



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELL'INSUBRIA

CORSO DI STUDI IN SCIENZE MOTORIE

IL RUOLO DEL VENTO NEL CICLISMO: ANALISI TECNICA E TATTICA.

Relatore:

Prof. Massimiliano MANTOVANI

Tesi di Laurea di:
Gianluca Modesti

Matr. N. 717969

Anno Accademico: 2013-2014

Indice

+ 1. <u>Introduzione</u>	3
+ 2. <u>Vento e ciclismo</u>	4
2.1 <u>Un fattore determinante</u>	4
2.2 <u>Scia e risparmio energetico</u>	5
2.3 <u>Studi nelle gallerie del vento</u>	6
2.4 <u>Vento e vettori</u>	7
2.5 <u>Vento nel ciclismo professionistico</u>	9
+ 3. <u>Il ventaglio</u>	9
3.1 <u>Dinamica del ventaglio</u>	10
3.2 <u>Vento laterale e vettori</u>	11
3.3 <u>Condizioni per un ventaglio</u>	14
3.4 <u>tattiche nelle gare con il vento</u>	16
+ 4. <u>Vento e misurazione di potenza</u>	17
4.1 <u>Misuratore di potenza</u>	17
4.2 <u>Come si misura la potenza</u>	18
4.3 <u>iBike</u>	19
4.4 <u>iBike nel dettaglio</u>	20
4.5 <u>Isaac</u>	20
+ 5. <u>Analisi dati Isaac</u>	21
5.1 <u>Rapporto fuga-gruppo</u>	21
+ <u>Bibliografia</u>	32

“Il vento è un dio pagano per i ciclisti: più della strada che la si conosce dalle altimetrie e dai sopralluoghi, più della fatica che la si pesa nell’intimo di ogni corridore. Il vento è colui che può, sempre e comunque. Può soffiarti in faccia e renderti la strada come una salita, può spingerti alle spalle e farti cavalcare le sue onde. E può soffiare laterale e fare le bizze: s’insinua violento tra le ruote, tra esili corpi, filtra attraverso telai in carbonio e spacca il gruppo. Gruppo che dall’alto sembra una massa informe e in continua evoluzione, che a volte diventa una pallottola impenetrabile. Ma altre volte, quando si allunga e si sfibra diventa preda di Eolo, che lo riduce in mille brandelli.”

Lorenzo Franzetti

Introduzione

La tesi su cui ho concentrato il mio studio riguarda come, nel ciclismo, l’analisi del vento possa portare miglioramenti dal punto di vista tattico. L’interesse nei confronti del vento è nato dalla mia esperienza come ciclista che mi ha permesso di comprendere come questo elemento naturale sia una variabile fondamentale all’interno di una prestazione ciclistica. Partendo da un’analisi descrittiva del vento e da come esso possa influenzare una competizione ciclistica, ho esaminato dati oggettivi per provare come il vento risulti fondamentale nello svolgimento tattico di gara. I dati utilizzati, resi disponibili dal team professionistico Colombia-Cycling-Pro, riguardano le prestazioni degli atleti durante tutte le tappe del novantasettesimo Giro d’Italia. Nello specifico i dati sono stati prodotti da uno speciale ciclocomputer, l’ibike, unico dispositivo in grado di calcolare la potenza espressa da un corridore considerando il vento come fattore determinante. Facendo riferimento a questi valori si può inoltre determinare la capacità tattica in gara, il dispendio energetico e la resa atletica del corridore.

Ho scelto questa citazione di Lorenzo Franzetti, perché ritengo che la personificazione del vento come un dio rispecchi perfettamente il modo in cui un corridore si pone rispetto ad esso: dipendente e inerme davanti ad ogni sua volontà.

2. Il vento e il ciclismo

2.1 Un fattore determinante

Il ciclismo ha la particolarità di essere uno sport molto popolare; ma al tempo stesso, per chi non fosse mai salito su una bici da corsa, continua ad avere degli aspetti misteriosi e incomprensibili. Il vento è un elemento fondamentale, ma all'interno cela segreti che possono sfuggire a un occhio inesperto.

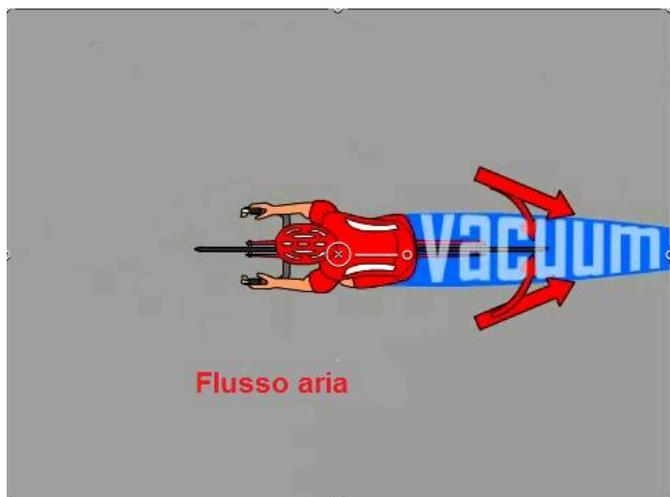
Più che scalare passi alpini, più che scendere da discese pericolose, più che la pioggia e il sole, più che il caldo o il freddo, la resistenza all'aria risulta essere il nemico peggiore per un ciclista. La differenza principale rispetto ad altri elementi è che la resistenza all'aria la si trova sempre e comunque. Ovviamente, in maniera diversa e in circostanze diverse, il vento influenza notevolmente lo sviluppo di una competizione ciclistica sia dal punto di vista tecnico che tattico.

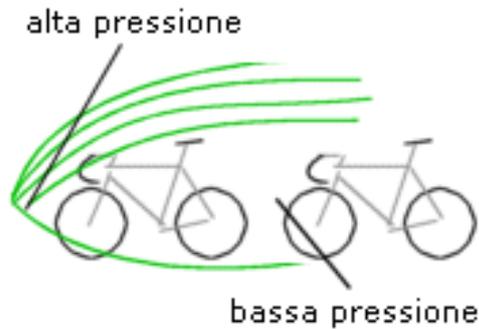
Il modo migliore per vincere la resistenza all'aria è annullarne o in qualche modo attenuarne il suo effetto. Analizzando dall'alto un ciclista che viaggia da solo, si nota come il flusso d'aria che lo investe crei nella parte posteriore una zona di vuoto in cui la resistenza dell'aria si riduce notevolmente. Quest'area che si viene a formare è definita scia.

Il ciclismo è l'unica attività sportiva dove è possibile compensare in grande quantità le proprie capacità metabolico-muscolari sfruttando la

scia di altri concorrenti e la ricarica gravitazionale degli arti.

Stare in scia, quindi posizionarsi dietro un altro corridore, risulta vantaggioso grazie all'area di bassa pressione che si viene a creare dietro ad un ciclista in movimento. Si crea un vuoto d'aria dove la pressione frontale risulta inferiore rispetto alle condizioni normali e si viene così a formare un vortice che permette di compiere meno fatica.





Il vantaggio che si ottiene nel restare in scia ovviamente è variabile rispetto a diversi fattori come: la direzione del vento, la mole del corridore al quale si sta in scia e la pendenza del tratto di strada in cui si pedala.

2.2 Scia e risparmio energetico

Per poter calcolare e verificare il risparmio energetico nello stare in scia, vengono analizzati: la potenza e il consumo di ossigeno (Vo_2). Questi sono due criteri oggettivi su cui calcolare il beneficio della marcia in scia. A parità di velocità e condizioni climatico-ambientali si confrontano i due valori di dispendio di energia in condizioni normali e in scia.

Assumendo un'area frontale media (un ciclista di taglia forte "coprirà" più di un ciclista taglia piccola) e una velocità di circa 40 km/h gli impatti sul risparmio energetico espressi in % sono :

risparmio		distanza	
24 ± 5%		> 1 metro	
28 ± 5%		> 50 cm < 1 metro	
32 ± 5%		< 50 cm	
36 ± 5%			
45 ± 10%			

rielaborazione dati Kyle (1979) McCole e Hagberg (1990)

Come possiamo vedere dalla tabella illustrata qui sopra, l'entità del risparmio dipende sia dalla distanza dalla ruota posteriore del ciclista che sta davanti, sia dalla quantità e dalla disposizione dei ciclisti che lo precedono. Riuscire a mantenere una distanza inferiore ai 50 cm da chi pedala davanti, è un ottimo sistema per risparmiare energie. In gruppo, naturalmente, l'effetto-scia aumenta

vistosamente e trovarsi nel mezzo del plotone circondati da altri ciclisti, può far ottenere un risparmio fino al 50%. Diminuendo la velocità, decresce la resistenza dell'aria e quindi anche il risparmio dello stare a ruota perde di consistenza.

velocità	10	20	30 km/h	40 km/h	50
	km/h	km/h			km/h
risparmio	7%	18%	26%	30%	32%

dati Kyle (1979)

2.3 Studi nelle gallerie del vento

Vento e aerodinamica sono da sempre due fattori riguardo i quali la scienza si è spesso interrogata. Il vento rappresenta la prima forza di opposizione al movimento e l'aerodinamicità è il rapporto tra esso e lo spazio occupato dal corpo. Il ciclismo è la disciplina sportiva che meglio si presta ad essere oggetto di studi e analisi sull'aerodinamica. Se si pensa che pedalando a 50 Km/h il 95% circa dell'energia viene spesa per vincere la resistenza dell'aria, si comprende il ruolo che l'aerodinamica gioca sulla prestazione finale. Inoltre, è noto che la "bontà" aerodinamica di una posizione è strettamente collegata alle caratteristiche antropometriche degli atleti, influenzando in modo decisivo la loro capacità di produrre potenza.



La galleria del vento rappresenta il metodo ad oggi migliore per l'analisi della componente aerodinamica e per il calcolo del coefficiente di attrito. Fu Frank H. Wenham, un ingegnere britannico autodidatta e socio fondatore della Aeronautical Society of Great Britain, il primo a costruire una piccola galleria del vento nella seconda metà del '800: era lunga meno di 4 metri e larga poco più di 45 centimetri. Un piccolo ventilatore alimentato a vapore indirizzava l'aria lungo un condotto dove erano sistemate le parti dei modellini da esaminare. La velocità massima raggiunta dall'aria era 64,4 km/h. In seguito fu la NASA a sfruttare le caratteristiche della galleria del vento per ricreare condizioni fisiche realistiche per le simulazioni di lanci nello spazio.

Lo studio della fluidoaerodinamica, cioè quello che avviene all'interno della galleria, è giunto nell'ambito ciclistico solo a partire dalla seconda metà degli anni '80 e le prime discipline che ne hanno tratto benefici sono state l'inseguimento, singolo e a squadre in pista e le prove a cronometro su strada.

Oggi giorno ogni casa costruttrice di biciclette effettua test in galleria per determinare l'aerodinamicità del mezzo. Allo stesso modo gran parte dei team professionistici utilizzano anch'essi i benefici di questo tipo di studio per ricercare la posizione ideale in sella dei loro corridori, così da ottenerne una resa maggiore.

2.4 Vento e vettori

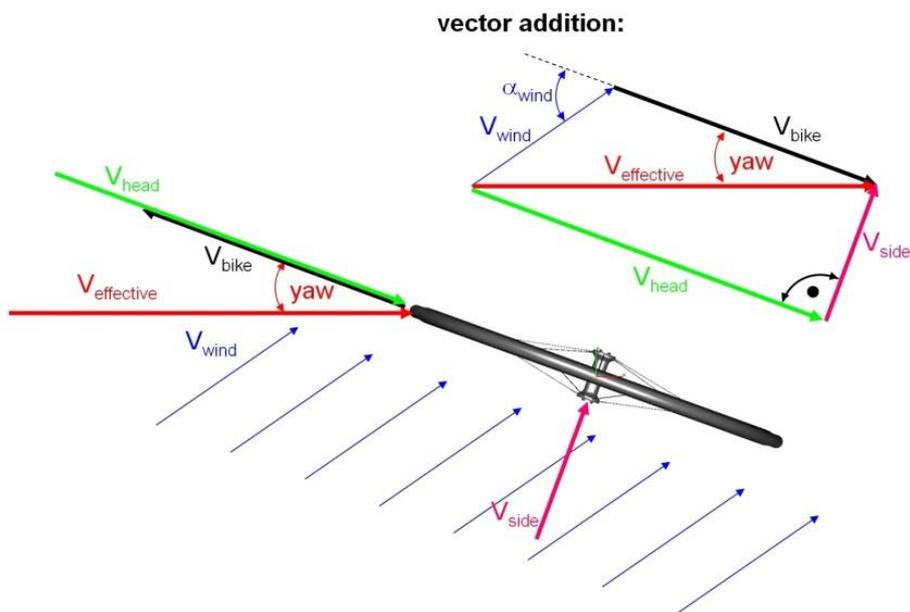
Durante uno sforzo, un ciclista per generare velocità e quindi movimento deve vincere alcune forze: attrito dell'aria e attrito volvente. L'attrito dell'aria, a differenza dell'attrito volvente sempre costante, può essere scomposto in vettori in modo tale da analizzare le forze che lo formano singolarmente.

Procedendo in bicicletta lungo una strada dritta, la velocità con cui un corridore si muove è la somma algebrica della velocità generata dalla pedalata e della velocità del vento. Infatti quest'ultima può essere aggiunta o sottratta a seconda della direzione di provenienza del vento. Nel caso in cui il vento esterno fosse assente, la velocità del vento apparente che si percepisce è pari alla velocità stessa del movimento. Nel caso in cui si proceda con vento contrario, la forza di vento percepita risulta dalla sommatoria della velocità di movimento e della velocità del vento. Ipotizzando una velocità di movimento di 40 km/h e una velocità di vento

frontale di 9 km/h, la velocità di vento percepita è di 49 km/h. Nel caso in cui vento avesse la stessa direzione della marcia del corridore, la risultante del vento relativo percepito, risulta dalla differenza tra velocità di movimento e velocità del vento.



Più complesso il caso di una direzione laterale del vento rispetto alla marcia del corridore. La figura sotto descrive le varie forze vettoriali che agiscono.



www.wing-light.de

In nero la velocità della bicicletta, in blu il vettore vento laterale, in verde il vettore vento frontale, in rosso la risultante vettoriale tra vento frontale e vento laterale. La forza vettoriale risultante (rosso) sarà la direzione in cui vento colpisce il corridore, e la prosecuzione di questa diagonale è la linea teorica ideale per ripararsi dal vento.

2.5 Vento nel ciclismo professionistico

Nel ciclismo professionistico il vento è ed è sempre stato un fattore determinante



per creare selezione in gruppo. Il più delle volte, può creare maggiore selezione una gara con il vento, rispetto ad una tappa alpina o pirenaica del Tour de France. Patrie delle gare con il vento sono Belgio e Paesi Bassi, una tradizione, il saper correre con il vento, tramandata di generazione in generazione. In questi paesi saper sfruttare il vento a proprio favore è senza dubbio l'unico modo per far risultare la gara più difficoltosa agli avversari, vista anche l'assenza geografica di rilievi montuosi. Nelle classiche del nord Europa, tra cui Giro delle Fiandre e Parigi Roubaix, la

selezione che si viene a creare, oltre che per il pavè, è merito della presenza del vento e delle tattiche che molte squadre adoperano per creare delle difficoltà agli avversari. Il ventaglio è il modo più efficace per fare la selezione.

3. Il ventaglio

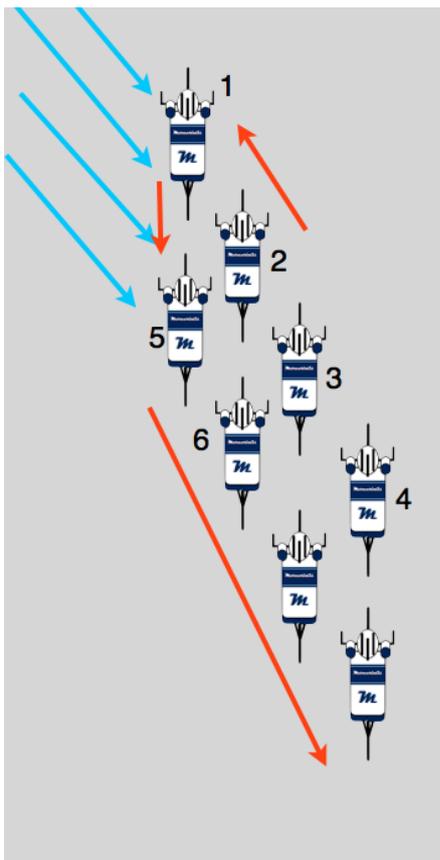
Nell'ipotesi di vento di direzione laterale al senso di marcia occorre adottare una correzione al metodo classico di stare in scia: il cosiddetto ventaglio. Il ventaglio consiste nel proteggersi dal vento contrario di direzione non frontale, spostandosi lateralmente rispetto a chi ci precede nella direzione opposta rispetto a quella da dove proviene il vento. La linea immaginaria che unisce chi sta davanti e chi sta a ruota dovrebbe avere quindi la stessa direzione del vento. Nel caso in cui il ciclista a ruota tenesse una posizione classica in linea con il senso di marcia, si ritroverebbe con un fianco esposto al vento laterale. Con il risultato di diminuire il risparmio energetico in scia. Spostandosi di lato, si riesce quindi ad evitare il



fastidio della resistenza aerodinamica sul fianco e il risparmio rimane pressoché inalterato. Spesso infatti, seguendo una corsa in tv, si può notare in una giornata ventosa il gruppo assumere una posizione diagonale rispetto alla direzione della strada; questo accade per la ragione appena esposta e la direzione della diagonale del gruppo (sinistra-destra oppure destra-sinistra) indicherà il vettore del vento.

3.1 Dinamica del ventaglio

Se in seguito ad una deviazione il vento soffiasse lateralmente, il gruppo, partendo

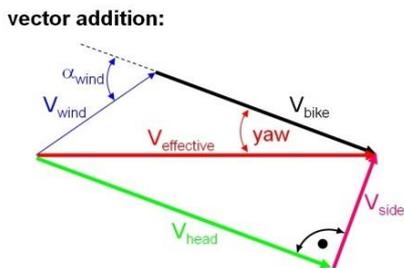


da una forma compatta, tenderà ad allungarsi creando una linea diagonale. Il primo corridore del ventaglio si dispone il più vicino possibile al margine della carreggiata da dove proviene il vento; il secondo si posiziona, invece, lateralmente rispetto al primo, posizionando la ruota anteriore all'altezza di quella posteriore del ciclista che lo precede. I corridori seguenti attuano la stessa disposizione fino al punto in cui l'ultimo atleta del ventaglio si trova sul margine del lato opposto della carreggiata rispetto la provenienza del vento. Da tale posizione si conclude la disposizione a ventaglio e i corridori che seguono si dispongono in fila indiana, risultando così vulnerabili al vento laterale. Una volta creatasi la disposizione a ventaglio è fondamentale alternarsi in testa alla fila per

mantenere elevata la velocità. Il corridore in testa, dando il cambio lateralmente, genera una seconda diagonale parallela alla prima, dove i corridori appena transitati in testa al ventaglio, hanno possibilità di recuperare energie proteggendosi dal vento.

3.2 Vento laterale e vettori

Il vento viene considerato laterale nel momento in cui non soffia nè frontalmente nè posteriormente. Dal punto di vista dell'angolazione, il vento a 0° risulta essere quello frontale e il vento a 180° rappresenta quello che colpisce posteriormente il ciclista. Ovviamente tra 0° e 180° esistono 179 tipologie di angolatura che indicano il vento laterale; è importante capire se in tutte le direzioni da cui spira il vento laterale è possibile l'attuazione di ventaglio.



Quando guardando una corsa in tv si nota il gruppo disposto a ventaglio, viene logico pensare che i corridori si dispongano nella posizione ottimale per ripararsi dal vento, di conseguenza si pensa che esso provenga dalla direzione opposta rispetto alla suddetta disposizione. Ma se il vento laterale provenisse da un'angolazione

maggiore ai 90°, la disposizione sarebbe inversa anch'essa alla disposizione del vento? Successivamente vengono dimostrate quale tipologie di angolazione del vento sono più o meno favorevoli alla formazione di un ventaglio.

Quest'analisi si basa sull'utilizzo di uno calcolatore vettoriale che permette di ottenere dati precisi della componente vento partendo da alcuni dati predefiniti: velocità bicicletta, velocità del vento, angolo di azione del vento sul corridore.

bike velocity	wind velocity	wind Angle
<input type="text" value="x"/> [km/h]	<input type="text" value="y"/> [km/h]	<input type="text" value="z"/> [°]

yaw angle	head air velocity	side air velocity	effective air velocity
<input type="text"/> [°]	<input type="text"/> [km/h]	<input type="text"/> [km/h]	<input type="text"/> [km/h]

Le misurazioni effettuate si basano su un dato fisso e costante, cioè la velocità della bicicletta (40 km/h), mentre le variabili sono rappresentate da due velocità di vento ideali (20, 40 km/h) e da cinque tipologie di angolazione del vento (0°, 45°, 90°, 135°, 180°).

Velocità vento km/h	Yaw angle	Head velocity (km/h)	Side air velocity (km/h)	Effective air velocity (km/h)
20	0°	60	0	60
20	45°	54	14	56
20	90°	40	20	44,7
20	135°	26	14	29,4
20	180°	20	0	20

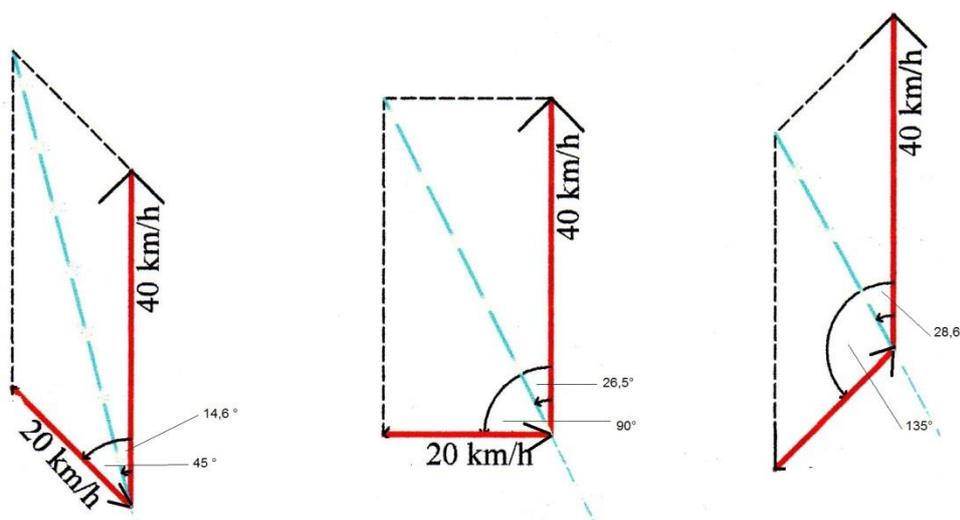


Figura 1. Grafici di vettori con angolazioni 45°, 90°, 135°. Velocità bicicletta 40 km/h, velocità del vento laterale 20 km/h.

Le angolazioni 0° e 180° sono graficamente ininfluenti in quanto la risultante si sovrappone agli stessi vettori.

Velocità vento km/h	Yaw angle	Head velocity (km/h)	air Side velocity (km/h)	air Effective velocity (km/h)
40	0°	80	0	80
	45°	68	28,2	74
	90°	40	40	56,5
	135°	11	28,2	30,5
	180°	5,6	0	5,6

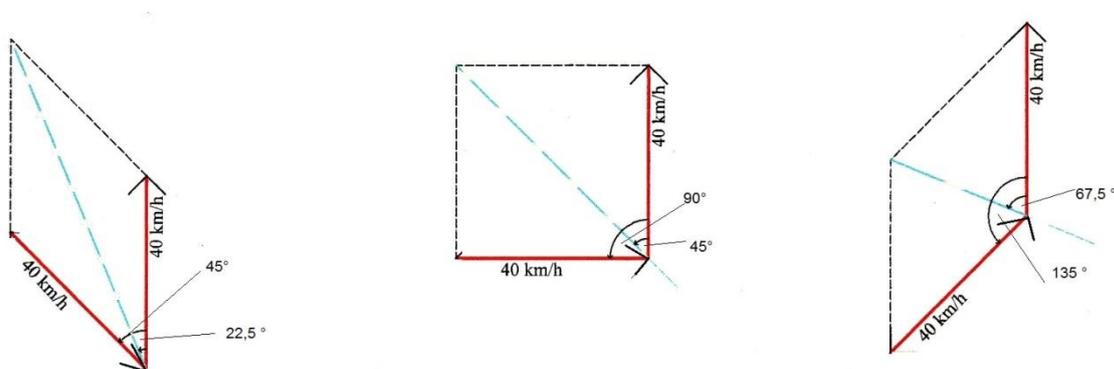


Figura 2. grafici di vettori con diverse angolazioni (45°, 90°, 135°). Velocità bicicletta 40 km/h, velocità vento laterale 40 km/h.

L'analisi di queste tabelle e grafici permette di arrivare a delle conclusioni: la formazione del ventaglio nelle suddette condizioni è possibile in quanto la risultante tra i vettori velocità bicicletta e velocità del vento ha in ogni situazioni un angolo yaw minore di 90°, quindi acuto. La risultante rappresenta la linea teorica da cui giunge il vento e il suo prolungamento oltre l'origine permette di identificare la direzione teorica in cui viene disposto il ventaglio.

Significante la differenza tra le due velocità del vento, infatti, minore risulta essere il vento (20 km/h) e minore è l'angolo yaw, di conseguenza il ventaglio che ne deriva sarà molto allungato.

Una disposizione più allargata sulla sede strada la si ottiene con una velocità di vento maggiore (40 km/h), soprattutto quando esso proviene da un'angolazione maggiore (135°). In questo caso, il corridore nel ventaglio affianca per $\frac{3}{4}$ quello che lo precede.

3.3 Condizioni per un ventaglio

Per creare un attacco a ventaglio e quindi una selezione del gruppo in una giornata ventosa, è necessario tenere in considerazione alcune variabili:

- Direzione del vento
- Quantità di vento
- Numero di corridori
- Configurazione geomorfologica.

Direzione del vento

Nel ciclismo, la direzione del vento è il rapporto tra provenienza geografica del vento (nord, sud, ovest, est) e la direzione di marcia dei corridori. Nelle gare ciclistiche la direzione di marcia non rimane sempre la stessa: incroci, curve o rotonde determinano numerosi cambi di direzione. Il vento, essendo una forza naturale, è indipendente da questi fattori e spira sempre nel medesimo verso.

Si definisce, quindi vento frontale o contrario, quando esso



proviene dalla direzione opposta rispetto al senso di marcia dei corridori; vento a favore, quando esso ha lo stesso senso di marcia dei corridori; vento laterale, quando esso spira lateralmente rispetto al senso di marcia.

Quantità di vento

Il volume del vento è fondamentale nella riuscita di un ventaglio, in quanto questo valore è direttamente proporzionale, insieme alla velocità, alla fatica dei corridori.

Un vento di volume debole non permette una grossa



selezione in quanto mantiene invariato il vantaggio dello stare in scia rispetto allo stare all'aria. Un vento di volume troppo forte, invece, non permette di raggiungere velocità elevate e di conseguenza risulta difficoltosa la creazione di un gap. Il volume ideale per la riuscita di un ventaglio è medio/forte: con esso è facile mantenere una velocità elevata e allo stesso tempo permette di far fare molta fatica ai corridori fuori dal ventaglio.

Numero di corridori

La grandezza di un ventaglio dipende dal numero di corridori facenti parte di esso. Con un minor numero di corridori, maggiore è la frequenza in testa al ventaglio a prendere aria e maggiore sarà quindi il dispendio energetico. Maggiore il numero dei corridori, invece, maggiore sarà il risparmio energetico, ma sicuramente la selezione venutasi a creare sarà minore. Normalmente in una a disposizione a ventaglio su una carreggiata a due corsie, i corridori sono 10/15 per fila; la selezione maggiore avviene invece dove la carreggiata è di dimensioni ridotte.

Configurazione geomorfologica

Ideale per la riuscita di un ventaglio è una conformazione geomorfologica favorevole. La mancanza di abitazioni, vegetazione alta o rilievi, non permette di creare barriere al vento, aumentando le difficoltà ai corridori. Le selezioni maggiori

avvengono in tratti che costeggiano il mare dove il vento proveniente da esso è maggiore e dove non vi è alcun riparo naturale.

Strade in leggera pendenza sia positiva che negativa accentuano ancora di più le difficoltà per i corridori fuori dal ventaglio, in quanto si somma oltre alla fatica del vento anche lo sforzo della pendenza.



Figura 3. il tour del qatar si presta alla formazioni di ventagli grazie all'ambiente desertico che lo contraddistingue

3.4.Tattiche nelle gare con il vento

Il ciclismo, seppur uno sport in cui vince il singolo corridore, cela al suo interno schemi tattici e giochi di squadra fondamentali per il raggiungimento della vittoria. In una gara con condizioni di vento intenso, di notevole importanza è la visione tattica. Ruolo determinante in questo lo hanno i direttori tecnici delle squadre nel ricercare all'interno delle corse eventuali punti strategici per effettuare attacchi; sarà loro il compito di orchestrare un attacco efficace a volte organizzato in segreto con altri team. Alla pari del d.t. della squadra, ruolo importante è quello dei corridori, soprattutto quelli con più esperienza, in quanto hanno la capacità di percepire da piccoli dettagli eventuali cambiamenti sia tattici di altre squadra, sia geomorfologiche come deviazioni della marcia di gara o presagi di aumenti repentini di vento.

4. Vento e misurazione di potenza

4.1 Misuratore di potenza

Nel ciclismo come in numerosi altri campi, l'innovazione ricopre un ruolo fondamentale per il raggiungimento di obiettivi sempre più prestanti e finalizzati. Il misuratore di potenza senza ombra di dubbio è stato la più importante dell'ultimo ventennio.

Fino agli anni ottanta non era stato trovato nessun metodo idoneo per verificare le prestazioni su una bicicletta in allenamento o in gara, ci si affidava ancora ai test di laboratorio. Questo costringeva gli atleti ad essere divisi tra i dati delle loro prestazioni reali - su strada o cross country - e quelli dell'ergometro effettuati in laboratorio. Con questi test di laboratorio non era possibile determinare come potesse cambiare la performance di un atleta in poche ore sia che fosse un allenamento o una gara. I test rappresentavano

esclusivamente una fotografia dello stato attuale dell'atleta. E' stato così fino a quando l'Ing. Ulrich Schoberer non ha sviluppato e brevettato il Training System SRM che è finalmente diventato lo strumento utile per misurare la



potenza durante la pedalata. La potenza risulta infatti l'unico dato assoluto nella pedalata.

Dal 1986 a oggi, gli studi sui misuratori di potenza hanno permesso di analizzare l'attività ciclistica rendendola più oggettiva e scientificamente dimostrabile. La preparazione atletica è stato l'ambito maggiormente oggetto dell'innovazione. Prima dell'avvento del misuratore di potenza, la preparazione del ciclista era basata principalmente sull'utilizzo del cardiofrequenzimetro; esso misurando in tempo reale il battito cardiaco permetteva di calcolare, conoscendo la propria frequenza cardiaca massima(FC Max), quanto veloce il muscolo cardiaco

lavorasse e quindi la percentuale della propria capacità aerobica utilizzata. Ovviamente questo metodo, per quanto scientifico e oggettivo possa essere, non tiene in considerazione il fatto che il battito cardiaco sia influenzato da diversi fattori che ne modificano la prestazione. La FC può essere infatti influenzata: dal livello di idratazione del corpo, dalla temperatura dell'aria, dalla temperatura del cuore stesso, da quanto bene si è dormito la notte, dal livello di stress e da altri fattori. Per questi motivi la preparazione atletica ciclistica si è concentrata unicamente sull'utilizzo del misuratore di potenza, tralasciando i più metodi vecchi.

Srm Training System fu solamente il precursore della misurazione della potenza nell'ambito ciclistico; in seguito, diverse altre società investirono nella progettazione di brevetti per calcolare la potenza.

4.2 Come si misura la potenza.

Il ciclista, per avere ragione delle resistenze che gli si oppongono nella marcia (l'aria, il peso e gli attriti), deve applicare sui pedali una determinata forza. La potenza viene determinata dalla sinergia tra la forza applicata sui pedali e la velocità di esecuzione del gesto ciclistico.

Da qui la formula basilare della potenza ovvero: $P = F * v$

Nel sistema metrico italiano la forza è espressa in Newton (N), la velocità è espressa in metri al secondo (m/s) e la potenza in Watt (W).

Per il calcolo istantaneo si devono utilizzare alcune strumentazioni in grado di fornire in tempo reale la potenza applicata al gesto ciclistico. Srm, ad esempio, attraverso un sensore speciale applicato alla corona anteriore calcola la forza applicata ai pedali; Powertap, invece, adopera sulla ruota posteriore un mozzo particolare dove viene misurata la coppia di torsione proprio nel punto dove avviene la trasformazione di questa "coppia" in energia cinetica; il sensore di potenza Polar funziona tramite la misurazione di due fattori chiave, la tensione della catena e velocità della catena. Ibike, invece, utilizza un metodo basato sull'analisi delle forze opposte.

4.3 iBike

Nel 2006 Velocomp introduce sul mercato un nuovo misuratore di potenza chiamato iBike. A differenza dei già noti misuratori, iBike calcola la potenza in maniera indiretta: esso ha al suo interno un sensore altitudine, un sensore per la velocità e un sensore, unico nel suo genere, per il calcolo della pressione dell'aria dell'ambiente e di quella in movimento. La misurazione delle forze inverse e non della forza applicata è l'innovazione maggiore, oltre al fatto che il sensore, localizzato proprio all'interno del computer e non sulla catena, sulla ruota o sulla



corona, non necessita di altre componenti relativamente costose. L'unione di tutte le misurazione dei sensori combinate con un sofisticato algoritmo permette il calcolo della potenza istantanea sprigionata.

Potenza= forza x velocità

La terza legge di Newton dice: “per ogni forza che agisce su un corpo, questo realizza una forza uguale ma in senso opposto sul corpo che l'ha prodotta”. Ibike utilizza la terza legge di Newton unita ad alcuni

valori chiave dell'atleta (peso, coefficiente aerodinamico, coefficiente d'attrito) per calcolare così la potenza necessaria per il superamento delle forze inverse.

E' difficile credere come una così relativamente semplice misurazione delle forze opposte, analizzate matematicamente dentro a piccolo ciclocomputer, possa dare un così preciso valore della forza espressa sui pedali in tempo reale. In realtà, affiancando iBike ad un qualsiasi altro noto misuratore di potenza, le prestazioni sono le medesime.

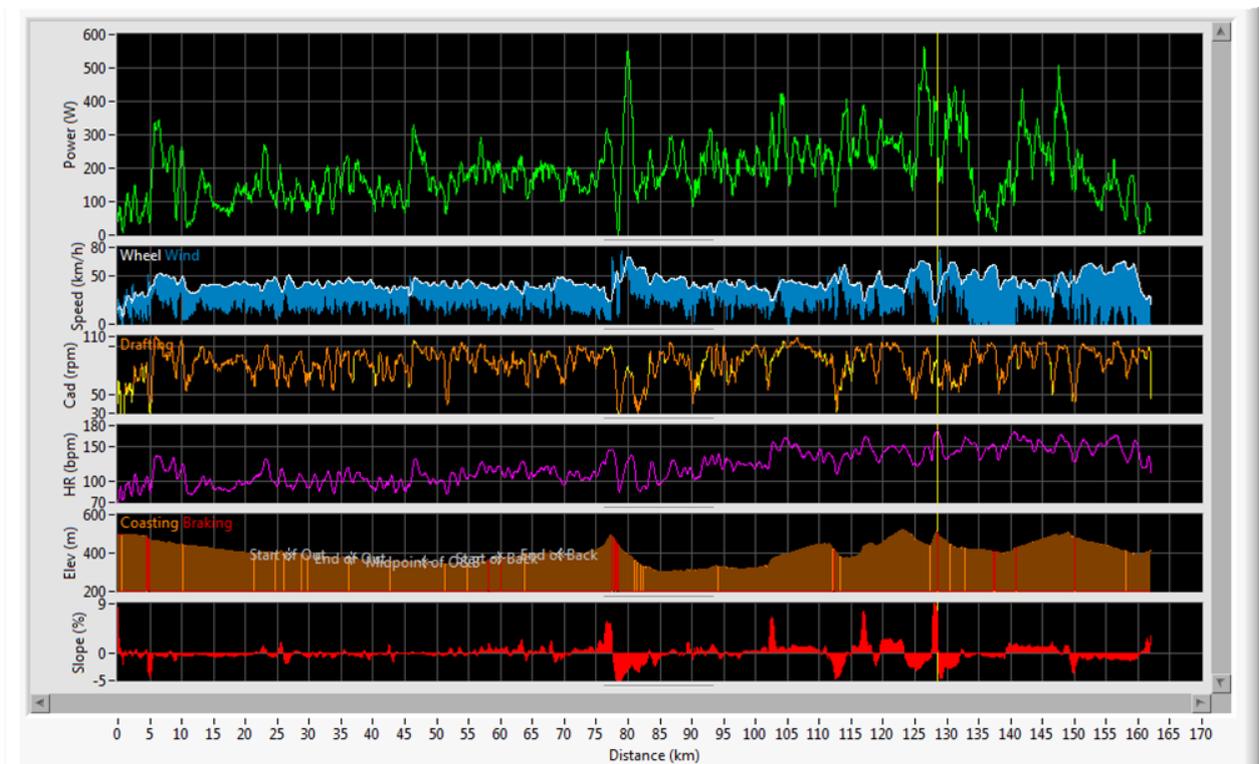
4.4 iBike nel dettaglio

L'Impostazione e la calibrazione dell'ibike sono fondamentali. I dati che bisogna inserire sono: peso corporeo, altezza e peso della bicicletta (compresa di accessori). Un test pratico nella posizione in sella più usale, permette di individuare il coefficiente di penetrazione dell'aria (cda) e il coefficiente di attrito al terreno. L'accelerometro presente nel ciclocomputer riceve i dati provenienti dal sensore di velocità wireless presente sulla forcella anteriore e impostato con i valori di diametro della ruota. Un altro sensore è posizionato sul carro posteriore del telaio e permette la misurazione delle pedalate effettuate in un minuto. Gps e sensori di altitudine all'interno dell'ibike permettono, infine, di posizionarsi nello spazio.

La risultante dell'unione dei dati raccolti, tramite alcuni algoritmi di base dell'ibike, permette la misurazione della potenza istantanea espressa, oltre a misurazioni singole di tutte le varie componenti: velocità, tempo, distanza, pedalate, altitudine e (unico tra i ciclocomputer) la pressione dell'aria.

4.5 Isaac

L'analisi delle prestazioni di iBike vengono effettuate tramite l'utilizzo di un software chiamato Isaac (dedicato al nome dello scienziato Newton) che permette una verifica delle prestazioni compiute, quindi una valutazione oggettiva e funzionale dell'allenamento. Tramite l'utilizzo di questi grafici è possibile analizzare a freddo le prestazioni compiute in allenamento e in gara, in modo tale da poter creare o modificare una programmazione di allenamento ideale e personalizzata. Isaac è un software studiato appositamente per ibike; sulla sua interfaccia vengono indicati diversi grafici che permettono l'analisi di: velocità e vento, altimetria e distanza, cadenza e potenza.



La **misurazione della potenza** e **frequenza cardiaca** sono fondamentali per determinare la condizione fisica/atletica del ciclista: è possibile determinare i livelli di stanchezza e di benessere fisico dell'atleta oppure capire come la prestazione fisica sia variata durante l'esercizio.

Velocità (linea bianca) e la **misurazione del vento** rendono in tempo reale le condizioni climatiche e la relativa andatura del corridore. Maggiore è l'area azzurra al di sotto della linea della velocità e minore risulta la quantità di area frontale presa dal corridore. Viceversa, quando l'area azzurra è al di sopra della linea bianca il ciclista

Con l'**analisi di cadenza** è possibile capire il grado di agilità dell'atleta sia nei valori massimi che in quelli medi, permettendo così di creare allenamenti specifici per aumentarne o diminuirne gli effetti.

5. Analisi dati Isaac

5.1 Rapporto fuga gruppo

Il team professionistico Colombia, ha reso disponibili i dati relativi alle tappe del giro d'Italia 2014 al quale essa ha partecipato utilizzando il dispositivo iBike. Tramite un'attenta analisi dei risultati riportati grazie al software Isaac, è stato possibile compiere uno studio sulla differenza di potenza media espressa tra corridori in fuga e quelli in gruppo, relazionando il tutto alle diverse tipologie di tappa.

Principalmente le tappe si suddividono in quattro diverse tipologie: pianura, media montagna, alta montagna e cronometro. Ovviamente lo studio è relativo alle prime tre tipologie.

Il team Colombia si è prestato a questo studio in quanto è stata una delle squadre più attive nella 97a edizione del giro d'Italia, animando la maggior parte delle tappe con azioni di attacco da lontano e con numerosi piazzamenti tra i primi dieci dell'ordine d'arrivo. Le tappe prese in considerazione sono 4: la 5a Taranto-Viggiano, la 9a tappa Frosinone-Foligno, la 14a Agliè-Oropa e la 15° Valdengo-Montecampione.



L'analisi dei dati si è concentrata soprattutto sul valore della potenza espressa e ovviamente sulle diverse altimetrie delle tappe: il calcolo viene effettuato sino al momento in cui la fuga termina, o dove comincia l'eventuale ultima salita, in quanto le prestazioni sarebbero eccessivamente condizionate dalla situazione della classifica generale. Vengono utilizzati come esempio le prestazioni di diversi corridori del team Colombia. Per poter confrontare i risultati non basta utilizzare il valore medio della potenza, ma bensì rapportarlo con il valore peso (kg) di ogni atleta. Il rapporto watt/kg è quindi il valore fondamentale su cui viene calcolata la differenza Fuga/Gruppo. La differenza del rapporto watt/kg viene poi moltiplicata per il valore del peso medio dei corridori, in modo da calcolare in watt tale differenza.

Vengono elencate le caratteristiche fisiche degli atleti le cui prestazioni sono state utilizzate.

Team Colombia 2014

Corridore	Altezza (m)	Peso (kg)
Pantano Gomez	1,73	60
Robinson Chalapud	1,75	63
Rodolfo Torred	1,69	58
Rubiano Chavez	1,70	58
Leonardo Duque	1,70	59

Peso medio corridori 60 kg.



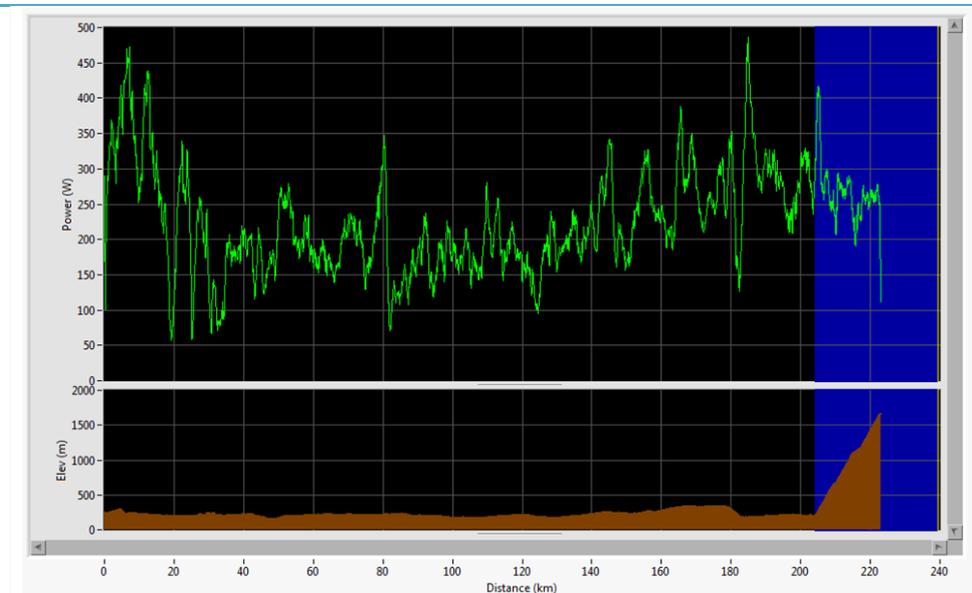
Tappa 15: Valdengo-Montecampione

Vengono analizzate le prestazioni di Rodolfo Torres, membro della fuga di tappa, ripreso a piedi dell'ultima salita e Robinson Chalapud, membro del gruppo.

Corridore	Distanza (km)	Potenza media (w)	Peso/potenza (W/kg)
Rodolfo torres	200	266	4,5



Robinson Chalapud	200	218	3,4
-------------------	-----	-----	-----



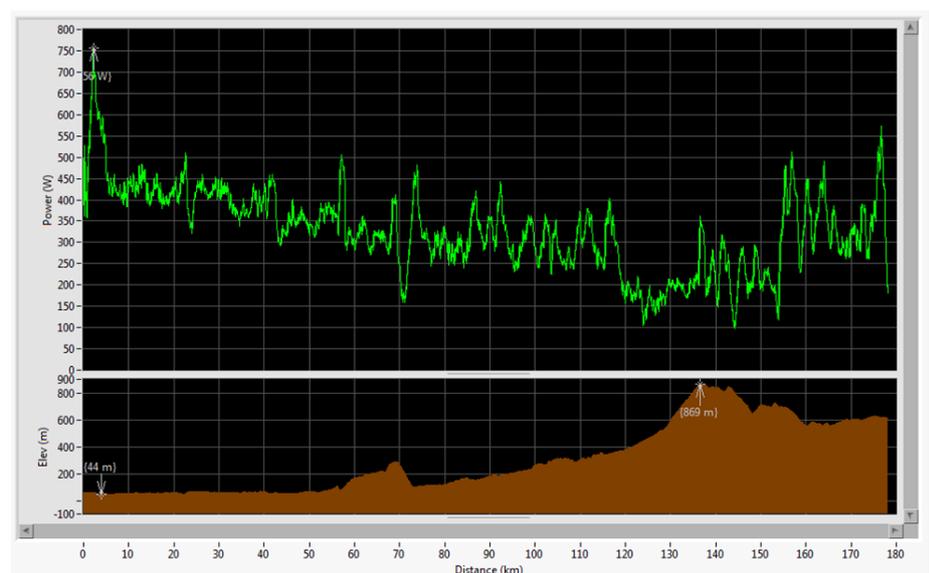
Risultati differenza watt/kg	Risultato differenza watt medio
$4,5-3,4 = 1,3$	$1,3 \times 60 = 78$

Dall'analisi dei due grafici si può inoltre notare come vi sia una differenza di picchi tra le due prestazioni. Torres mantiene un grafico molto più costante, ma con un wattaggio medio leggermente più elevato. Il grafico di Chalapud, invece, presenta un andamento meno regolare. Questa differenza è da attribuire al fatto che, in una fuga, essendo in numero minore rispetto al gruppo, il corridore subisce meno l'effetto elastico dei rilanci in gruppo che si verificano fuori dalle curve.

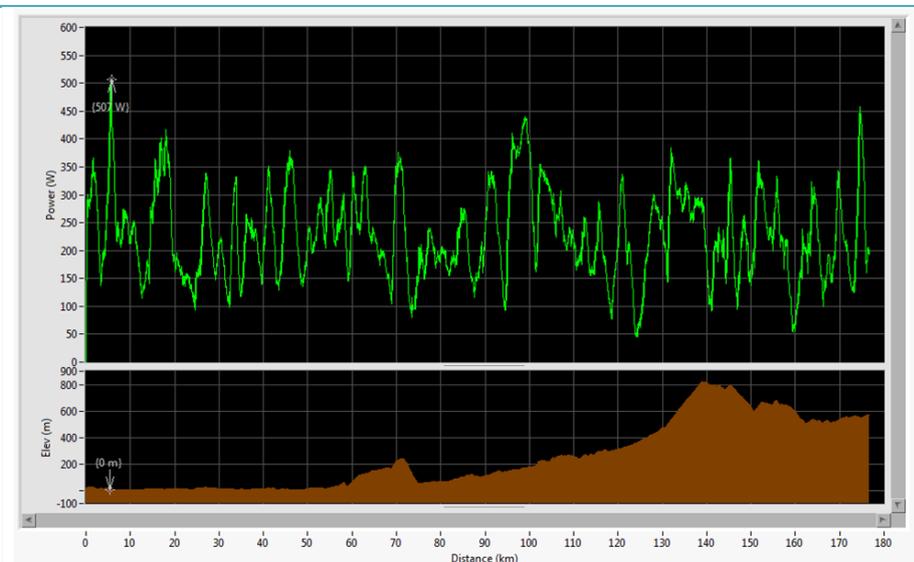
Tappa 5, Taranto-Viggiano

Corridore in fuga: Rubiano Chavez, ripreso gli ultimi 15 km. Tappa influenzata dalla presenza di molto vento.

Corridore	distanza	Potenza media	Watt/kg
Rubiano	180	320	5,51



Duque	180	230	3,9
-------	-----	-----	-----



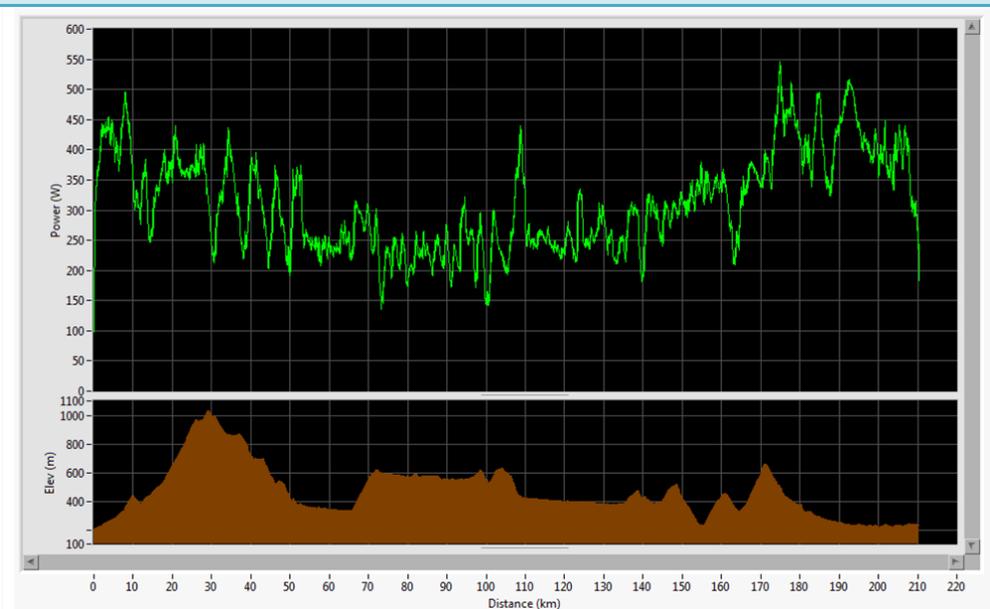
Risultati differenza watt/kg	Risultato differenza watt medio
$5,5 - 3,9 = 1,6$	$1,6 \times 60 = 96$

La tappa risulta decisamente particolare per l'elevato numero dei watt medi espressi. Questo è da attribuire a due fattori: alla freschezza degli atleti, essendo la 5° tappa, e l'elevata quantità di vento presente. Nonostante l'influenza di questi due fattori, la differenza tra prestazione in fuga e in gruppo, risulta nella norma. Si può notare inoltre che Duque, sprinter della squadra, caratterizza la sua prestazione con picchi decisamente elevati sia in positivo che in negativo: questo è da attribuirsi alla capacità di un velocista di saper esprimere grandi quantità di watt e allo stesso tempo grandi capacità del saper sfruttare la scia degli avversari, sapendosi destreggiare bene tra la trama fitta del gruppo..

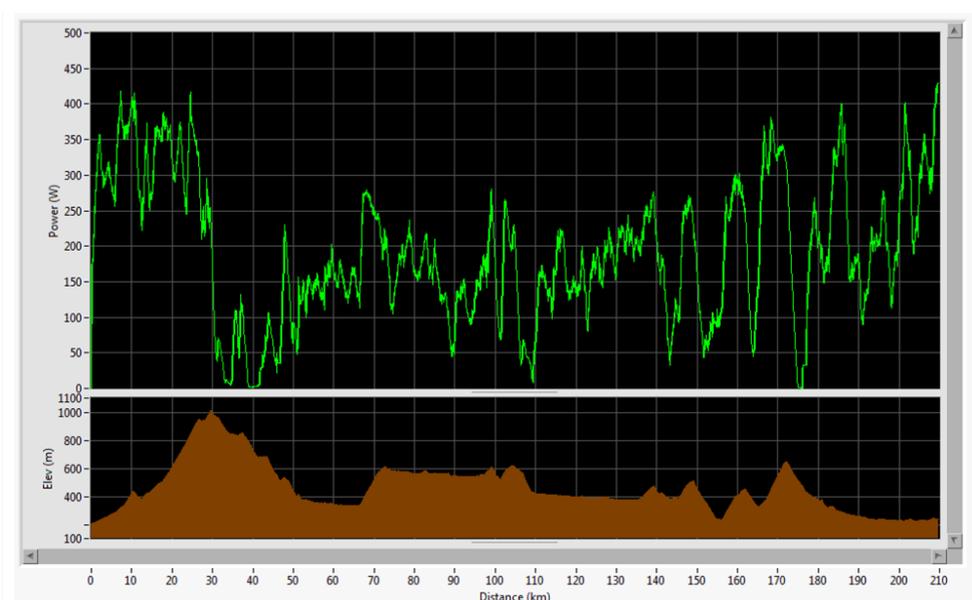
Tappa 9: Frosinone – Foligno

Chalapud corridore in fuga. Duque corridore in gruppo.

Corridore	distanza	Potenza media	Watt/kg
Chalapud	210	308	4,8



Duque	210	201	3,4
-------	-----	-----	-----



Risultati differenza watt/kg

$$4,8 - 3,4 = 1,4$$

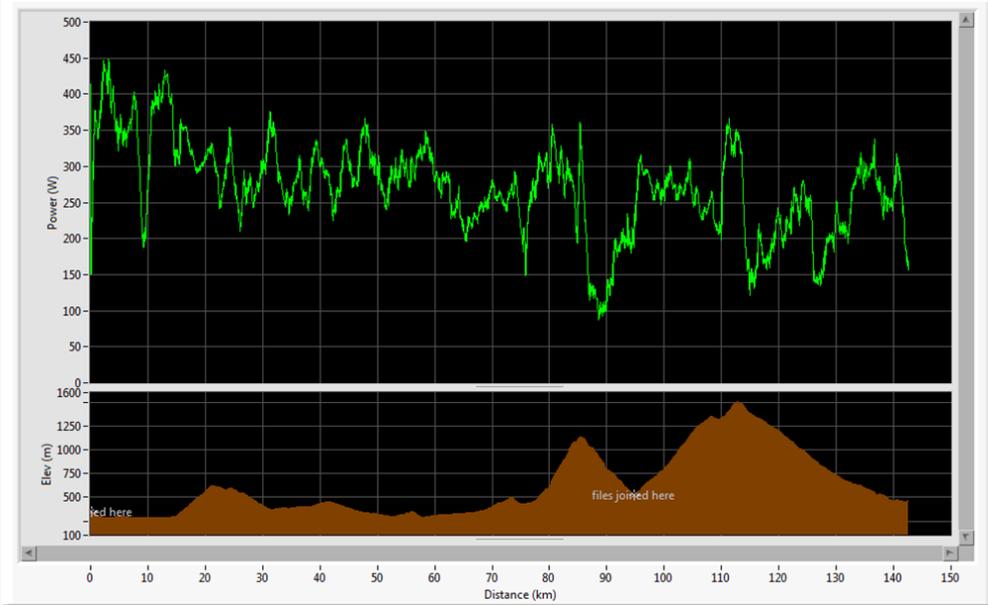
Risultato differenza watt medio

$$1,4 \times 60 = 84$$

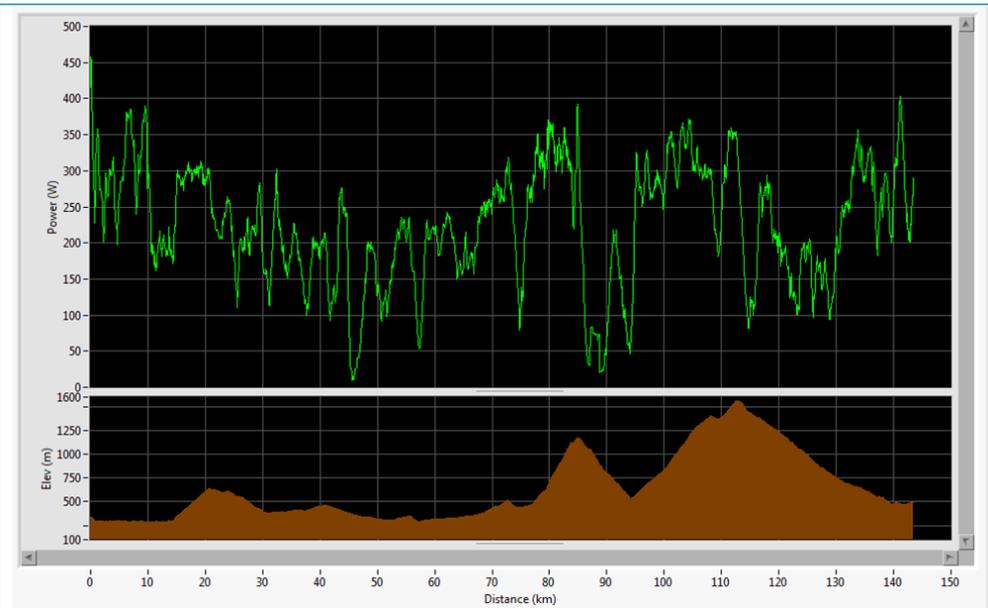
Tappa 14: Agliè – Oropa

Corridore in fuga, Pantano Gomez. Chalapud, corridore in gruppo.

Corridore	distanza	Potenza media	Watt/kg
Pantano	150	201	4,6



Chalapud	150	240	3,8
----------	-----	-----	-----



Risultati differenza watt/kg	Risultato differenza watt medio
$4,6 - 3,8 = 0,8$	$0,8 \times 60 = 50$

Questa tappa di alta montagna ha il più alto dislivello tra quelle mostrate. E' da evidenziare come nella prima fase di tappa in cui evade la fuga è dove essa guadagna molto vantaggio, la differenza di wattaggio è decisamente maggiore. Durante l'ascesa delle lunghe salite, invece, le prestazioni si aggirano sui medesimi valori. Durante le lunghe discese, la scia del gruppo permette a Chalapud, in gruppo, di non pedalare e quindi di risparmiare maggiori energie.

Discussione dati

L'analisi delle prestazioni dei corridori ha portato ai seguenti risultati.

Differenze di potenze medie espresse tra corridori in fuga e in gruppo nella stessa tappa:

- Pianura= 78 watt
- Media montagna = 90 watt (valore medio)
- Alta montagna = 50 watt

Considerando che a un soggetto comune (170 cm x 60 kg), a una velocità costante (compresa tra i 30-40 km/h) servono 20 watt per aumentare la velocità di 1 km/h, si può così notare che vi è notevole differenza tra lo stare in fuga in una tappa in pianura e lo stare in fuga in una tappa di alta montagna, piuttosto che in una media montagna. Da questo studio è possibile ricavare numerose conclusioni sia da un punto di vista tattico che tecnico.

Tatticamente è più conveniente andare in fuga in una tappa di montagna, dove la differenza tra lo stare in fuga e lo stare in gruppo è decisamente minore, di conseguenza lasciare troppo vantaggio a un eventuale fuga sarebbe rischioso in quanto, per annullare il gap, i corridori in gruppo dovrebbero faticare allo stesso modo, se non di più, dell'atleta in fuga. Mentre al contrario in una tappa di media montagna o di pianura è più difficoltosa la riuscita di un attacco, in quanto la differenza tra lo stare in gruppo e lo stare in fuga è decisamente maggiore. Un corridore rimasto in gruppo per tutta la tappa, nel finale potrà gestire quasi 90 watt medi, che equivalgono a 3 km/h di differenza, che sono decisamente molti.

Bibliografia e sitografia

Allen H. and Coggan A., Training and racing with power meter 2nd edition, Colorado, Velopress, 2010

Brandt J., A Practical Analysis of Aerodynamic Drag, <http://sheldonbrown.com/brandt/wind.html>, 20-10-2014

Colombia Inspired by climbing, <http://www.colombiacyclingpro.com/riders/> 15-10-2104

Coyle EF et al. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. Med Sci Sports Exerc 1991

Di Prampero PE. Cycling on Earth, in space, on the Moon. Eur J Appl Physiol 2000

Gallozzi C. e Dalla Vedova D., L'aerodinamica nel ciclismo, http://besport.org/sportmedicina/aerodinamica_ciclismo.htm , 23-10-2014

Hanslip M., Power training-iBike Newton Power meter, Bicyclingaustralia, Velo Comp, 2014

Vida K., iBike newton power meter, totally new from iBike, Florida cycling magazine 2014

Orazzini S., L'Aerodinamica nel Ciclismo: la Scia, http://www.pianetaciclismo.com/categoria/tecnica/aerodinamica_scia/2.html 20-11-2014

Product Review: iBike Newton Powerstroke Powermeter, <http://www.bicycle.net/2013/product-review-ibike-newton-powerstroke-powermeter> 11-11-2014

Wing-Light Speed is our Passion, Aerosimulation and Design of Bicycles and Bicycle Components, APPARENT WIND ANGLES, <http://www.wing-light.de/TechTalk/yaw.htm#yawcalc>, 20-10-2104