

2. Introduzione di un sistema di acquisizione dati

Contenuti

Di seguito vengono descritte a grandi linee le caratteristiche principali del sistema di acquisizione dati che è stato utilizzato. Si motiva la scelta del prodotto e del set di sensori implementato, e si propone una valutazione sull'effettiva fruibilità dei vari elementi. Sia questo capitolo che il seguente nascono dalle esperienze che è stato possibile fare durante la stagione passata, grazie alla collaborazione con piloti e tecnici del settore.

2.1 Generalità sui sistemi di acquisizione

L'adozione di un sistema di acquisizione dati permette di monitorare in modo più o meno approfondito il funzionamento del veicolo, e di fare alcune considerazioni riguardo allo stile di guida del pilota. Le informazioni vengono registrate durante uno o più giri di pista sulla memoria fisica situata all'interno del *data logger*, e vengono poi trasferite su di un computer per le operazioni di analisi, a prova terminata.

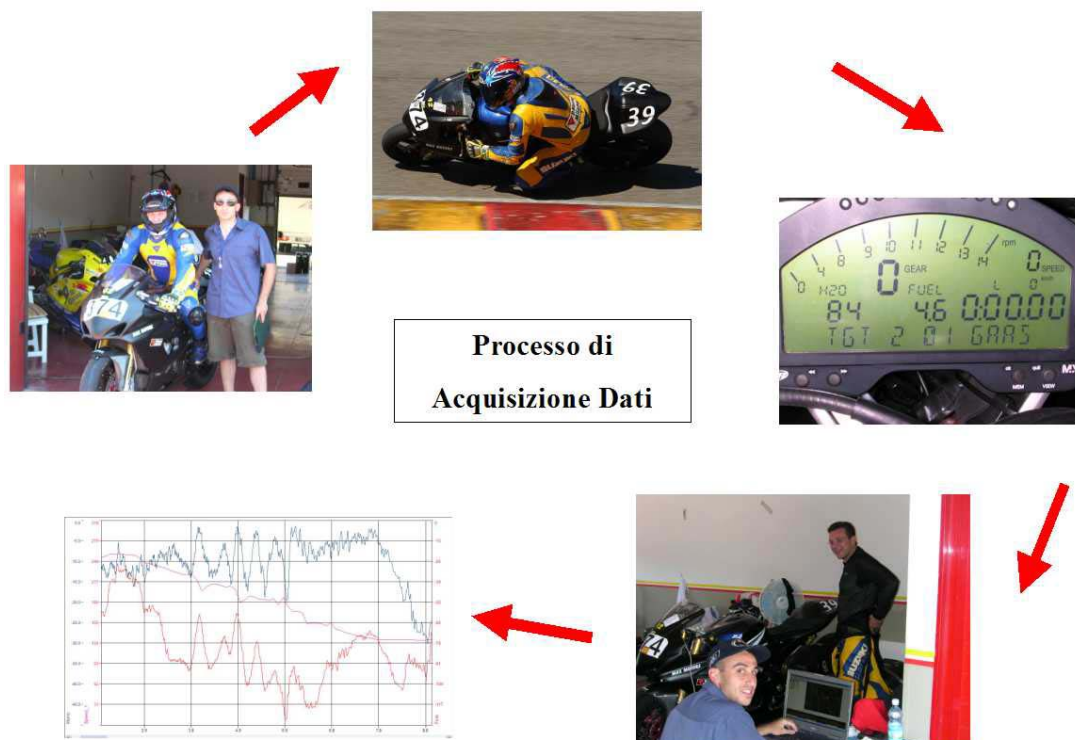


Figura 2.1 - Schema di principio dell'attività di acquisizione dati

L'acquisizione dati non deve essere confusa con la telemetria. Quando si parla di telemetria infatti si prevede la possibilità di inviare via radio ed in tempo reale i dati dal sistema *on board* ad una stazione ricevente ai box. E' chiaro che questa soluzione garantirebbe dei vantaggi in termini di tempestività nella identificazione di potenziali problemi, e permetterebbe di comunicare eventuali procedure correttive al pilota. Ma è altrettanto evidente che, seguendo questa strada, si andrebbe verso un aumento notevole dei costi, sia di installazione che di gestione. Per il momento quindi questo tipo di applicazioni non trova riscontro a livelli non professionali. Tra l'altro in molti campionati, anzi nella maggior parte, la telemetria è espressamente vietata.

Nell'ambito dell'acquisizione dati più tradizionale, invece, molti produttori hanno recentemente iniziato a proporre soluzioni assolutamente accessibili, sia sotto il profilo dell'impegno economico richiesto che della facilità d'uso. Si sono così aperte le porte di questo mondo ai team minori, amatoriali e perfino all'utente singolo, regolamenti permettendo. Solitamente le società che realizzano l'hardware forniscono anche i software di configurazione e scarico dati, nonché quelli necessari per l'analisi.

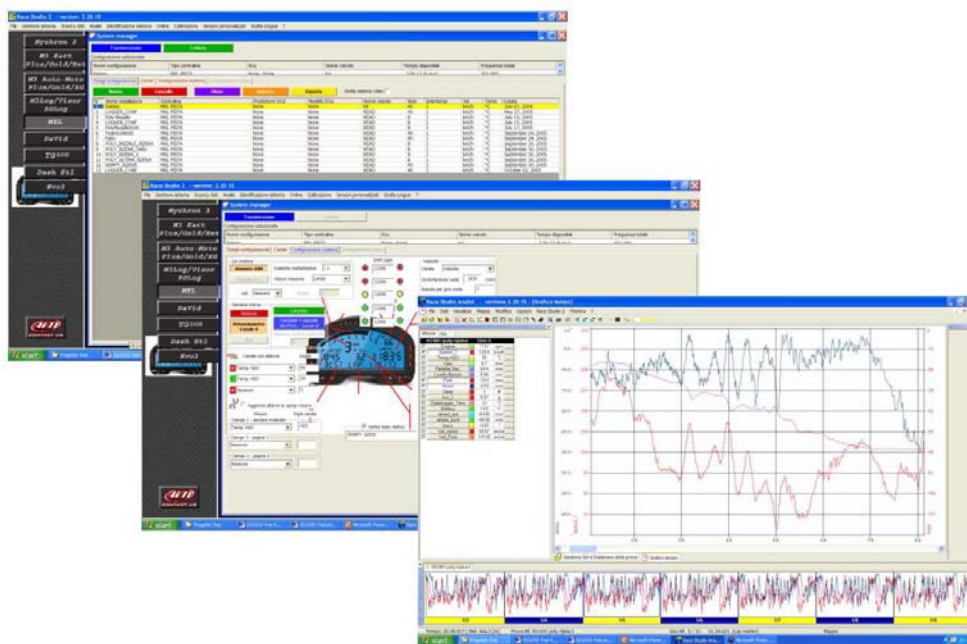


Figura 2.2 - Software di Configurazione ed Analisi

Gli apparecchi più *user friendly* sono costituiti da semplici cruscotti (*dash boards*) che abbinano alle funzionalità più comuni, proprie della strumentazione di bordo, alcune possibilità di registrazione di base, come velocità, giri motore e temperature. Si può passare poi a modelli più evoluti, che con i cruscotti più classici naturalmente hanno molto poco in comune.



Figura 2.3 - Cruscotti con funzioni di acquisizione dati (Fonte AIM)

Il passaggio successivo sono veri e propri *data logger* indipendenti, la cui stessa alimentazione può essere svincolata da quella principale del veicolo. Si possono persino prelevare direttamente alcuni segnali provenienti dalla centralina principale di controllo del motore, introducendo tra il *logger* e la stessa una linea di comunicazione tipo CAN o RS232, evitando così di introdurre altri sensori. I sistemi più avanzati combinano tutte e tre le caratteristiche appena descritte:

- cruscotti digitali multifunzione;
- acquisizione dati su *data logger* separati;
- collegamento del sistema alla centralina principale del veicolo.



Figura 2.4 – *Data logger* indipendenti (Fonte AIM)

Le misurazioni vengono effettuate tramite trasduttori (o sensori) e registrate sotto forma di segnali elettrici, sfruttando opportuni canali di comunicazione con il *data logger*. Si parla di trasduttori, e quindi di canali, con uscite di tipo *digitale* od *analogico*. Il numero di volte al secondo in cui viene ripetuta la lettura del canale da parte del *data logger* rappresenta la cosiddetta *frequenza di campionamento* alla quale la misura viene acquisita.

Si tralasciano in questa sede considerazioni avanzate specifiche della teoria del campionamento e del trattamento dei segnali, rimandando per tali approfondimenti alla vasta bibliografia disponibile sull'argomento.

Si vuole qui solo ricordare come attraverso un canale di tipo digitale si possono ottenere in uscita due soli valori di tensione, uno massimo ed uno minimo. Nelle applicazioni motociclistiche questi canali, che fungono quindi da contaimpulsivi, sono normalmente utilizzati per le misurazioni di velocità, giri motore e come *lap markers*. Un canale di tipo analogico invece fornisce in uscita una tensione legata al valore assunto dalla grandezza da tenere sotto controllo, attraverso la definizione di una opportuna curva di calibrazione del relativo sensore (Fig. 2.5). In molti casi comunque le operazioni di calibrazione sono quasi automatiche.

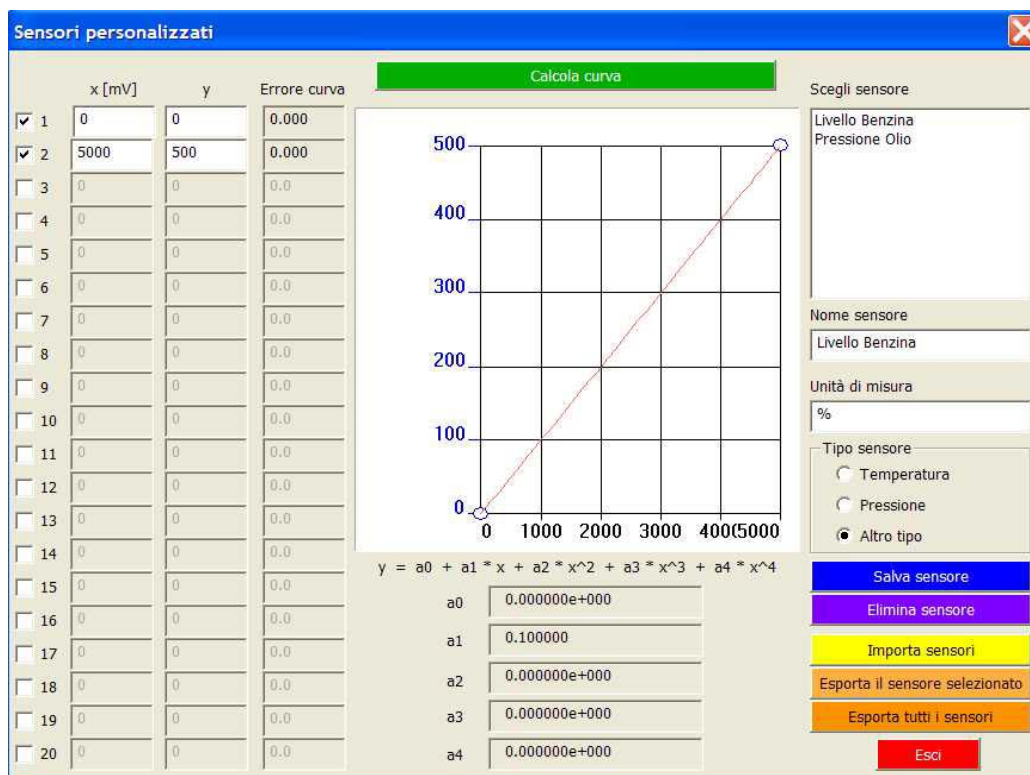


Figura 2.5 – Impostazione della curva di calibrazione di un sensore analogico

Una ulteriore opportunità da non sottovalutare, e di cui si riparlerà in seguito, consiste nella possibilità di estendere ancora il numero delle misure disponibili con l'introduzione dei cosiddetti canali matematici. Si tratta di canali *virtuali*, attraverso i quali vengono presentati i risultati di calcoli anche molto complessi, fatti eseguire al software sfruttando come dati di input valori acquisiti direttamente o calcolati. L'esempio più semplice è il calcolo di una accelerazione definendo un canale matematico che effettui numericamente la derivata di una velocità acquisita separatamente.

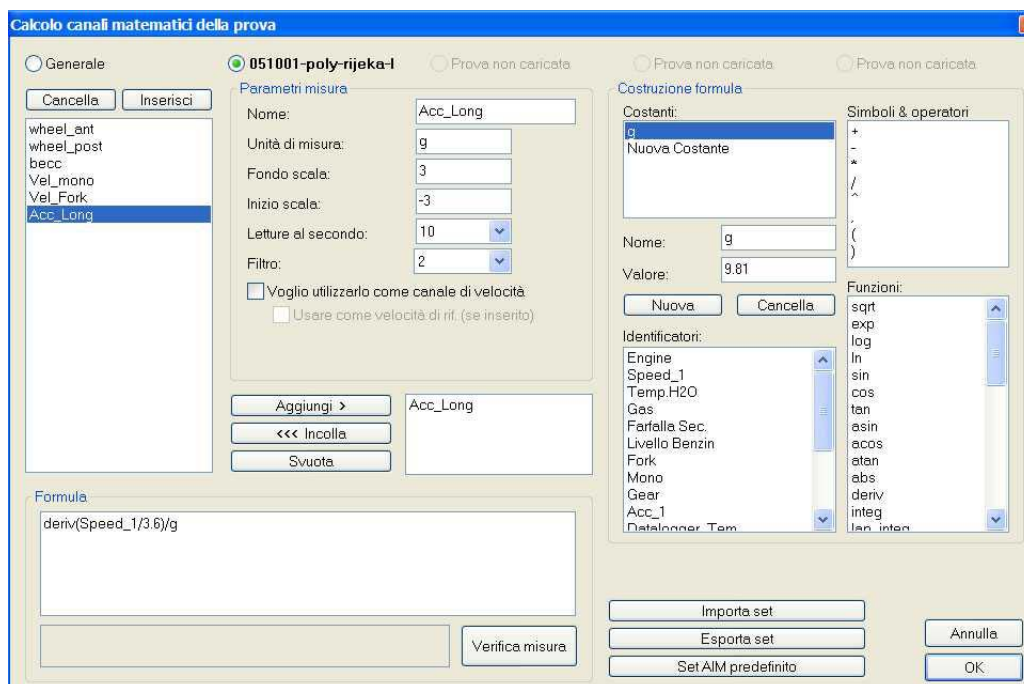


Figura 2.6 – Finestra per la definizione dei canali matematici

La preparazione di una motocicletta e la gestione della stagione sportiva, comportano sempre un investimento non banale, a meno che la partecipazione a giornate di prove libere o alle competizioni non sia davvero solo sporadica. Se poi la ricerca della prestazione e del miglioramento del tempo sul giro sono tra gli obiettivi che ci si propone, può davvero avere senso valutare l'introduzione di un sistema di acquisizione dati. Sapere cosa è successo e poter mettere in relazione dati numerici con le sensazioni di guida del pilota e con il riscontro cronometrico (Fig. 2.7), può aiutare a costruire strategie di sviluppo e di gara più razionali.



Figura 2.7 – Analizzare i dati di prova ai box

I risultati non migliorano certamente da soli. Un computer collegato alla moto non la spinge in maniera più efficiente e sicura fuori dalle curve. Bisogna attribuire la giusta importanza a tre aspetti fondamentali dell'attività:

- conoscenza delle caratteristiche del mezzo;
- adozione di una metodologia di lavoro non improvvisata;
- imparare ad analizzare i dati giusti al volo, gli altri a mente fredda.

Affrontando il problema con pazienza ed umiltà si può poi tentare di acquisire l'esperienza necessaria per riconoscere meglio le situazioni e valutare le opportune azioni correttive. E' interessante osservare la figura seguente, che riporta uno schema adottato a volte per descrivere meglio il concetto di ricerca del *set-up* ottimale. Questo si trova infatti bene al centro del bersaglio indicato.

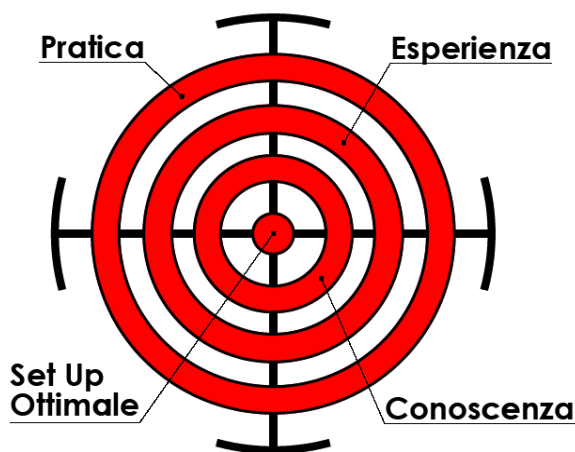


Figura 2.8 – Schema a bersaglio delle fasi di avvicinamento al *set-up* ottimale.

2.2 Il target ed il budget: quali dati ricercare

I dati che è possibile acquisire sul veicolo sono potenzialmente infiniti. Si possono ad esempio effettuare indagini orientate ad agevolare le attività seguenti:

- a) analisi di funzionamento del motore;
- b) analisi sulla ciclistica;
- c) analisi dell'impianto frenante;
- d) valutazioni sulle coperture;
- e) valutazione delle prestazioni complessive;
- f) controllo del funzionamento della strumentazione;
- g) caratterizzazione dello stile di guida del pilota.

Nella Tabella 2.1 si propone poi un riepilogo delle principali misurazioni effettuabili. Le stesse vengono messe in relazione con le analisi, considerate tra quelle elencate sopra, per le quali si ritengono più utili. Il discorso si potrebbe ovviamente ampliare ancora. Le considerazioni che hanno portato a questa schematizzazione sono personali, e legate principalmente all'esperienza che è

stato possibile portare avanti durante la stagione. Non sono quindi escluse revisioni future.

Misura	Tipo di Canale Impegnato	Tipo di Analisi Effettuabile
Giri Motore	Digitale	a); e)
Rapporto Inserito	Analogico	a); e); g)
Temperatura Cilindri	Analogico	a); e)
Temperatura Gas di Scarico	Analogico	a); e)
Temp. Liquidi Raffreddamento (Acqua)	Analogico	a); e)
Pressione Circuito Lubrificazione	Analogico	a); e)
Carburazione (Rapporto Stechiom.)	Analogico	a); e)
Pressione Airbox	Analogico	a); e)
Movimenti Sospensioni	Analogico	b); e); g)
Accelerazioni	Analogico	b); e); g)
Velocità Angolari	Analogico	b); e); g)
Apertura Valvola a Farfalla Principale	Analogico	a); e); g)
Apertura Valvola a Farfalla Secondaria	Analogico	a); e)
Pressione Circuito Freni	Analogico	c); e); g)
Temperature Freni	Analogico	c); e)
Pressione Pneumatici	Analogico	b); d); e)
Temperature Pneumatici	Analogico	b); d); e)
Velocità alle Ruote	Digitale	d); e);
Tempi sul Giro	Digitale	e)
Tensione Impianto	Analogico	f)
Temperatura Impianto	Analogico	f)

Tabella 2.1 – Misurazioni ed analisi associate

Un *data logger*, sia che si tratti di un cruscotto che di un elemento separato, si caratterizza rispetto ad un altro principalmente per:

- il numero ed il tipo di canali disponibili;
- la frequenza di campionamento alla quale è possibile acquisire ogni canale;
- il numero di sensori effettivamente collegabili contemporaneamente alla massima frequenza di campionamento;
- la memoria totale disponibile per l'immagazzinamento dei dati durante le prove.

All'aumentare del numero di elementi installati corrispondono un aumento dei costi ed un innalzamento del livello di complessità del sistema, e quindi del lavoro di analisi da svolgere. Più cose si installano e più cose bisognerà essere in grado di tenere sotto controllo, per cui sarà bene farsi preventivamente un'idea sul set di misure che potranno essere effettivamente sfruttate (vd. [4]).

In questo senso vi sono almeno due elementi da considerare:

- *rischio di confusione* : troppi parametri disponibili riducono inevitabilmente il tempo che può essere dedicato all'analisi di ognuno, anche se di contro è possibile metterli in relazione tra di loro per ricavarne informazioni combinate;
- *fruibilità dei dati* : sapere come varia una grandezza sulla quale non si è in grado di mantenere il controllo, magari per mancanza di mezzi o di esperienza, può essere interessante, ma non deve essere l'obiettivo primario. E' molto più utile valutare e tenere sotto controllo per primi quei parametri sui quali si può intervenire direttamente, attraverso regolazioni o con modifiche allo stile di guida.

2.3 Implementazione di un sistema

L'attività è stata svolta in collaborazione con alcuni piloti privati e con le seguenti società:

- *Cirafici.it S.r.l.*, con sede a Monza (MI). Si occupa della vendita di sospensioni e dispositivi elettronici per il settore racing motociclistico, fornendo oggi assistenza tecnica a diverse squadre corse amatoriali. Il titolare ed i tecnici dispongono di una solida esperienza maturata nei campionati mondiali Superbike e Supersport;
- *Motomania Racing S.r.l.*, con sede a Feletto (TO). E' concessionaria Suzuki e Kawasaki per il Canavese. Il proprietario partecipa a gare a livello nazionale patrocinate dalla Federazione Italiana Motociclistica;

Le aziende che si occupano della produzione di *data loggers* al mondo sono molte. Solo in Italia si possono citare nomi come Marelli, AIM, Starlane e Mahtechs, mentre fuori dal nostro paese spiccano ad esempio 2D e Pi-Research. L'elenco potrebbe naturalmente continuare, in bibliografia sono riportati alcuni indirizzi web a cui attingere ulteriori informazioni. La maggior parte di queste organizzazioni ha visto crescere sempre più il proprio impegno diretto nel mondo delle corse, sia in campo motociclistico che automobilistico. Ognuna propone a catalogo la propria soluzione.

Tra tutte, la AIM S.r.l., che ha sede a Cernusco sul Naviglio (MI), appare forse come la società che punta di più anche ad un mercato non strettamente professionistico, proponendo prodotti interessanti ed economicamente non proibitivi. Considerato questo aspetto, e data anche la grande disponibilità del suo personale a fornire materiale e consulenza, si è deciso di portare avanti l'attività con i suoi prodotti.

Il lavoro è risultato poi ulteriormente alleggerito dal fatto che Cirafici.it è rivenditore ed installatore proprio per questo marchio, quindi si è potuto contare sulle conoscenze di personale esperto per l'attività di installazione (Fig. 2.9), ed è stato possibile dedicarsi in maniera completa allo studio delle procedure di lavoro.



Figura 2.9 – Il titolare di Cirafici.it, il signor Bruno Cirafici, all’opera in una fase di installazione di un cruscotto con funzioni di *data logger*

E’ stato possibile lavorare con alcune motociclette (Fig. 2.10) allestite con sistemi di acquisizione basati sui seguenti cruscotti:

- Mychron3-Gold;
- MXL-Pista.

Non tutti i veicoli hanno avuto la stessa dotazione. Per questa prima stagione il numero e la tipologia di componenti gestiti può ritenersi sufficiente per raggiungere lo scopo che ci si era prefissati, consistente nell’introduzione dell’acquisizione dati e nello studio di un metodo di lavoro in un ambiente, quello delle corse a livello amatoriale, in cui sotto questo aspetto si è agli inizi.



Figura 2.10 – I veicoli su cui è stato possibile effettuare le misurazioni

Di seguito vengono prese in esame le misure principali che è stato possibile effettuare, e vengono proposte alcune considerazioni di base in merito alla fruibilità dei valori che si possono ottenere con questi strumenti. Il discorso verrà ripreso nel capitolo successivo, nel quale verrà inserito all'interno di una ipotesi di procedura di conduzione delle prove. Per quel che riguarda le frequenze di campionamento, si è cercato di seguire il principio secondo il quale dovrebbe essere sufficiente campionare i segnali ad una frequenza doppia rispetto a quella che si ipotizza per la variabilità della grandezza misurata.

2.3.1 Tempo sul giro

In una sessione di prove libere o cronometrate il tempo sul giro è il riferimento *definitivo* per la valutazione della prestazione. Generalmente viene sistemato a bordo pista un trasmettitore ai raggi infrarossi il cui segnale viene intercettato da un ricevitore sistemato sul veicolo (Fig. 2.11).

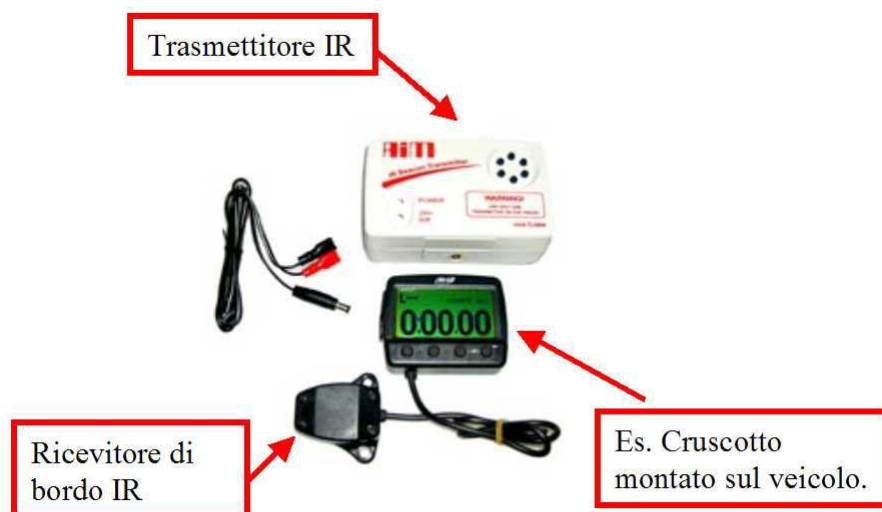


Figura 2.11 – Esempio di kit ad infrarossi per il rilevamento del tempo sul giro

Esistono anche sistemi che utilizzano frequenze selezionabili dall'utente, magari codificate. Altri sentono la presenza di bande magnetiche distribuite lungo il circuito, installando a bordo veicolo un apposito sensore che percepisca il passaggio in corrispondenza di esse.

E' possibile rilevare gli intertempi sfruttando la presenza delle suddette bande o di ulteriori trasmettitori, di tipo particolare, disposti in altri punti strategici del circuito. A tal proposito è conveniente *avvertire* il logger del tempo minimo che si ritiene debba intercorrere tra una segnalazione e l'altra, settando opportunamente quello che si definisce il *tempo di buio*. In questo modo si può evitare il proliferare di intertempi acquisiti involontariamente lungo il tracciato o la confusione di questi con dei tempi giro completi. Gli intertempi possono anche essere definiti successivamente via software, al momento della generazione di una mappa, come si descriverà successivamente.

Il fissaggio del ricevitore sul veicolo è abbastanza semplice. E' sufficiente tenere conto della necessità dello stesso di *vedere* il trasmettitore, di qualunque tipo esso sia, quando gli passa davanti. Quindi può risultare necessario posizionarlo in punti differenti, a seconda della morfologia del circuito in cui ci si trova. In Figura 2.12 è mostrato un esempio. Naturalmente è meglio fare in modo che sia isolato dalle vibrazioni, da disturbi elettrici e termici, e questo varrà per qualunque dispositivo montato a bordo veicolo.



Figura 2.12 – Esempio di sistemazione del ricevitore per la misurazione del tempo sul giro

Il posizionamento del trasmettitore sul muretto dei box richiede invece alcune attenzioni. C'è da considerare infatti un problema potenziale legato alla presenza sulla *pit lane* di più torrette, come vengono spesso chiamati in gergo questi apparecchi.

Molti piloti potrebbero infatti utilizzare un sistema di acquisizione e cronometraggio simile. Al passaggio sul traguardo potrebbe essere intercettato il segnale proveniente dal trasmettitore di qualcun altro, che magari al giro precedente non c'era. Oppure potrebbe essere effettivamente letto il segnale della propria trasmittente, ma in un giro all'inizio del quale ne era stata invece *vista* una che nel frattempo è stata tolta o spostata. In entrambi i casi il tempo registrato risulta falsato (Fig. 2.13).

X	3	03.53.180	233.34 %	14.27.387	(Spegnimento logger)	2
X		00.31.897	32.19 %	18.20.497	(Primo giro)	3
O	2	01.37.010	97.90 %	18.52.394	(Lap marker)	3
O	3	01.37.033	97.93 %	20.29.404	(Lap marker)	3
O	4	03.52.558	234.70 %	22.06.437	(Lap marker)	3
O	5	01.33.867	94.73 %	25.58.995	(Lap marker)	3
O	6	01.36.273	97.16 %	27.32.862	(Lap marker)	3
X	7	02.32.760	154.17 %	29.09.135	(Spegnimento logger)	3
X	1	05.51.201	354.11 %	31.47.833	(Primo giro)	4
O	2	01.36.492	97.38 %	37.33.096	(Lap marker)	4

Figura 2.13 – Una sequenza di tempi che evidenzia un problema di rilevamento.

Questo problema è tecnicamente risolvibile solo utilizzando apparecchiature con codifiche del segnale eseguite a livello aziendale, in modo da associare ad una determinata torretta un determinato ricevitore, ma il sistema non è ancora tra i più diffusi. Se comunque le torrette sono troppo vicine, l'interferenza tra due trasmettitori può produrre un segnale non ricevibile. Per esempio, nel caso di due trasmettitori che inviassero un'onda quadra sfasati di 180°, il risultato sarebbe un segnale continuo. Estendendo poi il concetto a diverse codifiche si osserva come la situazione potrebbe divenire problematica. E questo, sommato al fatto che comunque non si riescono a gestire tanti canali, a causa del fatto che il codice inviato deve essere breve, porta ad avere con grande probabilità sulla stessa pista più veicoli con settato lo stesso codice. Non è quindi del tutto escluso che la soluzione migliore possa alla fine essere proprio quella di avere un codice unico e settare correttamente il *tempo di buio*.

Sarebbe meglio, insomma, che sul muretto fosse presente un solo trasmettitore. Una soluzione potrebbe essere ad esempio quella, all'arrivo in circuito, di andare a verificare se sia già presente in corrispondenza del traguardo una torretta come quella che si vuole utilizzare. In questo caso si potrebbe lasciare a fianco la propria, senza però accenderla. Se il proprietario di quella attiva dovesse decidere di andarsene potrebbe cortesemente accenderne una delle altre prima di portare via la sua, e così via. In molti circuiti Inglesi la cosa viene gestita direttamente dai proprietari degli impianti. Per quanto banale possa apparire questa idea, quasi in tutte le piste si continuano a vedere contemporaneamente in azione decine di torrette identiche.

Un altro possibile problema, peraltro assolutamente imprevedibile a priori e di fatto irrisolvibile con sistemi come quelli indicati, potrebbe nascere nel momento in cui si sfila sul traguardo insieme ad un fitto gruppetto di altri piloti, che potrebbero *mascherare* il segnale proveniente dal muretto.

Dato che in un momento successivo, tramite il software a corredo, sarà comunque possibile dividere o unire i tracciati dei giri registrati è sempre meglio prendere i tempi anche a mano, con un buon cronometro.

2.3.2 Velocità

Se è vero che il tempo sul giro è il risultato complessivo che scaturisce da tutte le azioni svolte in autodromo, è altrettanto vero che la velocità è l'indicatore più evidente dell'efficacia di tali azioni in ogni tratto della pista (Fig. 2.14).

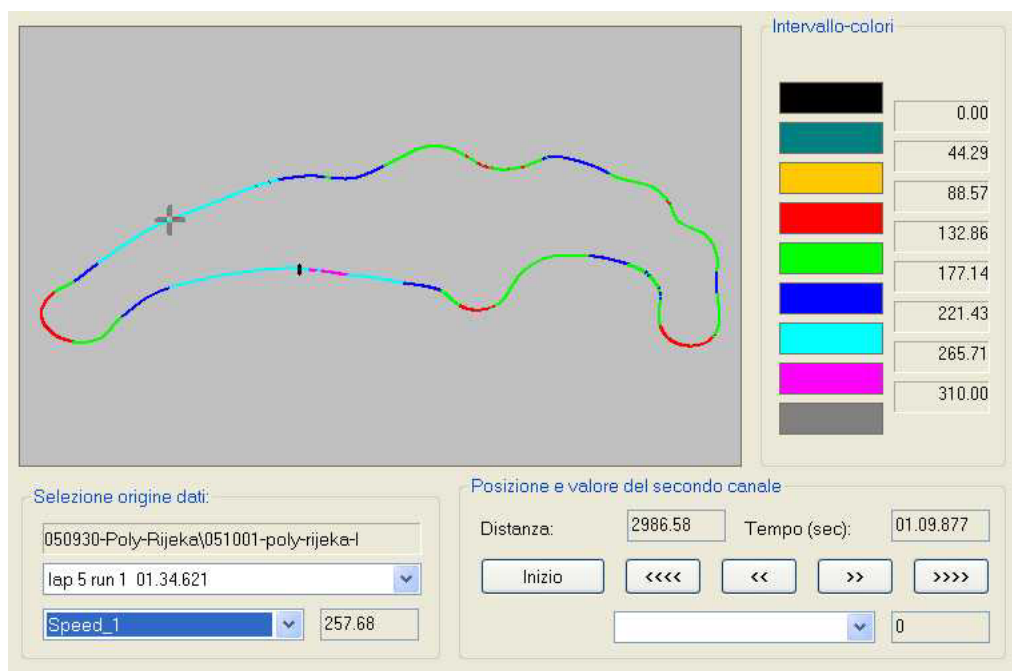


Figura 2.14 – Rapporto sulle velocità in vari tratti della pista

Si può essere veloci solo in quelle zone in cui tutto è a posto, o almeno al meglio possibile. L'analisi della velocità, in primo luogo, permette di comprendere dove andare a cercare il miglioramento. Le altre misurazioni vanno poi nella direzione del cercare di capire il perché si sia andati più forte o più piano.

La velocità può essere rilevata su una delle due ruote, su entrambe, o sull'uscita dell'albero del cambio, ovvero sul pignone. Si possono utilizzare sensori magnetici di prossimità o ruote foniche (Fig. 2.15). Il canale della velocità è stato campionato a 20Hz.

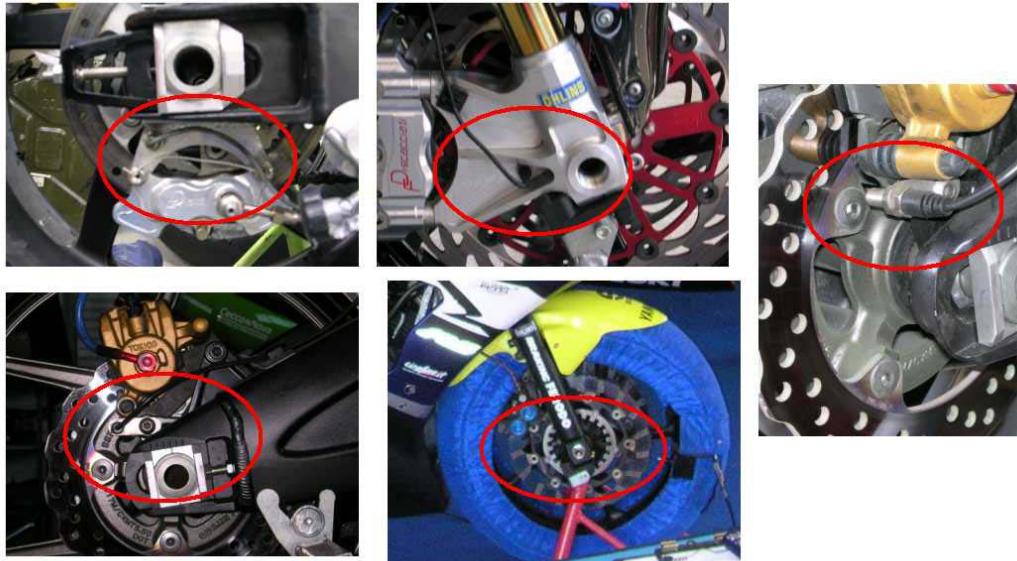


Figura 2.15 – Ipotesi di installazioni sensori di prossimità e ruote foniche.

Si devono preventivamente inserire nella configurazione dello strumento il quantitativo di impulsi (n_{il}) corrispondenti ad un giro completo ed un valore di stima della circonferenza di rotolamento della ruota (c_r). Solo nel caso in cui la velocità venga rilevata sul pignone, per il calcolo di questa circonferenza sarà necessario tenere conto del rapporto di trasmissione finale:

$$c_r = c_{rFittizia} = (c_{rEffettiva}) \cdot \left(\frac{Z_{Pignone}}{Z_{Corona}} \right) \quad (2.1)$$

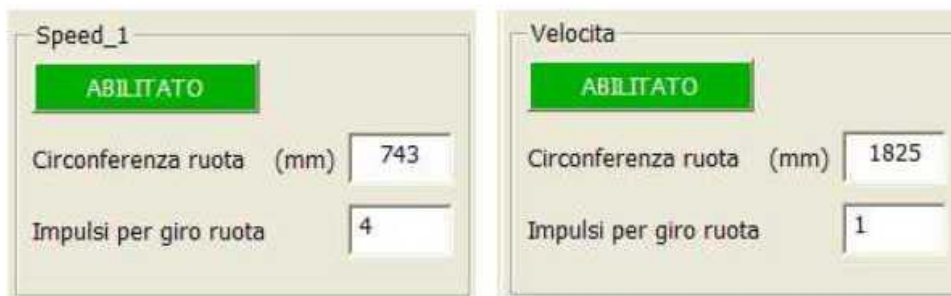


Figura 2.16 – A sinistra la configurazione per un sensore di velocità posizionato sul pignone, a destra per un altro posizionato sulla ruota anteriore.

Durante il movimento viene registrato il numero di impulsi nell'unità di tempo proveniente dal sensore (n_i). A questo punto il sistema non farà altro che applicare la relazione:

$$V = 0.0036 \cdot \frac{n_i}{n_{il}} \cdot c_r \quad \left[\frac{Km}{h} \right] \quad (2.2)$$

dove n_i è misurato in (impulsi/sec), n_{il} in (impulsi/giro) e c_r in mm.

Quella che si assume come velocità del veicolo è in realtà una approssimazione della velocità lineare del centro della ruota presa in esame, calcolata ipotizzando il caso ideale di rotolamento senza strisciamento. Bisogna quindi tenere conto di alcune conseguenze tipiche dell'applicazione di questo metodo alle motociclette:

- *Rettilineo*: le caratteristiche del pneumatico sono tali per cui il raggio di rotolamento non è costante, e non è di conseguenza nemmeno costante c_r . Ad esempio alle alte velocità è evidente un aumento del raggio del posteriore, per il fenomeno della centrifugazione della gomma. Sono state osservate anche variazioni dell'ordine della decina di mm. Si potrebbe quindi registrare una velocità più bassa di quella effettiva. In frenata l'anteriore risulterà più schiacciato del normale;
- *Curva*: i grandi angoli di rollio richiesti per la conduzione di una motocicletta, particolarmente se sportiva, comportano l'adozione di profili dei pneumatici tali per cui il raggio di rotolamento tende a diminuire in modo non trascurabile, mano a mano che si scende in piega (Fig. 2.17). Inoltre, in corrispondenza della stessa situazione, il maggiore carico su entrambe le ruote enfatizzerà ancora il fenomeno. In sostanza in curva si leggeranno probabilmente sullo strumento velocità maggiori di quelle effettive;

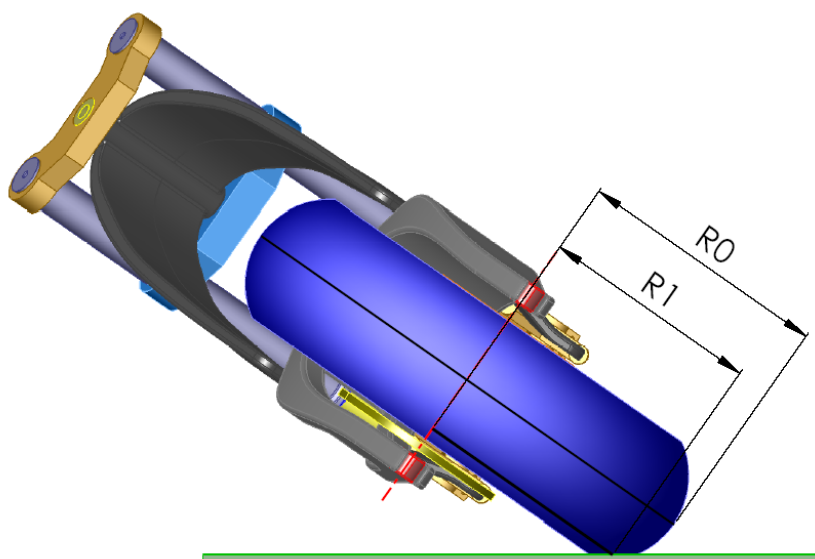


Figura 2.17 – Implicazioni dell'angolo di rollio sulla velocità calcolata

- *Misto*: il moto delle ruote è ben lungi dall'essere un rotolamento puro. In particolare il posteriore sarà soggetto a slittamenti in accelerazione, ed a slittamenti e saltellii in frenata. Inoltre nella guida più aggressiva potranno generarsi delle sbandate anche vistose, solitamente in staccata o in uscita di curva. L'anteriore in accelerazione potrebbe staccarsi da terra.

Cadute o innalzamenti molto repentini e discontinui della velocità calcolata sono sintomi di queste situazioni. Oltretutto le due ruote hanno rigidzze, dimensioni e profili di sezione notevolmente differenti per cui, considerati tutti gli aspetti sopra indicati, si comprende come la velocità rilevata all'anteriore possa differire di quella rilevata al posteriore. Nessuna delle due coincide poi perfettamente con quella associabile al moto del baricentro del sistema, ma questa differenza viene necessariamente trascurata (Fig. 2.18).

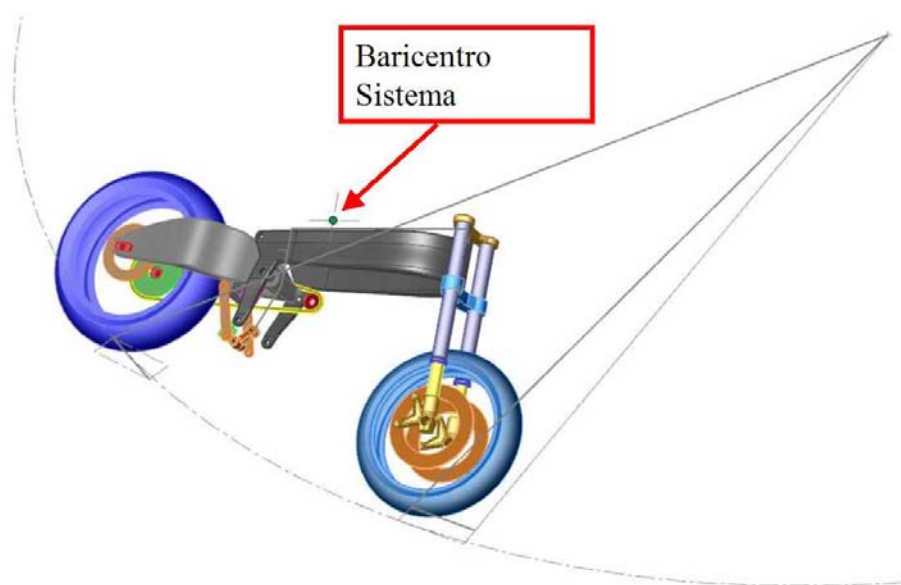


Figura 2.18 – Differenti traiettorie per ruota anteriore, posteriore e baricentro.

Un'idea potrebbe essere quella di leggere le velocità sia all'anteriore che al posteriore. Si potrebbe poi assumere il valore medio tra queste come velocità di riferimento, e fare delle verifiche puntuali sulle differenze per identificare alcune delle situazioni descritte. Potendo montare solo un sensore sarebbe forse meglio optare per l'anteriore, in quanto in teoria la velocità posteriore sarebbe anche ricavabile considerando i giri del motore ed il rapporto di trasmissione complessivo, ma questo discorso varrebbe solo fintanto che la frizione fosse in presa.

Se si conoscessero molto bene le caratteristiche del pneumatico utilizzato, stimando costantemente il carico alle ruote, si potrebbe pensare di risalire dalla velocità mostrata dallo strumento alla velocità angolare della ruota e poi, da questa, ricalcolare la velocità lineare tenendo conto della stima delle variazioni di raggio. Se si potesse valutare in modo efficiente anche l'angolo di rollio la cosa diventerebbe ancora più interessante. Tutto questo non è fantascienza, ma

richiederebbe un impegno decisamente professionale e di alto livello, impensabile senza il supporto diretto almeno delle case produttrici di pneumatici.

L'unico modo per ottenere valori di velocità rispetto al suolo più precisi sarebbe quello di dotarsi di strumentazione GPS, ed è probabile che nel futuro questa diventi la tecnologia di riferimento. In questo caso il rilevamento della velocità delle ruote avrebbe principalmente la funzione di consentire l'individuazione di errori o problemi di guida, come bloccaggi parziali e piccoli pattinamenti. Per il momento, comunque, è uso comune cercare di misurare nel modo più preciso possibile la circonferenza del pneumatico, e considerare poi un certo margine di tolleranza sui valori di velocità calcolati come sopra, per alcuni stimabile attorno al 2-3%.

Il fatto che la velocità così calcolata abbia in effetti più il valore di una stima, non toglie importanza a questo indicatore, soprattutto per quel che riguarda il confronto tra più giri differenti. Bisognerà tenerne conto nel momento in cui si iniziassero a fare delle considerazioni su grandezze derivate. La conseguenza più eclatante è nel calcolo dello spazio percorso: nei momenti in cui si legge una velocità non veritiera, neanche il calcolo dello spazio percorso può esserlo. In ambito motociclistico questi aspetti farebbero propendere verso analisi dei dati più rispetto al tempo che non rispetto allo spazio.

Di nuovo, con un po' di buon senso si potrà comunque fare tesoro delle informazioni raccolte.

2.3.3 Giri motore

Analizzare il regime di rotazione del motore, solitamente in RPM (giri al minuto), permette di comprendere come questo venga sfruttato dal pilota. Si osservi la figura seguente.

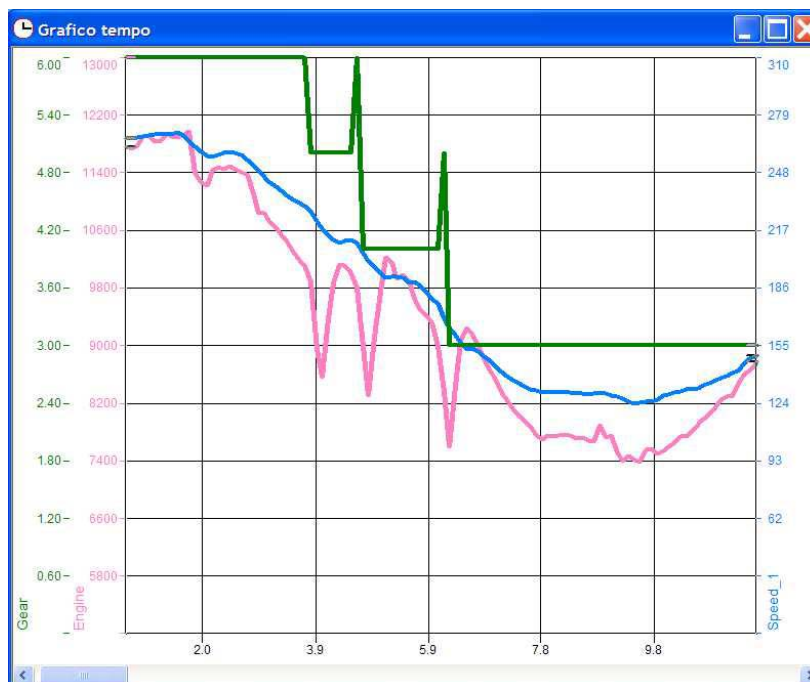


Figura 2.19 – Andamento dei giri motore (in rosa) in una staccata: le variazioni improvvise sono dovute alle rapide scalate ed all'intervento dell'antisaltellamento.

L'andamento di questo valore dovrà essere messo in relazione almeno con la velocità del veicolo, con il livello di apertura della valvola a farfalla, e con la marcia inserita.

Inoltre sarebbe opportuno disporre delle curve di coppia e di potenza. Potrà così emergere la necessità di una modifica della mappatura motore, della rapportatura, o dello stile di guida. Anche eventuali problemi potranno essere evidenziati. Slittamenti della frizione o interventi del sistema di antisaltellamento verranno ad esempio evidenziati da picchi improvvisi del numero di giri, ed anche al momento delle staccate o delle cambiate si noteranno delle discontinuità.

Il calcolo viene effettuato andando a valutare il numero di impulsi di comando, nell'unità di tempo, generati dalla centralina per l'accensione nei cilindri della miscela aria-benzina. Tali impulsi possono essere rilevati sia dal canale di controllo della ECU che direttamente sulla bobina. Bisognerà avere l'accortezza di configurare il *data logger* con la scelta operata, dal momento che i valori di tensione rilevabili sono, nei due casi, sensibilmente differenti.

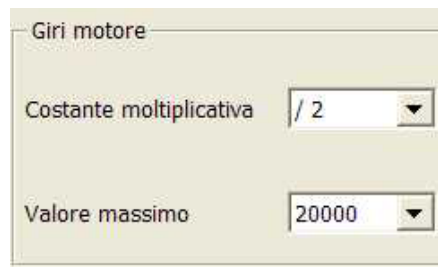


Figura 2.20 – Impostazione del parametro per il calcolo degli RPM

E' necessario inoltre impostare un parametro da moltiplicare per il numero di impulsi, in modo da ottenere il corrispondente numero di giri dell'albero motore. All'interno di un classico motore 4 tempi a 4 cilindri si dovrebbero verificare 4 scoppi nell'ambito di un ciclo completo di 2 giri, per cui il parametro di cui sopra sarà 1/2. Nel caso dei prodotti AIM il valore massimo serve a disegnare meglio la scala sul display, ma soprattutto a tarare un filtro antidisturbo per tagliare delle cosiddette *spurie*.

La frequenza di campionamento adottata per questa misura è stata dell'ordine dei 20Hz.

2.3.4 Apertura valvola a farfalla primaria e secondaria

Il livello di apertura della valvola a farfalla, in percentuale, è un indice diretto dell'azione del pilota. Si osserverà come e dove egli *apre* o *chiude il gas*, dopodiché si andranno a cercare le motivazioni di tale comportamento.

L'analisi dei risultati provenienti da questo canale, messa in relazione con le altre informazioni a disposizione, fornirà utili indicazioni sul modo di reagire alle condizioni di guida imposte dalla situazione. Inoltre questo parametro agevererà l'interpretazione dell'andamento degli RPM e del comportamento delle sospensioni.

Viene solitamente utilizzato un potenziometro, comunemente chiamato TPS (*Throttle Position Sensor*), in grado di rilevare con precisione la posizione angolare della farfalla (Fig. 2.21). Il canale è stato campionato a frequenze di 10-20 Hz.



Figura 2.21 – Potenziometro per la lettura dell'apertura della valvola a farfalla primaria.

Questo dispositivo è già parte fondamentale del controllo dei motori con alimentazione ad iniezione elettronica. In motori a carburatori può comunque essere presente e viene utilizzato per la gestione dell'anticipo. Di conseguenza spesso è sufficiente sfruttare il materiale già presente sul veicolo, prelevando il segnale dai cavi originali o da quelli in uscita dalla ECU.

Su alcuni veicoli è stato possibile andare a leggere anche il livello di apertura della valvola a farfalla secondaria. Eventuali modifiche al modo di intervento della stessa, da farsi via software possono apportare benefici in termini di freno motore.

2.3.5 Pressione circuito freni

La pressione all'interno del circuito frenante è, al pari del livello di apertura del gas, estremamente significativa dal punto di vista della caratterizzazione dello stile di guida del pilota. Sapere dove, come, quanto e per quanto tempo sia stato azionato il freno diventa fondamentale per capire l'efficacia o meno del modo di affrontare una curva (Fig. 2.22). Naturalmente sarebbe l'ideale poter conoscere questo valore su entrambe le ruote.

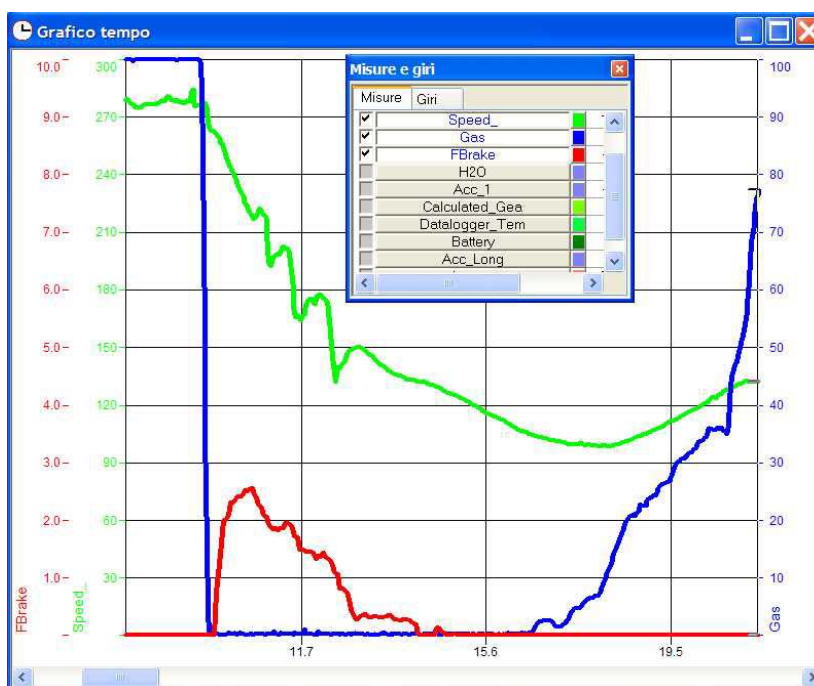


Figura 2.22 – Una staccata scalando tre marce. In rosso si nota la frenata.

Questo parametro è anche molto importante per poter fare delle valutazioni sulla ciclistica. Vedere su un grafico una forcina che affonda, in una staccata violenta, e che ad un certo punto rallenta la sua discesa in modo repentino, per poi riprendere a discendere sino al massimo possibile, potrebbe allarmare. Molto semplicemente potrebbe trattarsi di una frenata interrotta e poi ripresa, a causa di una incertezza iniziale seguita dalla necessità di riprendere un po' di velocità prima della piega vera e propria. Oppure ci potrebbe essere stato del traffico in pista, e così via. Si inizia già a comprendere l'importanza dell'incrociare i dati con le impressioni, possibilmente a caldo, del pilota.

Si è utilizzato un sensore di pressione posizionato in un punto abbastanza accessibile dell'impianto (Fig. 2.23), ed il canale è stato campionato a 20 Hz.

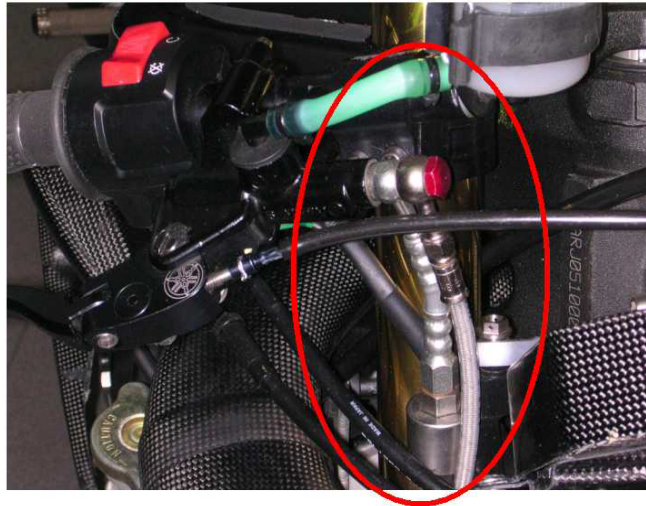


Figura 2.23 – Installazione di un sensore di pressione sul circuito freni

Si potrebbe pensare di utilizzare anche solo uno *switch* sulla leva del freno, per leggere semplicemente il momento dell'azionamento della stessa. Questo tipo di soluzione però non darà informazioni sull'intensità della frenata, ed inoltre non permetterà di valutare eventuali malfunzionamenti all'interno del circuito freni. Ad esempio il pilota potrebbe azionare la leva, e quella per il sistema sarebbe una frenata, a prescindere dal fatto che magari, a causa di un problema, il veicolo non sta rallentando affatto.

2.3.6 Marcia inserita

La rilevazione della sequenza dei rapporti inseriti durante un giro può aiutare a scegliere differenti strategie di approccio al tracciato (Fig. 2.24).

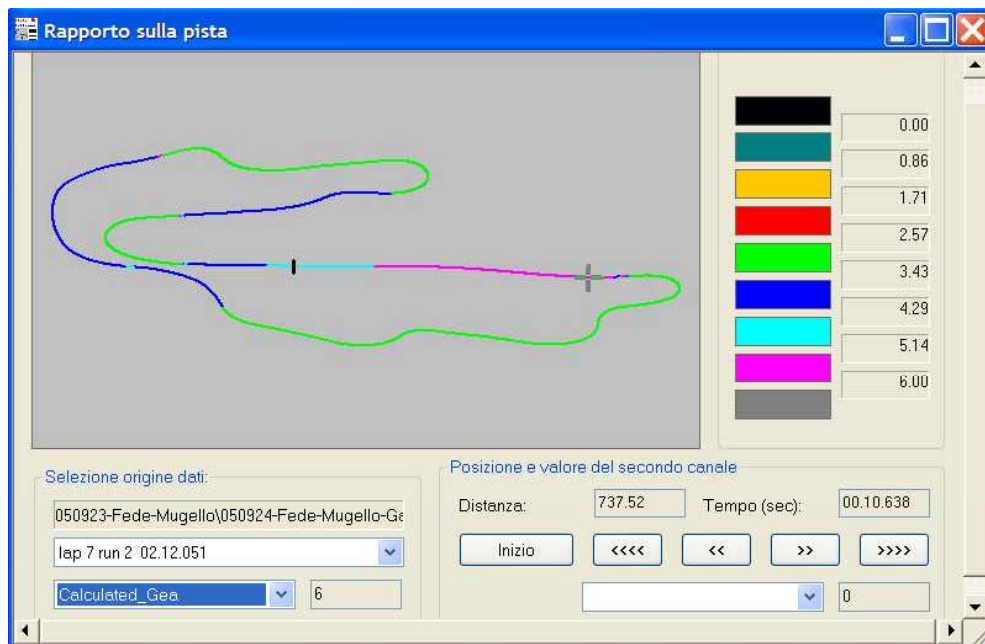


Figura 2.24 – Analisi dei rapporti utilizzati nei vari tratti del circuito

Inoltre permette di fare considerazioni riguardo all'adeguatezza della rapportatura interna adottata (Fig. 2.25), anche se in realtà, a livello amatoriale, spesso è possibile intervenire solamente sul rapporto finale, sostituendo pignone e corona.

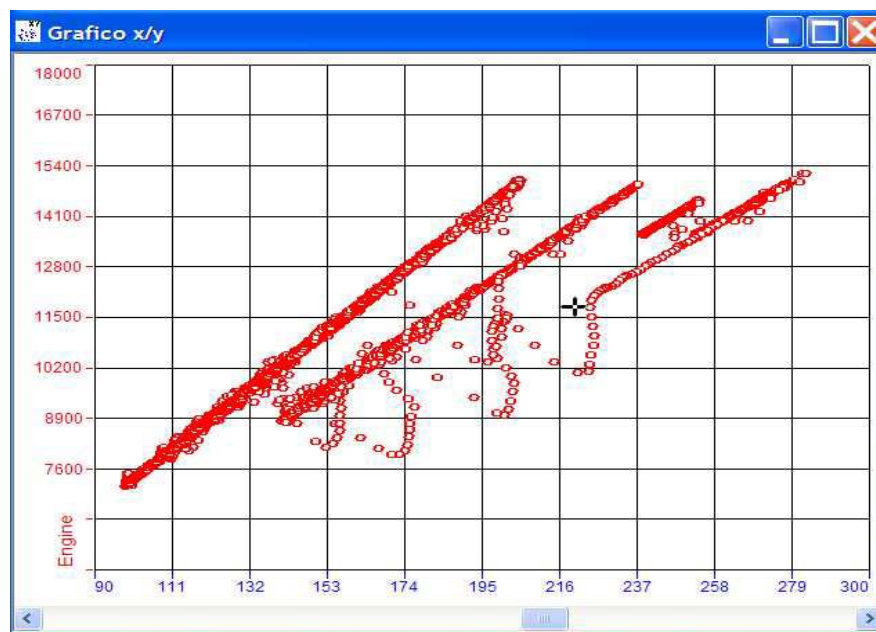


Figura 2.25 – Grafico XY, con in ascissa la velocità ed in ordinata gli RPM, per valutare la spaziatura del cambio.

La lettura del rapporto innestato può essere effettuata tramite un apposito potenziometro, da posizionarsi nella scatola del cambio, oppure, come al solito, letto in uscita dalla ECU. In alternativa si può far calcolare al sistema il rapporto, tramite un algoritmo che metta in relazione la velocità con il numero di giri del motore. In entrambi i casi il canale è stato campionato a 10 Hz.

La prima soluzione è senz'altro quella più efficiente. La seconda viene tuttavia regolarmente utilizzata, sia per motivi di economicità che di semplicità di installazione. In questo caso è necessario fare dei giri di *istruzione* del logger. Durante questi giri vengono innestate tutte le marce, mantenendo ognuna per un tempo sufficiente a far calcolare al logger il parametro interno da associare ai rapporti, durante le prove vere e proprie.

La critica che si può muovere a questo tipo di soluzione è legata al fatto che questo calcolo si basa sul principio della registrazione, da parte del logger, del rapporto di trasmissione complessivo, comprendente il rapporto primario, secondario e finale. Modificando, come spesso si fa, il rapporto finale, in linea di principio è consigliabile rieffettuare la procedura di apprendimento. Inoltre i grafici, in caso di calibrazione non perfetta, possono apparire meno puliti poiché, negli istanti in cui ci dovesse essere un distacco della frizione, il sistema può vedere dei rapporti non corretti, anche se probabilmente solo per un istante (Fig. 2.26). Non che i grafici di un cambio dotato di potenziometro siano totalmente esenti da *spikes*, naturalmente.



Figura 2.26 – Una scalata, per due veicoli differenti. Il primo in rosso, era dotato di potenziometro, nel secondo i rapporti erano calcolati. Si notino i picchi dovuti agli istanti in cui si stacca la frizione

2.3.7 Temperatura dell'acqua

Tenere sotto controllo la temperatura dell'acqua del circuito di raffreddamento del motore è una necessità prioritaria, nell'uso agonistico ancora di più che in quello stradale. Come minimo è necessario disporre di un allarme sul cruscotto che avvisi in caso di innalzamenti troppo elevati (Fig.2.27).



Figura 2.27 – Segnalazione on board della temperatura dell'acqua, con funzione di allarme.

Se si dispone di un canale libero è però bene acquisire questo parametro nel vero senso della parola. Conoscendo bene le caratteristiche del proprio motore, sarà così possibile valutare se vi possano essere stati momenti di funzionamento meno efficiente o veri e propri cali di potenza dovuti a temperature di funzionamento non idonee.

Viene utilizzata una termoresistenza, che può essere montata direttamente sul radiatore (Fig. 2.28) o su uno dei tubi di collegamento dello stesso con il

motore. Il segnale è stato campionato a 10Hz, ma in realtà si sarebbe potuto tenere un valore della frequenza di campionamento anche più basso, in quanto è auspicabile che la temperatura dell'acqua non vari in modo significativo nell'arco di un secondo.



Figura 2.28 – Installazione di una termoresistenza direttamente sul radiatore racing.

2.3.8 Movimenti sospensioni

Nelle più moderne motociclette destinate all'utilizzo in pista le potenze alla ruota hanno ormai raggiunto livelli tali per cui ciclistica e pneumatici divengono i veri elementi determinanti ai fini della ricerca del *pacchetto* vincente. E' opinione abbastanza diffusa che una motocicletta dotata di un motore quasi di serie ma con un'ottima ciclistica ben regolata (Fig. 2.29), tenendo conto delle caratteristiche del mezzo, del pilota, del circuito e della situazione ambientale, possa comunque regalare delle buone soddisfazioni.



Figura 2.29 – Esempi di moderne sospensioni.

Al contrario anche un motore dal tiro eccezionale potrebbe non garantire una buona prestazione, se non si è in grado di scaricare a terra la potenza nel modo più gestibile. Si potrebbero infatti determinare scompensi improvvisi di assetto tali da inficiare sia le traiettorie percorribili che la sicurezza stessa del pilota.

Si comprende quindi l'utilità di eseguire delle indagini sul comportamento delle sospensioni, in modo da ricavarne informazioni utili per studiare successive regolazioni. Agli strumenti statici di valutazione, come le misurazioni ai box, gli O-Ring posizionati sugli steli, e come il foglio elettronico descritto nel capitolo precedente, si è ritenuto quindi di aggiungere la registrazione almeno delle corse della forcella e del mono ammortizzatore. Questi movimenti sono stati rilevati mediante l'utilizzo di appositi potenziometri lineari montati in parallelo agli elementi scorrevoli (Fig. 2.30).



Figura 2.30 – Posizionamento dei potenziometri per la valutazione della corsa sospensioni.

L'utilizzo di questi sensori fornisce in effetti solo il valore della variazione della distanza relativa tra le ruote e le parti fisse del veicolo. Una analisi globale basata esclusivamente su questa misura corrisponde ad assumere l'ipotesi semplificativa che il centro ruota sia sempre alla stessa distanza dal terreno. La cosa è naturalmente impossibile, date le caratteristiche palesemente elastiche del pneumatico e la possibile tendenza all'impennamento o al ribaltamento in avanti del veicolo in particolari situazioni.

Sarebbe utile, a questo proposito, introdurre degli accelerometri che permettano di rilevare anche le accelerazioni assolute, ma il sistema diverrebbe più complesso e più costoso. La misura effettuata permette comunque di avanzare delle interessanti ipotesi riguardo al funzionamento dei componenti a disposizione, e dà la possibilità di stimare le variazioni di assetto con un grado di approssimazione che, per il livello di competizioni a cui si è partecipato, si può ritenere più che sufficiente. Il discorso verrà ripreso nel successivo capitolo.

I canali delle sospensioni, solitamente denominati *fork* e *mono*, sono stati campionati con valori di frequenza di 100-200Hz, in modo da osservare la lettura delle asperità stradali ed evidenziare i movimenti del telaio e le vibrazioni più tipiche: ad esempio anche senza un accelerometro si sarà praticamente certi che

vibrazioni dell'ordine dei 20Hz siano da attribuirsi alle gomme. Su questi sensori si effettua solitamente una autocalibrazione, in modo da definire lo zero a sospensioni estese, dopodiché occorre definire l'unità di misura e la corsa massima del potenziometro. L'inizio ed il fondo scala impostati sono quelli che si ritroveranno anche nel file di analisi scaricato a fine sessione, anche se a quel punto potranno essere comunque variati (Fig. 2.31).

Nome canale	Freq.	Sensore usato	Unità	Inizioscala	Fond...	Param. 1
Engine	10 Hz	Giri motore	rpm	0	14500	1.000
Speed_1	10 Hz	Velocità	km/h .1	0.0	310.0	743.0
Temp.H2O	10 Hz	Temp Acqua Suzuki GSXR	°C	0	150	
Gas	10 Hz	Potenziometro con zero ...	mm .1	0.0	100.0	
Farfala Sec.	10 Hz	Potenziometro con zero ...	mm .1	0.0	100.0	
Livello Benzin	10 Hz	Custom_001	mV	0.00	4000...	
Lambda	10 Hz	Sonda lambda NGK TL7...	A/F	0	50	
Fork	200 Hz	Potenziometro distanza	mm .1	-130.0	0.0	-150.0
Mono	200 Hz	Potenziometro distanza	mm .1	-50.0	0.0	-75.0
Gear	10 Hz	Potenziometro marce	#	0	6	
Calculated_Gea	10 Hz	Marce calcolate	#	0	9	
Acc_1	10 Hz	Accelerometro trasversale	g .01	-3.00	3.00	
Datalogger_Tem	10 Hz	Giunto freddo	°C	0	50	
Battery	1 Hz	Batteria	V .1	5.0	15.0	

Figura 2.31 – Impostazione dei parametri dei potenziometri per le sospensioni.

Durante la stagione si è trovato più agevole consultare i grafici invertendo il segno del valore in uscita, come si può osservare nella figura sopra. Questo è stato fatto in quanto così le compressioni della forcella e del mono vengono rappresentate con delle curve discendenti, per cui anche a livello visivo ne è sembrata più veloce l'interpretazione (Fig. 2.32).

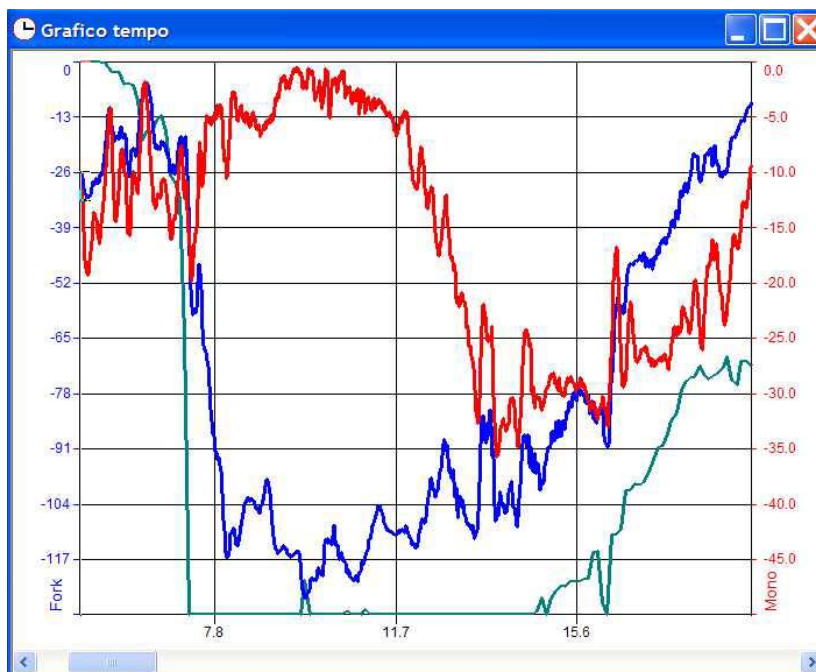


Figura 2.32 – Una tipica staccata al fondo di un rettilineo: il gas (in verde), viene chiuso, la forcella (in blu) si comprime, il mono ammortizzatore (in rosso) si estende.

2.3.9 Velocità angolare di imbardata e generazione delle mappe

Su alcuni veicoli è stato montato un sensore, denominato giroscopio, la cui funzione più comune è risultata essere quella di permettere la generazione di mappe fittizie dei circuiti (Fig. 2.33). A questo scopo è necessario combinare le informazioni provenienti proprio da questo componente e dal sensore di velocità. Una mappa viene generata da un apposito algoritmo contenuto nel software di analisi, sulla base dei dati raccolti in un giro scelto dall'utente. La *mappa* così calcolata rappresenta in realtà una approssimazione della traiettoria seguita dal veicolo durante quel giro.

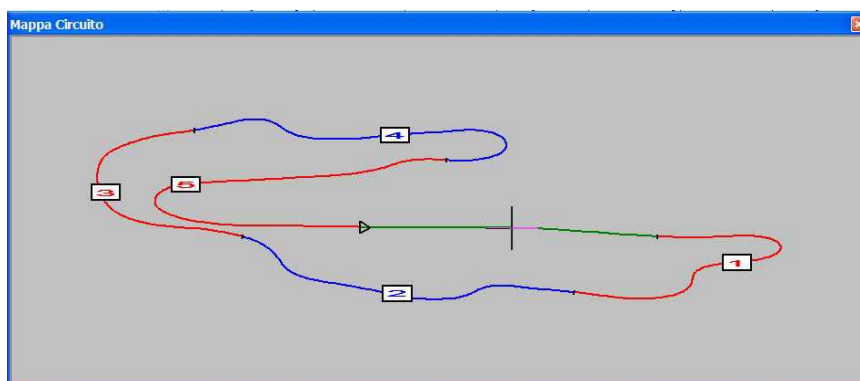


Figura 2.33 – Esempio di mappa generata via software: circuito del Mugello

Il giroscopio è in grado di rilevare una velocità angolare rispetto ad una direzione registrata durante la calibrazione. Tecnicamente si tratta di un cilindretto che solitamente viene posizionato con il proprio asse in direzione verticale, in una posizione sul veicolo corrispondente, se possibile, all'incirca alla mezzeria (Fig. 2.34). L'autocalibrazione del sensore viene quindi eseguita mantenendo il veicolo con un angolo di rollio nullo per il tempo necessario all'operazione. Il canale è campionato a 10Hz.



Figura 2.34 – Montaggio del giroscopio sul veicolo

Si può pensare di confondere il veicolo in movimento con un corpo rigido dotato di moto piano qualunque, la cui traiettoria sia ad esempio coincidente con quella descritta dal punto di contatto con il terreno della ruota posteriore (Fig. 2.35). La motocicletta modifica continuamente i propri angoli di rollio e beccheggio, ma il giroscopio dovrebbe riuscire a continuare a fare riferimento alla direzione verticale.

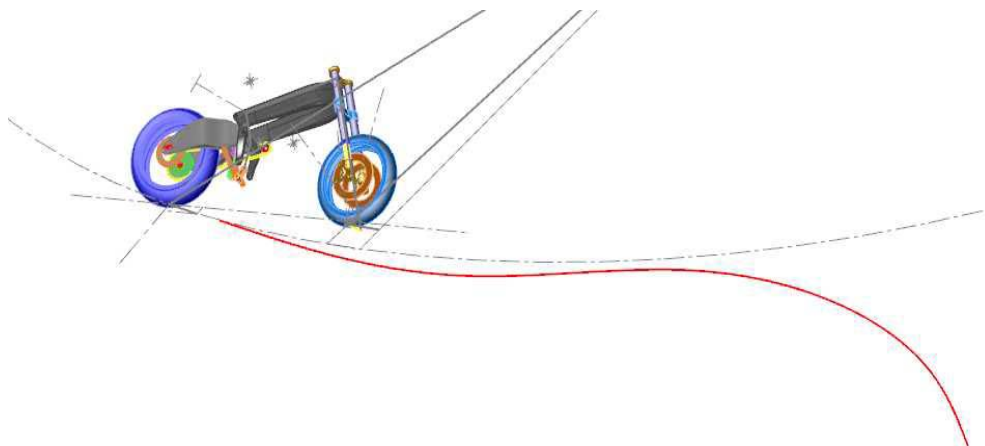


Figura 2.35 – Esempio di traiettoria descritta dalla ruota posteriore

La traiettoria, che è quindi l'incognita del problema, può essere scomposta in archi di circonferenza il cui raggio, quando si stia percorrendo un tratto rettilineo, tenderà ad infinito (Fig. 2.36).

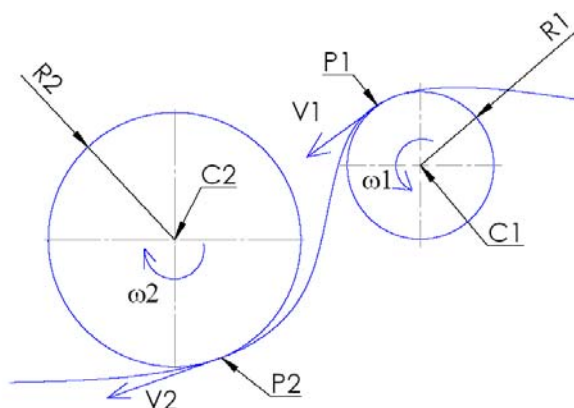


Figura 2.36 – Scomposizione della curva in archi di circonferenza

Istante per istante il giroscopio è in grado di determinare la velocità angolare rispetto al centro di rotazione (ω_i). A questo punto è possibile associare al valore di velocità lineare, proveniente dal sensore di cui si è detto al sottoparagrafo 2.3.2, il significato di modulo del vettore tangente alla traiettoria (V_i) nell'istante considerato, ed è così possibile risalire al raggio di curvatura (R_i).

Successivamente viene eseguita una integrazione numerica che porta a determinare lo spazio percorso e la posizione raggiunta in ogni intervallino di tempo in cui può essere diviso il giro. La curva chiusa che si ottiene corrisponde alla traiettoria teorica cercata, e viene utilizzata, come anticipato, come stima della mappa del circuito. Non si entra qui nel merito delle opzioni disponibili per la rifinitura grafica di questa mappa, che può venire suddivisa in un opportuno numero di settori per il calcolo degli intertempi. Si veda in proposito ancora la Figura 2.33.

Si vogliono qui solo più fare alcune considerazioni, proprio a riguardo dell'argomento mappe:

- le mappe calcolate non possono avere il valore di cartine topografiche del circuito, in quanto rappresentano la stima di una traiettoria che, tra l'altro, differirà sicuramente tra un giro ed un altro. Quindi devono essere considerate come una sorta di agevolazione grafica per la localizzazione del veicolo, durante la consultazione dei dati, anche in vista della stima degli intertempi e della possibilità di usufruire di alcune opzioni molto interessanti del software;
- la determinazione dello spazio percorso ai fini del calcolo della mappa risente di tutti i problemi già evidenziati riguardo alla determinazione della velocità del veicolo, anzi, né è conseguenza. Per cui è molto probabile che le curve appaiano come più tonde del previsto, in quanto con la moto in piega il sistema le calcola stimando una velocità più alta di quella reale e quindi ottiene uno spazio percorso maggiore;
- durante l'autocalibrazione si indica sostanzialmente al sensore quale sia la direzione verticale da considerare. I rilevamenti in tratti di pista fortemente in discesa od in salita possono risultare falsati, poiché tale direzione non è più normale al terreno;
- con il montaggio del giroscopio è possibile anche fare delle valutazioni riguardo ad eventuali sbandieramenti o derapate del veicolo (Fig. 2.37).

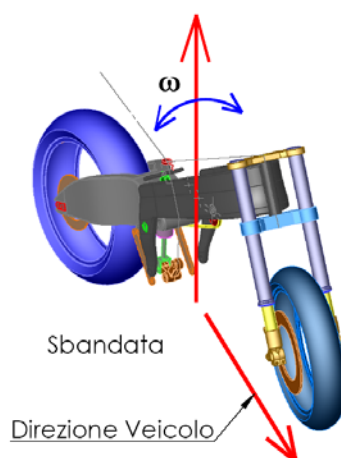


Figura 2.37 – Veicolo in fase di sbandata.

2.3.10 Temperatura e tensione di alimentazione dello strumento

Temperatura e tensione del *data logger* sono parametri standard inseriti nella dotazione. In particolare la temperatura è fondamentale quando si usano le termocoppie, in quanto essa rappresenta una buona approssimazione del *giunto freddo*. Inoltre conviene stare attenti al livello di tensione del sistema, in modo da evitare sorprese durante gli eventi.

Conclusioni

Sono stati descritti i principali parametri che si è ritenuto di monitorare in questa stagione, e dai quali, con procedure tipo quella che verrà descritta nel prossimo capitolo, si è cercato di estrarre il massimo delle informazioni possibili.

Alcune misurazioni particolari non sono state citate in quanto da un lato non si è trovato il tempo per analizzarle in modo davvero dettagliato, e dall'altro non si aveva nemmeno tutta l'esperienza per farlo, in particolar modo per quel che riguarda l'analisi della carburazione tramite l'osservazione della composizione dei gas di scarico e della loro temperatura.

Altri fattori, come la temperatura e la pressione dell'olio, sono stati gestiti a livello di allarmi sul dash board.

Per poter poi descrivere in modo più completo il comportamento cinematico del mezzo sarebbe stato interessante adottare anche un potenziometro lineare in parallelo all'ammortizzatore di sterzo, in modo da rilevare l'angolo di sterzata, ma questo tipo di applicazione è risultata troppo complicata a causa del limitato spazio a disposizione. Non è escluso un tentativo in futuro.