



**LECCO, 14 Marzo 2015**

*Sala Conferenze, Palazzo delle Paure, Piazza XX Settembre, n. 22,*

**CONVEGNO NAZIONALE U.N.A.S.C.I.**

***“Sport e Industria:  
storie di***

***Passioni, Ricerca e Innovazione.”***

***Un esempio per l'Italia: Lecco, successo nel territorio.***

**“Il Politecnico centro di eccellenza per  
l'innovazione tecnologica legata allo sport.”**

**Relazione di:**

**Marco BOCCIOLONE**

Prorettore Delegato, Polo Territoriale di Lecco, Politecnico di Milano

Professore di Meccanica Applicata alle Macchine, Dipartimento di Meccanica, Politecnico di Milano

Inutile sottolineare quanto sia antico, stretto e direi “normale” il legame tra sport e tecnologia e ricerca scientifica.

Ragionando per macro-categorie ingegneristiche la vittoria in un qualsiasi sport di è frutto della messa a punto di due “macchine”.

La prima – e prima sotto tutti gli aspetti – è l’atleta ovvero la sua preparazione psico-fisica; la seconda è il patrimonio delle attrezzature intese sia come “materiali” di gara sia come sistemi/processi/procedure per la prepararsi ad essa. La storia dello sport è costellata di casi di fallimenti laddove la migliore attrezzatura è stata utilizzata da atleti non preparati fisicamente o non idonei a reggere lo stress della competizione ovvero di atleti perfettamente “in forma” ma con materiali “scadenti”.

Il Politecnico di Milano, la prima tra le università tecnologiche in Italia e tra le prime trenta del mondo, nella sua missione di essere parte attiva nella valorizzazione della ricerca verso il mondo delle imprese e delle professioni è da sempre partner di federazioni, atleti e produttori per la massimizzazione delle prestazioni sportive.

Le attività del Politecnico di Milano in questo campo passano attraverso lo spettro di competenze di cui sono portatori i dodici Dipartimenti dell’ateneo: dalla matematica e la modellazione numerica alla biomedica, dalla fisica alla chimica, dai materiali alla meccatronica, dall’automazione all’energia, alle misure,....

In questa azione hanno particolare importanza laboratori e centri interdipartimentali caratterizzati dalla multidisciplinarietà delle conoscenze e dal disporre di strutture all’avanguardia.

In questa breve nota andrò a fare una sintesi di alcune delle attività che nell’ambito dello sport vengono svolte dai ricercatori utilizzando le strutture della Galleria del Vento del Politecnico di Milano rimandando alla bibliografia per eventuali approfondimenti.

Qualche cenno sulle caratteristiche dell’impianto. Esso è costituito da un circuito chiuso a sviluppo verticale (Figura 1) che consente di disporre di due camere di prova (Figura 2) di cui di seguito si sintetizzano le caratteristiche principali:

- camera “alta velocità”: larghezza 4 m, altezza 3,84 m, lunghezza 6 m, velocità massima 55 m/s, indice di turbolenza minore dello 0.2 %; questa sezione è costruttivamente strutturata in modo tale da poter effettuare prove sia in camera chiusa sia in getto libero.
- camera “bassa velocità”: lunghezza 36 m, larghezza 14 m, altezza 4 m, velocità massima 16 m/s, indice di turbolenza minore del 2 %; peculiarità di questa sezione è la dotazione di un tavolo girevole su cuscino d’aria, di diametro pari a 13 m, integrato nel pavimento con possibilità di allestimento di modelli complessi con peso massimo pari a 100 kN e gestione automatizzata del cambio di direzione di esposizione al vento.



Figura 1- Galleria del Vento del Politecnico di Milano: sezione verticale dell’impianto

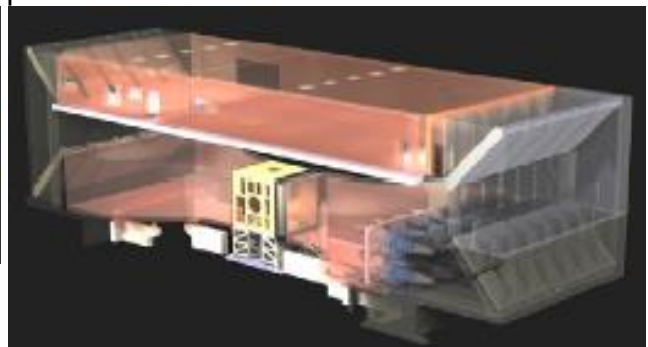


Figura 2 – Galleria del vento del Politecnico di Milano: in alto camera “bassa velocità”, in basso camera “alta velocità”, sulla destra i ventilatori

La vena fluida viene generata con 14 ventilatori posizionati in parallelo per un totale di 1.4 MW di potenza.

Ma perché le ricerche in galleria del vento sono così importanti per lo sport?

Se consideriamo che il risultato della maggioranza delle discipline sportive è un “tempo” ovvero essere “veloci” a completare un percorso, la risposta è immediata.

Un qualsiasi oggetto che si muova in aria deve contrastare la reazione che l'aria stessa esercita; tale reazione, forza di resistenza o forza di drag, dipende dalla densità dell'aria ( $\rho$ ) e, per quanto riguarda specificatamente l'oggetto, dalla sua velocità relativa rispetto all'aria al quadrato ( $v^2$ ), dalla sua sezione frontale ( $A$ ) e da un coefficiente (coefficiente di drag),  $C_D$  che a sua volta dipende dalle caratteristiche geometriche (forma) e di attrito superficiale dell'oggetto stesso.

E' dunque evidente che “per andare più veloce” o si incrementa la forza “motrice” per contrastare la reazione dell'aria oppure si riduce il valore di questa resistenza diminuendo la sezione frontale  $A$  e il coefficiente di drag  $C_D$ .

Incrementare la forza motrice non sempre è possibile o è dispendioso dal punto di vista energetico. L'ottimizzazione di  $A$  e di  $C_D$  è l'attività di sviluppo che al meglio permette l'incremento delle prestazioni.

Vediamo ora di concretizzare con qualche esempio.

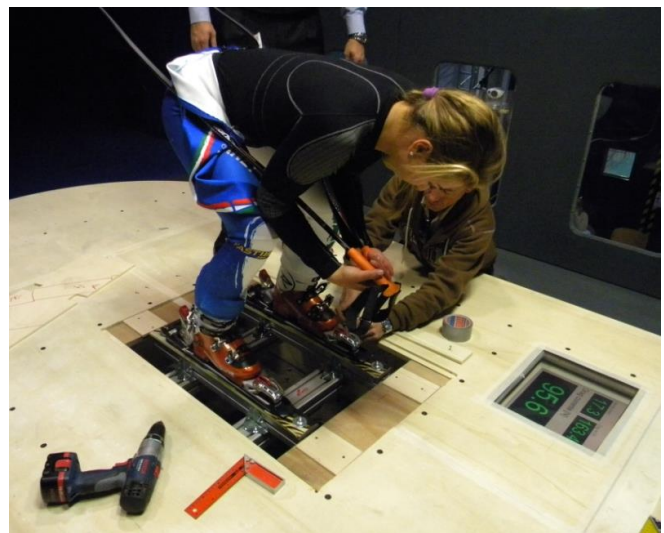
Consideriamo dapprima la specialità “principe” dello sci alpino, ovvero la discesa libera.

La forza motrice è data dal peso dell'atleta che deve vincere la resistenza della forza di attrito tra sci e neve (ricerche nell'ambito della chimica e dei materiali per migliorare lo scivolamento!!) e quella dell'aria che per il singolo atleta significa riduzione di  $A$  e di  $C_D$ . La prima passa attraverso l'ottimizzazione della posizione assunta dell'atleta, la seconda migliorando le caratteristiche di attrito dei materiali (tuta, elmetto, ...).

In *Figura 3* è mostrata la campionessa slovena Tina Maze in allenamento per la discesa libera presso la galleria del vento del Politecnico. L'atleta è nella camera di prova ad alta velocità e gli attacchi da sci sono vincolati ad una bilancia dinamometrica in grado di fornire il valore della forza di resistenza (*Figura 4*).



*Figura 3- Tina Maze in allenamento presso la Galleria del vento del Politecnico di Milano*



*Figura 4- Attacchi da sci vincolati alla bilancia dinamometrica per la misura della forza di resistenza*

Durante la prova il valore della la forza di resistenza oltre ad essere memorizzato insieme a tutti i parametri di prova (velocità del vento, temperatura dell'aria, ...) viene anche visualizzato tramite un display all'atleta (

Figura 5) che può quindi ricercare la posizioni che, attraverso la minimizzazione della sezione frontale (

Figura 6), minimizzano la forza di resistenza aumentando la velocità.

Per quanto riguarda i materiali (tuta, elmetto, ...) il valore del coefficiente di resistenza  $C_D$  è identificato sempre attraverso misure in galleria del vento in prove dove il tessuto ricopre un cilindro di geometria prestabilita (

Figura 7) di cui viene misurata la forza di resistenza a differenti velocità (

Figura 8).



Figura 5 – Display per la visualizzazione della forza di resistenza

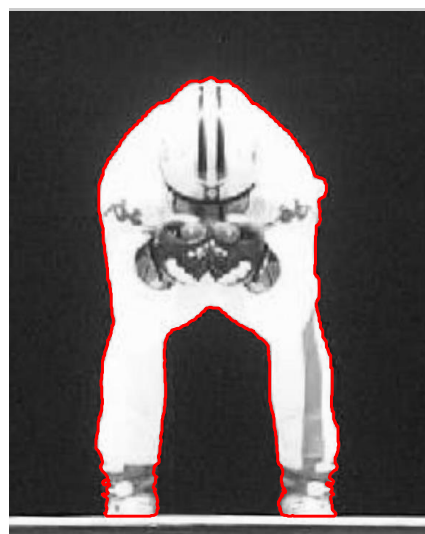


Figura 6 – Sezione frontale dell'atleta in assetto

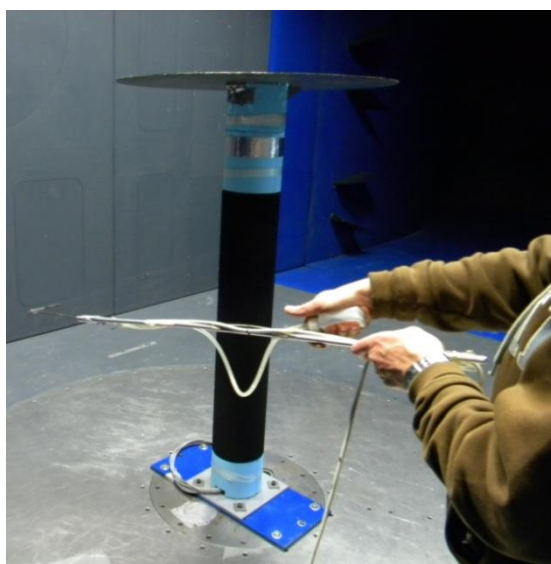


Figura 7- Set up di prova per la misura della resistenza al vento di diversi tipologie di materiali

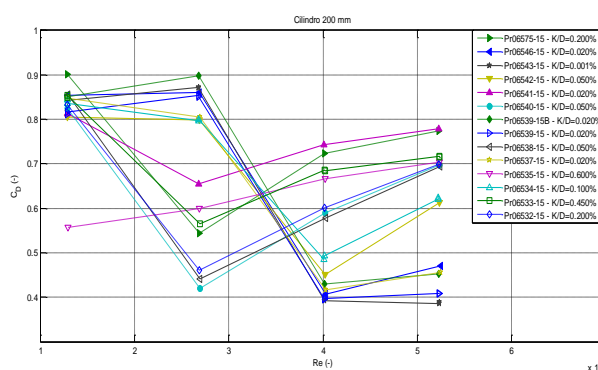


Figura 8 – Valori del coefficiente di resistenza di un cilindro di geometria standard rivestito da diverse tipologie di materiali



Un impianto tecnologicamente avanzato come la galleria del vento ha dunque una doppia valenza: quella di supporto alla progettazione e alla ottimizzazione dei materiali e quella di essere parte dell'attività di allenamento e preparazione degli atleti.

Le specialità che ne fanno uso – oltre lo sci alpino come già mostrato - sono molteplici dal salto con gli sci (Figura 9), allo slittino (Figura 10), al bob, al ciclismo (in questo caso l'attrezzatura di prova è completata con un apposito supporto che permette la rotazione di entrambe le ruote e, offrendo un'adeguata resistenza alla pedalata, permette all'atleta di assumere la stessa posizione che assumerebbe in gara, Figura 11 e Figura 12), e handbike (Figura 13 e Figura 14).



Figura 9 – Atleti della nazionale maschile e femminile di salto in allenamento presso la galleria del vento del Politecnico di Milano



Figura 10 – Armin Zoeggeler in prova utilizzando un'attrezzatura che riproduce il profilo della pista olimpica.



Figura 11 - Fabrizio Macchi in allenamento presso la galleria del vento del Politecnico di Milano



Figura 12 - Ryder Hesjedalin in prova sulla apposita attrezzatura che permette di mettere in rotazione entrambe le ruote.



Figura 13 – Alex Zanardi in allenamento presso la galleria del vento del Politecnico di Milano



Figura 14 – Vittorio Podestà in allenamento presso la galleria del vento del Politecnico di Milano

Consideriamo ora un altro sport dove le caratteristiche del “il mezzo” sono oggetto di ricerche particolarmente impegnative e avanzate: la vela

Le prove in galleria del vento sono uno strumento di progetto fondamentale per le tipologie di imbarcazioni impegnate in regate di alto livello, dalla Coppa America, alla Volvo Ocean Race, fino alle derive delle classi olimpiche.

Le tipologie di prova realizzate sono volte alla ottimizzazione di piani velici, alla definizione dei tagli delle vele, alla regolazione dell'albero e alla ottimizzazione delle forme delle appendici di carena.

La galleria del vento del Politecnico di Milano permette prove particolarmente significative disponendo di una camera di prova di dimensioni rilevanti (modelli in scala 1:12) con alta qualità del flusso.



Figura 15 - America's Cup Class Yacht (scala 1:12) durante un test in andatura di bolina

Ma certamente una struttura come la galleria del vento è solo lo “strumento di base” per le ricerche; è poi il complesso insieme delle attrezzature specifiche e dei sistemi di prova e di misura uniti alle competenze di modellazione numerica che permettono il raggiungimento dei risultati scientificamente più rilevanti.

Se rimaniamo nel campo della vela com'è noto le propulsione e data dall'azione del vento “apparente” sulle vele (Figura 16); il vento apparente (a pari velocità dello yacht) cambia intensità e direzione in funzione della quota per effetto dell'effetto dello strato limite terrestre sul vento reale (in parole semplici l'intensità del vento al piano terra di un condominio è minore dell'intensità p.e. al nono piano); prove in galleria del vento che non tenessero conto di tale fenomeno risulterebbero di poca utilità. Fin dal 2003 - in occasione delle prove del sindacato Prada per le regate di Coppa America - la galleria del vento dispone di un attrezzatura in grado di simulare il twist della vena fluida (Figura 17) ottimizzata con processi di modellazione numerica e con prove sul modello in scala 1:9 della galleria stessa.

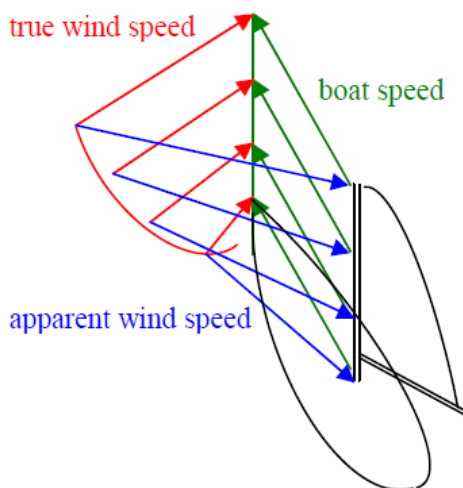


Figura 16 – Twisted flow su una barca a vela



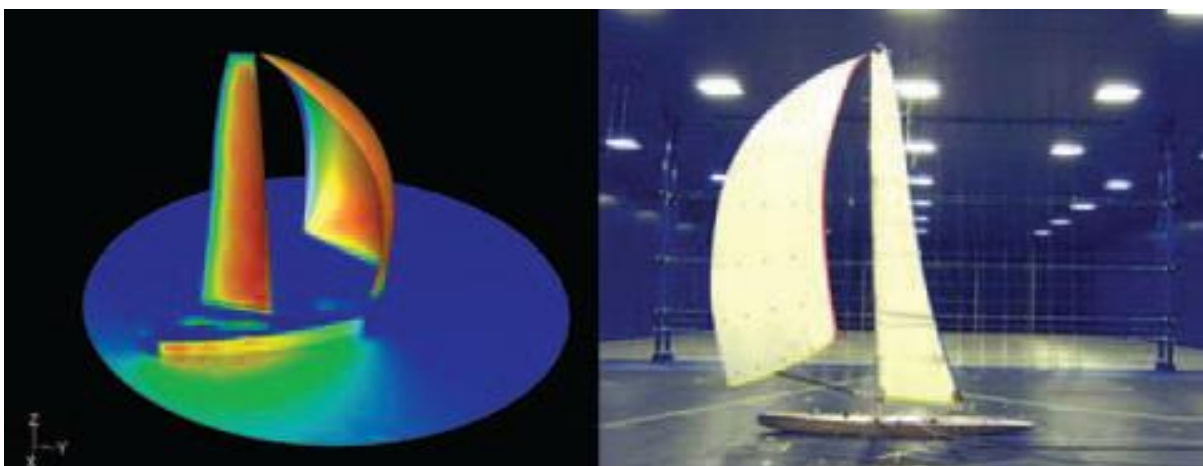
Figura 17 – Prove “Prada” in galleria del vento



Ma non basta: i sistemi di misura di cui è dotata la galleria non solo permettono il rilievo delle forze generate dall'azione del vento sulle vele, ma anche la loro forma tramite dispositivi basati sulla tecnica di acquisizione e di elaborazione delle immagini (*Figura 18*); tutte queste informazioni risultano poi utili per la messa a punto dei parametri di simulazione numerica (*Figura 19*) basati sugli algoritmi della Fluidodinamica Computazionale (CFD).



*Figura 18 – Misura della forma delle vele con tecniche di acquisizione ed elaborazione delle immagini*



*Figura 19 – Risultato della simulazione numerica e prova in galleria del vento in caso di andatura portante.*

Spesso però la sola attività di laboratorio non è sufficiente a comprendere al meglio i fenomeni e necessita di essere supportata o a volte addirittura sostituita con campagne di misura “al vero”; tralascio qui il caso della barca laboratorio di Lecco Innovation Hub per la quale rimando ai riferimenti bibliografici, per fare cenno alle ricerche dell'incremento delle prestazioni dei bob da gara (*Figura 20*); se la parte di ottimizzazione aerodinamica può essere fatta in galleria del vento, lo studio delle caratteristiche del contatto pattini-ghiaccio può essere sviluppato solo strumentando opportunamente un veicolo da gara e andando ad analizzarne e studiarne i risultati (*Figura 21*); questo aspetto è particolarmente importante anche per lo “stile di guida” che deve assumere il pilota per ottenere le massime prestazioni.



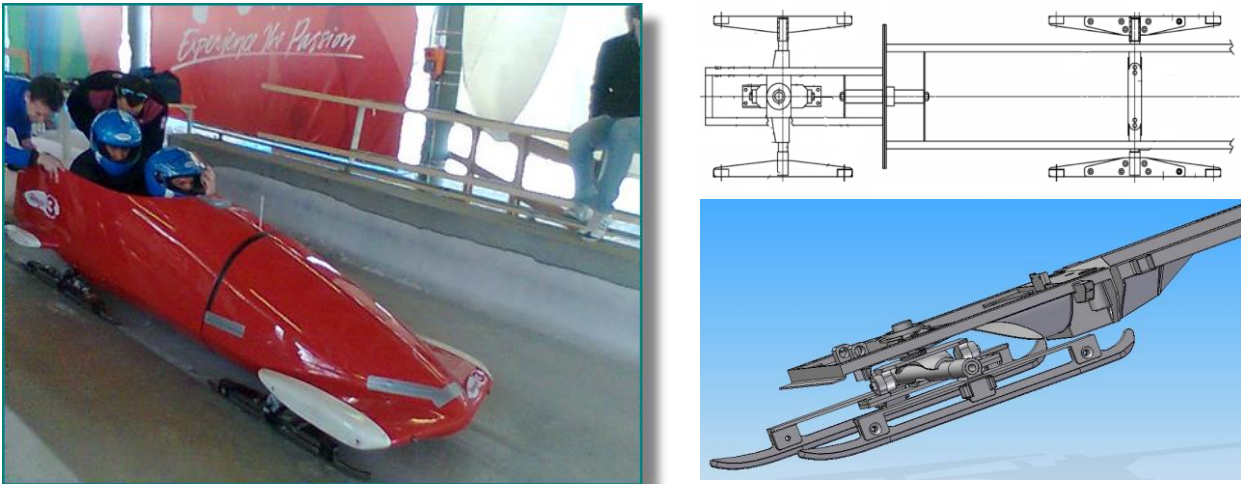


Figura 20 – Bob da gara e schema del telaio con il sistema di guida

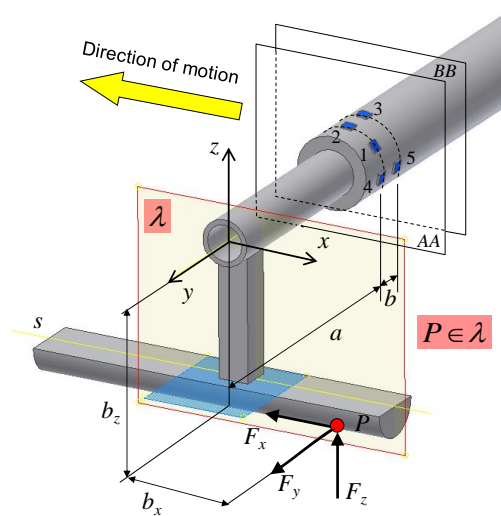


Figura 21 – Bob da gara: sistema di misura per l'identificazione delle forze pattini-ghiaccio

Concludo queste brevi note con una battuta: *Citius, Altius, Fortius*, il motto olimpico ufficiale, non è solo un'esortazione agli atleti a migliorarsi nelle prestazioni sportive ma anche uno stimolo alla scienza e alla tecnologia per proporre e sviluppare mezzi, attrezzature, tecniche sempre più innovative, che tra l'altro, molto spesso, passata la fase di sperimentazione "sportiva" diventano patrimonio di tutti per la vita di tutti i giorni.

#### Bibliografia

- [1] Braghin F., Cheli F., Melzi S., Sabbioni E., *Experimental assessment of bobsleigh dynamics and ice-skate contact forces*, IMAC XXX A Conference and Exposition on Structural Dynamics Model Verification & Validation, Jacksonville, Florida, USA, January 30-February 2, 2012
- [2] M. Belloli, S. Giappino, P. Schito, M. Tenni, *Numerical and experimental optimization of a time-trial cycling helmet*, IN-VENTO2014, XIII Conference of the Italian Association for Wind Engineering, 22-25 June 2014, Genova, Italy
- [3] F Fossati, Muggiasca S., I Bayati, C Bertorello, Lecco Innovation Hub sailing yacht lab project, Proceedings of the 3rd International Conference Innovation in High Performance Sailing Yachts, Lorient France; 01/2013
- [4] Zasso A, Fossati F Viola I., *Twisted flow wind tunnel design for yacht aerodynamic studies*, 4th European and African Conference on Wind Engineering, Prague, Czech Republic, 11/07/05 - 15/07/05.
- [5] M. Bocciolone, L. Comolli, F. Molteni, *Metrological characterization of a cycle ergometer*, International Conference on Biomedical Electronics and Devices, Funchal, Madeira – Portugal, 28/01/2008 - 31/01/2008