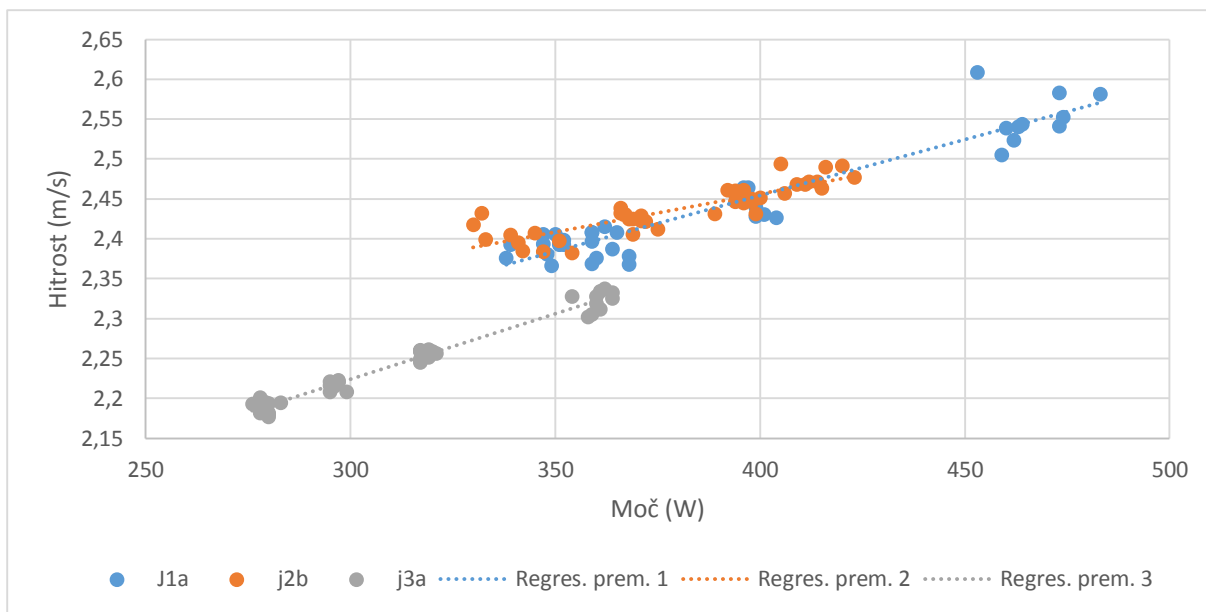
Pri vseh je visoka negativna linearna korelacija. Regresijska premica je bila najbolj položna pri veslaču J1a.



	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	0,706	0,774	0,675
Standardna deviacija	0,067	0,079	0,059
Najmanjša vrednost	0,604	0,643	0,584
Največja vrednost	0,827	0,897	0,773
Pearsonov r koeficient	0,901	0,964	0,958

Slika 45: Razmerje med časom faze potega in časom faze vračanja ročaja

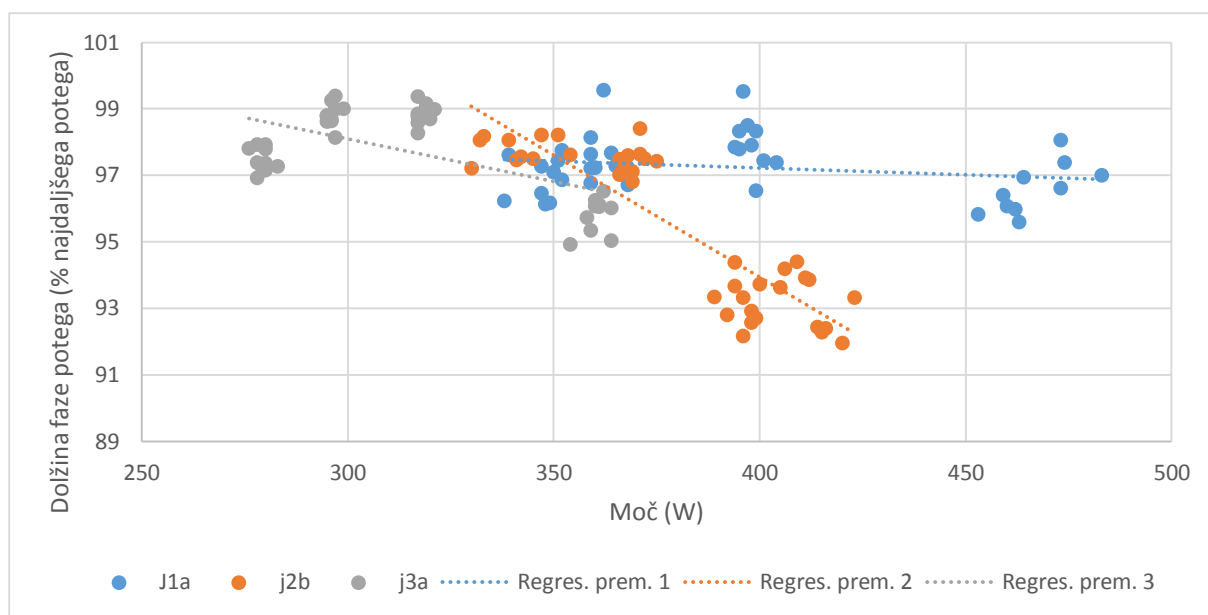
Pri vseh treh visok pozitiven r kaže višanje količnika z visoko linearno korelacijo. Na skupnem intervalu so veslači razporejeni po rangih. Veslača J1a in J2b, ki sta imela podobne moči zaveslajev, sta se v povprečju po količniku ločevala. J2b je imel za 8,7% višjo vrednost količnika.



	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	2,445	2,435	2,246
Standardna deviacija	0,068	0,033	0,051
Najmanjša vrednost	2,366	2,376	2,177
Največja vrednost	2,609	2,494	2,338
Pearsonov r koeficient	0,948	0,935	0,987

Slika 46: Največja dosežena hitrost gibanja ročaja med fazo potega

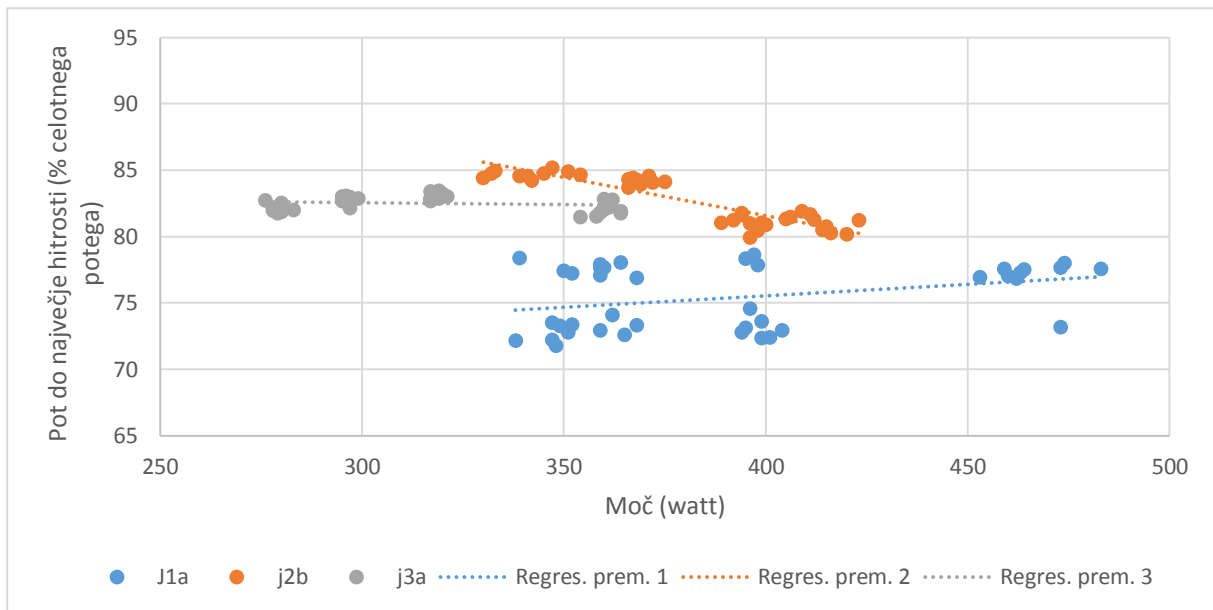
Veslača J1a in J2b imata zelo podobne vrednosti vse do konca tretje obremenitve. Veslač J1a pa je lahko na zadnji obremenitvi razvil za 0.1 m/s višjo najvišjo hitrost gibanja ročaja pri približno 50W višji moči. Veslač J3a pa je imel najvišjo vrednost manjšo kot pa najmanjša vrednost ostalih dveh.



	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	97,252	95,414	97,749
Standardna deviacija	0,895	2,291	1,308
Najmanjša vrednost	95,595	91,948	94,927
Največja vrednost	99,567	98,414	99,401
Pearsonov r koeficient	-0,213	-0,893	-0,593

Slika 47: Spreminjanje dolžine faze potega ročaja

Najnižjo korelacijo je imel veslač J1a. Naklon regresijske premice kaže, da se dolžina faze potega ročaja pri njemu ni bistveno spreminjala. J2b in J3a imata bolj strmo premico. J2b je tekom testa skrajšal zavesljaj za 6,5%.

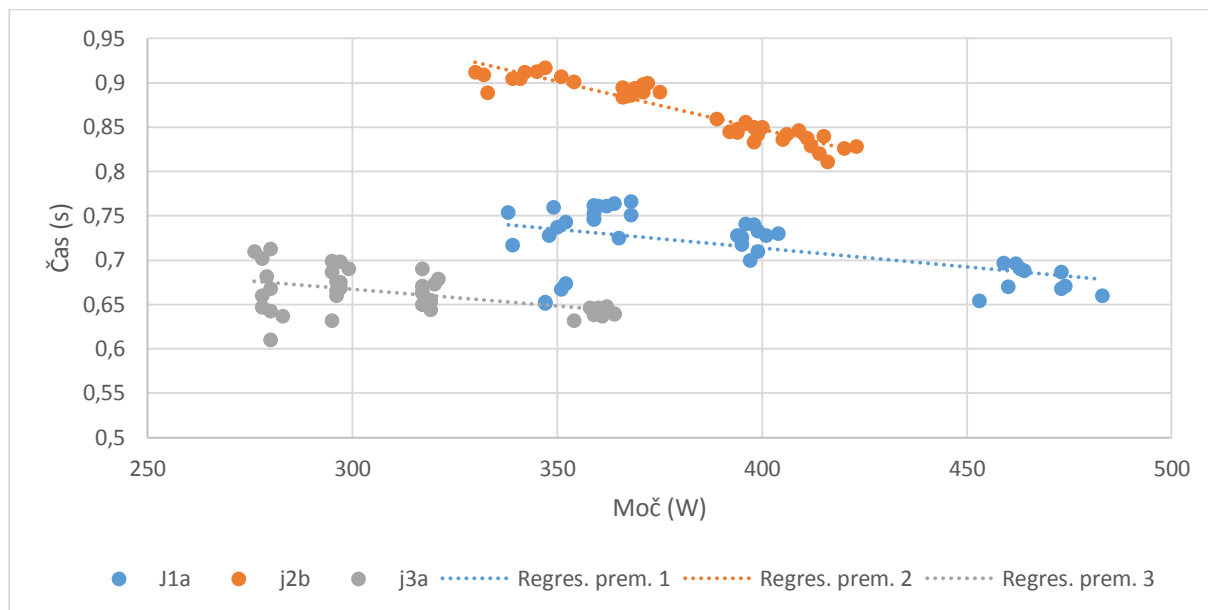


	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	75,426	82,735	82,516
Standardna deviacija	2,365	1,767	0,521
Najmanjša vrednost	71,794	79,962	81,491
Največja vrednost	78,636	85,173	83,460
Pearsonov r koeficient	0,333	-0,910	-0,161

Slika 48: Pot do največje hitrosti gibanja ročaja

Veslač J2b je edini med tremi, ki je točko doseganja najvišje hitrosti tekom testa premikal bolj proti začetku zavesljaja. Veslač J1a pa jo je oddaljeval. Kljub temu ima veslač J1a ves čas testa to točko v povprečju za 7,3 % bližje začetku zavesljaja.

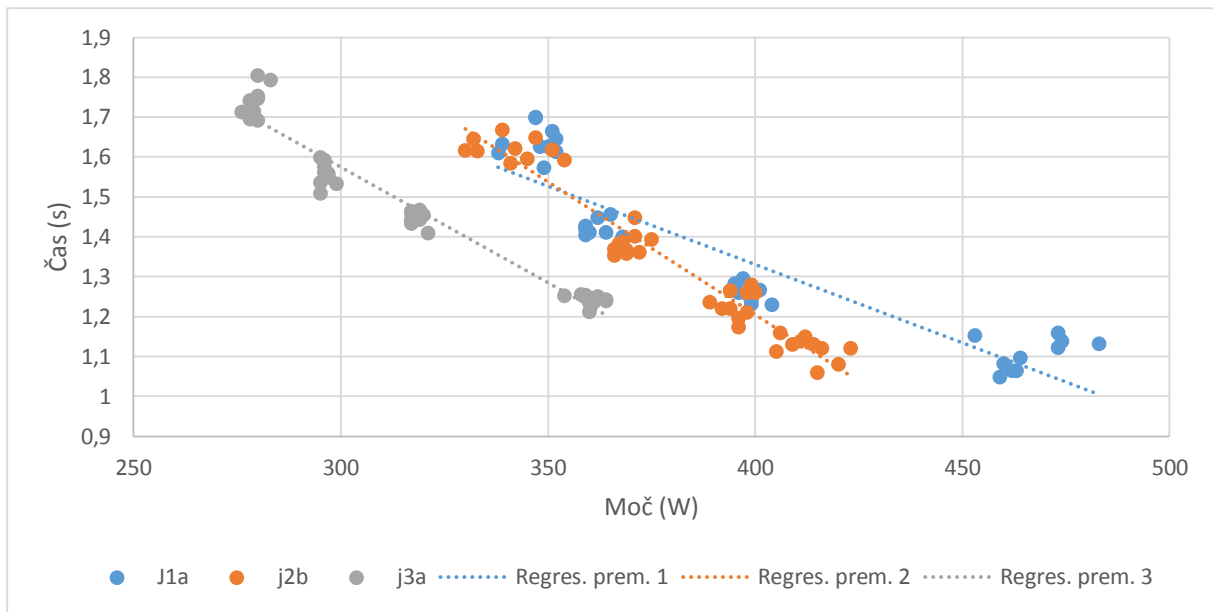
5.2.3. SEDEŽ



	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	0,716	0,869	0,662
Standardna deviacija	0,036	0,032	0,024
Najmanjša vrednost	0,651	0,811	0,610
Največja vrednost	0,766	0,917	0,713
Pearsonov r koeficient	-0,545	-0,950	-0,479

Slika 49: Čas faze potega sedeža

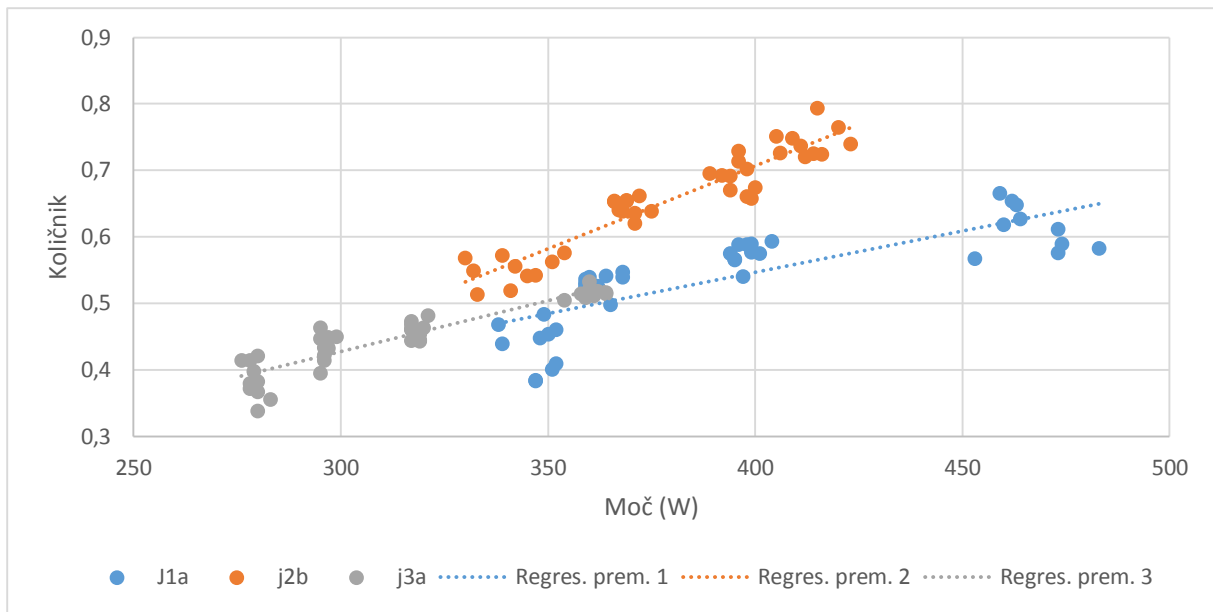
Najvišjo korelacijo je bilo mogoče zaslediti pri veslaču J2b. Vsi so fazo potega sedeža skrajševali.



	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	1,356	1,339	1,496
Standardna deviacija	0,200	0,190	0,182
Najmanjša vrednost	1,048	1,059	1,212
Največja vrednost	1,700	1,668	1,804
Pearsonov r koeficient	-0,909	-0,977	-0,972

Slika 50: Čas faze vračanja sedeža

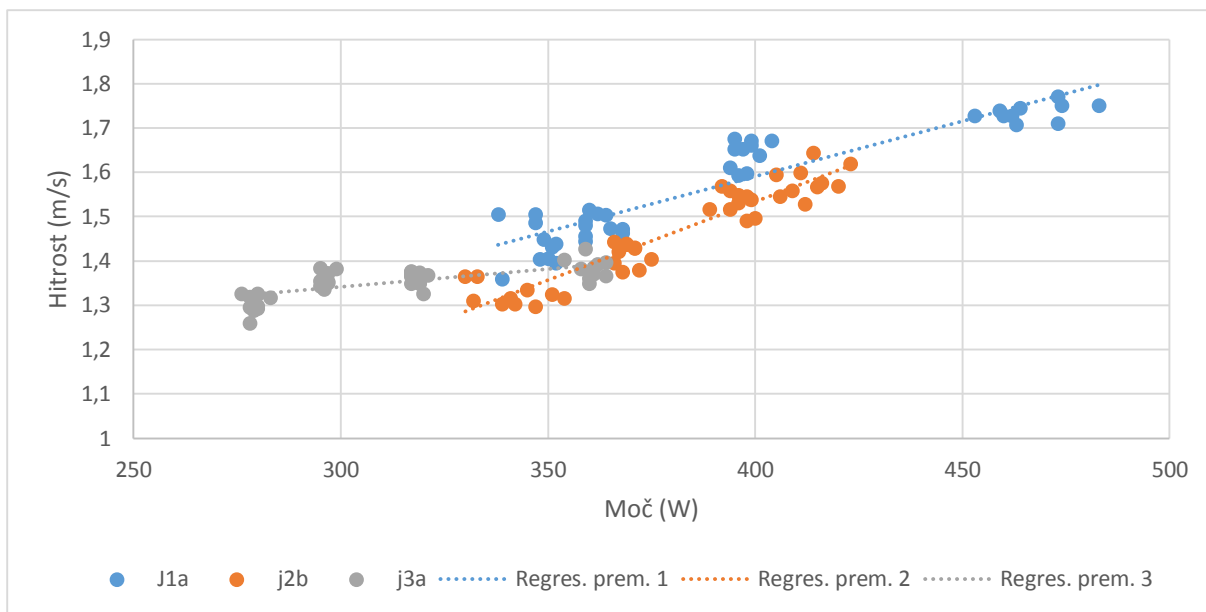
Pri vseh treh je r visok, kar kaže močno povezanost med spremenljivkama. Vsi trije so čas faze vračanja sedeža skrajševali.



	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	0,538	0,659	0,448
Standardna deviacija	0,072	0,069	0,051
Najmanjša vrednost	0,383	0,543	0,338
Največja vrednost	0,665	0,793	0,533
Pearsonov r koeficient	0,797	0,954	0,918

Slika 51: Razmerje med časom faze potega in časom faze vračanja sedeža

Tekom testa imajo vsi trije visoko korelacijo. V povprečju ima veslač J3a najnižji količnik. Vendar le tega dosega pri nižji moči zavesljajev. Na skupnem intervalu sta reprezentanta razvrščena po rangih.



	J1a	J2b	J3a
Povprečna vrednost	1,574	1,467	1,353
Standardna deviacija	0,124	0,098	0,034
Najmanjša vrednost	1,360	1,303	1,260
Največja vrednost	1,771	1,644	1,426
Pearsonov r koeficient	0,927	0,946	0,703

Slika 52: Največja dosežena hitrost gibanja sedeža med fazo potega

Vsi trije tekom testa povečujejo najvišjo hitrost gibanja sedeža med fazo potega. Veslač J3a je imel najnižjo verjetnost pravilne napovedi. Veslač J1a je bil sposoben razviti za 7,1% večjo najvišjo hitrost kot J2b in kar 19,4% višjo kot J3a.

6. RAZPRAVA

Ko smo obdelali rezultate so izstopale predvsem sledeče ugotovitve diplomske naloge:

- Povprečna moč izbranih zavesljajev je veslače razporedila po pričakovanih rangih
- Najvišja sila v zavesljaju ni jasno razporedila veslačev po pričakovanih rangih
- Z dviganjem moči zavesljajev so vsi veslači dvigali število zavesljajev na minuto
- Izmerili smo večje število spremenljivk z visoko korelacijo pri gibanju ročaja kot pri gibanju sedeža

Pri treh članih različnih kakovostnih razredov smo poleg standardnih spremenljivk našli še 10 drugih spremenljivk, za katere lahko z veliko stopnjo natančnosti napovemo vrednost odvisne spremenljivke na podlagi neodvisne – moči zavesljaja. Pri mladincih smo identificirali 9 takih spremenljivk.

Razlike med člani so bile jasne že pri razlikovanju po povprečni moči zavesljajev. To razliko je bilo seveda treba upoštevati pri primerjavi spremenljivk. Pri mladincih pa so te razlike bile zelo majhne v primeru veslača J1a in J2b. Prav iskanje razlik pri tako podobnih močeh zavesljajev pa je bil eden od namenov te diplomske naloge.

Za potrjevanje hipotez so primerni samo veslači S1a ter S2a za člane ter J1a in J2b za mladince. S3a in J3a so bili vključeni kot kontrolni veslači. Ta dva sta pričakovano veslala z najnižjimi močmi zavesljajev.

Naša prva hipoteza (H1) je trdila, da bo veslač z višjo uvrstitvijo na Svetovnem prvenstvu imel višji prirastek hitrosti ročaja v fazi potega. S1a je imel višje povprečje, višjo najmanjšo vrednost in višjo najvišjo vrednost hitrosti gibanja ročaja med fazo potega kot S2a (slika 35). J1a je v primerjavi z J2b dosegel višjo povprečno vrednost in višjo najvišjo vrednost (slika 47). Nato smo primerjali pot oz. oddaljenost od začetne točke zavesljaja, kjer veslač doseže to hitrost. S1a je imel nižje povprečje, nižjo najmanjšo vrednost in nižjo najvišjo vrednost kot S2a (slika 37). Enako je dosegel J1a v primerjavi z J2b (slika 49). Ker sta boljša veslača dosegala višjo hitrost kot slabša v krajši poti smo prvo hipotezo potrdili.

Druga hipoteza (H2) je trdila, da bo veslač z višjo uvrstitvijo na Svetovnem prvenstvu imel nižje vrednosti v časovnem razmerju med fazo potega in fazo vračanja med veslanjem na ergometru. To razmerje smo izmerili tako na ročaju (kot glavni pokazatelj ritma veslanja) ter na sedežu (kot kontrolni pokazatelj). Gibanje ročaja neposredno vpliva na vesla in s tem na hitrost gibanja čolna. Da bi kinetična veriga delovala pravilno (brez izgub) bi gibanje sedeža v fazi potega moralo biti podobno gibanju ročaja.

S1a je pri časovnem razmerju med časom faze potega in časom faze vračanja ročaja imel zelo podobne vrednosti kot S2a (slika 34). S1a je imel nižje vrednosti vse do zadnje obremenitve. Pri tej obremenitvi pa je uspel veslati s kar 60W višjo močjo, zaradi česar je količnik drastično narastel. Tako je pri zadnji obremenitvi veslal za kar 4 sekunde hitreje kot S2a vsakih 500 metrov. Na skupnih močeh zavesljajev je regresijska premica S1a ležala nižje kot premica S2a. Mladinca sta imela veliko bolj podobne moči, zato je primerjava bila lažja. J1a imel nižje povprečje, nižjo najmanjšo vrednost in nižjo najvišjo vrednost spremenljivke kot J2b (slika 46).

Pri časovnem razmerju med časom faze potega in časom faze vračanja sedeža je S1a imel nižje povprečje, nižjo najmanjšo vrednost in nižjo najvišjo vrednost spremenljivke kot S2a (slika 40). Na istem grafu pa je presenetilo gibanje sedeža S2a. Razlog temu je mogoče najti pri dolžini zavesljaja ročaja (slika 36). S2a je bil edini, ki tekom testa ni krajšal dolžine zavesljaja ročaja. Zaradi dolžine zavesljaja je bil čas vračanja pri zadnji obremenitvi daljši (slika 40). Tako je količnik pri zadnji obremenitvi padel in posledično obrnil tendenco. J1a je imel prav tako nižje povprečje, nižjo najmanjšo vrednost in nižjo najvišjo vrednost kot J2b (slika 52). Iz teh razlogov smo hipotezo potrdili.

Raziskava je imela tudi omejitve. Načrtovali smo nastaviti še merilec sile na ročaj ter na »nožnike«, vendar zaradi težav s umeritvijo naprav podatkov nismo mogli uporabiti. Tovarniško umerjeni senzorji bi lahko rešili to težavo. V raziskavi je (predvsem zaradi razmeroma majhnega števila veslačev v Sloveniji) sodelovalo samo 6 veslačev, zaradi česar ne moremo rezultatov posplošiti na vso populacijo. Čeprav smo s trenutno metodo zajeli ogromno podatkov (približno 540000 podatkov na obravnavan parameter), bi z uporabo vsaj 2D kinematike lahko bolje razložili dobljene vrednosti. Poleg tega bi z njo lažje preverili, ali so razlike v vrednostih posledica drugačnih lastnosti veslačev ali drugačne tehnike veslanja. Gibanje ročaja in sedeža nam je pokazalo samo kaj se je v grobem dogajalo med veslanjem.

Menimo, da bi z dodatnimi senzorji na ključnih točkah telesa (koleno, kolk, ramena, komolec) lahko veliko bolje razložili dogajanje znotraj zavesljaja.

7. SKLEP

Ugotovili smo, da je najvišja hitrost gibanja ročaja v zavesljaju in ne največja sila v zavesljaju tista, ki razlikuje veslače po kakovosti. Če bi to lahko raziskali pri večjem številu veslačev, bi to lahko pripeljalo do nekaterih sprememb pri načinu treniranja moči. Dodatno naloga kaže, da pri se bolje rangirani veslačih pri enaki moči zavesljaja, kažejo razlike z ostalima dvema veslačema pri številnih spremenljivkah.

Pri tako majhnem številu izmerjenih veslačev pa se je moč zavesljajev izkazala kot dovolj dobra spremenljivka za iskanje kvalitativnih razlik med veslači. Predvsem pri mladincih J1a in J2b pa bi z dodatno izmerjenimi spremenljivkami lažje odkrili kvalitativno razliko med veslačema. Ali je moč dejansko tako natančna pa bi lahko preverili s tem, da bi enak test opravili tudi na vzorcu neveslačev, ki pa imajo podobno telesno pripravljenost.

Potrditev obeh hipotez kaže, da bi bilo mogoče že v zimskem času bolj natančno predvideti potencial za kasnejši vrhunski rezultat. Potrjena H1 ima tudi širšo posledico. Hitrejši prirastek hitrosti gibanja ročaja v fazi potega kaže, da je eksploziven začetek tisti, ki prinaša boljši rezultat. To je potrjeno tudi z fizikalno razlago. Izgubljeno hitrost čolna na račun upora (slike 20,21 in 22) je treba čim prej nadoknaditi zato, da bi zmanjšali nihanje hitrosti.

Pri meritvah sedeža smo imeli največji raztros podatkov. Sklepamo, da je to lahko posledica t.i. bežanja sedeža. Do tega pride, ko na samem začetku zavesljaja noge močno odrinejo, pri temu pa veslač nima pripravljenih iztegovalk trupa in stabiliziranega trupa, zaradi česar ne pride do učinkovitega prenosa moči. Ne glede na stil ali disciplino veslanja, velja za vse, da so močne in hitre noge, močne iztegovalke trupa ter stabilen trup tisti dejavniki, ki omogočijo učinkovit prenos sile do vesel.

Diplomska naloga lahko tako s svojimi ugotovitvami pomaga praksi - trenerjem pri razumevanju dinamike zavesljaja in tako omogoča boljšo izbiro treningov. Pri večjem vzorcu bi pomembnost spremenljivk mogoče lahko identificirali in s tem omogočili zgodnejše sestavljanje posadk za prihajajočo sezono, kar bi še dodatno pripomoglo trenerjem.

Vidimo pa tudi nek splošen doprinos te naloge predvsem na področju znanosti. Pri veslanju še nismo zasledili raziskave, ki bi iskala kvalitativne razlike med veslači po našem kriteriju. Tak kriterij pa se nam zdi zelo uporaben tako za prakso kot za znanost, saj omogoča iskanje razlik med dobrimi in še boljšimi veslači.

Diplomska naloga je tako postavila temelj spremljanja teh dodatnih spremenljivk. Kar pa odpira vrata tudi znanosti pri drugih športnih, saj so simulatorji pomemben element trenažnega procesa. Potrebno bo opraviti več analiz pri večjem številu veslačev, da bi odkrili korelacijo, ki bi veljala za celo populacijo veslačev. Za praktično uporabo bi morali biti sposobni takoj obdelati podatke in jih posredovati trenerjem takoj po testu. Še bolje bi bilo, če bi bili sposobni z minimalnim poseganjem v opremo (ki je že v uporabi po klubih) na nek način podatke prikazovati v živo veslaču med veslanjem. Tako bi veslač lahko popravil svoj zavesljaj in s tem dosegel boljši rezultat.

8. VIRI

- Ackland, T.R., Kerr, D., Hume, P.A., (2001) *Anthropometric normative data for Olympic rowers and paddlers*. V: 2001: a sports medicine odyssey: challenges, controversies and change. Perth: Australian Conference of Science and Medicine in Sport
- Affeld, K., Schichl, K. in Ziemann, A. (1993) Assessment of rowing efficiency. *International Journal of Sports Medicine*, 14 Suppl. 1, S39-41 Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8262707>
- Baudouin, A. in Hawkins, D. (2004) Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *Journal of Biomechanics* 37, 969–976 Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15165867>
- BBG Bootsbau*. (21.4.2013). Nautic Expo. Pridobljeno iz <http://www.nauticexpo.com/prod/bbg-bootsbau/rowing-shells-competition-single-sculls-22341-53560.html>
- Boats and Equipment* . (20.4.2013). The Sport of Rowing. Pridobljeno iz <http://www2.gvsu.edu/ciunganc/Boats%20and%20Equipment.html>
- Bourgeois J, Claessens, A.L., Janssens, M., Van Renterghem, B., Loos, R., Thomis, M., Philippaerts, R., ... Vrijens, J. (2001) Anthropometric characteristics of elite female junior rowers. *Journal of Sports Sciences*, 19, 195-202 Pridobljeno iz <http://ehis.ebscohost.com.nukweb.nuk.uni-lj.si/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=19&sid=a61fd5c6-9324-4bd1-9f2e-111eb0f141dd%40sessionmgr111&hid=4>
- Bourgeois, J., Claessens, A.L., Vrijens J, Philippaerts, R., Van Renterghem, B., Thomis, M., ... Lefavre, J. (2000) Anthropometric characteristics of elite male junior rowers. *British Journal of Sports Medicine*, 34 (3), 213-216 Pridobljeno iz <http://ehis.ebscohost.com.nukweb.nuk.uni-lj.si/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=a61fd5c6-9324-4bd1-9f2e-111eb0f141dd%40sessionmgr111&vid=18&hid=4>
- Carter, J. (ur). (1984). *Somatotypes of Olympic athletes from 1948 to 1976*. Physical structure of Olympic athletes, part II: kinanthropometry of Olympic athletes. Basel: Karger

- Dal Monte, A. in Komor, A. (1989). *Rowing and sculling mechanics*. V: Vaughan, C.L. (ur.). Biomechanics of sport (53-119). Boca Raton: CRC Press
- Evolution Through Revolution*. (25.4.2013). Concept2. Pridobljeno iz <http://concept2.co.uk/rower/evolution>
- Hahn, A. (1990) Identification and selection of talent in Australian rowing. *Excel*, 6 (3), 5-11
- Herberger, E. (1990) Equipment. V P. Klavora (ur.) *Rowing: the GDR text of oarsmanship*. 4th ed. (str. 235-289) Toronto: Sport Book Publisher
- History of rowing*. (2013). Wikipedia. The Free Encyclopaedia. Pridobljeno iz http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_rowing
- Hume, P.A. in Soper, C. (2001). *Segmental sequencing reports*. Neobjavljeno delo. Auckland University of Technology, Auckland
- Indoor rower*. (2013). Wikipedia. The Free Encyclopaedia. Pridobljeno iz http://en.wikipedia.org/wiki/Indoor_rower
- International Rowing Federation*. (2013). Wikipedia. The Free Encyclopaedia. Pridobljeno iz http://en.wikipedia.org/wiki/International_Rowing_Federation
- Ishiko, T., Katamoto, S. in Maeshima, T. (1983). *Analysis of rowing movements with radiotelemetry*. Biomechanics VIII-B (816–821), Illinois: Champaign
- Janša, M. (2012). *Periodizacija*. Neobjavljeno delo. Veslaška zveza Slovenije, Bled, Slovenija.
- Klavora P. (1977). *Three predominant styles: the Adam style; the DDR style; the Rosenberg style*. *Catch.*, 9, 13. Povzeto po Kleshnev, V. (2006). *Rowing Biomechanics Newsletter*, Volumen 6, No 60.
- Kleshnev, V. in Kleshnev, I. (1998). Dependence of rowing performance and efficiency on motor coordination of the main body segments. *Journal of Sports Sciences*, 16(5), 418-419
- Kleshnev, V. (2001). *Rowing Biomechanics Newsletter*, Volumen 1, No 4
- Kleshnev, V. (2001). *Rowing Biomechanics Newsletter*, Volumen 1, No 6
- Kleshnev, V. (2003). *Rowing Biomechanics Newsletter*, Volumen 2, No 3
- Kleshnev, V. (2003). *Rowing Biomechanics Newsletter*, Volumen 3, No 3
- Kleshnev, V. (2003). *Rowing Biomechanics Newsletter*, Volumen 4, No 3
- Kleshnev, V. (2003). *Rowing Biomechanics Newsletter*, Volumen 10, No 3
- Kleshnev, V. (2004). *Rowing Biomechanics Newsletter*, Volumen 4, No 7
- Kleshnev, V. (2005). *Rowing Biomechanics Newsletter*, Volumen 3, No 5

- Kleshnev, V. (2006). *Rowing Biomechanics Newsletter*, Volumen 6, No 60
- Körner, T. (17.5.2013). *A comparative analysis of the GDR and Adam styles*. V: FISA Coaching, Chapter 2 Development Programme Course (27-31) Pridobljeno iz <http://www.worldrowing.com/files/download/5026>
- Lamb, D.H. (1989). A kinematic comparison of ergometer and on-water rowing. *American journal of sports medicine*, 17 (3), 367-373
- Martin, T.P. in Bernfield, Y.S. (1980). Effect of stroke rate on velocity of a rowing shell. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12 (4), 250-256 Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7421474>
- McBride, M.E. (1998). *The role of individual and crew technique in the optimisation of boat velocity in rowing*. Perth: University of Western Australia, Department of Human Movement
- McNeely, E., Royle, M. (2002). *Skillful rowing*. Oxford: Meyer & Meyer Sport (UK) Ltd.
- Mikulić, P., Smoljanović, T., Bojanić, I., Hannafin, J. A., Matkovic, B.R. (2009). Relationship between 2000-m rowing ergometer performance times and World Rowing Championships rankings in elite-standard rowers. *Journal of Sports Sciences*, 27(9), 907–913. Pridobljeno iz: <http://ehis.ebscohost.com.nukweb.nuk.uni-lj.si/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=a61fd5c6-9324-4bd1-9f2e-111eb0f141dd%40sessionmgr111&hid=4>
- Mikulić, P., Smoljanović, T., Bojanić, I., Hannafin, J. A., Pedišič, Ž. (2009). Does 2000-m rowing ergometer performance time correlate with final rankings at the World Junior Rowing Championship? A case study of 398 elite junior rowers. *Journal of Sports Sciences*, 27(4), 361–366. Pridobljeno iz: <http://ehis.ebscohost.com.nukweb.nuk.uni-lj.si/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&sid=a61fd5c6-9324-4bd1-9f2e-111eb0f141dd%40sessionmgr111&hid=4>
- Nelson, W.N. in Widule, C.J. (1983) Kinematic analysis and efficiency estimate of intercollegiate female rowers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15 (6), 535-541 Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6656565>
- Nilsen, T. (1987). *Basic rowing technique, Coaching manuals*, 46-55, Pridobljeno iz <http://www.worldrowing.com/training/coaching-information-training-manuals>
- Nolte, V. (1991). *Introduction to the biomechanics of rowing*. FISA Coach, 2 (1), 1-6
- Osterman, J. (ur.) (2005). *Pot na vrh, 100 let veslanja na Bledu*. Bled: Veslaški klub Bled
- Pavlin, T. (2012). *Libertas. Šport mladih*, 20 (178), 6-7

- Price calls the shots as Canadian 8 go for second straight Olympic rowing gold.*
(23.4.2013). Intelligencer.ca. Pridobljeno iz
<http://www.intelligencer.ca/2012/07/24/price-calls-the-shots-as-canadian-8-go-for-second-straight-olympic-rowing-gold>
- Prodan, S. (2003). *50 let Veslaškega kluba Nautilus Koper : 115 let tekmovalnega veslanja v Kopru*. Koper: Vek
- Redgrave, S. (1992). *Complete book of rowing*. London: Transworld publishers Ltd.
- Rowing. (2013). Wikipedia. The Free Encyclopaedia. Pridobljeno iz
[http://en.wikipedia.org/wiki/Rowing_\(sport\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Rowing_(sport))
- Sanderson, B. in Martindale, W. (1986). Towards optimizing rowing technique.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 18 (4), 454-468
- Schabort, E.J., Hawley, J.A., Hopkins, W., Blum, H. (1999). High reliability of performance of well-trained rowers on a rowing ergometer. *Journal of Sports Sciences*, 17 (8), 627-632. Pridobljeno iz <http://ehis.ebscohost.com.nukweb.nuk.uni-lj.si/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=a61fd5c6-9324-4bd1-9f2e-111eb0f141dd%40sessionmgr111&hid=4>
- Schneider, E. in Hauser, M. (1979) *Biomechanical analysis of performances in rowing*. International Congress of Biomechanics; Warsaw. Baltimore (MD): Polen University Park Press
- Schneider, E., Hauser, M. (1979). *Biomechanical analysis of performances in rowing*. International Congress of Biomechanics, Baltimore (MD): Polen University Park Press
- Schneider, E., Hauser, M. (1981). *Biomechanical analysis of performance in rowing*. Biomechanics VII-B (430-435), Baltimore: Baltimore University Park Press
- Secher, N.H. (1975). Isometric rowing strength of experienced and inexperienced oarsmen. *Medicine and Science in Sports*, 7 (4), 280-283
- Soper, C., Hume, P.A. (2004a). Towards an Ideal Rowing Technique for Performance: The Contributions from Biomechanics. *Sports Medicine*, 34 (12), 825-848. Pridobljeno iz <http://ehis.ebscohost.com.nukweb.nuk.uni-lj.si/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=a61fd5c6-9324-4bd1-9f2e-111eb0f141dd%40sessionmgr111&hid=4>

- Soper, C., Hume, P.A. (2004b). Reliability of power output changes with ergometer type and race distance. *Sports Biomechanics*, 3 (2), 237-247 Pridobljeno iz <http://ehis.ebscohost.com.nukweb.nuk.uni-lj.si/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=a61fd5c6-9324-4bd1-9f2e-111eb0f141dd%40sessionmgr111&hid=4>
- The Development of Rowing Equipment*. (11.4.2013). Friends of Rowing History. Pridobljeno iz <http://www.rowinghistory.net/Equipment.htm>
- Thompson, P. (2005). *Sculling*. Ramsbury: The Crowood Press
- Torres-Moreno, R., Tanaka, C. in Penney, K.L. (2000). Joint excursion, handle velocity, and applied force: a biomechanical analysis of ergometric rowing. *International Journal of Sports Medicine*, 21 (1), 41-44 Pridobljeno iz <https://www.thieme-connect.com/ejournals/abstract/10.1055/s-2000-8850>
- Watts calculator. (20.6.2013). Concept II. Pridobljeno iz <http://www.concept2.com/indoor-rowers/training/calculators/watts-calculator>
- Winchester, E. (2002). Erg nation. *Rowing news*. 9(1), 6-40. Pridobljeno iz <http://books.google.co.uk/books?id=M0sEAAAAMBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>