



Corso allenatori  
Anno 2016



# **Analisi della letteratura sulla biomeccanica della pagaiata basata su strumenti di misurazione diretta di dati**

**ASPIRANTE ALLENATORE: ROBERTO OLIVOTTO**

# ABSTRACT

- In questo lavoro è stata analizzata la letteratura riguardante studi della biomeccanica della pagaiata effettuati con strumenti di misura diretta.
- In particolare si è cercato di riassumere come le forze agenti sul sistema canoista-canoa generino accelerazioni del sistema stesso in dipendenza dalle loro intensità, direzioni, versi e sincronizzazioni e di come il corpo umano possa essere messo in condizione di generare la spinta UTILE più elevata possibile attraverso lo studio dei dati acquisiti.
- Il presente lavoro analizza la ricerca in letteratura dei parametri che possono definire la pagaiata «ottimale» e delle metodologie di misura di tali parametri, che sono di tipo:
  - Fisico (forze, accelerazioni, pressioni, tempi)
  - Fisiologico (frequenza cardiaca, lattato,  $VO_2$ )
  - Tecnico (movimento documentato dei segmenti corporei)

# INTRODUZIONE

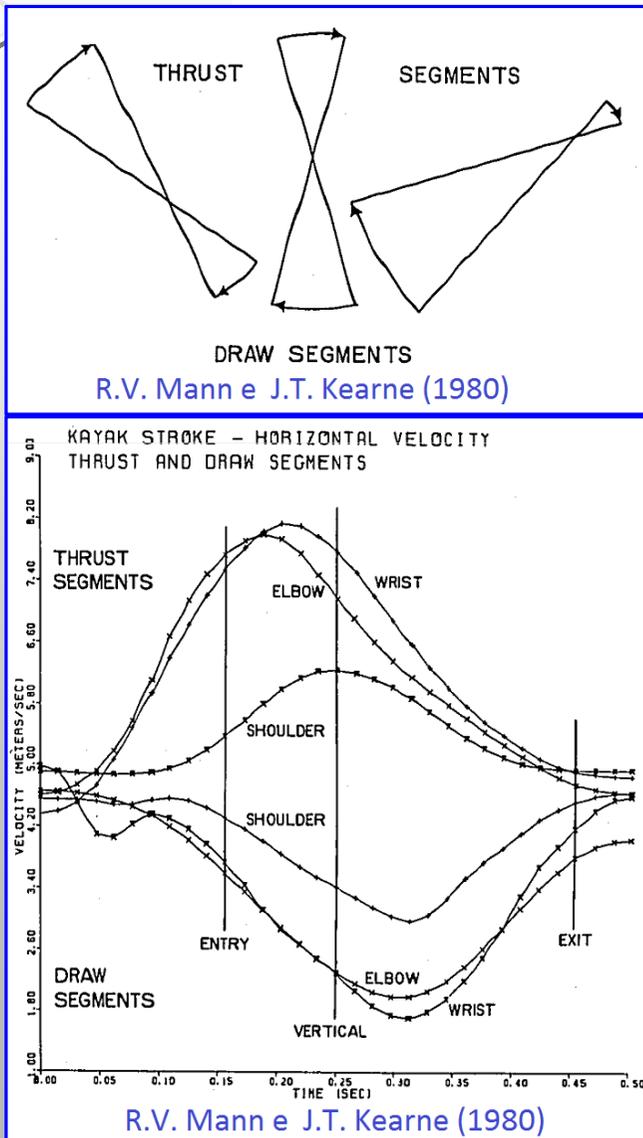
- In ogni sport di prestazione, il raggiungimento del successo agonistico è legato alla massimizzazione e all'**ottimizzazione** della prestazione fisica, espressa attraverso il corpo umano e, nella canoa e nel kayak, anche attraverso dei mezzi esterni (pagaia e imbarcazione).
- Più il sistema risulta complesso ed il gesto tecnicamente evoluto, più il fattore efficienza risulta importante nel determinare la prestazione sportiva.
- Perciò fin dal principio si è studiato il movimento del corpo umano e le sue interazioni con i mezzi tecnici durante la prestazione sportiva.
- Già negli anni '80 questi studi avevano assunto carattere quantitativo e scientifico e l'evoluzione tecnologica ha permesso l'utilizzo sempre più frequente e fruttuoso di sensori per acquisire i dati.

# LA BIOMECCANICA

**Biomeccanica**<sup>1</sup>: Branca della bioingegneria che applica le leggi della fisica allo studio del movimento e dell'equilibrio umano e animale, indagando contemporaneamente sul comportamento e le proprietà (per es., resistenza meccanica dei tessuti) **degli organi preposti a tale scopo**. Trova applicazione nello sport, dove viene usata per migliorare le prestazioni ottenibili dagli atleti, nella medicina, particolarmente in ortopedia e settori collegati, dove viene usata per studiare le cause di lesioni caratteristiche di discipline sportive diverse, incidenti automobilistici ecc., e nell'industria, per migliorare schemi di lavoro e macchinari in funzione delle esigenze dell'organismo umano.

<sup>1</sup> Fonte: <http://www.treccani.it/enciclopedia/biomeccanica/>

# I PRIMI STUDI QUANTITATIVI MISTI



- Analisi del movimento della pagaia e della traslazione del centro di rotazione verso l'alto al procedere della passata in acqua.
- Analisi video della velocità di avanzamento di diversi segmenti corporei tramite l'utilizzo di spot neri su sfondo bianco applicati sugli atleti.
- Tentativo di individuare la tecnica più efficace in modo scientifico.

# MISURA DIRETTA DI FORZE

- Già prima dell'anno 2000 l'analisi delle forze in gioco era possibile, con misuratori estensimetrici elettronici ad elevata precisione. Il maggior difetto del sistema era il peso, che obbligava l'atleta a venire testato su un mezzo di fatto diverso da quello utilizzato in allenamento e in gara. Inoltre tali sistemi avevano bisogno di un elevato grado di conoscenza tecnica per essere tarati, mantenuti in perfetta efficienza e per trasferire ed analizzare i dati misurati. Un esempio notevole è la tesi di laurea in ingegneria meccanica dell' Ing. Mario Saraceni (1999), che riporta una mole notevole di dati, non solo relativi alle forze applicate in pagaia, ma anche sulle forze agenti su pedaliera, contropinta e sedile.
- Inoltre in questo studio si nota la simultanea acquisizione di dati di diversi membri di un equipaggio.

# RESISTENZA ALL'AVANZAMENTO: MISURA DIRETTA

Distanza [m]	t [s]	v <sub>media</sub> [m/s]	Trazione media [N]
200	65.6	3.05	40
200	52.5	3.81	50
200	42.3	4.73	76
300	63	4.76	78
200	38.8	5.15	94

Tabella 6.9: risultati delle prove di traino effettuate per la rilevazione sperimentale della resistenza idrodinamica del kayak.

- DATI SPERIMENTALI

- CURVA VELOCITÀ / RESISTENZA TOTALE DI UN KAYAK OLIMPICO TRAINATO E RELATIVA EQUAZIONE.

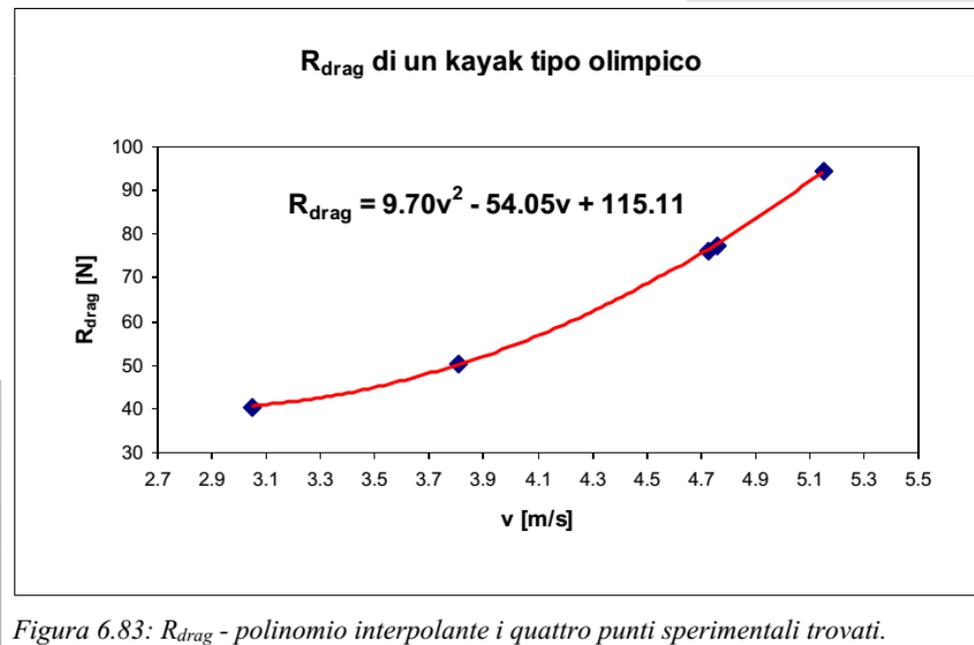


Figura 6.83: R<sub>drag</sub> - polinomio interpolante i quattro punti sperimentali trovati.

# SENSORI DINAMOMETRICI

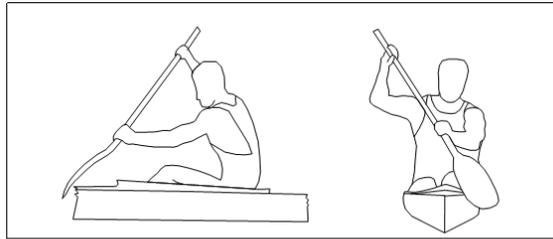


Figura 2.3: fase di presa d'acqua o attacco.

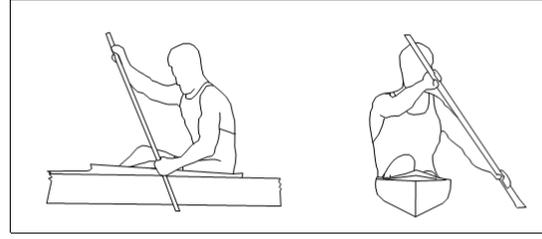


Figura 2.4: fase di passata in acqua.

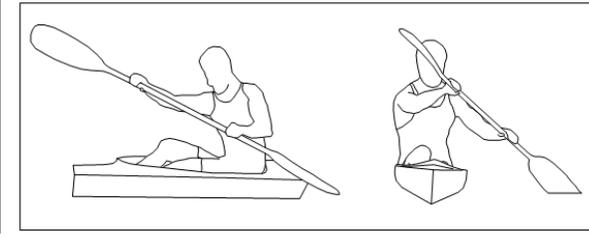


Figura 2.5: fase di svincolo.

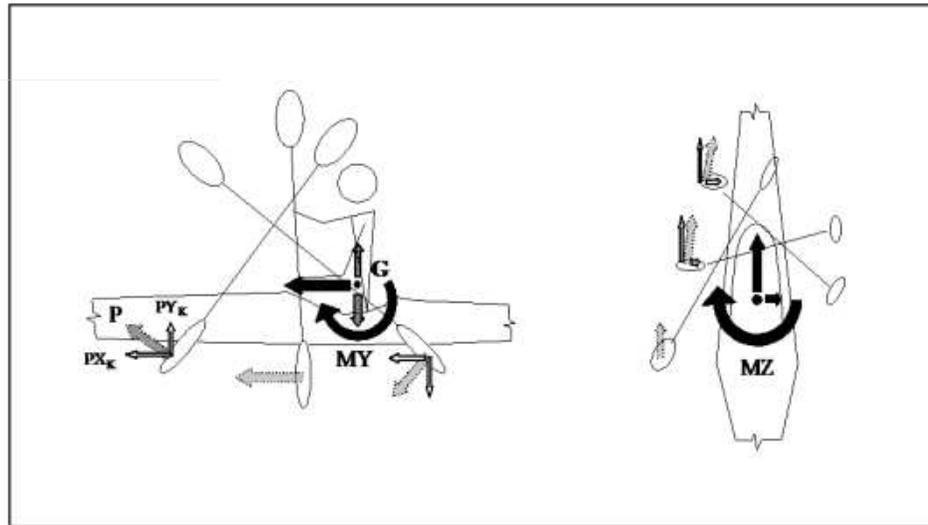


Figura 2.8: momenti generati dalla forza P sulla pala.

- Analisi delle forze, dei momenti e dei tempi/sincronismo delle forze.

# SINCRONISMO E SIMMETRIA

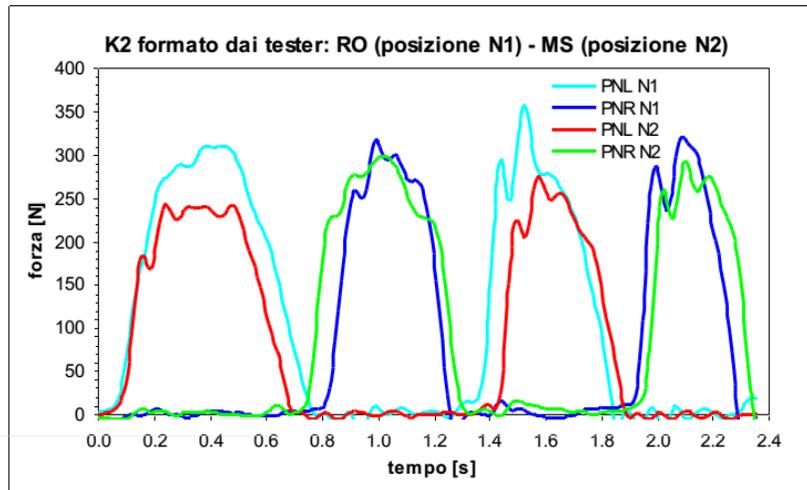


Figura 6.80: partenza della gara K2 200m – tester RO, MS.

- Analisi delle forze applicate sulla pagaia in contemporanea dai due componenti di un K2 nelle prime 4 pagaiate di una partenza.

- Analisi simultanea delle forze applicate sulla pagaia e sul puntapiedi da un atleta medagliato olimpico

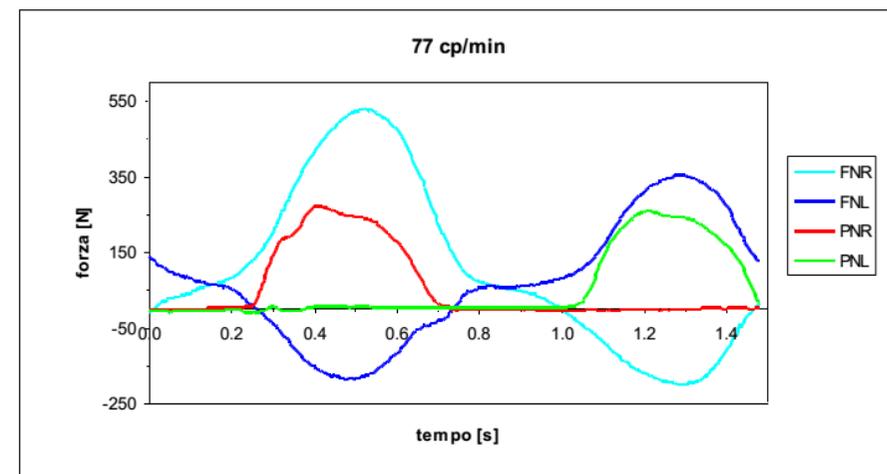
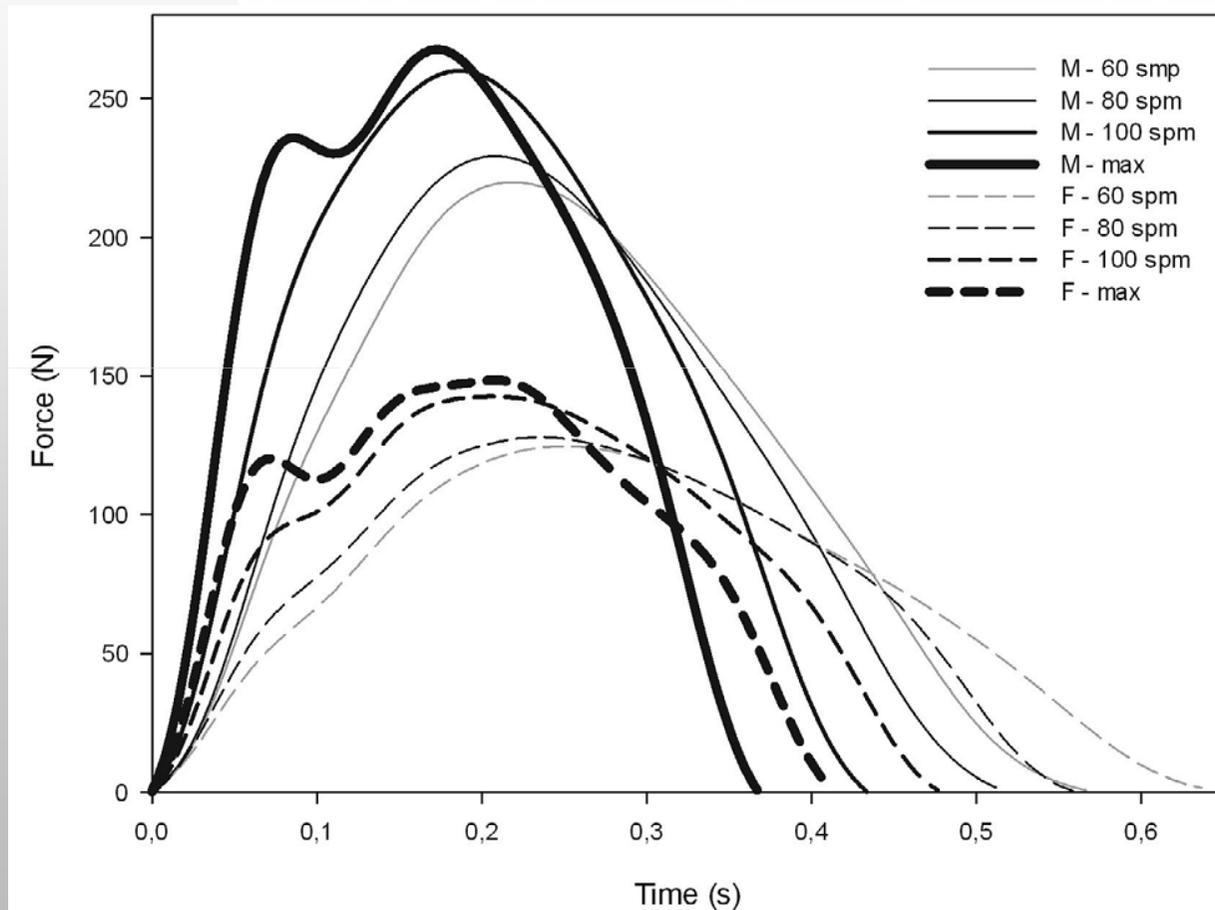


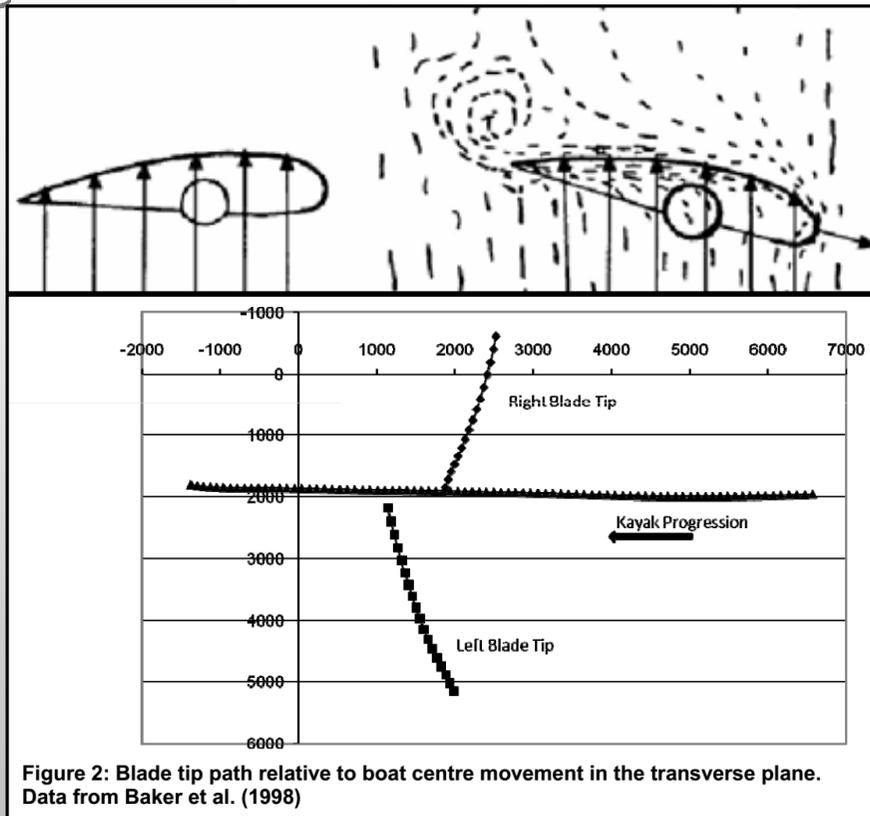
Figura 6.11: diagramma delle forze in pedaliera ed in pagaia – tester AS.

# PROFILO DI FORZA APPLICATA ALLA PAGAIA



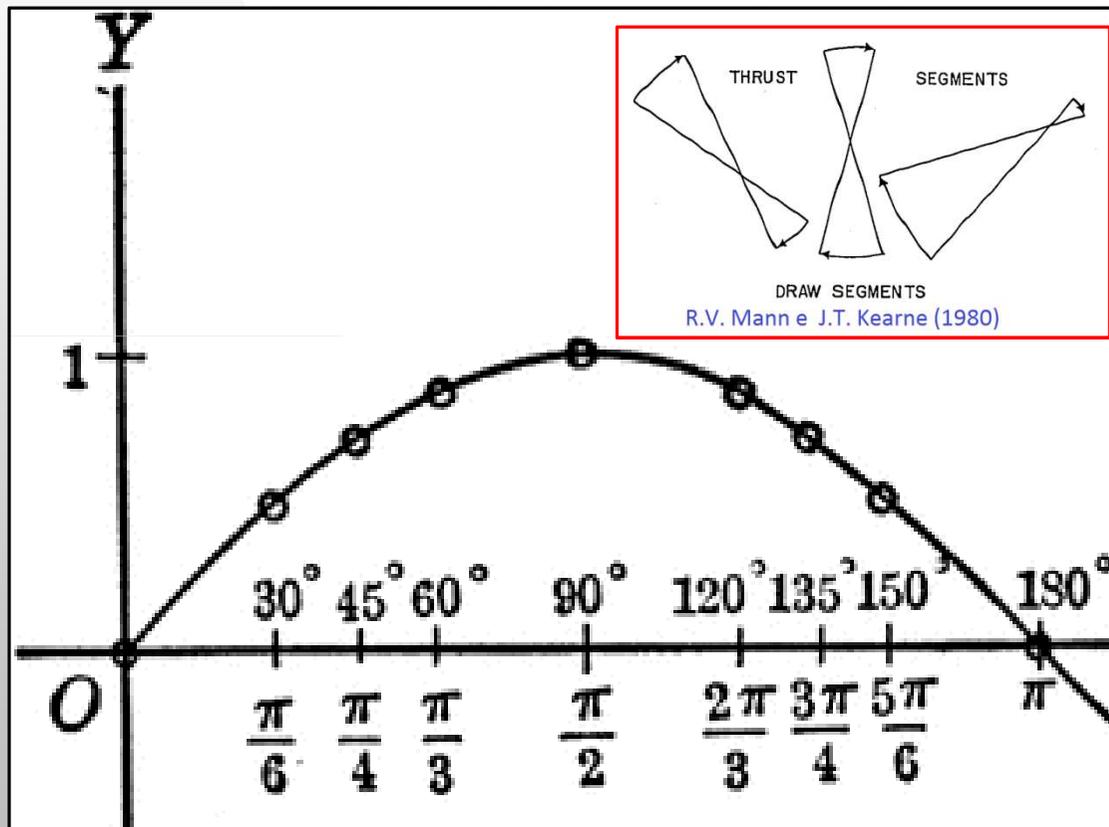
- Analisi delle forze applicate sulla pagaia a diverse frequenze di pagaiata.

# EFFICIENZA BIOMECCANICA



- Adattamento della tecnica alle pagaie a portanza: la pagaia diventa molto più «verticale» per permettere alla pala di andare in portanza.
- «azione di contrasto del braccio alto che accompagna la torsione senza che avvenga un lavoro di spinta ( $L=F s$ ), fino al passaggio della mano davanti al viso. In tal modo si evita l'anticipo della spinta sulla trazione, fattore responsabile di riduzione di carico»<sup>1</sup>

# DATI OLIVOTTO, 2016



- **Componente orizzontale (utile) del vettore  $F$  (forza applicata alla pala in base all'angolo di lavoro della pagaia).**

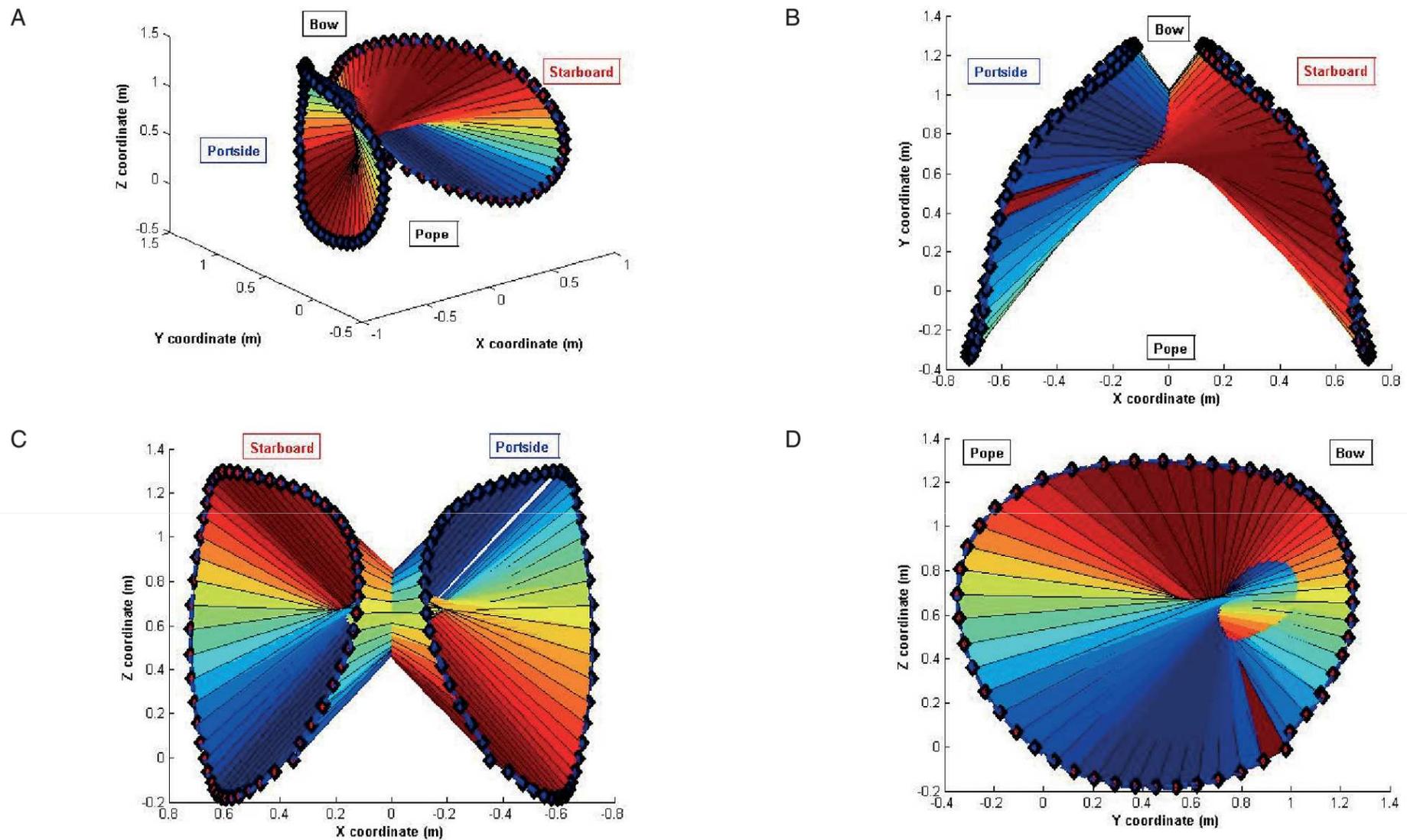
# PARAMETRI FISIologici

- In una review<sup>1</sup> dei lavori pubblicati tra il 1976 e il 2008 si legge che gli atleti di kayak esibiscono qualità sia aerobiche sia anaerobiche di livello superior (Hahn et al., 1988; Tesch et al., 1976; Tesch, 1983; Pendergast et al., 1989; Zamparo et al., 1999).
- I valori di picco di  $\text{VO}_2$  misurati nei canoisti si attestano attorno ai  $58 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- I valori di lattato raggiungono una concentrazione di 12 mM in prove sia di laboratorio sia in acqua, dimostrando l'importanza della componente anaerobica del metabolism in questo sport.
- I valori di soglia lattacida misurati spesso si attestano attorno all'89.6% della frequenza cardiac massima e all' 82.4% del picco di  $\text{VO}_2$ . (van Someren e Oliver, 2001).
- I valori  $\text{VO}_2$  max, sebbene elevati, non sono al livello di quelli misurati in sport come il ciclismo, il canottaggio o la corsa (massa atleti e utilizzo della gambe).

<sup>1</sup> Michael, Rooney e Smith "The metabolic demands of kayaking: A review" (2008)

# RICERCA DI PARAMETRI TECNICI

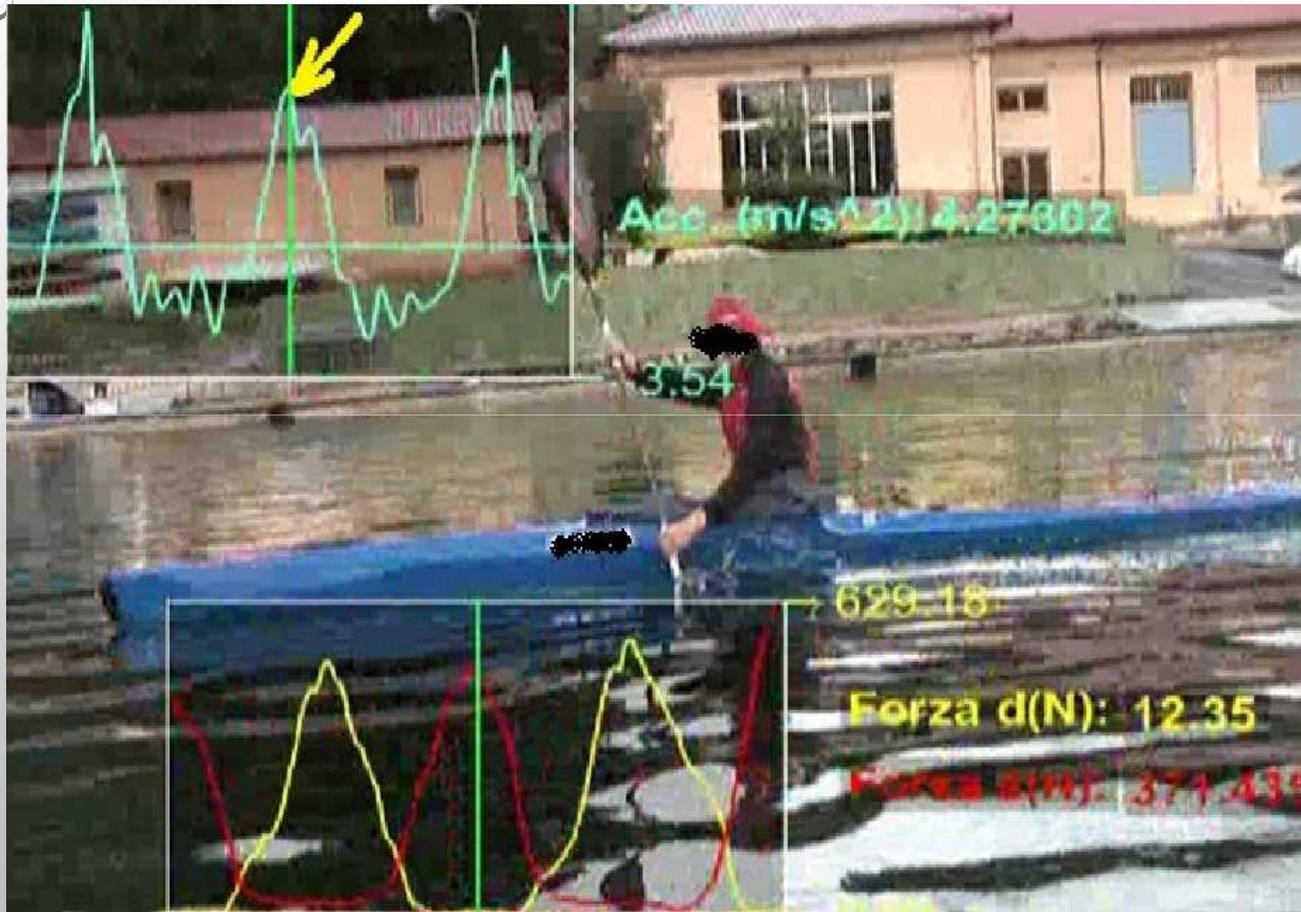
- «LA MISURAZIONE DEL RENDIMENTO, È UN PARAMETRO DECISAMENTE IMPORTANTE DAL PUNTO DI VISTA METABOLICO, MA NON IN GRADO DI RILEVARE QUALE SIA L'ERRORE O GLI ERRORI TECNICI DETERMINANTI, PER L'INDIVIDUAZIONE DEI QUALI RIMANE INSOSTITUIBILE L'ANALISI DELLA PAGAIATA CON VIDEOCAMERA. SAREBBE PERTANTO INTERESSANTE VERIFICARE QUALI SIANO I PARAMETRI TECNICI DI EFFICACIA, COMUNI IN ATLETI CHE MOSTRANO UN OTTIMO RENDIMENTO E QUINDI UN OTTIMO COSTO ENERGETICO.»



**Fig. 4.** A) 3D view of the OSP: optimal stroke profile (OSP). B) Zenital view of the OSP. C) Frontal view of the OSP. D) Lateral view of the OSP.

López, Serna. "Quantitative analysis of kayak paddling technique: Definition of an optimal stroke profile" (2011)

# MOMENTO DI MASSIMA ACCELERAZIONE



Project work. Ghelardini (2009)

# CONCLUSIONI

- La prestazione nel kayak olimpico è legata ad un numero elevato di parametri e non è semplice l'individuazione di caratteri comuni tra atleti diversi in tali parametri, né la definizione di un protocollo di misura universale per ognuno di tali parametri.
- Più sale il livello degli atleti analizzati, più si riescono ad individuare alcuni aspetti comuni quantificabili e quindi a definire i valori «ottimali» per ciascuno di questi parametri.
- Possiamo interpretare tale andamento come l'individuazione, da parte di tutti gli atleti di livello, delle qualità fisiologiche e tecniche ottimali per permettere le migliori prestazioni in una disciplina cos' complessa.

# CONCLUSIONI

- Con lo sviluppo della letteratura in materia è emersa sempre più chiaramente la necessità di correlare le misure di tipo meccanico a quelle legate al corrispondente gesto tecnico per permettere alla «macchina uomo» di sviluppare un'elevata potenza accompagnata da una elevata EFFICIENZA del gesto (efficienza fisiologica e meccanica).
- SVILUPPI: La quasi totalità delle misure dirette, tramite sensori, ha comportato finora l'aggiunta di una massa non trascurabile al sistema canoista-canoa. Con gli strumenti che si stanno rendendo disponibili in questi ultimi anni sarà possibile affrontare uno studio completo delle forze in gioco, del corrispondente aspetto visivo/tecnico e delle ricadute cinematiche e dinamiche sul kayak, fine ultimo da raggiungere per raggiungere il successo sportivo.

# BIBLIOGRAFIA (CRONOLOGICA)

- 1. Mann, R. V & Kearney, J. T. A biomechanical analysis of the Olympic-style flatwater kayak stroke. *Med. Sci. Sports Exerc.* 12, 183–8 (1980).
- 2. Saraceni, M. Valutazione biomeccanica del gesto sportivo di pagaiata nel kayak olimpico. (Universita' degli studi di Padova, 1999).
- 3. Guazzini, M. & Mori, M. L'efficacia della pagaiata: meccanica e biomeccanica della canoa. *Canoa Ric.* 63/64, 15–38 (2008).
- 4. Michael, J. S., Rooney, K. B. & Smith, R. The metabolic demands of kayaking: A review. *J. Sport. Sci. Med.* 7, 1–7 (2008).
- 5. López, C. L. & Serna, J. R. Quantitative analysis of kayak paddling technique: Definition of an optimal stroke profile. *Rev Andal Med Deport.* 4, 91–95 (2011).
- 6. Guazzini, M. Allenamento e Ricerca nella canoa sprint ricerca nella canoa sprint. in (2012). doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- 7. John Baker (Australian Institute of Sport). Biomechanics of paddling. 30th Annu. Conf. Biomech. Sport. 101–104 (2012).
- 8. Gomes, B. B. et al. Paddling force profiles at different stroke rates in elite sprint kayaking. *J. Appl. Biomech.* 31, 258–263 (2015).

# BREVE CURRICULUM DELL'AUTORE

- Roberto Olivotto
- Laurea magistrale in Scienza dei Materiali
- Ricercatore in «Veneto Nanotech» e all'Università «Ca' Foscari» di Venezia
- Campionati del mondo juniores Lahti (FIN) 1997
- 2 ori, 2 argenti e un bronzo con la maglia azzurra in gare internazionali.
- 4 volte campione d'Italia categoria Juniores (1996-1997)
- Campione di Italia cat. Master k4 200m (2015)