

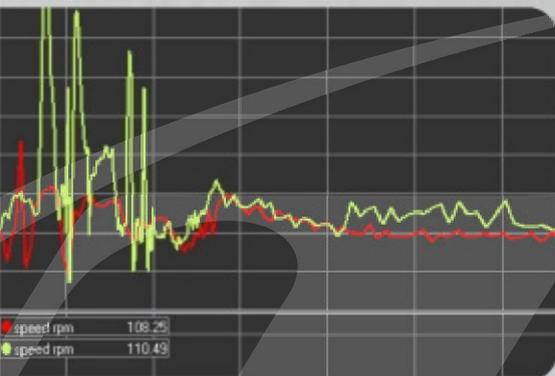


Racing Data Power

MODULO GPS

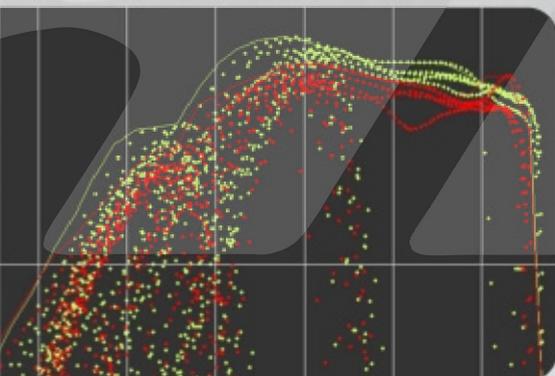
UNA RIVOLUZIONE NELL'ANALISI TECNICA DEL TUO KART

PROVE SU PISTA



LA PROVA

Test comparativo Morbidelli-Dovizioso



UNO STRUMENTO ESSENZIALE

Per migliorare la tecnica di guida e per perfezionare la messa a punto del kart

Data: 8 Novembre 2007

Pista: Cervia (RA)

Kart: VanSpeed Omega ICA 100

Motore: Maxter MX-L 100cc

Strumenti:

MyChron4 + Modulo GPS

ANALISI DINAMICA

RELEASE I.02



INDICE

INDICE	1
Test: analisi comparativa delle prestazioni di 2 piloti	2
La Prova	2
La mappa del tracciato vista da Google Earth	3
Morbidelli e Dovizioso.....	4
Time Compare.....	6
Analisi intermedi e ricerca di un errore	7
Diagramma G-G	12
Accelerazione Totale – Gsum.....	14
Slittamento.....	18
Raggio di curvatura della traiettoria	19
Velocità GPS	21
Accelerazione Laterale	22
Accelerazione Longitudinale.....	23
Analisi del tracciato.....	24
Tratto 1 – La Staccata.....	25
Tratto 2 – La Tecnica	29
Tratto 3 – La Prima delle Esse.....	33
Tratto 4 – La Seconda delle Esse	37
Tratto 5 – Il Canneto	41
Tratto 6 – La Variante	45
Tratto 7 – La Casaccia.....	46
Tratto 8 – Il Rampino.....	50
Tratto 9 – Il Primo Tornantino	55
Tratto 10 – Il Secondo Tornantino	60
Tratto 11 – La Curva dei Box	64
Tratto 12 – La Curva del Bar.....	68

Test: analisi comparativa delle prestazioni di 2 piloti

La collaborazione con TKart ci ha dato modo di analizzare dei dati provenienti dalla prova con due piloti di assoluto valore: Gianni Morbidelli ed Andrea Dovizioso.

Lo strumento utilizzato è un MyChron4 con Modulo GPS. Lo scopo di questo documento è di illustrare i risultati di alcune delle analisi rese possibili da una coppia di strumenti di così facile e veloce installazione.

La Prova

Il tracciato scelto per la prova, avvenuta l'11-09-07, è quello di Cervia (figura poco più avanti). La rappresentazione della pista è fatta a partire da un'immagine presa dal sito web: www.happyvalleykart.com, ci sarà utile perché useremo la stessa suddivisione presentata in figura nell'analisi del tracciato che stiamo per leggere.

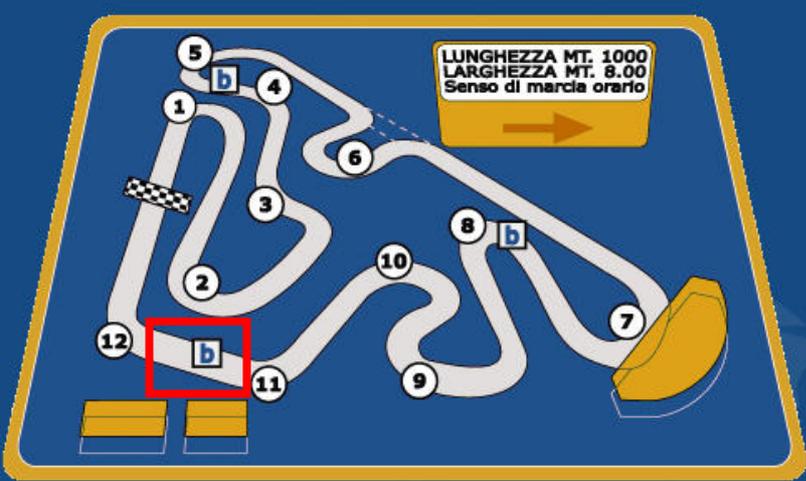
Si noti in figura come il posizionamento delle bande magnetiche non include il traguardo dei cronometristi. Questo ci obbligherà all'utilizzo di qualche funzione in più del software di analisi.

Per le nostre prove in pista abbiamo scelto di utilizzare come riferimento la terza banda magnetica sul tracciato, in quanto è la più vicina al traguardo dei cronometristi (evidenziata dal rettangolo rosso in figura).

Abbiamo quindi impostato il MyChron4 in modo da considerare, all'uscita dal box la terza banda magnetica come traguardo effettivo, le altre come intermedi.

Le curve del circuito

- 1 - La Staccata
- 2 - La Tecnica
- 3 - La Prima della Esse
- 4 - La Seconda della Esse
- 5 - Il Canneto
- 6 - La Variante (omessa nelle competizioni per formare il rettilineo)
- 7 - La Casaccia
- 8 - Il Rampino
- 9 - Primo Tornantino
- 10 - Secondo Tornantino
- 11 - Curva dei Box
- 12 - Curva del Bar



LUNGHEZZA MT. 1000
LARGHEZZA MT. 8.00
Senso di marcia orario

Sul tracciato sono inoltre presenti 3 bande magnetiche (**b**) per sistemi telemetrici Alfano e AIM.

Tra i due piloti, Morbidelli gira circa 4 decimi più veloce. Cerchiamo di capire dove guadagna su Dovizioso e se c'è qualche punto in cui invece perde.

Per ogni pilota prendiamo in considerazione i tre giri migliori, in modo da evitare eventuali abbagli legati a condizioni fortunate nel singolo giro veloce.

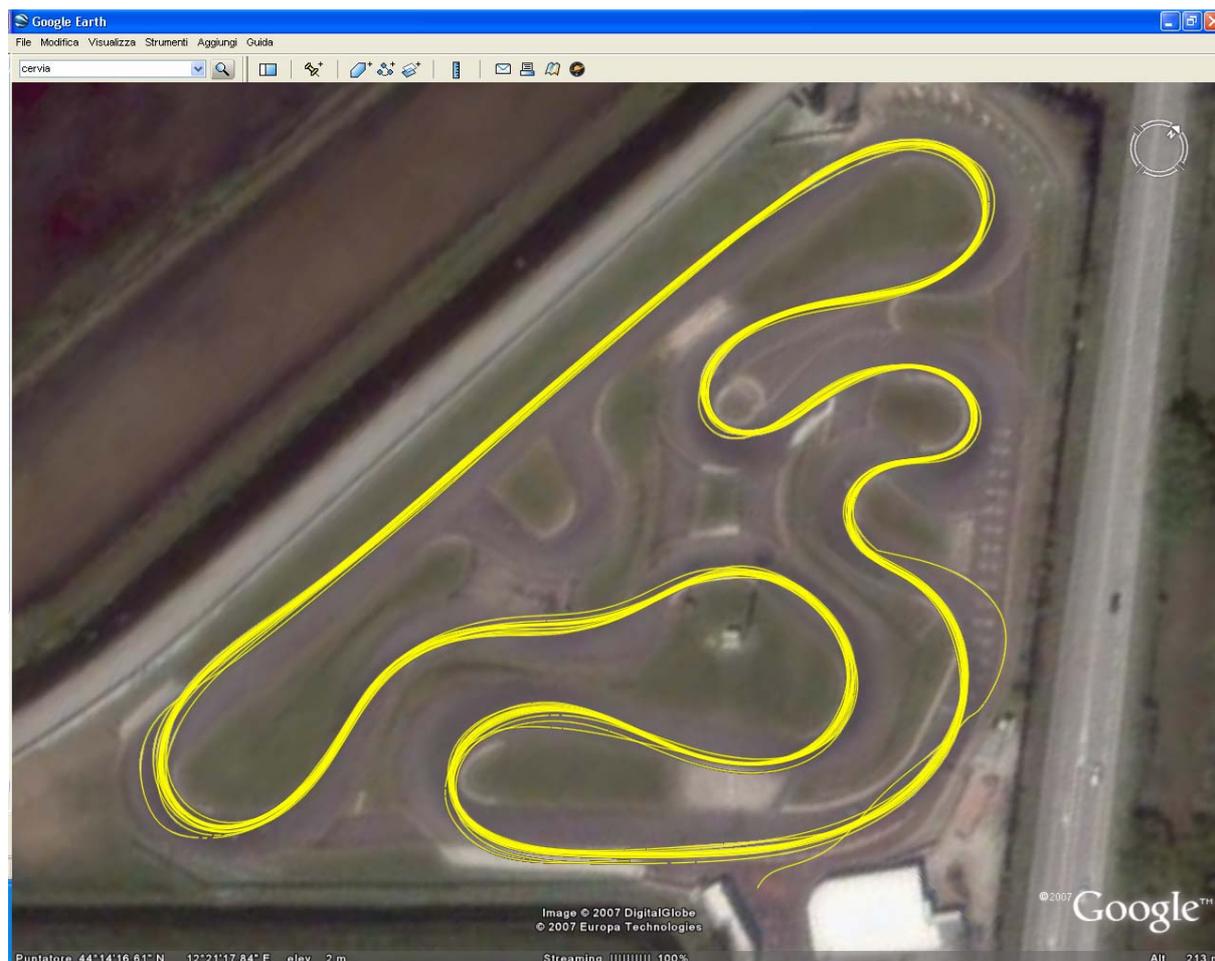
Analizziamo i grafici di velocità GPS (affidabilissima!), accelerazione laterale e accelerazione longitudinale, traendone considerazioni sul comportamento del veicolo e del pilota. Calcoliamo e studiamo anche la curvatura della traiettoria, lo slittamento e la somma delle accelerazioni laterale e longitudinale.

Dei tre giri migliori analizziamo anche le traiettorie percorse curva per curva, cercando di capire i segreti della pista. Preannunciamo che parleremo di un tracciato estremamente tecnico e di difficile interpretazione.

Facciamo anche l'analisi dei tempi sul giro e degli intertempi, per cercare di capire eventuali margini di miglioramento di ogni pilota.

La mappa del tracciato vista da Google Earth

Grazie alla possibilità di esportare i dati su Google Earth avremo uno strumento in più per associare ai dati mostrati sui grafici un posizionamento davvero molto realistico.



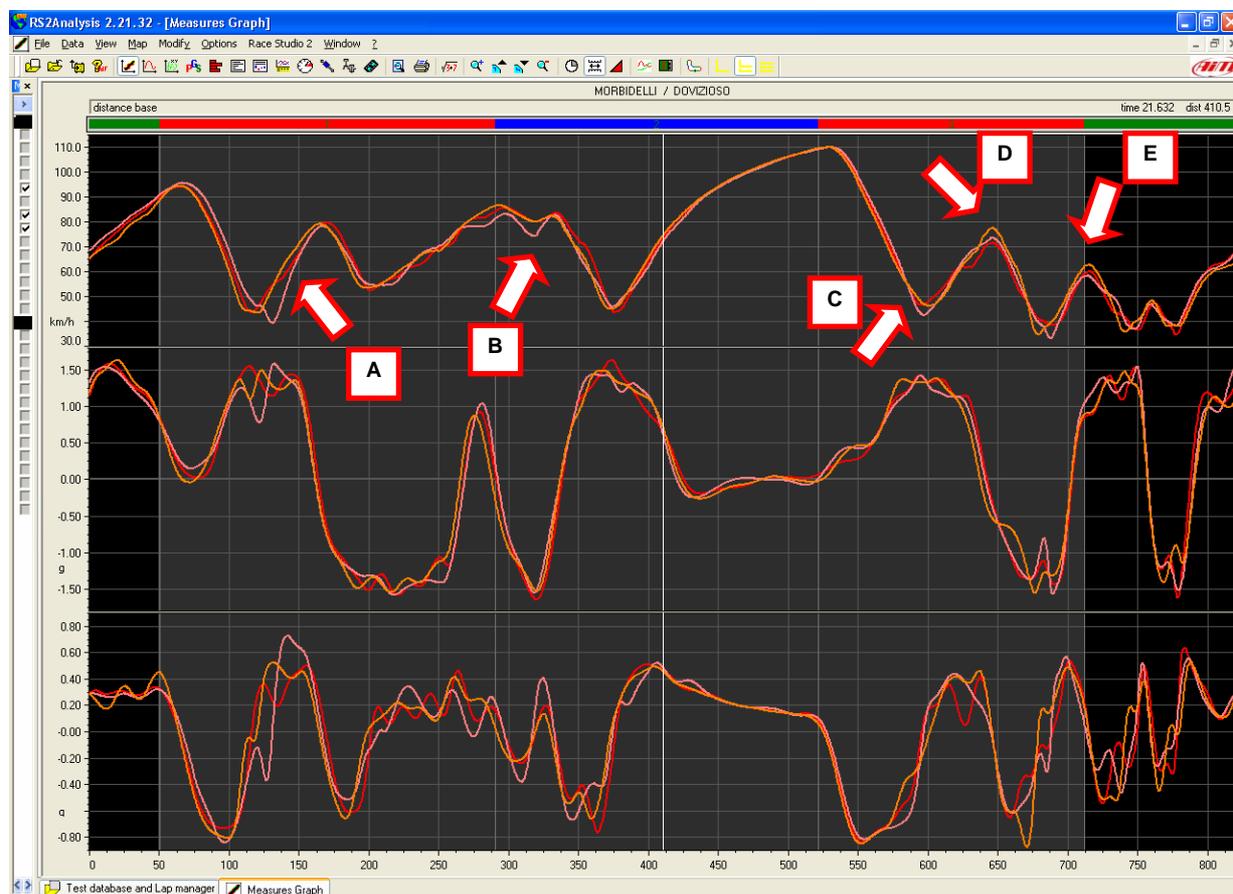
Morbidelli e Dovizioso

Dall'analisi dei grafici delle misure vediamo come Morbidelli non riesca a girare in maniera costante. Dovizioso ha evidenziato una maggiore tendenza alla costanza rispetto a Morbidelli, anche se ha fatto fatica a digerire qualche curva (freccie rosse nelle prossime due figure: quando i segnali delle misure non si sovrappongono vuol dire che il comportamento in pista è stato differente).

Il non riuscire ad essere costanti può voler dire molte cose: che magari la pista lo rende particolarmente difficile, che magari l'assetto del veicolo può essere migliorato, che magari il pilota è stanco. In questo caso la non costanza indica che i due sentivano molto la competizione e che sono andati all'attacco di ogni curva, giro dopo giro, alla ricerca del limite, fino ad andare leggermente oltre (e, in alcuni casi, sbagliare). Rendere ripetibile le proprie prestazioni è il punto fondamentale per andare forte, ed i nostri due piloti lo sanno benissimo ma una sfida è pur sempre una sfida, e perdere non piace a nessuno.

Nei grafici seguenti mostreremo in rosso il giro migliore di Morbidelli (giro 8: 45,320), in rosa il secondo miglior tempo (giro 9: 45,380) ed in arancio il terzo (giro 7: 45,460). A colpo d'occhio abbiamo simpaticamente "criticato" Morbidelli per la poca costanza nella maggior parte del tracciato: in particolare, secondo il disegno della pista appena mostrato, si mettono in evidenza le curve:

- A - La percorrenza della Staccata.
- B - Il passaggio dalla Prima delle Esse alla Seconda delle Esse.
- C - La staccata della Casaccia.
- D - I Tornantini.
- E - L'ingresso della Curva dei Box.

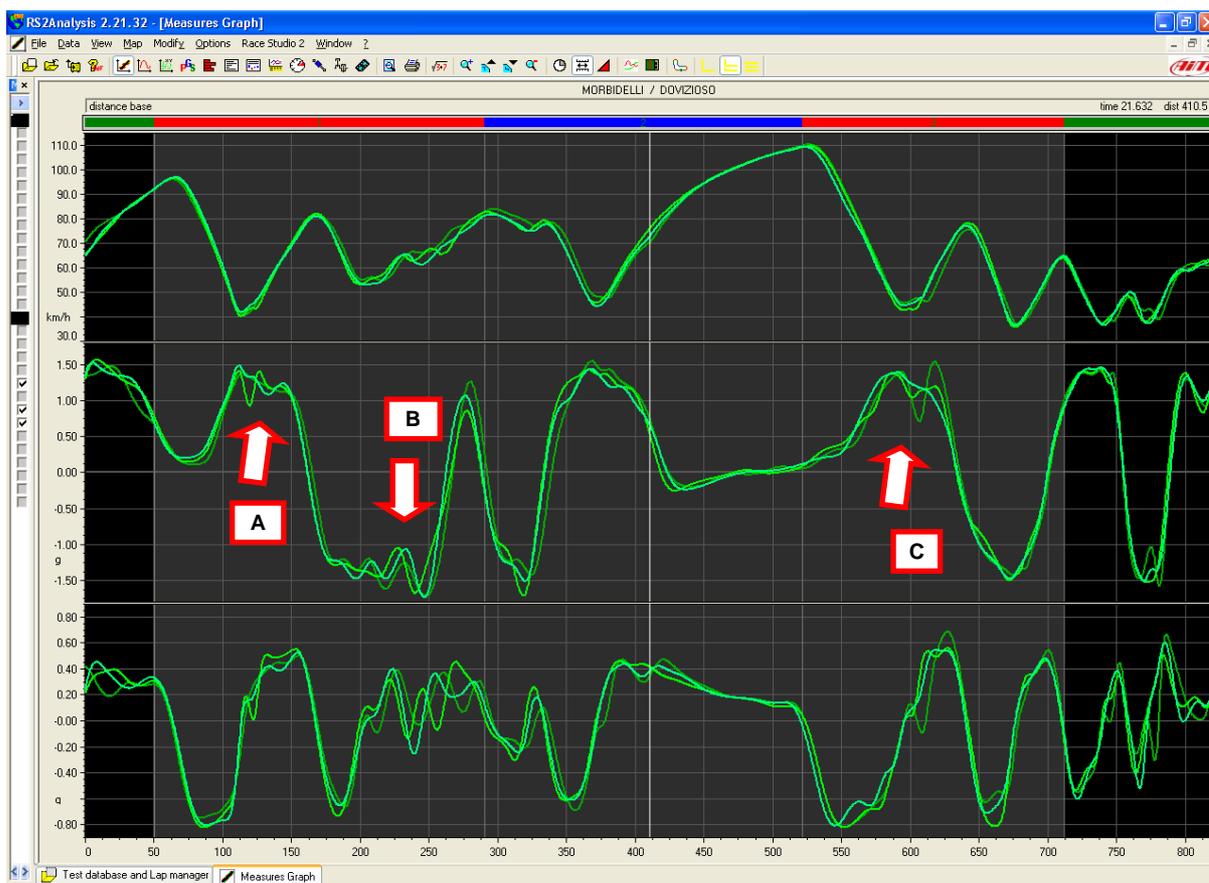


Nei grafici mostreremo in verde scuro il giro migliore di Dovizioso (giro 14: 45,730), in verde chiaro il secondo miglior tempo (giro 11: 45,900) ed in verde acqua il terzo (giro 12: 45,970).

Ci preme mettere in evidenza che la differenza percentuale tra i due è al di sotto del 1% e che quindi si tratti di due piloti di sicura comparabilità.

Secondo il disegno della pista appena mostrato, si mettono in evidenza come differente percorrenza le curve:

- A - L'ingresso della Staccata.
- B - L'uscita della Tecnica e ingresso della Prima delle Esse.
- C - La percorrenza della Casaccia.



Time Compare

Qualche consiglio per l'uso del Time Compare: il giro più veloce viene mostrato come linea orizzontale di confronto (rosso di Morbidelli), mentre le altre linee (i colori corrispondenti ai giri negli altri grafici) evidenziano l'accumularsi del distacco quando vanno verso l'alto e il suo diminuire se vanno verso il basso rispetto al giro più veloce. Il Time Compare viene mostrato in basso nel grafico delle misure dal Race Studio Analysis, in modo da capire, analizzando i segnali delle misure mostrate poco sopra, il motivo della differenza tra i due piloti.

Nel cercare di capire dove si accumuli il distacco, bisogna confrontare due tratti ad andamento piatto, soprattutto se si stanno confrontando due piloti dalla tendenza ad affrontare le curve in modo differente come, nel nostro caso, un motociclista ed un pilota di auto. Capita molto spesso infatti che i piloti scelgano modi differenti di affrontare delle curve, chi sacrifica l'ingresso per uscire veloce, chi entra forte a scapito della velocità di uscita. Questo provoca un andamento "a gobbe" del grafico del time compare che potrebbe trarre in inganno (freccie rosse in figura). Per una corretta lettura del Time Compare bisogna sempre fare il consuntivo tra ingresso ed uscita di curva.

Vediamo subito i tre giri di Morbidelli (in rosso, rosa ed arancio nella prossima figura). Nel giro più veloce (in rosso) ha affrontato molto bene la prima parte del tracciato (fino alla staccata della Casaccia), mentre nella seconda parte del tracciato non ha saputo nel giro veloce esprimersi come negli altri due giri.

Confrontando Morbidelli con Dovizioso si vede nuovamente che Morbidelli riesce ad avere la meglio nella prima parte del tracciato, mentre nella seconda parte Dovizioso riesce a recuperare. Si vede infatti che le linee verdi vanno verso il basso verso la fine del diagramma, avvicinandosi alla retta del giro di riferimento.



Analisi intermedi e ricerca di un errore

L'analisi dei tempi sui traguardi intermedi del tracciato ci consente di vedere che Morbidelli, a differenza di Dovizioso, avrebbe potuto essere leggermente più veloce con un tempo di 45,190. Dovizioso invece è riuscito ad offrire il meglio delle proprie prestazioni in un giro singolo.

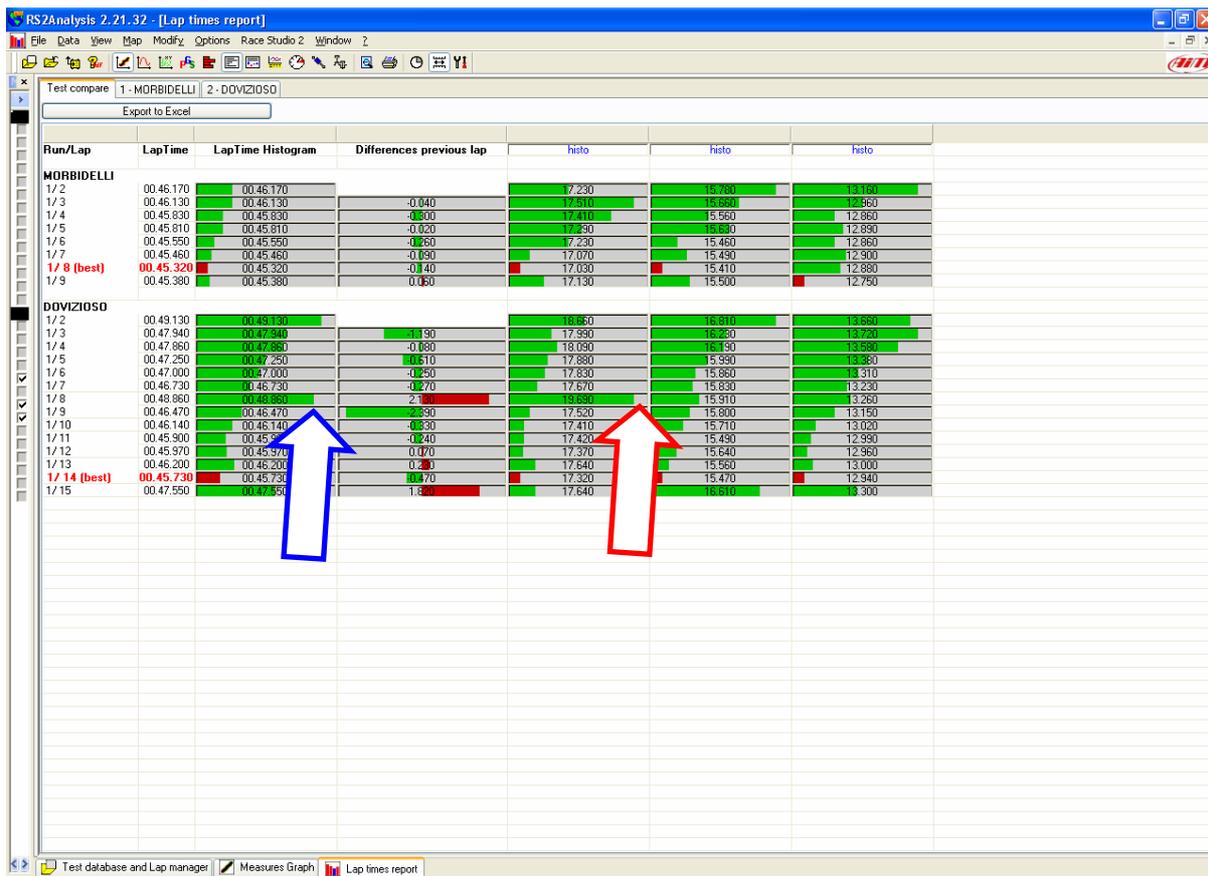
Gli intermedi più veloci sono evidenziati in blu nella finestra di analisi intermedi (indicati dalle frecce rosse in figura).

Gli istogrammi dei tempi sul giro (indicati dalla freccia blu) indicano che Morbidelli (in alto) è andato migliorando in prestazione costantemente giro dopo giro. Guardando gli istogrammi di Dovizioso si nota che è andato anche lui migliorando inizialmente, ma la ricerca del limite lo ha portato nei giri finali a scendere sotto il 46,000 per poi risalire per poi scendere al definitivo 45,730.

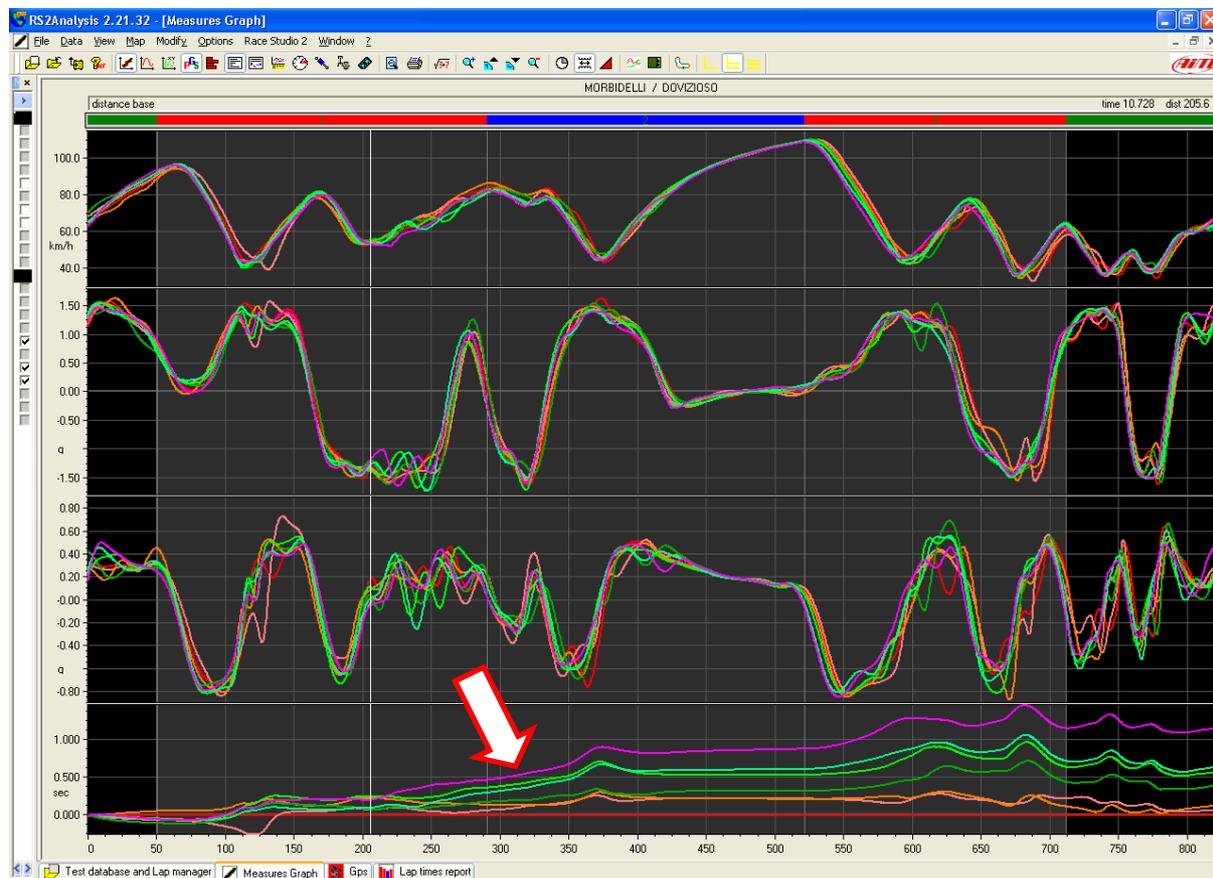
Run/Lap	LapTime	LapTime Histogram	Differences previous lap	histo	histo	histo
MORBIDELLI						
1/2	00:46:170			17.230 [s]	33.010 [s]	46.170 [s]
1/3	00:46:130		-0.040	17.510 [s]	33.170 [s]	46.130 [s]
1/4	00:45:830		-0.300	17.410 [s]	32.970 [s]	45.830 [s]
1/5	00:45:810		-0.020	17.290 [s]	32.920 [s]	45.810 [s]
1/6	00:45:550		-0.260	17.230 [s]	32.690 [s]	45.550 [s]
1/7	00:45:460		-0.090	17.070 [s]	32.560 [s]	45.460 [s]
1/8 (best)	00:45:320		-0.140	17.030 [s]	32.440 [s]	45.320 [s]
1/9	00:45:380		0.060	17.130 [s]	32.630 [s]	45.380 [s]
1/10	00:47:250		1.870	17.400 [s]	33.800 [s]	47.250 [s]
DOVIZIOSO						
1/2	00:49:130			18.660 [s]	35.470 [s]	49.130 [s]
1/3	00:47:940		-1.190	17.980 [s]	34.220 [s]	47.940 [s]
1/4	00:47:860		-0.080	18.090 [s]	34.280 [s]	47.860 [s]
1/5	00:47:250		-0.610	17.880 [s]	33.870 [s]	47.250 [s]
1/6	00:47:000		-0.250	17.830 [s]	33.690 [s]	47.000 [s]
1/7	00:46:730		-0.270	17.670 [s]	33.500 [s]	46.730 [s]
1/8	00:46:850		0.120	19.690 [s]	35.600 [s]	46.850 [s]
1/9	00:46:470		-0.380	17.520 [s]	33.320 [s]	46.470 [s]
1/10	00:46:140		-0.330	17.410 [s]	33.120 [s]	46.140 [s]
1/11	00:45:900		-0.240	17.420 [s]	32.910 [s]	45.900 [s]
1/12	00:45:970		0.070	17.370 [s]	33.010 [s]	45.970 [s]
1/13	00:46:200		0.230	17.640 [s]	33.200 [s]	46.200 [s]
1/14 (best)	00:45:730		-0.470	17.320 [s]	32.790 [s]	45.730 [s]
1/15	00:47:550		1.820	17.640 [s]	34.250 [s]	47.550 [s]
1/16	00:50:330		2.780	17.790 [s]	35.900 [s]	50.330 [s]

Nella prossima figura abbiamo eliminato il giro 10 di Morbidelli ed il giro 16 di Dovizioso (gli ultimi due giri di entrambi) in quanto visibilmente giri di rallentamento. Per Dovizioso si nota che ha fatto un giro in 48,860 (evidenziato dalla freccia blu in figura). Si tratta di un tempo molto lento. Che cosa è successo? Ha rallentato per raffreddare le gomme? Ha fatto un errore?

L'analisi degli istogrammi dei singoli settori ci evidenzia (freccia rossa nella prossima figura) che nel primo settore ha fatto un errore, mentre i tempi degli altri due settori rispecchiamo quelli dei tempi sul giro e sono, abbastanza regolarmente, in discesa. Andiamo a vedere più in dettaglio che cosa è successo nel giro "incriminato" nel primo settore utilizzando gli altri dati a disposizione.



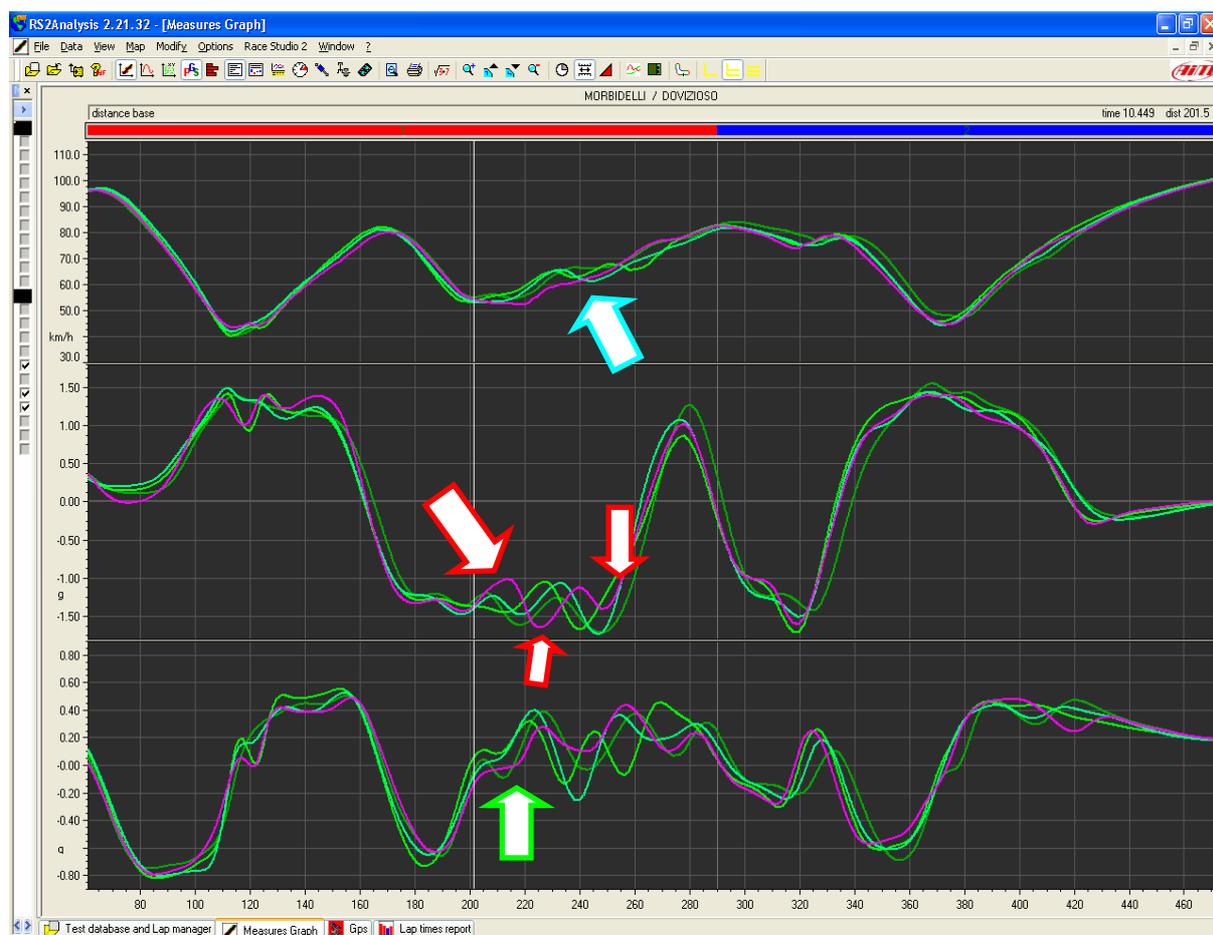
La prima schermata che dobbiamo guardare è quella del Time Compare.
Sovrapponiamo in viola il giro 8 di Dovizioso, con l'errore, agli altri giri che già stiamo guardando. Il confronto evidenzia che c'è un tratto di pista tra i 250 e i 350 metri in cui il distacco sale in maniera costante (freccia rossa nella prossima figura), c'è stato un errore poco prima del 250 metri pagato caramente in tutto il pezzo successivo.



Lasciamo sul grafico delle misure solo quelle di Dovizioso. Guardando il diagramma dell'accelerazione laterale vediamo (freccia rossa in figura) un picco verso zero indice di una sbandata, ed un picco successivo verso il basso di accelerazione laterale in ripresa di aderenza: non appena riprende aderenza il kart la riperde. Questa stessa sbandata (freccia verde in figura) ha implicato una lunga perdita di tempo, impiegato per controllare il veicolo, in cui è venuta meno la possibilità di accelerare.

Ricordiamo che l'accelerazione laterale è negativa nelle curve a sinistra quindi i picchi verso l'alto (cioè verso zero) indicano un calo di accelerazione laterale.

Anche negli altri giri è andato un po' oltre il limite, ma in questo giro analizzato ha proprio esagerato e non è più stato in grado di prendere velocità (freccia azzurra in figura).



L'analisi della traiettoria ci evidenzia i due punti (freccie rosse in figura) in cui il veicolo ha perso aderenza e si è spostato dall'interno della curva (appaiato con le traiettorie degli altri giri) verso l'esterno lungo la tangente alla curva stessa.

La mappa riassuntiva in piccolo (in basso a sinistra nella figura) ci indica il "luogo del misfatto": la Tecnica.

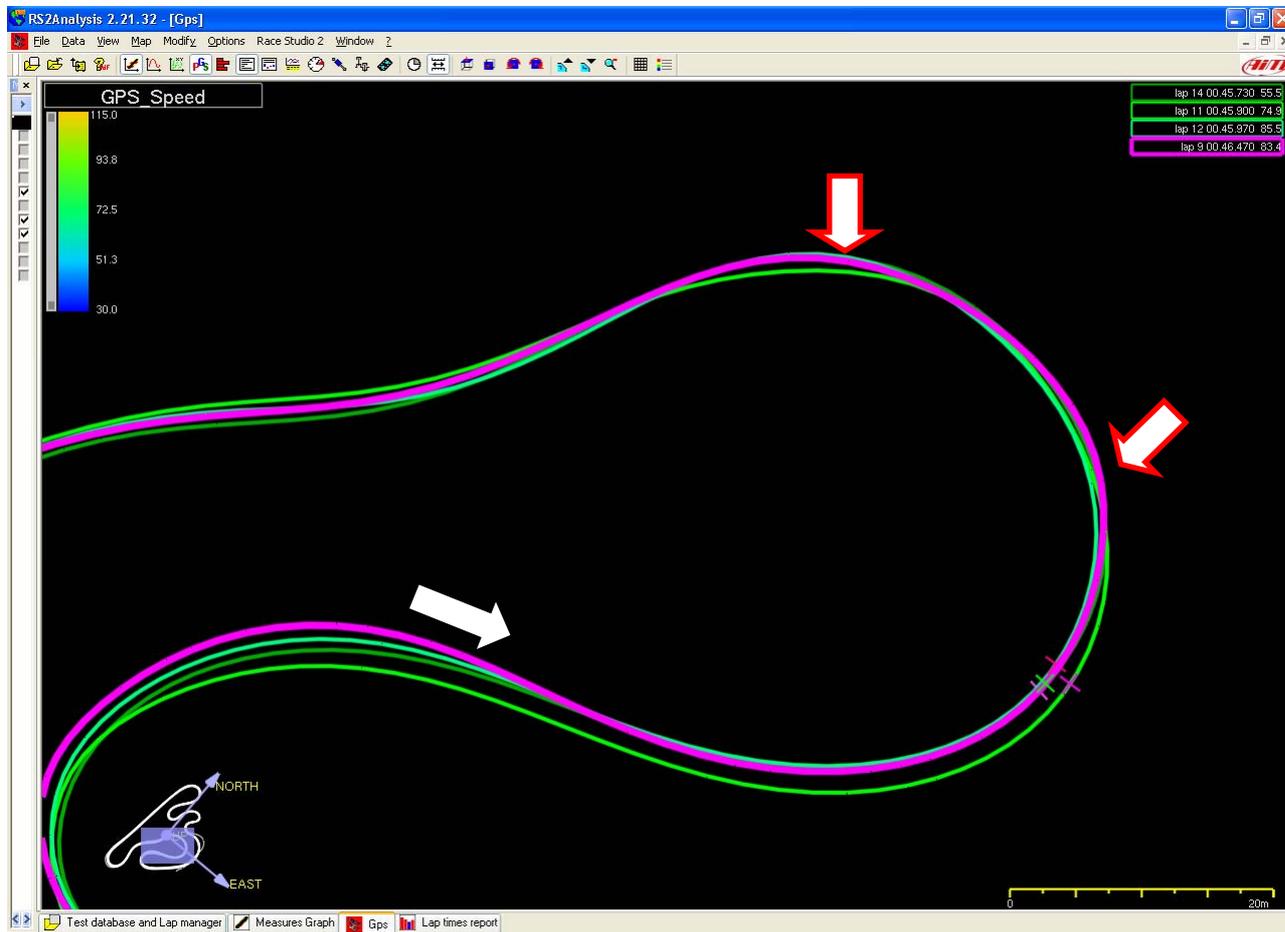
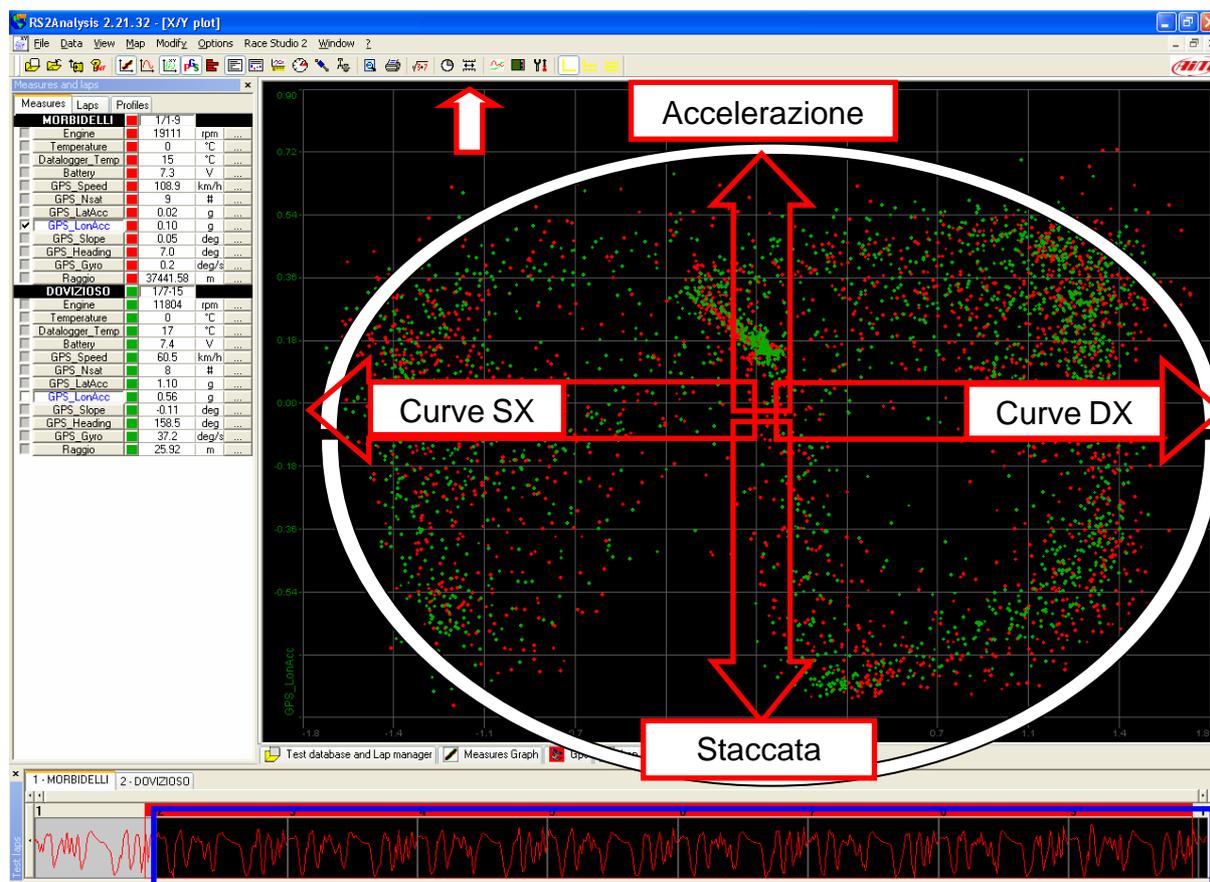


Diagramma G-G

L'utilizzo di questo grafico è legato all'aderenza che il veicolo è in grado di esprimere, ed a quanta parte ogni pilota ne usi. La teoria dice che l'aderenza massima è disposta lungo un cerchio: più il pilota sta vicino alla circonferenza limite più sfrutta l'aderenza del veicolo. Vedremo meglio, curva per curva, come "leggere" questo diagramma. Per ora facciamo considerazioni sul complessivo della prova.

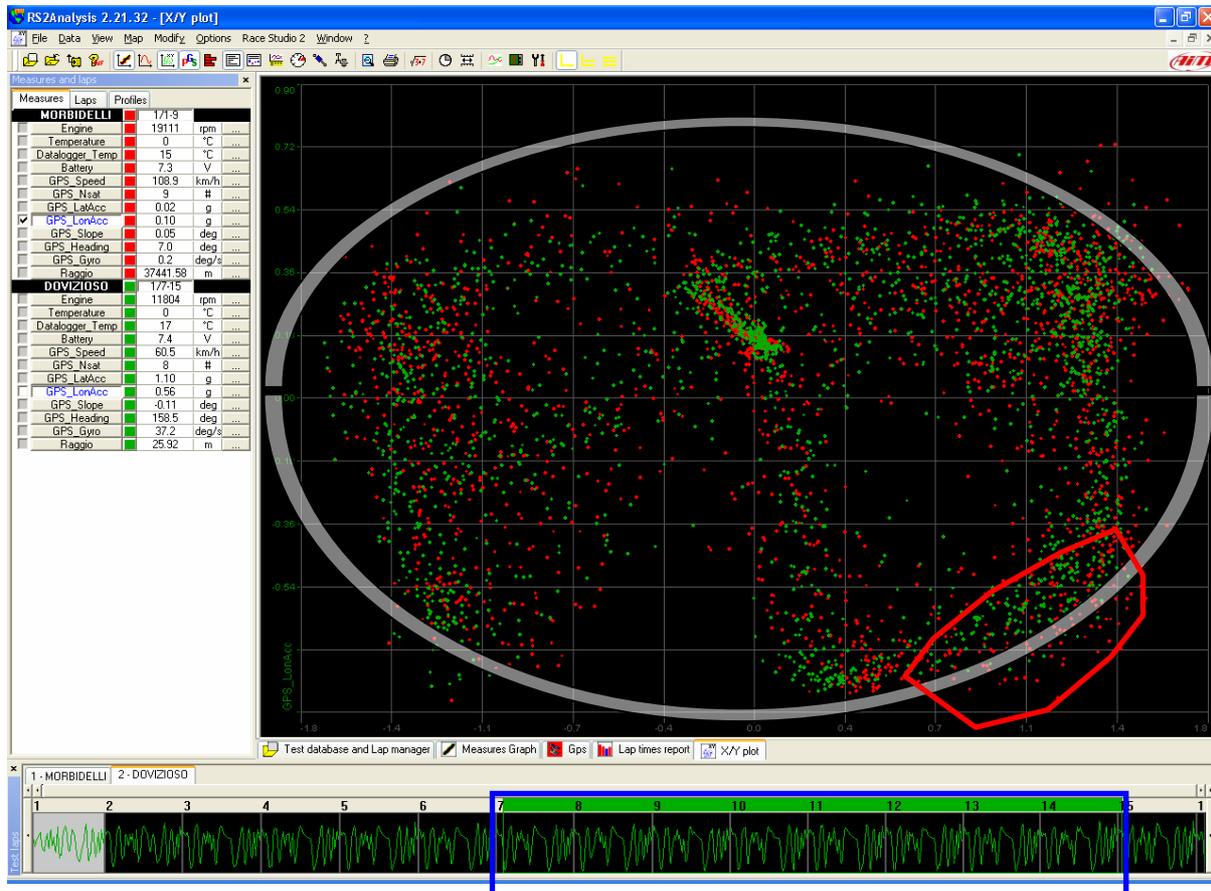
Si noti come per effettuare questa analisi siamo passati in modalità Snap OFF del software (freccia rossa in figura) ed abbiamo considerato un intervallo molto grande, centrato per i due piloti sui giri più veloci (rettangolo blu in figura).

Il motivo dell'utilizzo di un intervallo più grande è di avere dati numericamente sovrabbondanti.



Il grafico mette in evidenza che non ci sono macroscopiche differenze tra i due piloti, salvo le fasi di inserimento delle curve verso destra (area evidenziata in rosso in figura) in cui Morbidelli riesce a sfruttare al meglio l'aderenza del veicolo. Ad onore del vero la differenza con Dovizioso è proprio minima.

La prossima figura rappresenta lo stesso tratto di pista della precedente, abbiamo solo cambiato la cartelletta nella finestra in basso per evidenziare l'intervallo scelto nella prova di Dovizioso.



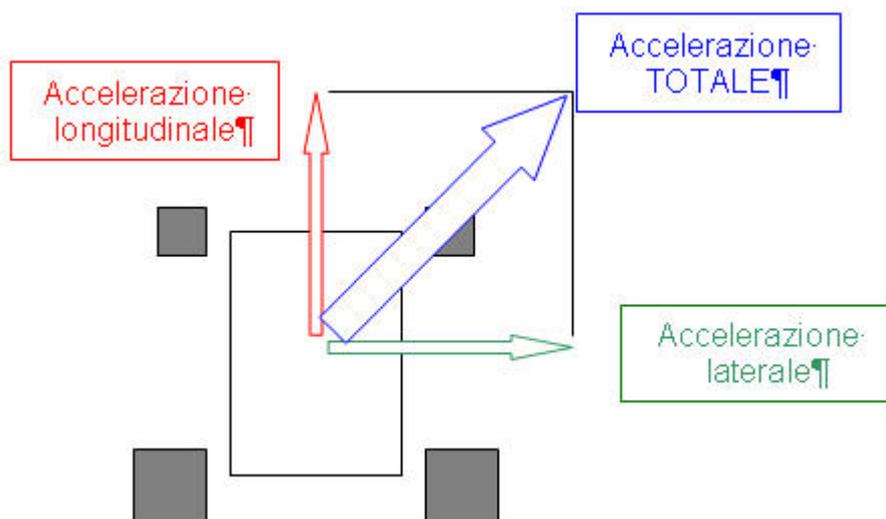
Accelerazione Totale – Gsum

Andremo meglio in dettaglio nel seguito, ma possiamo dire che l'analisi del diagramma G-G serve per capire graficamente l'importanza di mantenersi vicino alla circonferenza di attrito massimo per sfruttare al meglio l'aderenza messa a disposizione dal veicolo. Possiamo calcolare quindi, come illustrato nella figura seguente, la somma delle due accelerazioni in modo da vedere sul grafico delle misure se e come ci si riesca ad avvicinare all'aderenza massima. Vedremo anche che sfruttare al meglio il veicolo paga in termini di tempo sul giro.

L'accelerazione totale (rappresentata graficamente nella prossima figura) può essere calcolata con un canale matematico dalla formula

$$\sqrt{\text{AccelerazioneLaterale}^2 + \text{AccelerazioneLongitudinale}^2}$$

che in Race Studio Analysis viene tradotta in un canale matematico chiamato **Gsum**
 $\text{sqrt}((\text{GPS_LatAcc}^2) + (\text{GPS_LonAcc}^2))$.

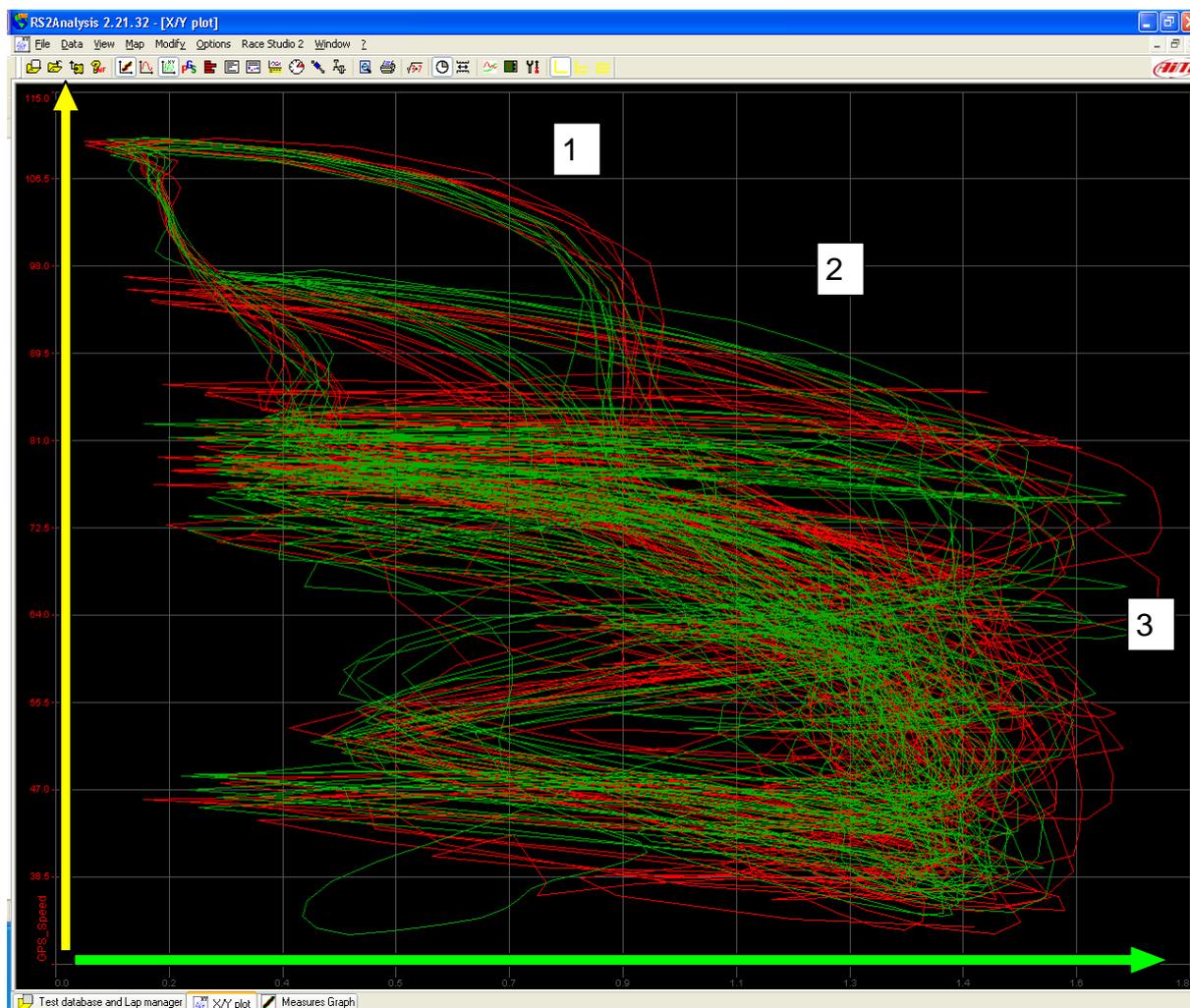


Mettiamo in un grafico XY il Gsum sull'asse orizzontale (X) e la velocità sull'asse verticale (Y) e vediamo l'analisi effettuata sul complessivo dei due giri più veloci dei due piloti.

Nella parte alta del grafico vedremo i tratti a velocità elevata (crescenti lungo la freccia gialla in figura). Più si scende nel grafico minore è la velocità. Più invece ci si avvicina alla parte destra del grafico (lungo la freccia verde in figura) maggiore è lo sfruttamento dell'aderenza del veicolo. Si intuisce che, essendo l'aderenza del veicolo sfruttata in curva, i tratti verso destra (punto 3) sono più in basso di quelli a sinistra (punto 1) perché... sembra ovvio, le curve vengono affrontate a velocità inferiore ai rettilinei.

I tratti vicini al punto 1 (alta velocità e bassa accelerazione totale) in figura sembrano indicare che Morbidelli (in rosso) sfrutta più aderenza ad alta velocità; nei tratti vicini al punto 2 (velocità ed accelerazioni medie) sembra che Dovizioso sia più veloce, mentre nei tratti vicini al punto 3 (bassa velocità) Morbidelli riesce ad esprimere una maggiore accelerazione totale.

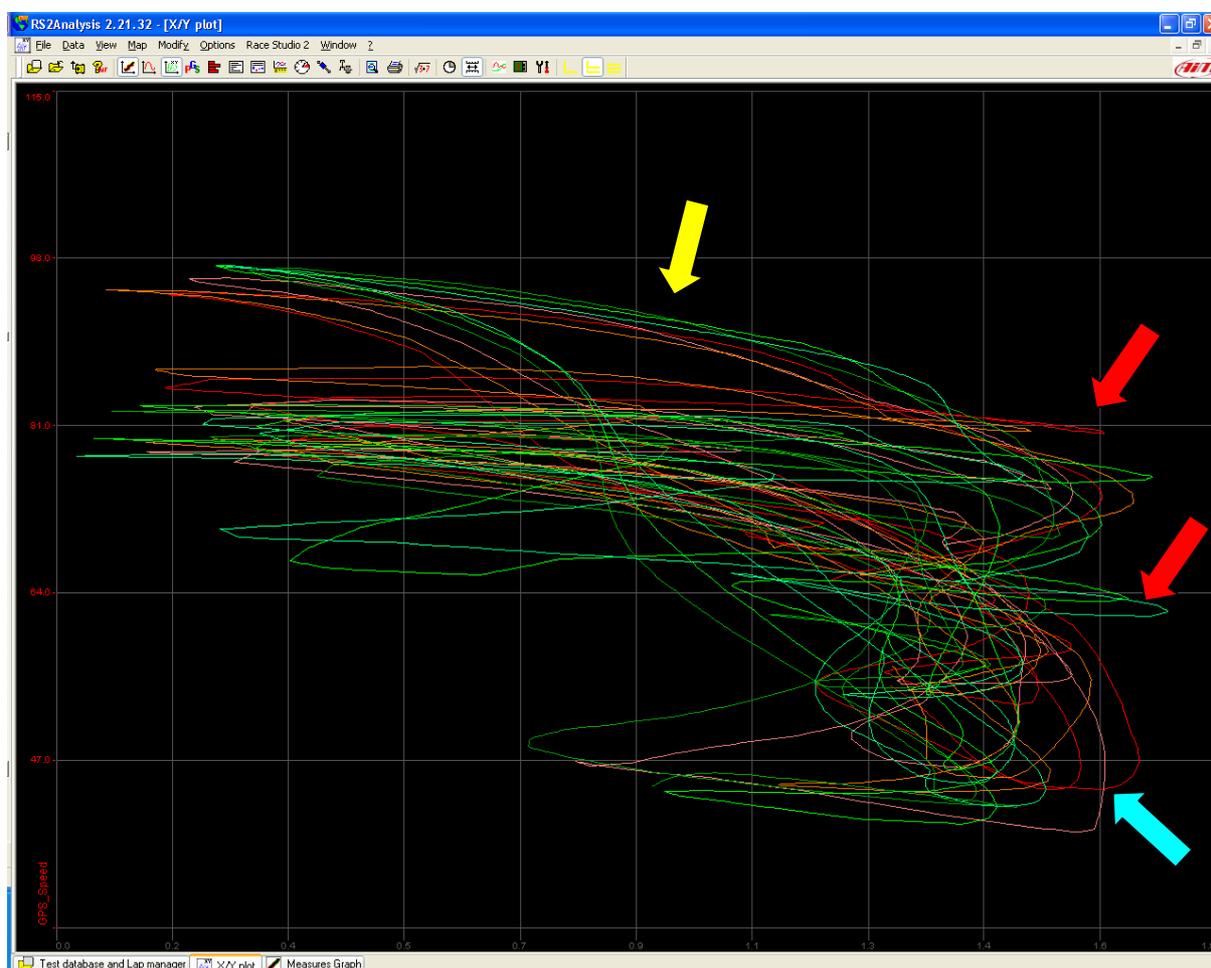
Ricordiamo che grande accelerazione totale vuol dire: una staccata molto forte, una curva affrontata in aderenza e molto veloce, un frangente in cui freniamo e curviamo al limite.



Secondo quanto visto nell'analisi del Time Compare, nella prima metà del tracciato Morbidelli ha fatto la differenza, mentre nella seconda è stato Dovizioso a recuperare parzialmente.

Applicando questo grafico alla prima metà del tracciato, vediamo che è Dovizioso ad usare leggermente più accelerazione nei tratti a media velocità (freccia gialla in figura, in cui le linee verdi di Dovizioso sono più a destra), ma la vera differenza tra i due è evidenziata nei tratti a forte accelerazione totale (freccia azzurra in figura, in cui le linee rosse di Morbidelli sono molto più a destra). L'analisi sembra dire che la differenza nella prima metà del tracciato può essere fatta a bassa velocità. Questo evidenzia che Morbidelli è stato leggermente più bravo ad usare il veicolo nei frangenti che abbiamo appena detto: curve in aderenza e staccate in curva.

I picchi verso destra evidenziati dalle frecce rosse indicano tratti in cui si raggiunge una forte accelerazione totale per abbandonarla subito; questi picchi sono indicativi di fenomeni di ripresa di aderenza laterale del kart successivi alle sbandate da sovrasterzo, quindi non sono molto utili al nostro confronto tra i due piloti.



Nella seconda metà del tracciato vediamo come Morbidelli usi meglio l'aderenza ad altissima velocità (freccia gialla in figura, in cui le linee rosse di Morbidelli sono più a destra). L'unico tratto in cui ci si può trovare è la staccata della Casaccia: questo è l'ultimo punto in cui Morbidelli guadagna sensibilmente rispetto a Dovizioso, gestendo meglio la prima parte della staccata.

Nei tratti meno veloci (freccia azzurra, in cui le linee verdi di Dovizioso sono più a destra) invece è Dovizioso che sfrutta meglio l'aderenza del veicolo: rimane nella parte destra del grafico per tratti più ampi, mentre Morbidelli in due giri su tre raggiunge un'alta accelerazione totale solo per dei picchi verso destra legati a sbandate.

Evidenziamo quindi ancora una volta che per andare forte bisogna rimanere nella parte destra di questo grafico, cioè sfruttare l'aderenza che il kart ci offre.



Slittamento

Misurare la velocità con il GPS (la misura è realmente molto accurata!) ed avere la misura degli RPM ci consente di mettere a confronto i due canali e di vedere come sfruttare lo slittamento in uscita di curva oppure di capire se il pilota blocca il posteriore (è vero che a bordo pista lo si vede benissimo) e **quanto** lo blocchi (sfidiamo chiunque a farlo a bordo pista!).

Per calcolare lo slittamento abbiamo inserito il canale matematico:

“Engine/GPS_Speed”

Da questo canale ci aspettiamo valori numericamente molto elevati: intorno ai 17600 RPM si viaggia a 100 km/h, quindi in questo frangente il calcolo dà 176. Se immaginiamo che intorno ai 100 km/h il kart non slitti (ci mancherebbe!) possiamo modificare la formula del canale matematico in:

“(Engine/GPS_Speed)/176”

In questo modo il canale ci fornirà un valore pari a 1 in assenza di slittamento (freccia rossa in figura), superiore a 1 quando il kart slitta (freccia azzurra, il motore gira più velocemente rispetto alla velocità istantanea rilevata), leggermente inferiore a 1 in caso di frenata (freccia verde, il motore gira più lentamente rispetto alla velocità), molto inferiore a 1 in caso di staccata vicina al bloccaggio (le frecce gialle mostrano alcuni punti in cui il motore gira molto più lentamente rispetto alla velocità).

Questa procedura si chiama “normalizzazione”: fate attenzione ai cambi di rapporto pignone/corona: il numero 176, che qui può sembrare magico, andrà ricalcolato come illustrato poco sopra.

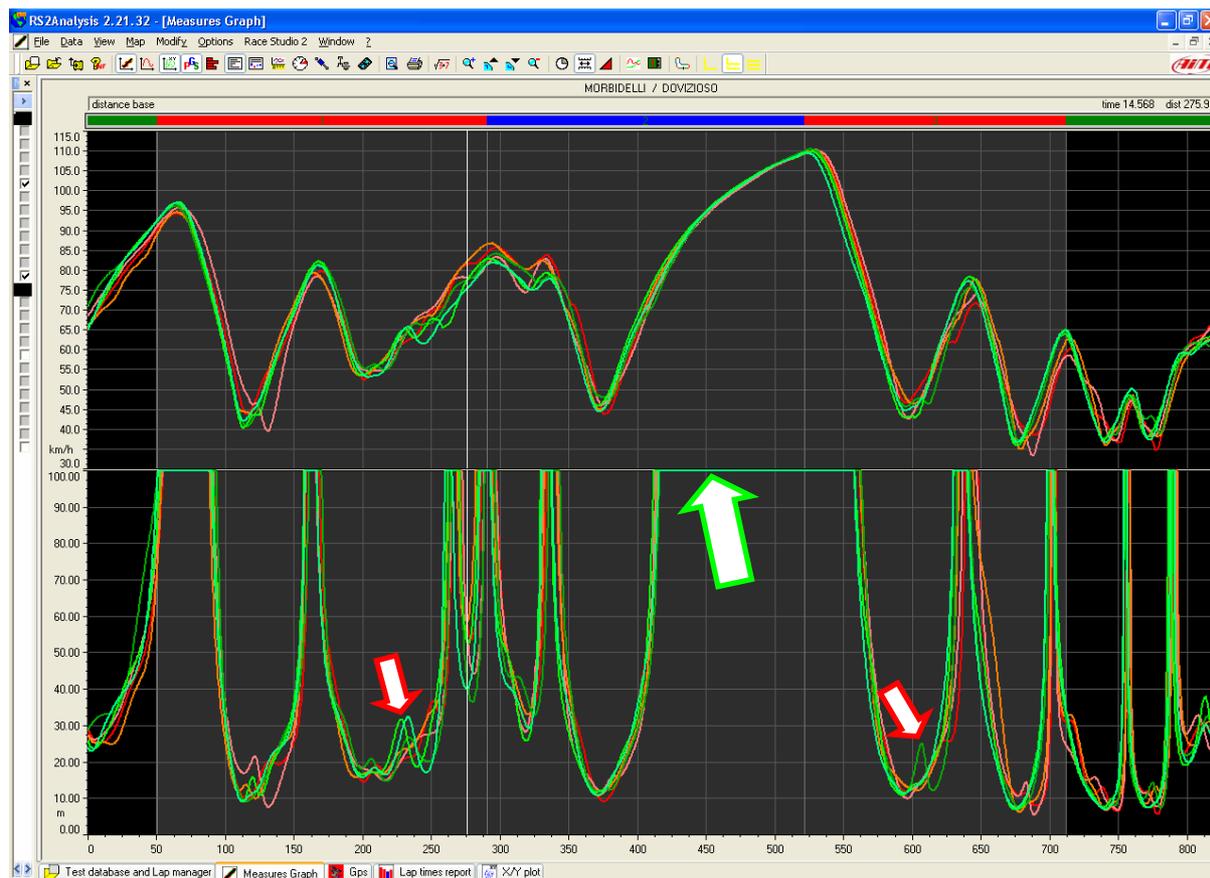


Raggio di curvatura della traiettoria

Ci siamo chiesti quale sia il raggio di curvatura espresso dalle traiettorie dei due piloti. Il raggio di curvatura della traiettoria può essere calcolato con un canale matematico dalla formula: "GPS_Speed / GPS_Gyro". Si evidenzia come non ci siano particolari predilezioni da parte di un pilota a girare più stretto dell'altro.

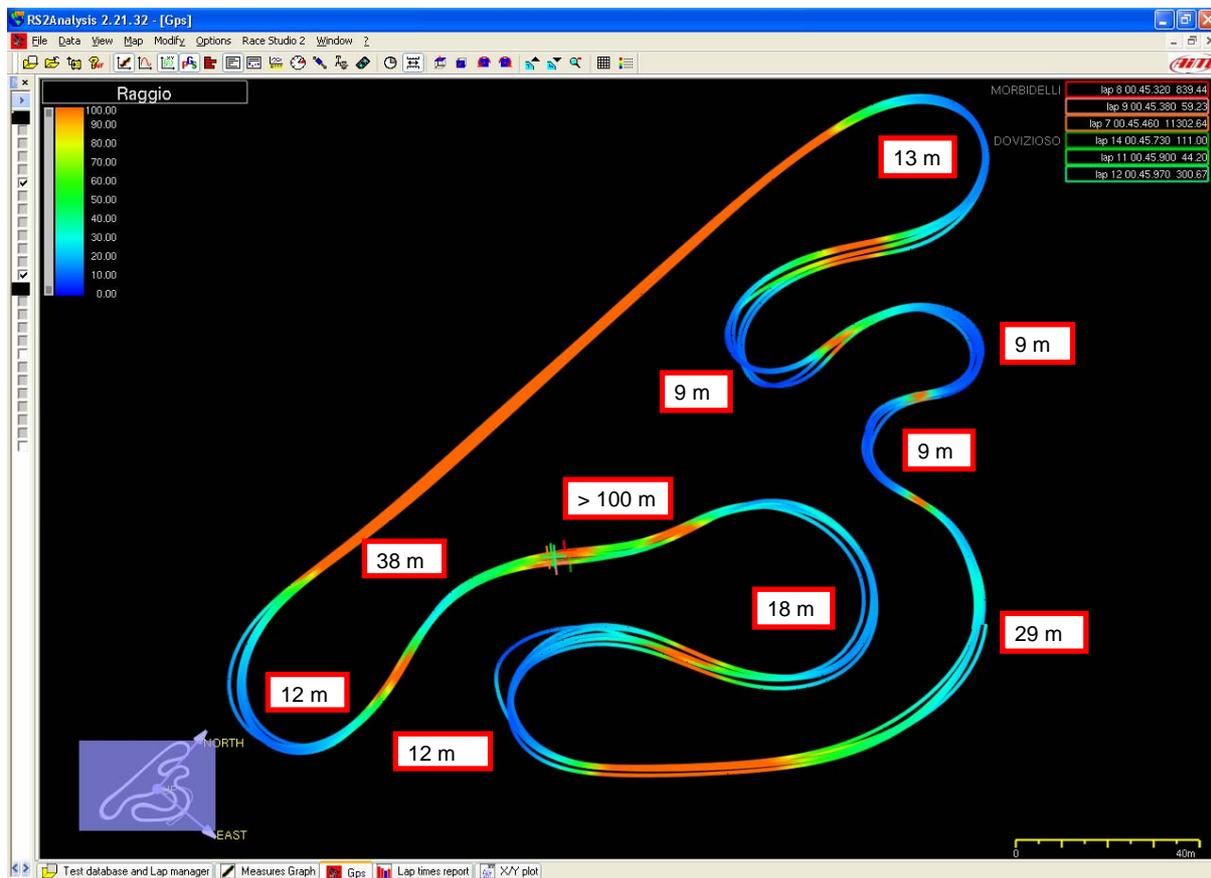
Si noti come gli errori in pista producono dei picchi verso l'alto del raggio di curvatura, dato che il veicolo tende a partire per la tangente raddrizzando la traiettoria.

Facciamo notare come questo sia il raggio di curvatura della traiettoria percorsa dal veicolo e come non abbia nessuna attinenza con il sotto o sovrasterzo.



Si noti come in corrispondenza dei rettilinei il raggio di curvatura cresce (freccia verde in figura) fino a valori molto grandi, questo è dovuto al fatto che dal punto di vista di un canale matematico un rettilineo è una curva dal raggio "infinito" e quindi molto molto grande.

Per maggiore chiarezza, sfruttando le potenzialità del software Race Studio Analysis, abbiamo mostrato il raggio di curvatura della traiettoria sopra la traiettoria stessa. Si evidenzia come le tre curve in sequenza Rampino + Tornantini siano il tratto più stretto del tracciato con un raggio di curvatura di 9 metri. Si evidenzia altresì che le due curve Dei Box e Del Bar sono da raccordare in una curva sola di circa 29 metri di raggio. Si noti ancora una volta come la Prima delle Esse sia da raddrizzare il più possibile, con un raggio di curvatura sempre superiore ai 100 metri (praticamente quasi rettilineo).

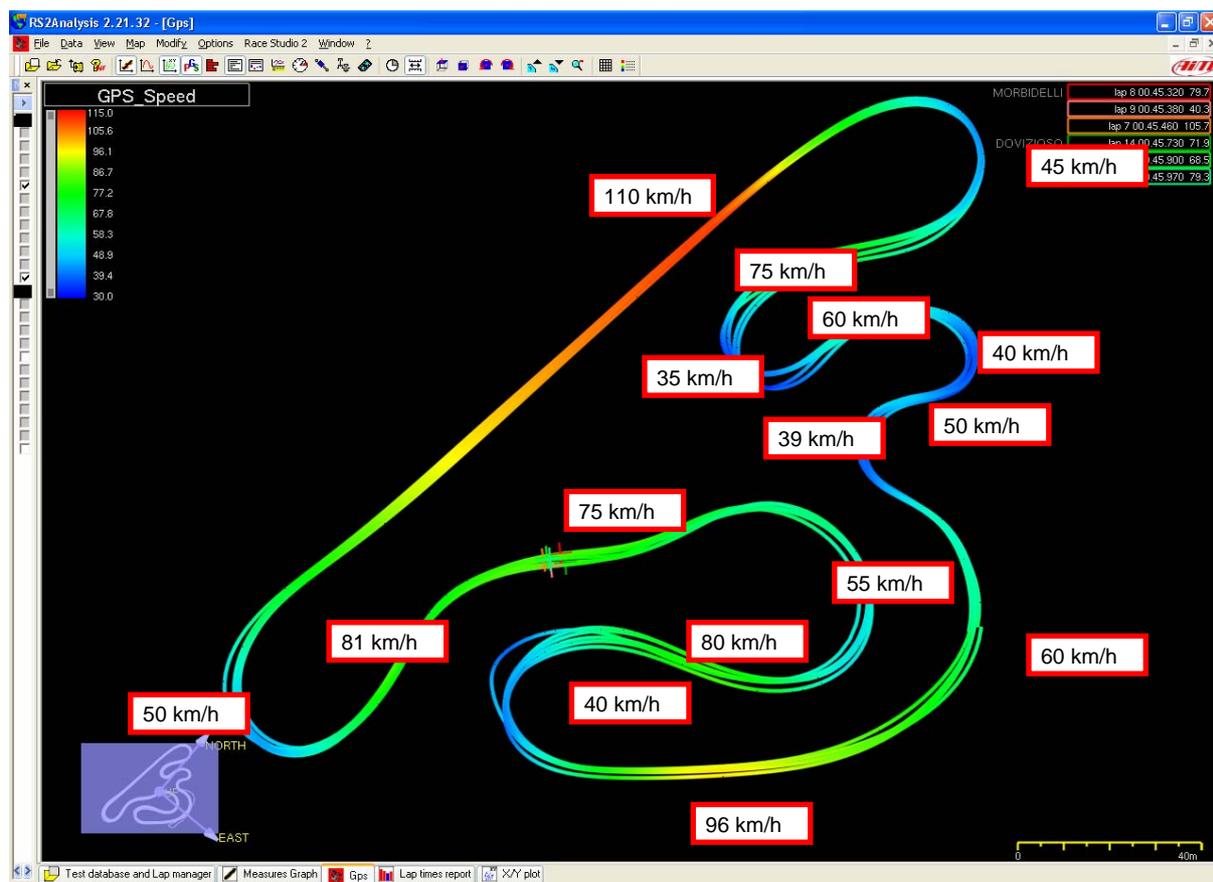


Velocità GPS

Il punto più veloce della pista è sicuramente la staccata della Casaccia, in cui si arriva a circa 110 km/h. Il punto più lento è il Rampino con 35 km/h circa.

Ricordiamo qui come la velocità GPS sia il miglior modo (attualmente offerto dalla tecnologia), di misurare la velocità del veicolo, raggiungendo un'accuratezza di circa 0,1 km/h.

La prima parte (in basso a sinistra in figura) del tracciato include tre robuste staccate ed un misto da 50 a 80 km/h, per poi immettere sul rettilineo e condurre alla staccata più difficile del giro. Dopo il rettilineo si deve affrontare un misto di curve a sinistra e destra da circa 35 a 70 km/h, che immettono sulle due veloci curve conclusive da percorrere in accelerazione.



Accelerazione Laterale

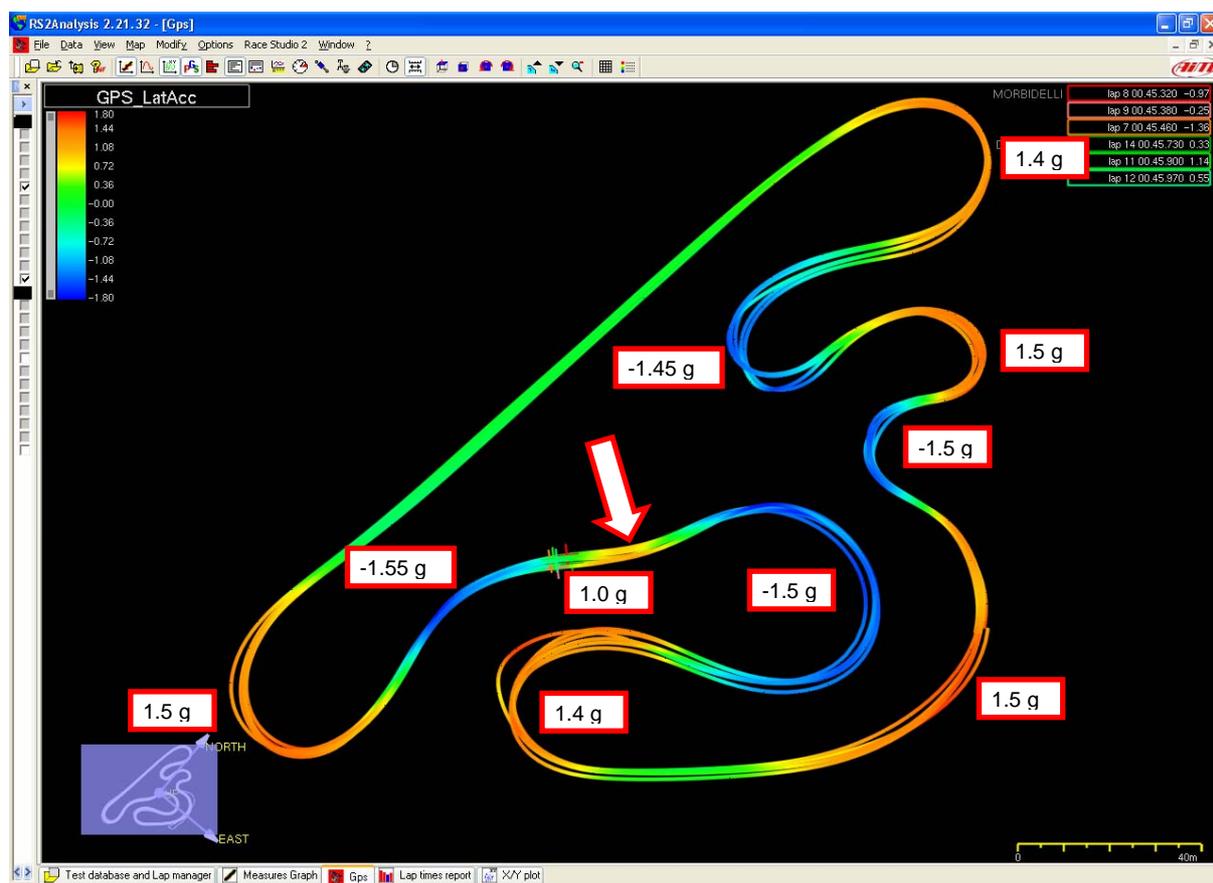
Ricordiamo che l'accelerazione laterale assume valori negativi nelle curve a sinistra e valori positivi in quelle a destra. La misura che noi forniamo è calcolata a partire dalla traiettoria GPS.

I valori vengono rappresentati con i colori della curva: in verde la situazione neutra (rettilineo), tendente al giallo ed al rosso la curva a destra, tendente al blu sempre più scuro la curva a sinistra.

Analizzando la figura seguente (ed anche i grafici di accelerazione laterale) si vede come praticamente in ogni curva si va ad impegnare al massimo l'aderenza laterale del kart, circa 1,55 g.

Una sola eccezione: la Prima delle Esse (freccia rossa in figura), in cui si deve raddrizzare il più possibile la traiettoria per prendere la massima velocità possibile.

E' difficile individuare i punti in cui si sono raggiunte le massime accelerazioni laterali anche perché si sono evidenziate diverse sbandate e riprese di aderenza. All'inizio della sbandata l'accelerazione laterale subisce un brusco calo (poco prima di aver raggiunto il valore massimo), cui fa seguito una ripresa di aderenza in cui si vede un picco di accelerazione che però non è indicativo della massima accelerazione laterale sviluppabile dal veicolo in condizioni normali.

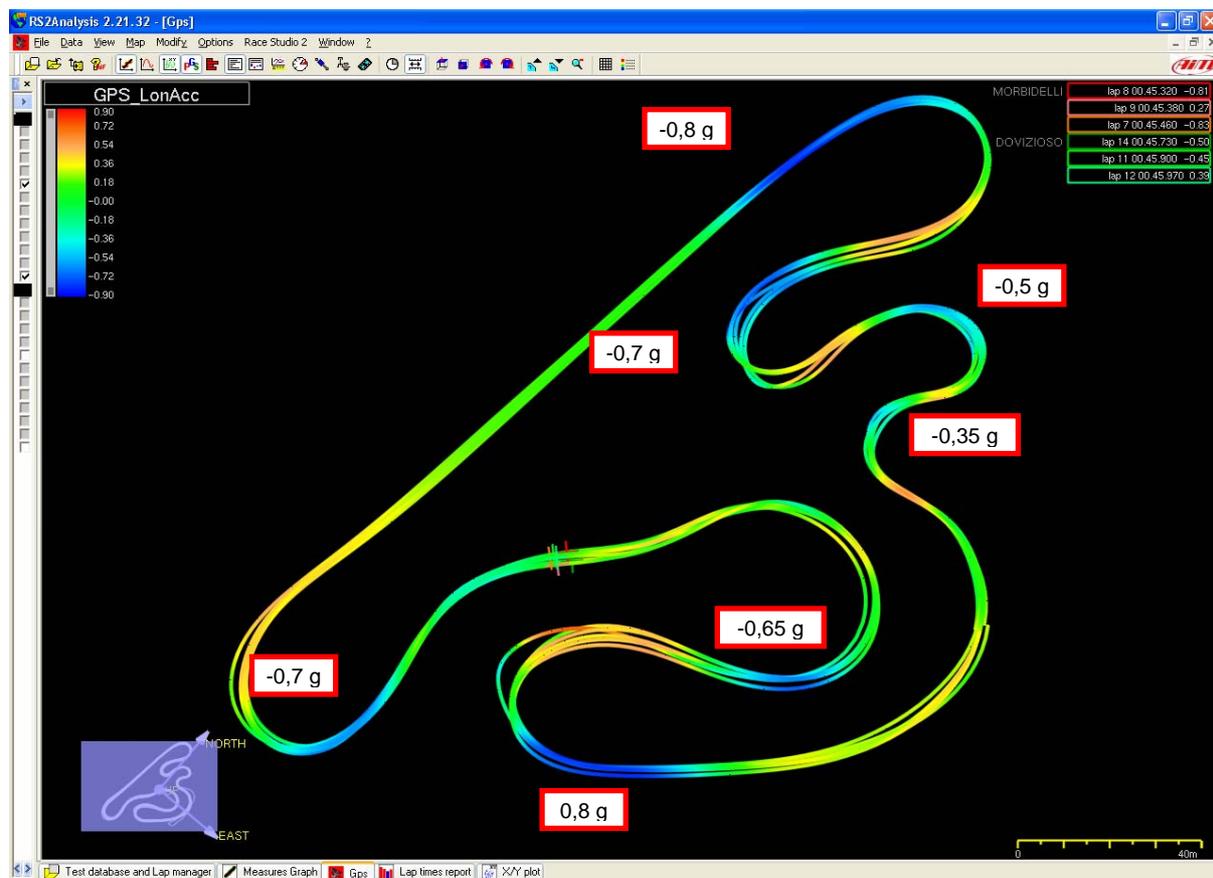


Accelerazione Longitudinale

Ricordiamo che valori positivi dell'accelerazione longitudinale corrispondono alle accelerazioni, mentre valori negativi corrispondono alle frenate. La misura che noi forniamo è calcolata a partire dalla traiettoria GPS.

I valori vengono rappresentati con i colori della curva: in verde la situazione neutra, tendente al giallo ed al rosso l'accelerazione, tendente al blu sempre più scuro la frenata.

Si nota come i punti in cui si deve frenare duramente su questa pista sono la Staccata e la Casaccia, in cui si raggiungono circa 0,8 g di decelerazione, seguiti dal Rampino e dalla Tecnica, al cui ingresso si raggiungono rispettivamente 0,7 e 0,65 g. Si noti come non ci sia da frenare per la Prima delle Esse e per la Curva dei Box, da riaccelerare nuovamente in accelerazione con la Curva del Bar.



Analisi del tracciato

Stiamo per effettuare l'analisi dei dati acquisiti da **MyChron4** e dal **Modulo GPS** in ognuno dei tratti in cui la pista è suddivisa.

Facciamo riferimento alla mappa del tracciato che si trova sul sito del kartodromo.

Le curve del circuito

1 - La Staccata
2 - La Tecnica
3 - La Prima della Esse
4 - La Seconda della Esse
5 - Il Canneto
6 - La Variante (omessa nelle competizioni per formare il rettilo)
7 - La Casaccia
8 - Il Rampino
9 - Primo Tornantino
10 - Secondo Tornantino
11 - Curva dei Box
12 - Curva del Bar

Sul tracciato sono inoltre presenti 3 bande magnetiche (**b**) per sistemi telemetrici Alfano e AIM.

Tratto 1 – La Staccata

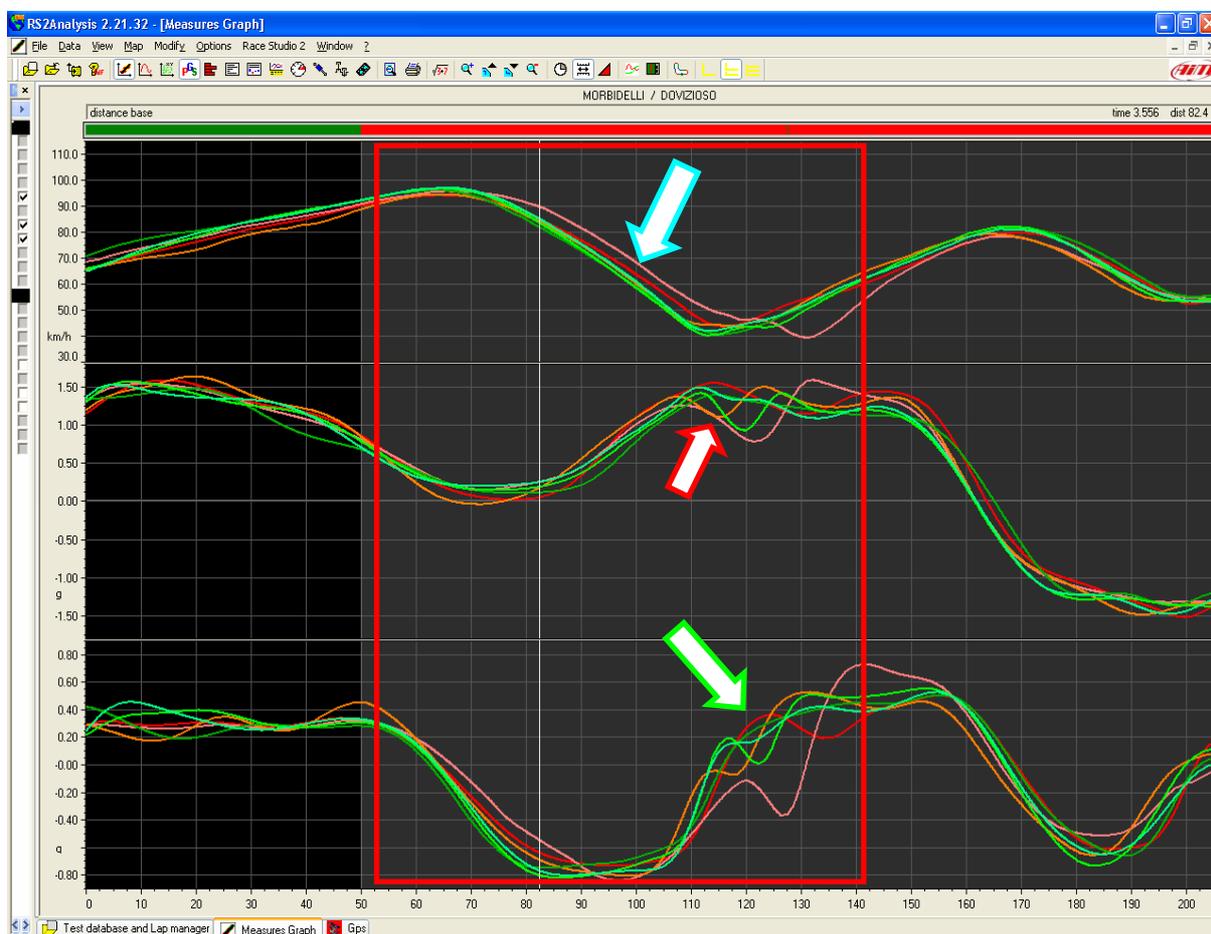
La curva è caratterizzata da una lunga staccata, in cui si rallenta da quasi 100 Km/h a circa 40 km/h, con circa 0,8 g di decelerazione, per immettersi in una curva con circa 1,4 g di accelerazione laterale.

Il grafico mostra, dall'alto in basso, velocità, accelerazione laterale e accelerazione longitudinale.

Vediamo come Morbidelli entra in curva più velocemente in due giri su tre (freccia azzurra in figura) ed in un caso (linea rosa) questo conduca all'errore, evidenziato da un forte calo di accelerazione laterale e longitudinale (forte sbandata) e da una successiva grossa perdita di velocità.

Si noti la difficoltà di questa curva: l'andamento delle accelerazioni laterali (freccia rossa in figura) di tutti e sei i giri sono "ballerine", così pure quelle longitudinali (freccia verde).

Dovizioso è rimasto mediamente più costante di Morbidelli, ma il secondo ha dimostrato (e lo abbiamo già detto analizzando il Time Compare) che rischiare su questa curva e su quelle successive paga.



Vediamo come durante il rettilineo lo slittamento abbia valore unitario, per poi scendere al di sotto del valore 1 in fase di frenata.

Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, lo slittamento e la somma delle accelerazioni.

Il grafico dello slittamento evidenzia che Morbidelli è più aggressivo sui freni: si noti la freccia gialla in figura, che evidenzia la frenata come tratti in cui lo slittamento è molto minore di 1.

La freccia verde in figura evidenzia il grosso slittamento occorso nell'errore già descritto per il giro di Morbidelli colorato in rosa.

La somma delle accelerazioni dice che l'accelerazione totale per Morbidelli è bassa nella parte iniziale della staccata (freccia azzurra) e cioè che, pur usando i freni, non riesce a trovare decelerazione. Vedremo meglio nel diagramma G-G che seguirà che Dovizioso frena iniziando a cercare l'inserimento del kart, sommando quindi alla accelerazione longitudinale quella laterale. Si noti come nel giro "buono", quello colorato in rosso ed evidenziato dalla freccia viola, usi più accelerazione totale.



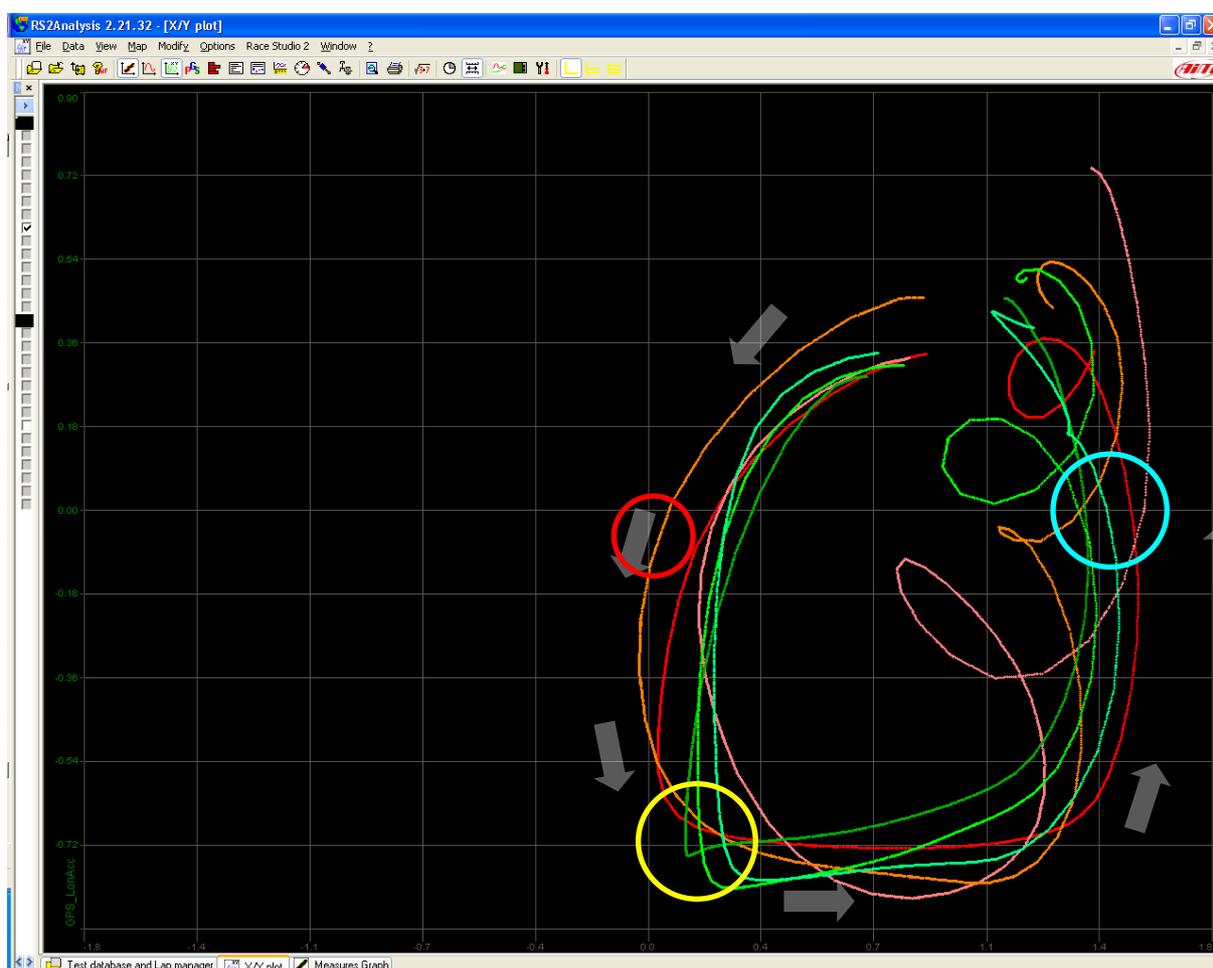
La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.

La parte sinistra è l'inizio della staccata, quando dal centro del diagramma (evidenziato da un cerchio rosso in figura) ci si sposta verso il basso (il kart frena e quindi si piomba nella parte bassa del diagramma).

L'inizio della curva è quando dal punto in basso al centro (cerchio giallo in figura) ci si sposta verso destra. Il diagramma risale quando i piloti mollano il freno (il kart è in pura accelerazione laterale quando ci si trova nel cerchio azzurro in figura).

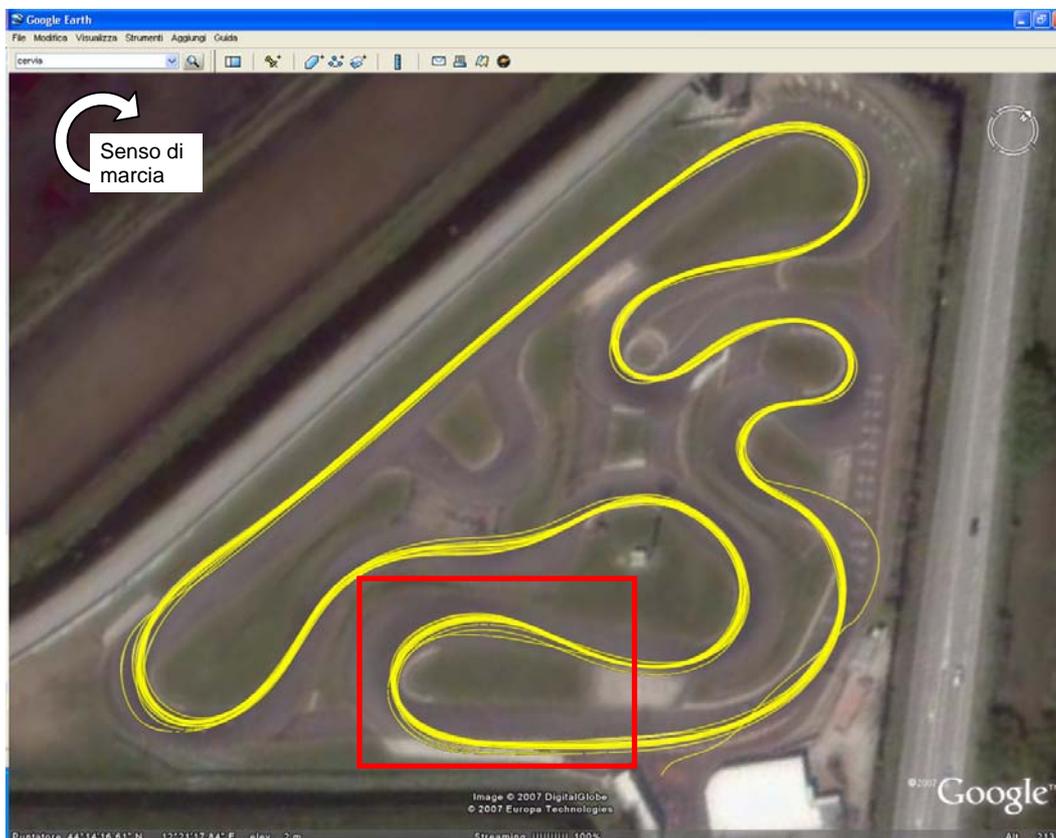
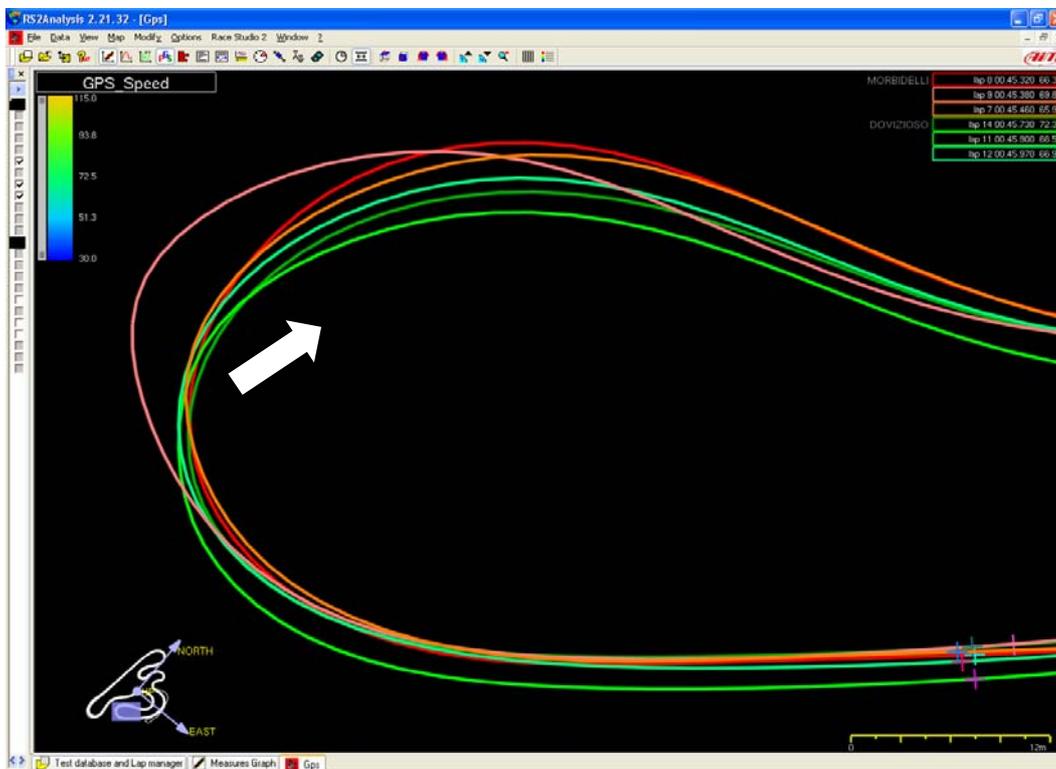
Si noti come nel diagramma G-G le sbandate producano dei riccioli (in prossimità del cerchio azzurro).

L'analisi del diagramma dice che Morbidelli frena più dritto (nella prima parte del diagramma resta più al centro, orizzontalmente, rispetto a Dovizioso) e riesce ad ottenere più accelerazione laterale nel giro in rosso. Nel giro in rosa Morbidelli ha "perso" il kart prima di raggiungere la massima accelerazione laterale.



Analizzando le linee di percorrenza, vediamo che Morbidelli arrotonda la traiettoria e lascia correre il kart molto di più in uscita. Si noti, in rosa, la traiettoria del giro in cui Morbidelli ha perso il kart in ingresso di curva.

Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati e il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.



Tratto 2 – La Tecnica

Si arriva ad affrontare questa curva a circa 80 km/h per frenare fino a 55 km/h con circa 0,6 g di decelerazione, 1,5 g di accelerazione laterale e più di 50 km/h.

Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, l'accelerazione laterale e l'accelerazione longitudinale.

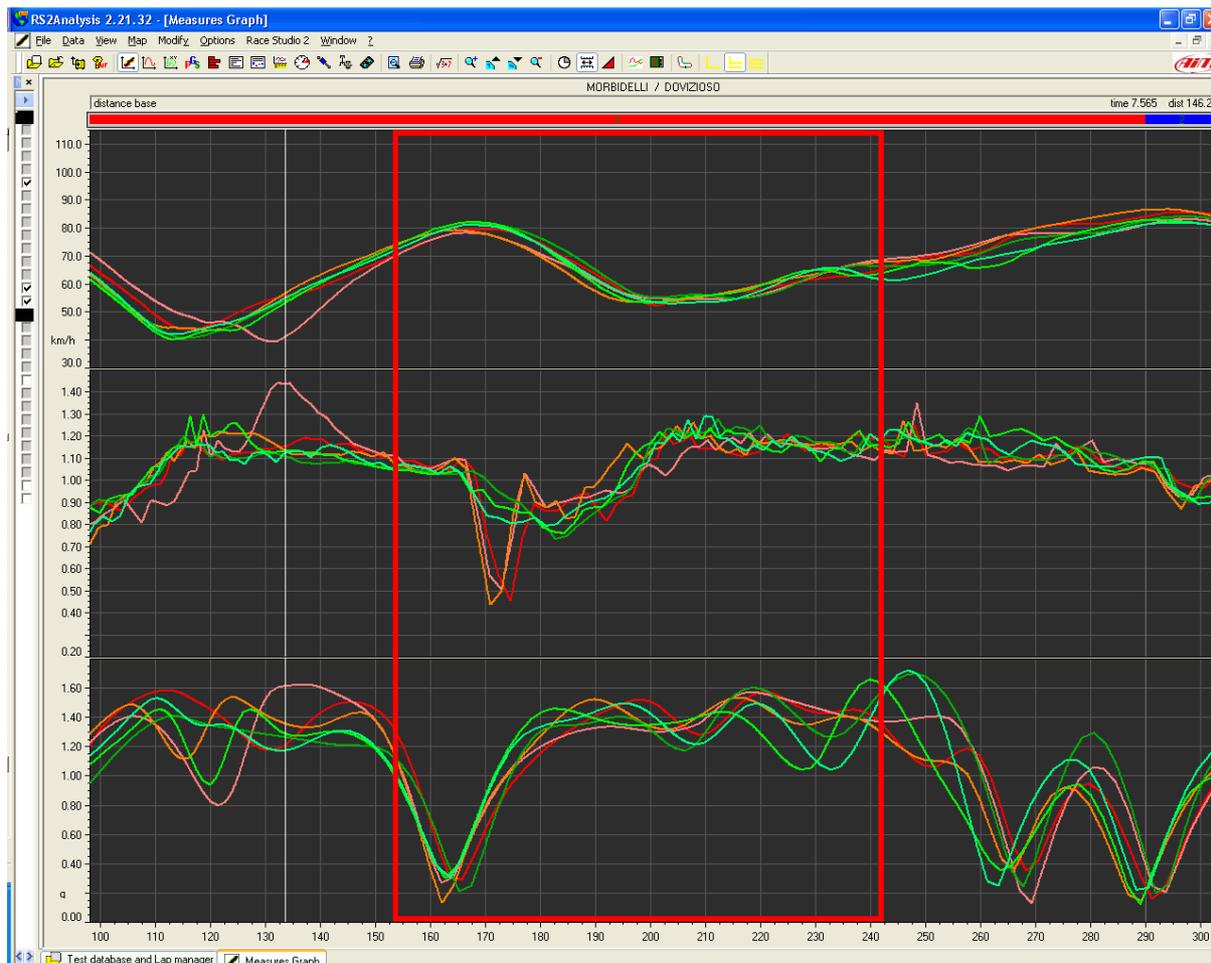
Grande "pulizia" nelle linee dei grafici per entrambi i piloti. Dovizioso commette qualche piccolo errore nell'uscita della curva; si notino infatti (freccia rossa in figura) le perdite di accelerazione laterale dovute a piccole sbandate. Queste si ripercuotono in scarsa accelerazione longitudinale (freccia verde) e quindi nell'impossibilità di prendere velocità per il tratto di pista successivo (freccia azzurra, pur se leggermente fuori dal tratto in analisi).



Il grafico seguente mostra, dall'alto verso il basso, velocità, slittamento e somma delle accelerazioni.

Notiamo dallo slittamento come Morbidelli dia un colpo di freno fin quasi al bloccaggio (45%) per poi ridurre l'intensità della frenata. Il fatto che la somma delle accelerazioni sia più bassa indica come stia frenando dritto, mentre Dovizioso freni inserendosi in curva.

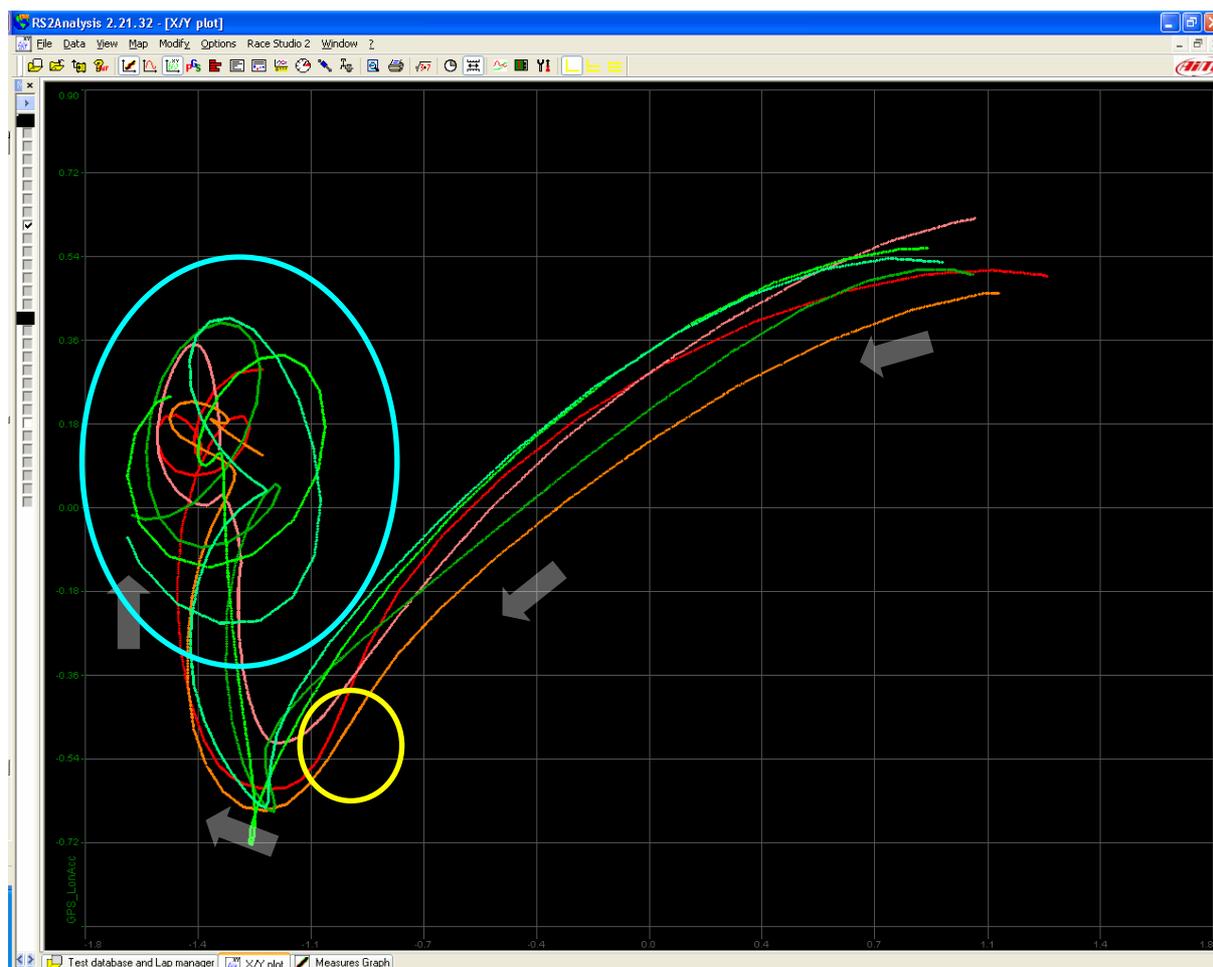
Nella seconda parte dell'intervallo (rettangolo rosso) Morbidelli riesce ad avere un'accelerazione totale più consistente, mentre Dovizioso vede la propria accelerazione totale oscillare. Il motivo è un leggero slittamento (che provoca una sbandata, probabilmente di sovrasterzo), che è maggiore di 1 appena prima che inizino le perdite di aderenza.



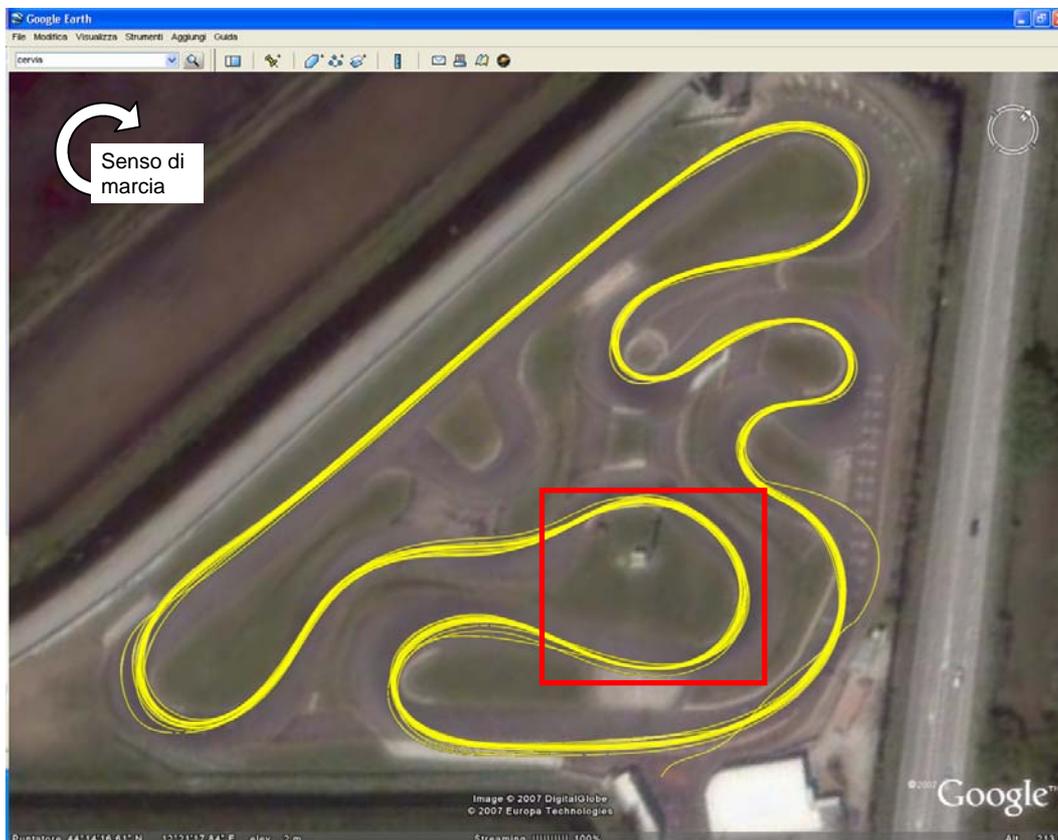
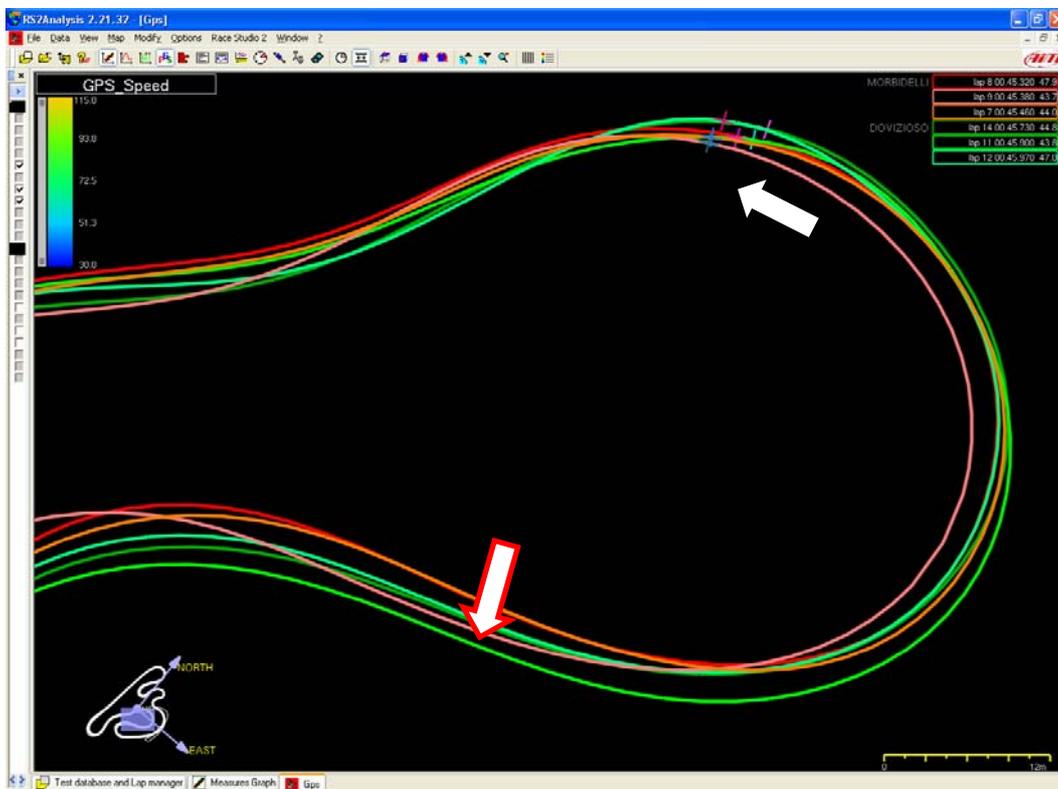
La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.

Ancora si vede che Morbidelli frena cercando meno accelerazione laterale (nei tratti evidenziati dal cerchio giallo in figura è più al centro del diagramma G-G in direzione orizzontale) ed inizia a curvare mentre ancora sta frenando (la linea sul diagramma si sposta a sinistra risalendo di poco).

Dovizioso, come abbiamo già visto dai grafici precedenti, entra in curva più forte, ma poi non riesce a generare una consistente accelerazione laterale; si noti come nel cerchio azzurro in figura le linee verdi facciano dei "riccioli" un po' più ampi.



La pulizia delle linee dei grafici precedenti si traduce anche in pulizia delle traiettorie. Nel giro veloce Morbidelli ha raccordato meglio l'uscita della curva precedente con l'ingresso di questa (freccia rossa in figura, in cui frena più dritto ed entra più stretto). Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati e il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.



Tratto 3 – La Prima delle Esse

Si tratta di un sinistra-destra in piena accelerazione affrontato tra i 70 e gli 80 km/h. Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, l'accelerazione laterale e l'accelerazione longitudinale.

Come si può vedere dall'andamento crescente delle velocità (freccia azzurra) l'intera variante è affrontata in piena accelerazione.

Come abbiamo già detto, l'ingresso alla curva è raccordato con l'uscita dalla curva precedente, infatti l'accelerazione laterale è già ai valori massimi (freccia rossa) all'ingresso della variante. Notiamo la difficoltà che hanno entrambi i piloti a tenere su valori costantemente elevati l'accelerazione laterale, indice probabilmente della difficoltà della curva.

Vediamo (rettangolo giallo in figura) che ogni "caduta" verso zero dell'accelerazione laterale stia per una perdita di aderenza ed implichi una perdita della capacità del veicolo di produrre accelerazione longitudinale.



Il grafico seguente mostra, dall'alto verso il basso, velocità, slittamento e somma delle accelerazioni.

Lo slittamento è leggermente più alto per Dovizioso nella fase di inserimento della curva a destra (freccia gialla in figura), ma ha valori analoghi poco prima e poco dopo. Morbidelli riesce a prendere un po' di velocità in più (freccia azzurra). Se rivedessimo le traiettorie dei due piloti all'uscita della Tecnica, ricorderemmo che Morbidelli esce da quella curva un po' più largo per tagliare questa. La maggiore velocità che qui vediamo è "figlia" della preparazione della Esse fin dalla Tecnica.

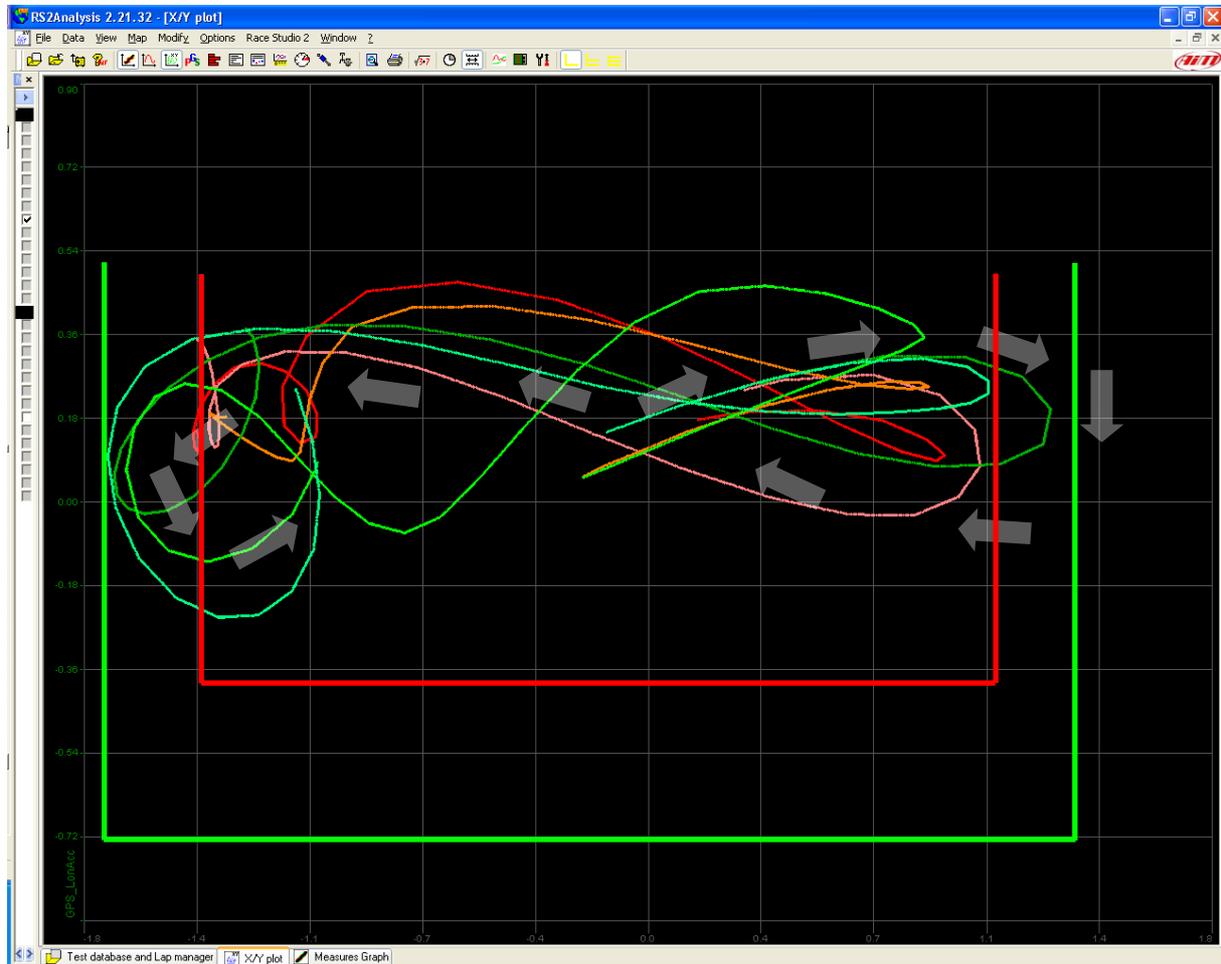
L'accelerazione totale è maggiore per Dovizioso (freccia rossa in figura) ma è oscillante e non stabile come quella di Morbidelli. Questo vuol dire che Dovizioso spreca del tempo facendo sovrasterzare il kart.

Si noti come per entrambi i piloti (freccia verde) l'accelerazione totale subisca un calo in corrispondenza del cambio di direzione da sinistra a destra all'interno della Esse. Questo significa che, in assenza di cambi di accelerazione longitudinale (in questa variante non si stacca), l'accelerazione laterale aumenta in valore assoluto durante la curva a sinistra, cala quando il pilota raddrizza lo sterzo ed aumenta di nuovo quando curva dall'altra parte.

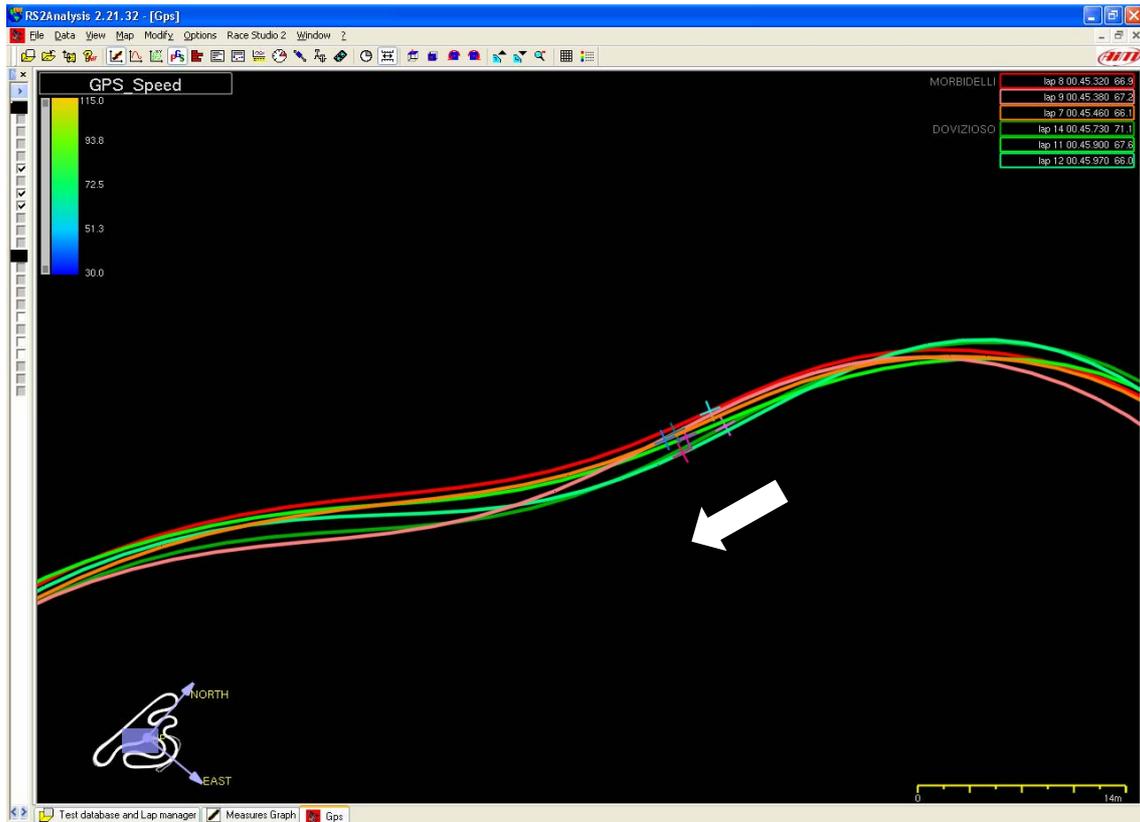


La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.

Possiamo vedere come Morbidelli raggiunga valori di accelerazione laterale inferiori a Dovizioso, cioè riesca a “raddrizzare” la propria traiettoria il più possibile nella variante. L'accelerazione laterale inferiore si nota nel grafico seguente perché le linee rosse di Morbidelli sono orizzontalmente più all'interno di quelle verdi di Dovizioso.



Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati ed il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.



Tratto 4 – La Seconda delle Esse

Ancora un sinistra-destra con velocità iniziale di circa 80 km/h, accelerazione laterale di 1,55 g nella curva a sinistra e difficilissima staccata nella percorrenza della curva a destra.

Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, l'accelerazione laterale e l'accelerazione longitudinale.

L'intera Esse è percorsa a velocità decrescente, a parte una piccola eccezione (freccia rossa) in cui Morbidelli fa valere una velocità superiore.

Il Time Compare ci dice che Morbidelli ha fatto tanta differenza in questa variante anche tra i suoi giri veloci. I due sono appaiati nella curva a sinistra, mentre il grafico di accelerazione laterale ci dice che Dovizioso anticipa la curva a destra rispetto a Morbidelli (evidenziato dalla freccia verde in figura, l'accelerazione laterale sale un po' prima).

L'andamento dell'accelerazione longitudinale ci dice che Dovizioso frena un po' di più per la curva a sinistra mentre Morbidelli frena tanto di più prima (e durante) della curva a destra; del resto è anche più veloce.



Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, lo slittamento e la somma delle accelerazioni.

Il grafico dello slittamento conferma che la frenata di Morbidelli tra il sinistra ed il destra è molto più vigorosa (abbiamo già visto che frena tanto andando dritto).

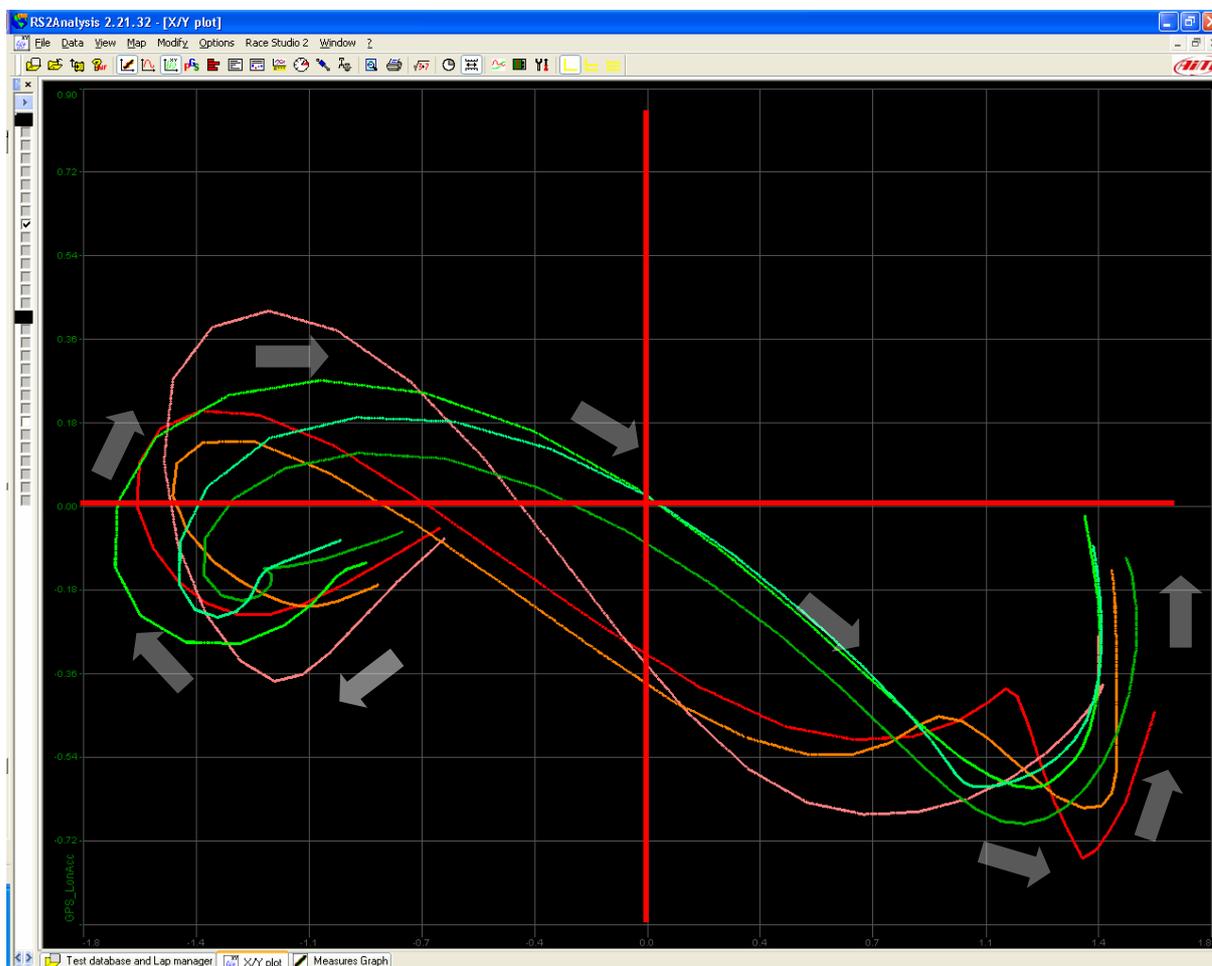
I valori di accelerazione totale sono analoghi, questo indica che analogo è anche il modo di sfruttare il kart, pur se su due traiettorie che si assomigliano senza essere identiche.



La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.

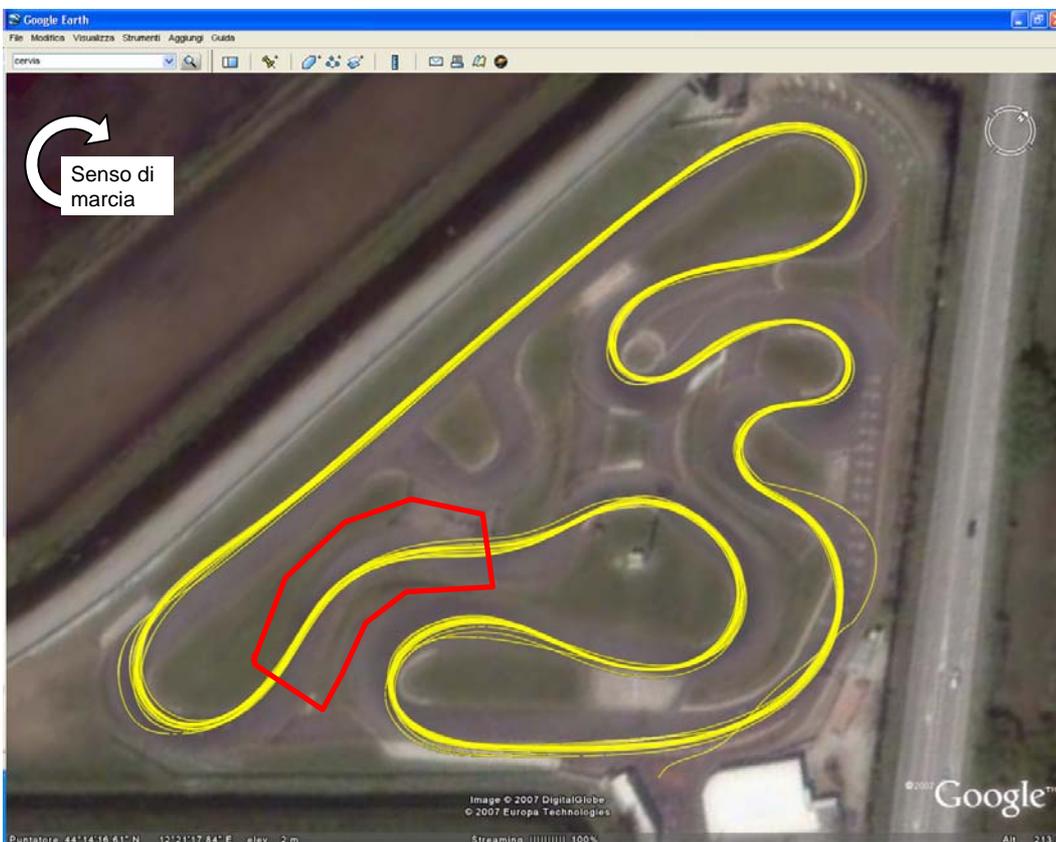
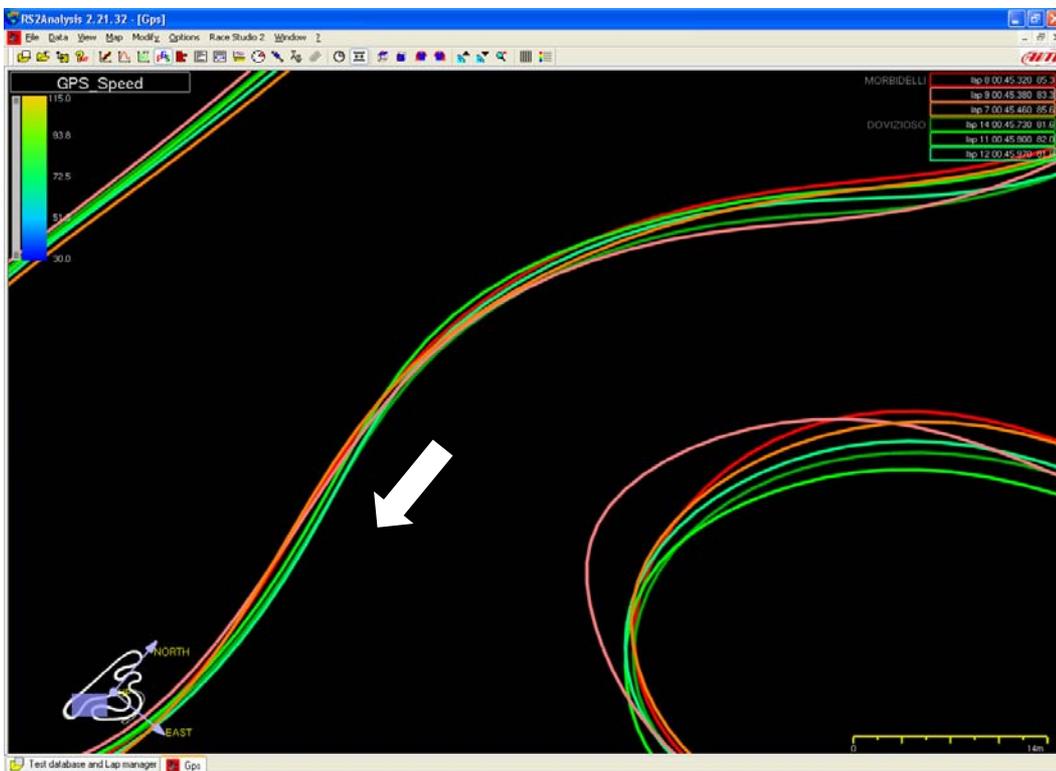
Il diagramma G-G aiuta ad evidenziare la differenza di traiettorie:

- Dovizioso passa dalla curva a sinistra a quella a destra senza frenare finché non ha inserito il kart nella destra
- Morbidelli passa dal sinistra al destra avendo già iniziato a frenare e sfruttando una buona dose di decelerazione con il kart libero da accelerazione laterale



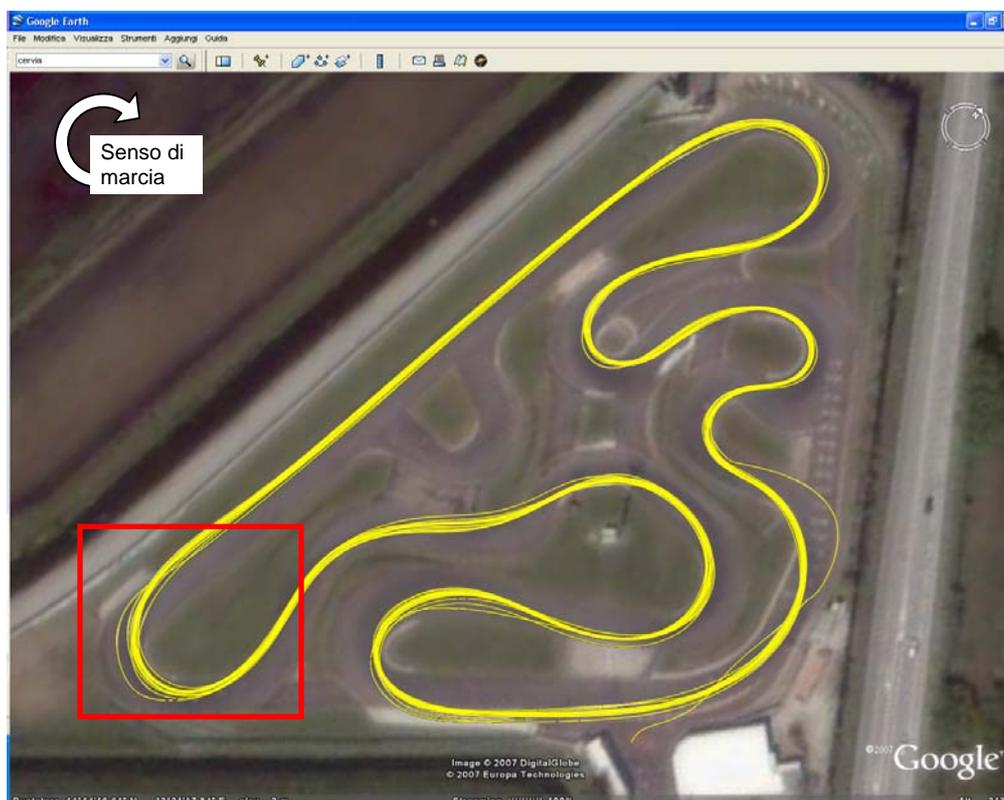
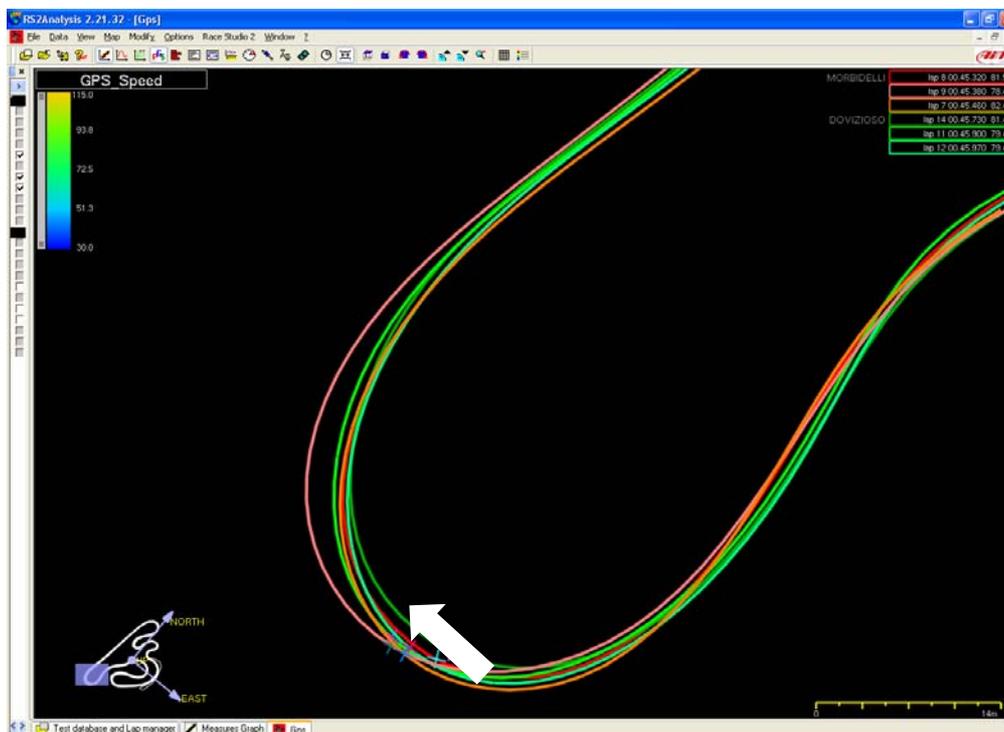
Morbidelli qui fa la differenza (lo avevamo già visto nell'analisi del Time Compare): entra più stretto e più veloce ma riesce a tenere la corda della curva come Dovizioso e ad avere una buona velocità in uscita.

Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati e il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.



Tratto 5 – Il Canneto

Una curva a destra cui si arriva a circa 80 km/h, si frena con 0,65 g di decelerazione e si entra in una curva in cui si ha un'accelerazione laterale di più di 1,5 g ad una velocità di circa 50 km/h. L'analisi della traiettoria evidenzia una grande differenza tra il secondo giro di Morbidelli e gli altri. Cos'è successo? Vediamo i grafici delle misure. Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati e il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.



Nel giro migliore (linea rossa) Morbidelli sembra semplicemente aver provato a mollare il freno un pochino prima (lo evidenzia un calo della decelerazione - freccia rossa in figura) e ad entrare in curva, senza riuscirci. Morbidelli lascia comunque correre il kart su di una traiettoria più esterna per evitare di farlo sbandare troppo (c'è un lieve calo di accelerazione laterale, freccia verde in figura) e di perdere velocità sul rettilineo successivo.

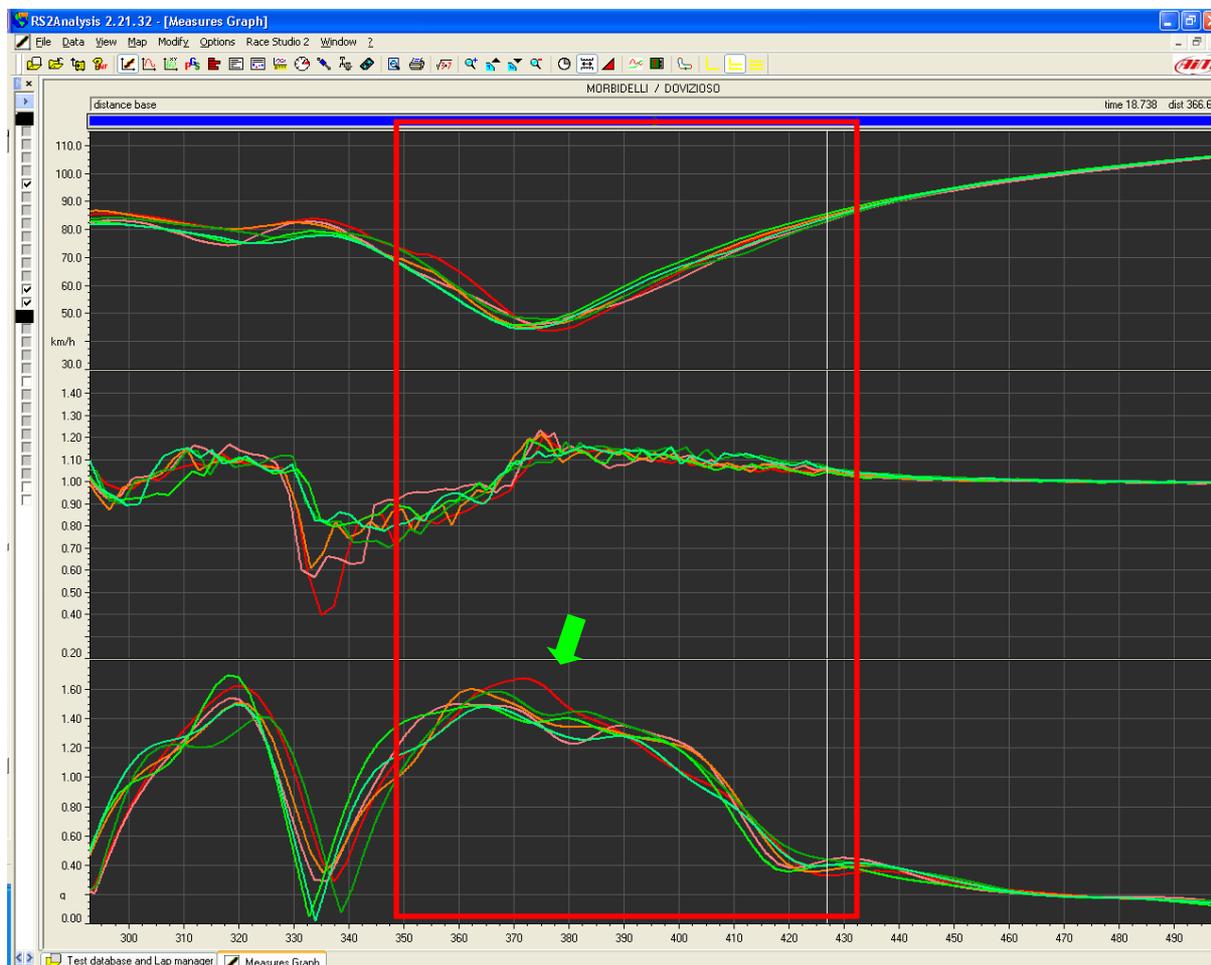
Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, l'accelerazione laterale e l'accelerazione longitudinale.

Si noti dalla freccia azzurra come dalla Seconda delle Esse al Canneto non ci sia un attimo in cui il kart va dritto: l'accelerazione laterale rimane sempre fortemente positiva.



Il grafico mostra, dall'alto al basso, velocità, slittamento e somma delle accelerazioni. In questa figura si nota molto bene come lo slittamento sia leggermente minore di 1 a causa del bloccaggio posteriore durante la fase di frenata per diventare maggiore di 1 in accelerazione a causa di un leggero sovrasterzo (si stabilizzerà al valore di 1 nel successivo rettilineo). Le differenze tra i due piloti non sono significative.

Si noti invece come Morbidelli riesca ad avere più accelerazione totale (nel suo valore di picco, freccia verde in figura) e come l'accelerazione totale cali più.



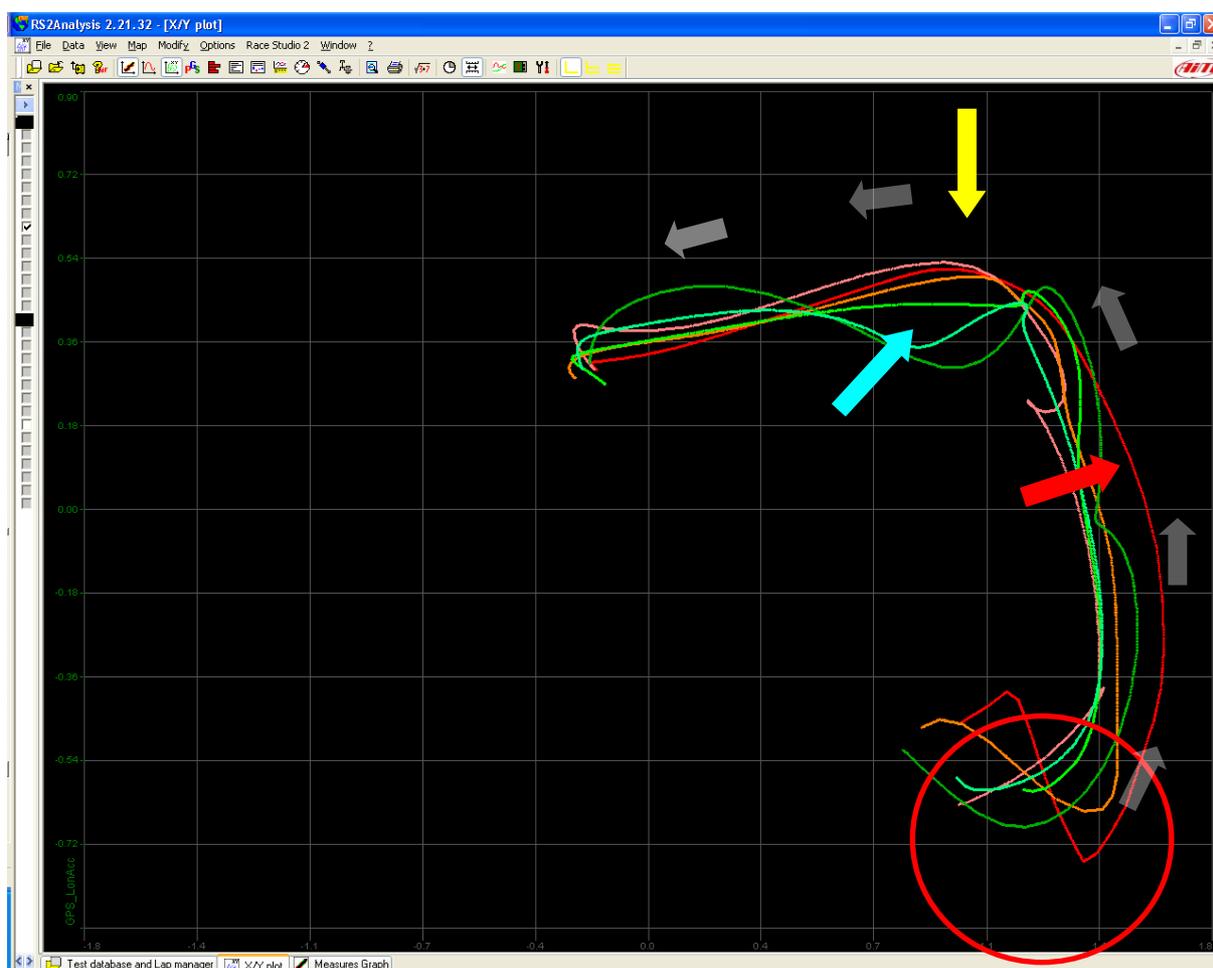
La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.

Si noti (evidenziato dal cerchio rosso in figura) che la curva non ha inizio da una staccata, ma come invece ci sia un ingresso già con accelerazione laterale (l'uscita della curva a destra della Seconda delle Esse va raccordato con l'ingresso del Canneto).

Si può vedere come Morbidelli eccelle (freccia rossa, pur se in un giro solo) nel valore massimo di accelerazione laterale raggiunta e come la mantenga stabilmente, a differenza di Dovizioso.

Morbidelli eccelle qui anche per accelerazione longitudinale (freccia gialla, in tutti e tre i giri!) al momento di uscire dalla curva.

Si vede anche come (freccia azzurra, in due giri su tre) Dovizioso ha delle difficoltà nel mantenere accelerazione longitudinale in riapertura del gas.



Tratto 6 – La Variante

La Variante non veniva affrontata in quanto la prova effettuata ha sfruttato l'intero rettilineo offerto dalla pista.

Le seguente figura mostra il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.



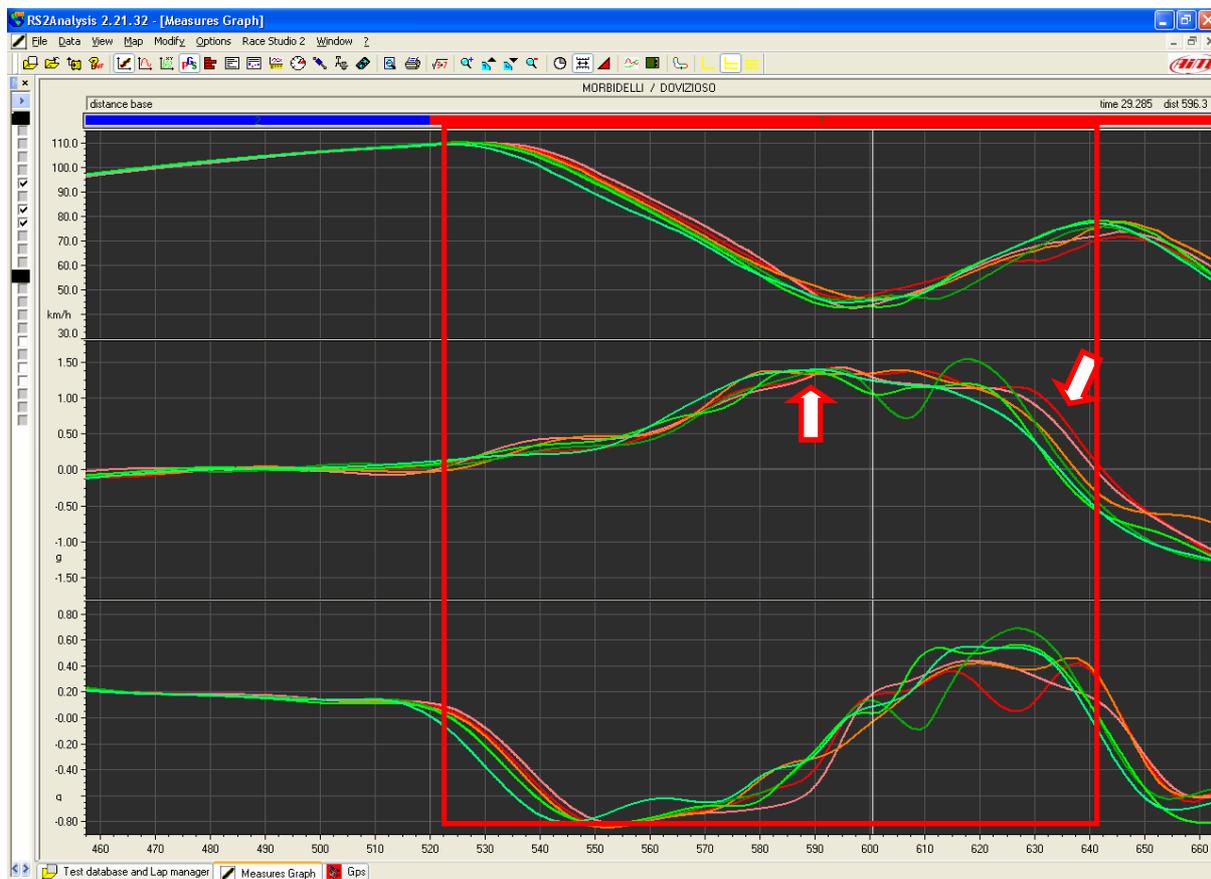
Tratto 7 – La Casaccia

Si frena passando dalla velocità massima raggiunta sulla pista (più di 110 km/h) fino a circa 45 km/h, la decelerazione è la massima sul giro di pista ed è più di 0,8 g, l'accelerazione laterale massima è di circa 1,4 g ad una velocità di quasi 50 km/h.

Si noti dal diagramma di velocità come Morbidelli abbia un po' di confidenza in più sulla staccata (pochi metri), e dal diagramma dell'accelerazione laterale (freccie rosse in figura) come questa salga più lentamente (indice che la traiettoria rimane rettilinea più a lungo) e scenda verso lo zero un po' dopo (indice del fatto che Dovizioso raddrizzi l'uscita per aprire un po' prima il gas).

L'analisi del Time Compare ci ha già detto che in questa parte del circuito è stato Dovizioso ad avere la meglio.

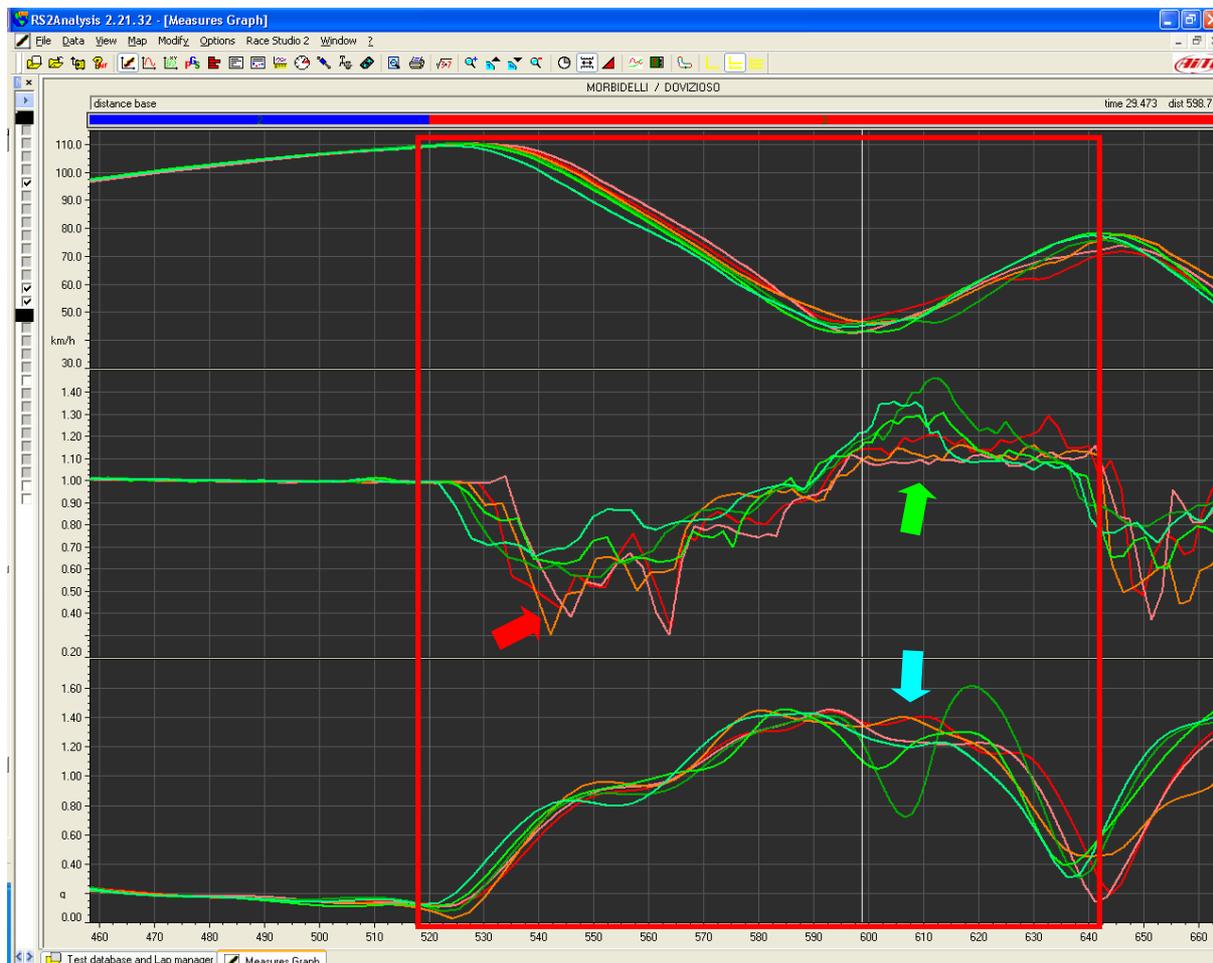
Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, l'accelerazione laterale e l'accelerazione longitudinale.



Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, lo slittamento e la somma delle accelerazioni.

Il valore dello slittamento mostra bene come Morbidelli stacchi leggermente dopo (tra i 5 e i 10 metri) e freni più forte (freccia rossa, lo slittamento scende al 30%!).

Lo slittamento al momento della riapertura del gas (freccia verde) è macroscopicamente inferiore per Morbidelli, mentre la sua accelerazione totale nello stesso frangente è macroscopicamente superiore (freccia azzurra); questo vuol dire che affronta la curva in massima aderenza.



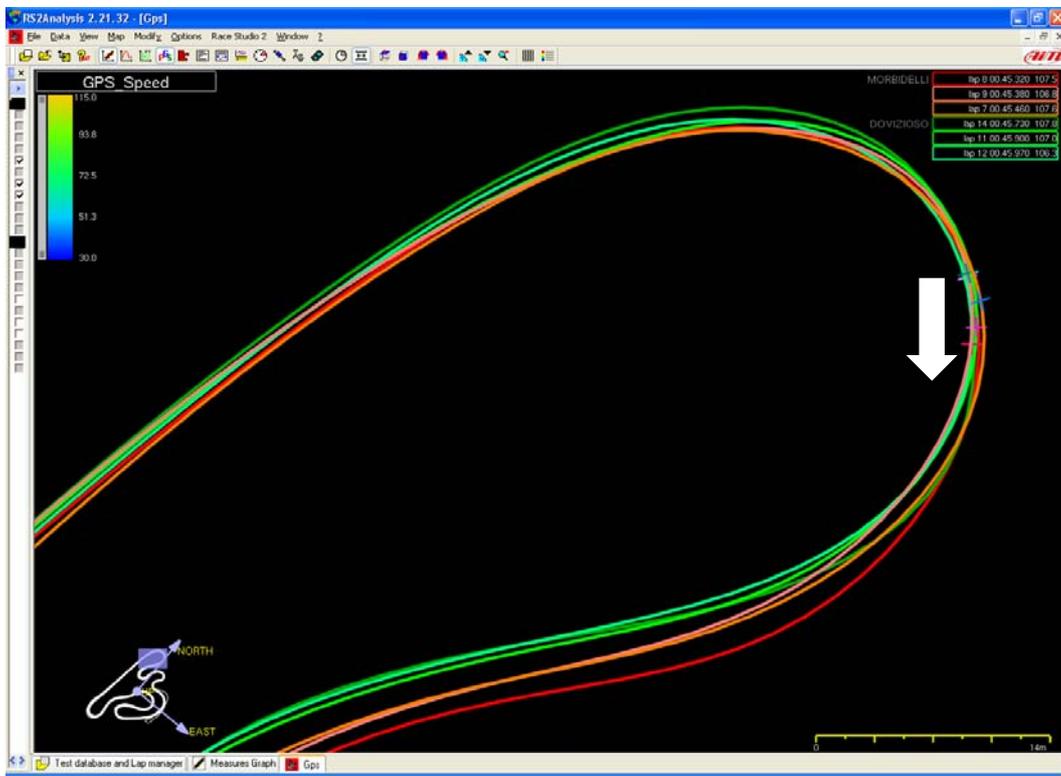
La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.

Questo è un perfetto esempio di diagramma G-G, in cui si inizia da un rettilineo (zona centrale del grafico), si stacca dritti (scendendo nella parte bassa al centro), si entra in curva restando sul massimo dell'accelerazione totale consentita (si passa nella parte in basso a destra del diagramma), si va mollando il freno (si risale nel grafico sempre restando a destra) e poi si apre l'acceleratore raddrizzando via via la traiettoria (nel diagramma ci si sposta nella parte alta e poi via via verso il centro).



L'analisi delle traiettorie indica come Morbidelli stacchi più all'interno della curva e lasci correre il kart verso l'esterno in uscita.

Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati e il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.

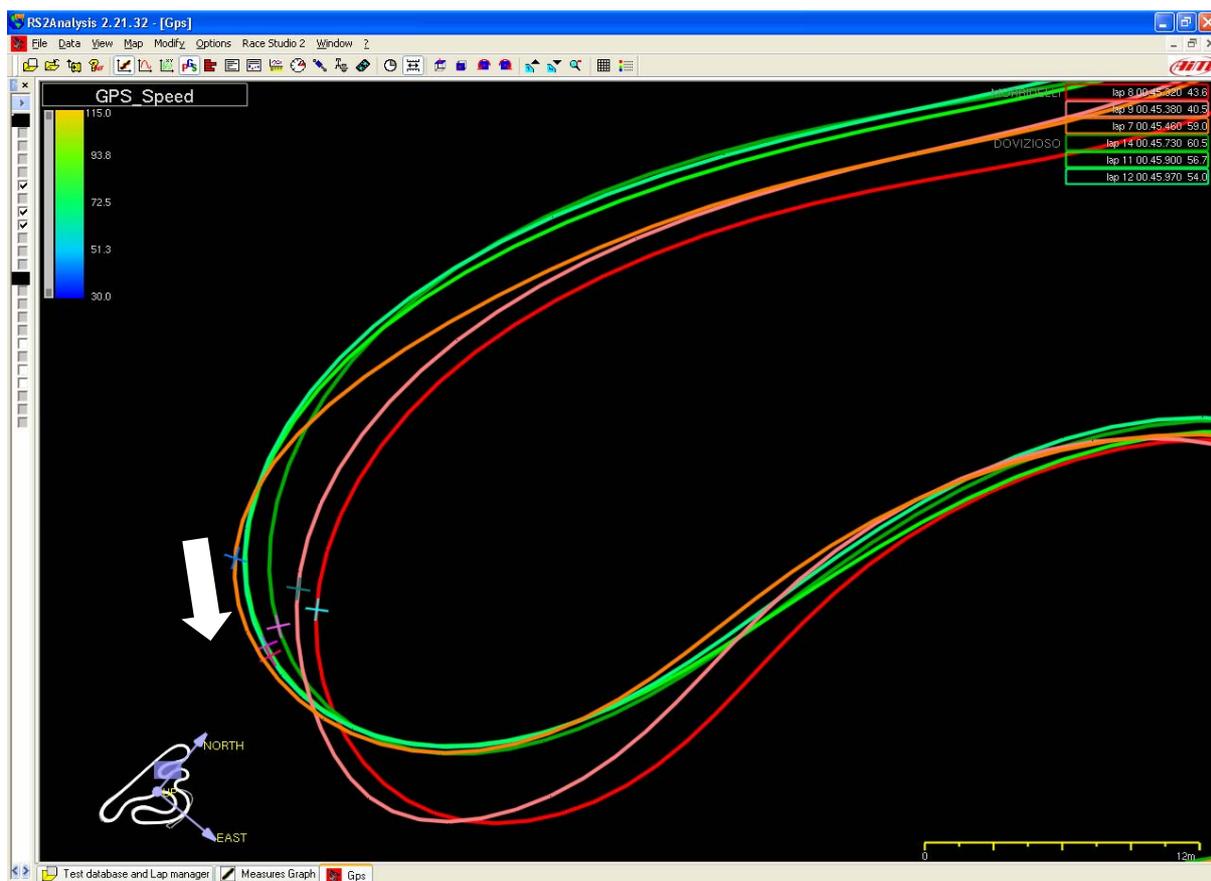


Tratto 8 – Il Rampino

Si arriva ad affrontare questa curva con una velocità di 75 km/h circa, si frena con 0,7 g circa e si affronta la curva con un'accelerazione laterale massima di più di 1,4 g a quasi 40 km/h.

L'analisi delle traiettorie evidenzia che Morbidelli cerca di mantenere elevata la velocità su questo tratto veloce (manovra preparata uscendo largo dalla curva precedente) sacrificando l'uscita del Rampino dato che ci sarà un tratto in cui sicuramente la velocità sarà più bassa. E' il Time Compare (già visto) a dirci che questo comportamento non paga.

Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati e il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.





Il grafico mostra, dall'alto al basso, velocità, accelerazione laterale ed accelerazione longitudinale.

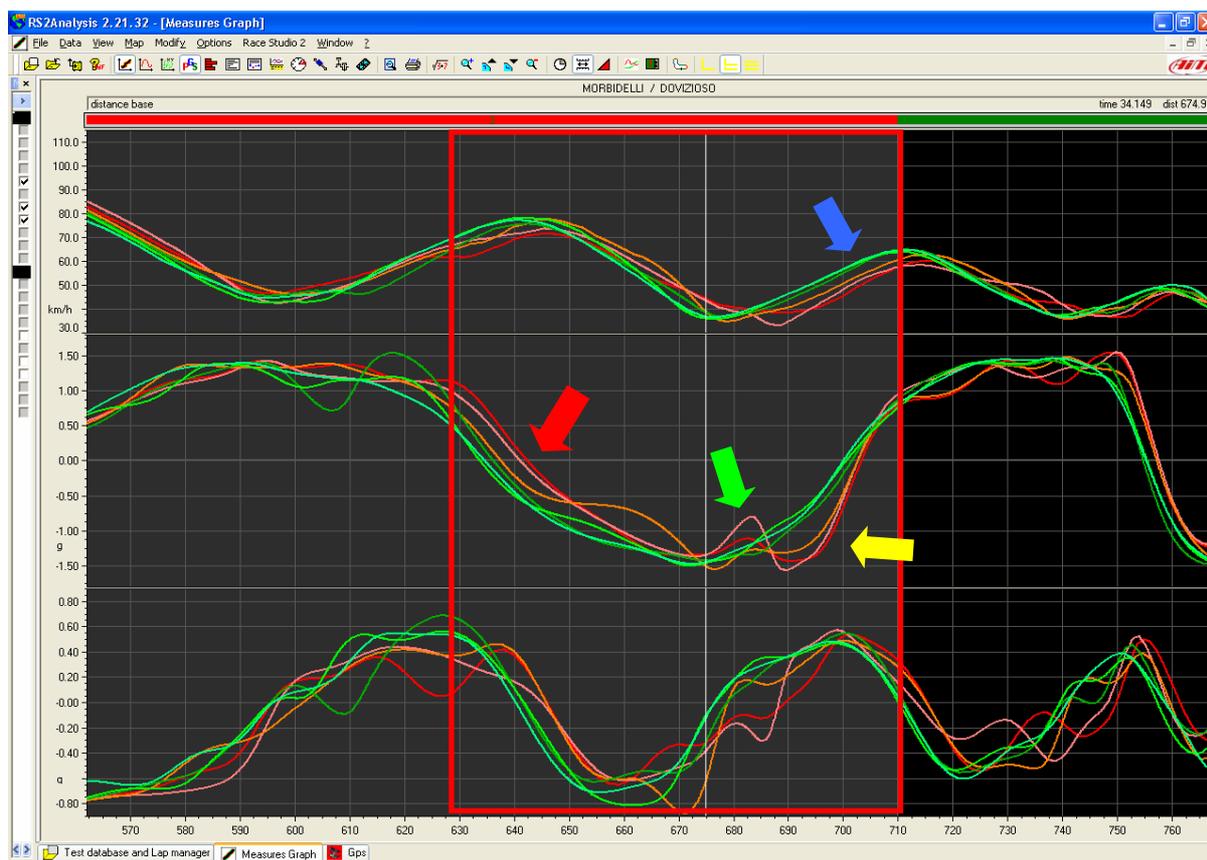
Vediamo dal diagramma dell'accelerazione laterale che Morbidelli non ha sbandate in inserimento di curva (freccia rossa, non ci sono picchi verso valori bassi), mentre perde un po' di aderenza in uscita, nel momento in cui probabilmente cerca di aprire il gas.

In Dovizioso notiamo in generale un andamento molto meno brusco dell'accelerazione laterale (ed anche di quella longitudinale), indice di maggiore pulizia nella guida su questa curva.

Si noti come Dovizioso (freccia blu in figura) raggiunga sul dritto successivo una velocità significativamente maggiore.

Il Time Compare ci ha già detto come Morbidelli sia nella seconda parte del tracciato più lento di Dovizioso in tutti i giri tranne quello colorato in arancione (in cui l'accelerazione laterale indica una traiettoria simile a quelle di Dovizioso); in quest'ultimo giro (arancione) si noti la maggiore velocità che Morbidelli è riuscito ad avere sulla medesima traiettoria di Dovizioso.

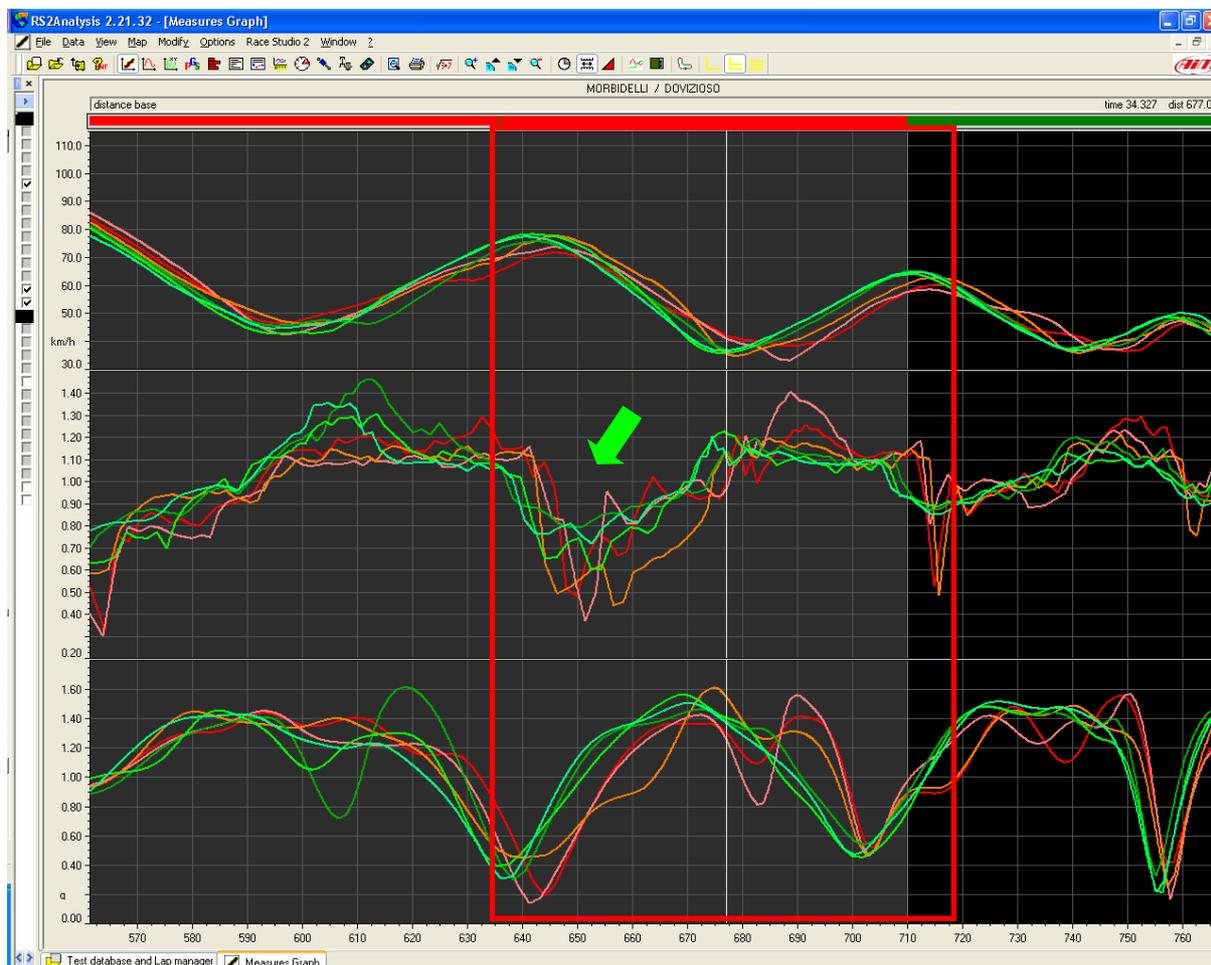
Si noti dalla freccia gialla in figura come Morbidelli mantenga l'accelerazione laterale verso sinistra un po' più a lungo, cioè prolunga la curva a sinistra e poi cambia direzione più bruscamente.



Il grafico sottostante mostra, dall'alto verso il basso, velocità, slittamento e somma delle accelerazioni.

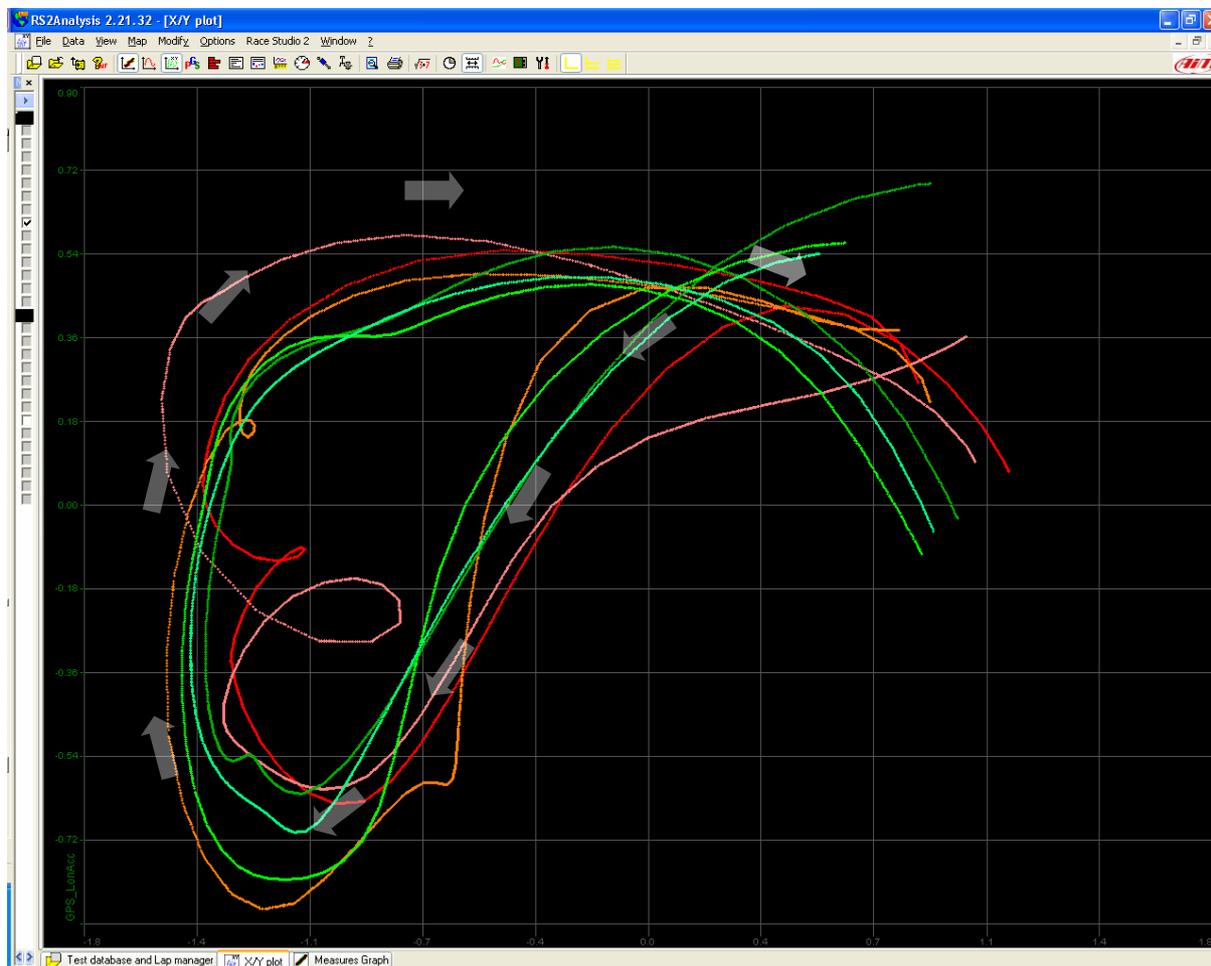
Lo slittamento mostra (freccia verde) come Morbidelli cerchi di frenare il più tardi possibile e la cosa gli riesce ma il Time Compare ci ha già dimostrato che in questa parte del tracciato Morbidelli perde e quindi questo cambio di traiettorie non paga.

L'andamento delle accelerazioni totali non dice molto per via delle traiettorie veramente molto differenti tra i due.



La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.

Il diagramma conferma ancora una volta la tendenza di Morbidelli a staccare dritto e a gestire meglio la fase di accelerazione in uscita di curva. Per avere una buona e stabile accelerazione laterale le linee corrette sono quelle di Dovizioso.



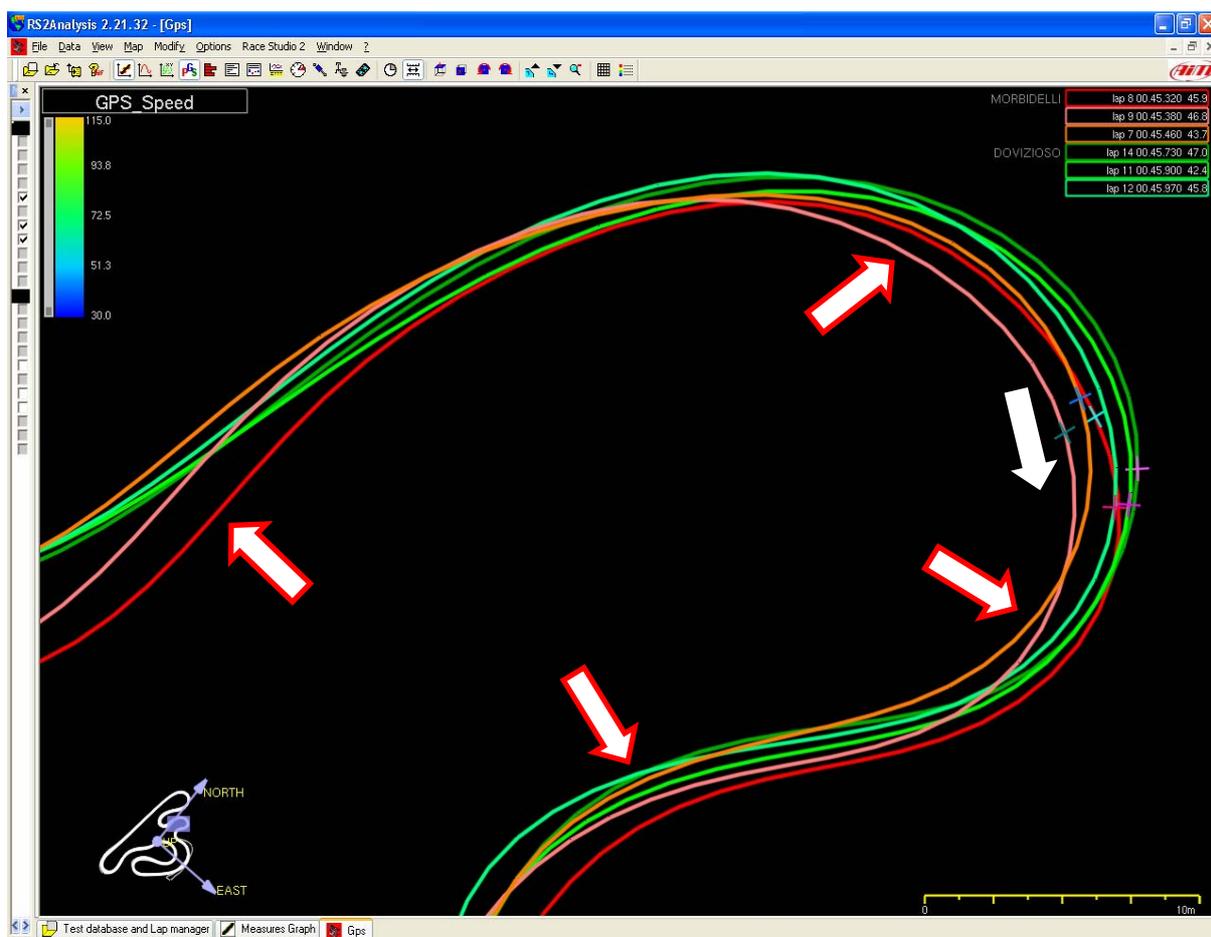
Tratto 9 – Il Primo Tornantino

La velocità cui si arriva è di circa 60 km/h, si effettua una frenata con più di 0,5 g per poi vedere quasi 1,5 g di accelerazione laterale a quasi 40 km/h di velocità.

Su questo tornante è Morbidelli a cercare le traiettorie alternative, come vediamo dalle frecce rosse; arriva diversamente dalla curva precedente, entra più stretto nel tornante e chiude la traiettoria sull'uscita della curva.

Dovizioso invece (e questa scelta, come abbiamo visto dal Time Compare, paga) entra più largo, fa correre il kart dentro il tornante ed è più stretto in uscita, per meglio preparare la curva successiva.

Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati e il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.

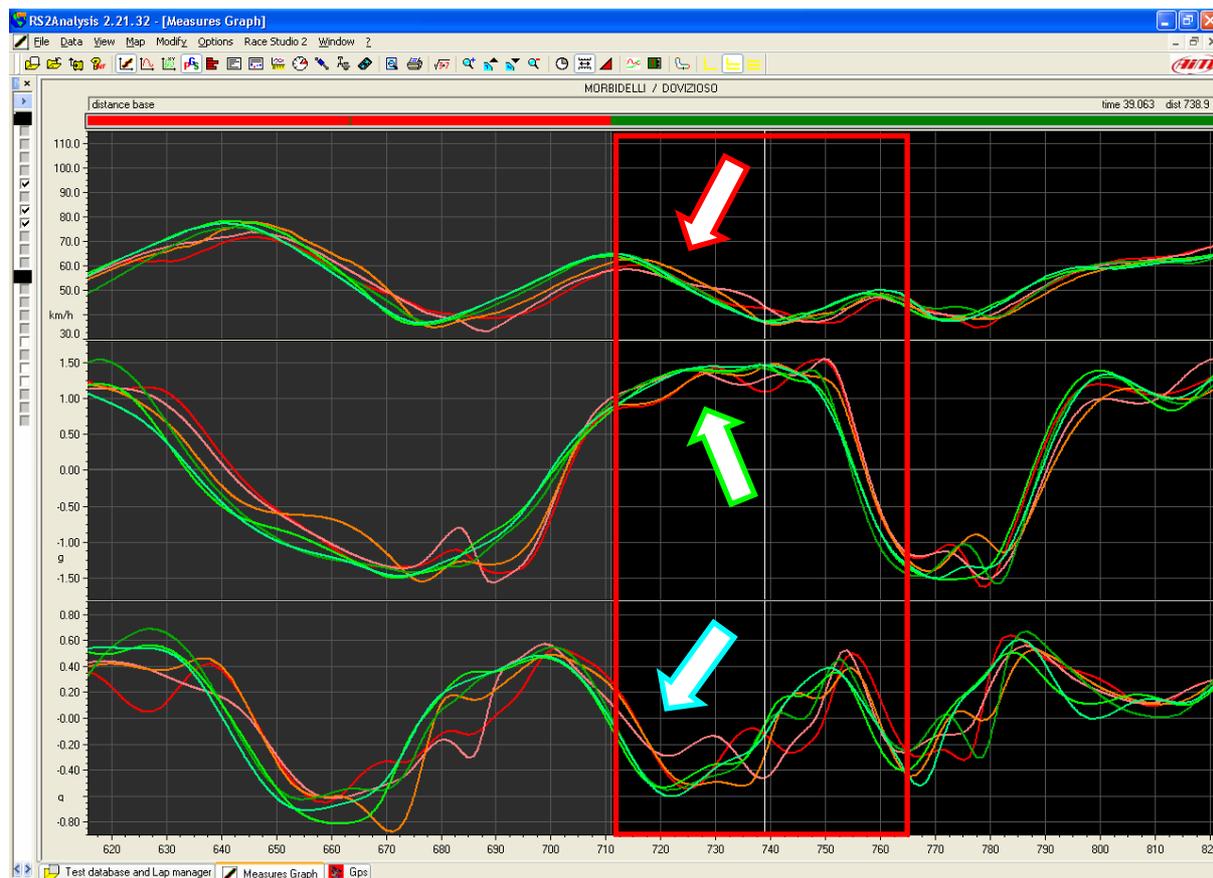




Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, l'accelerazione laterale e l'accelerazione longitudinale.

In generale si noti come le linee verdi siano molto più raccolte di quelle rosse, segno che Dovizioso è molto più costante di Morbidelli, e come (soprattutto nelle accelerazioni) le linee verdi siano molto meno brusche delle altre, segno di maggiore pulizia nella guida.

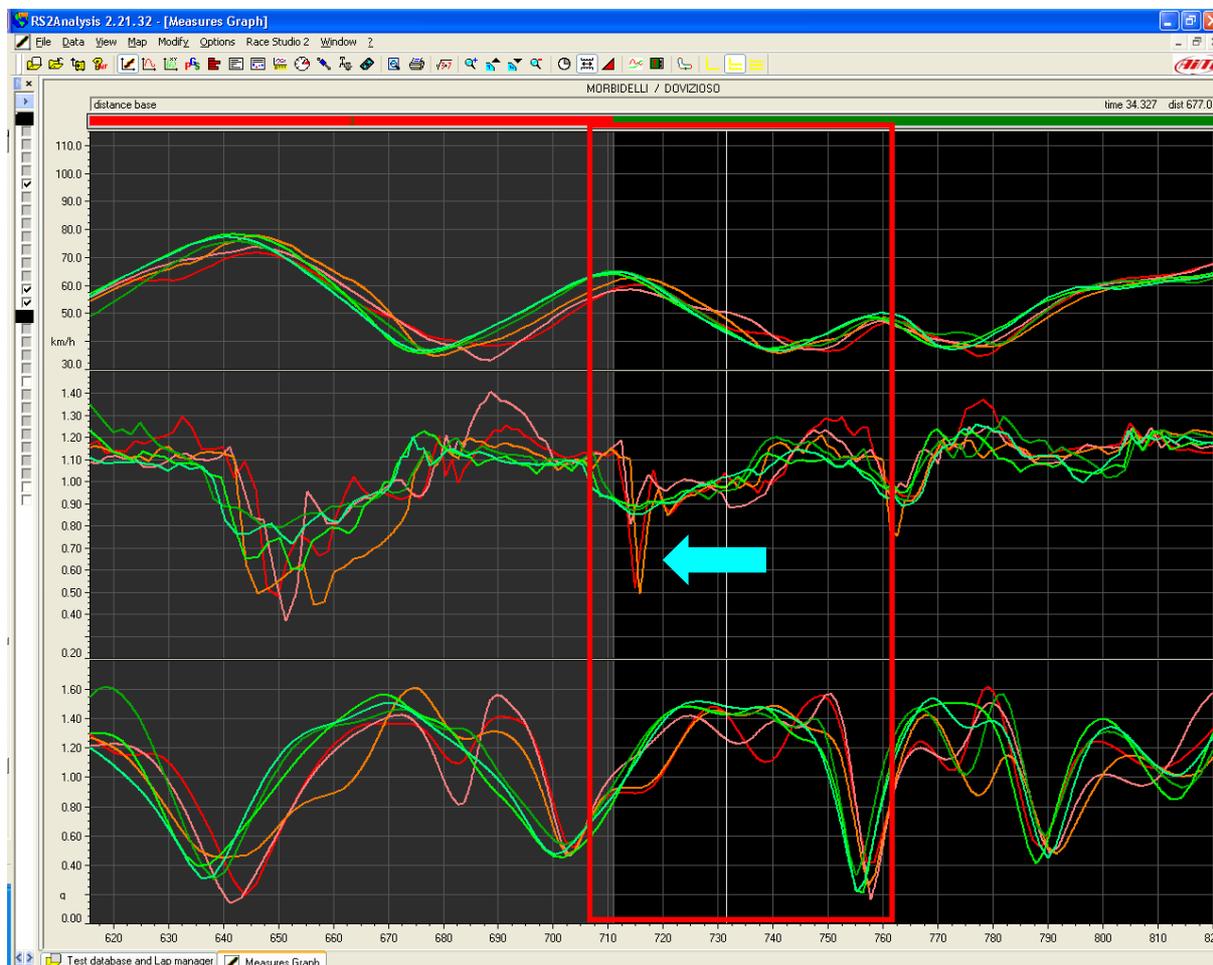
Dovizioso arriva più forte alla staccata (freccia rossa in figura) e, frenando prima (freccia azzurra in figura), riesce a trovare subito un buon livello di accelerazione laterale (freccia verde in figura).



Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, lo slittamento e la somma delle accelerazioni.

Si noti ancora (freccia azzurra) come lo slittamento riesca a far emergere il differente utilizzo del freno tra i due piloti, e come nella fattispecie Morbidelli sia più violento sull'impianto frenante.

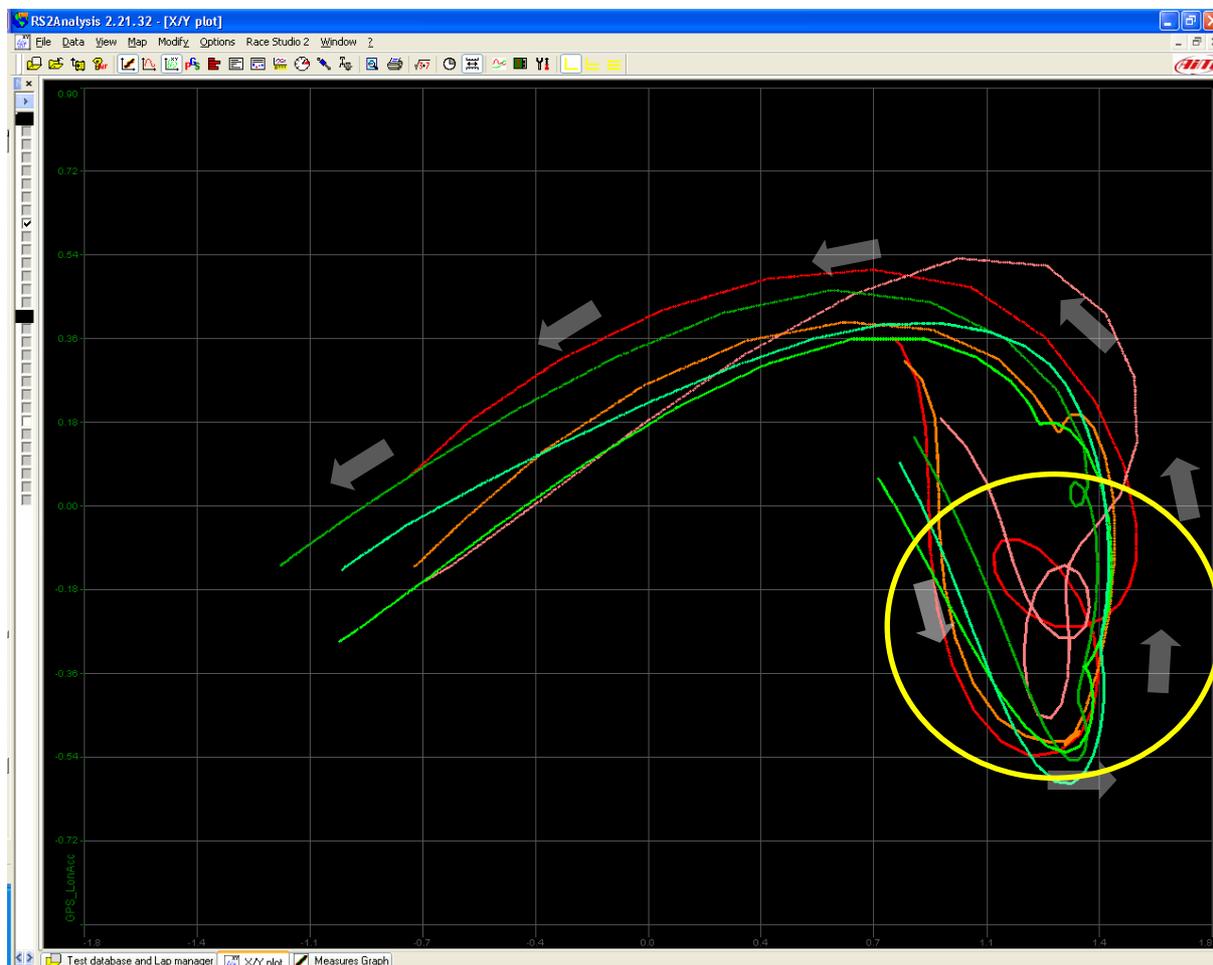
Ancora una volta, le traiettorie sono molto differenti e le accelerazioni totali non ci sono di grosso aiuto.



La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.

L'ingresso nel tornantino vede per entrambi i piloti una staccata con un valore già elevato di accelerazione laterale (quindi entrambi staccano in curva).

Il cerchio giallo in figura evidenzia come Morbidelli abbia avuto un po' di difficoltà in più a mantenere una buona accelerazione laterale, complice anche un po' di velocità in più.



Tratto 10 – Il Secondo Tornantino

La velocità cui si arriva è di quasi 50 km/h, si frena fino a poco sotto i 40 km/h con una decelerazione di poco più di 0,3 g, per affrontare una curva a più di 1,5 g di accelerazione laterale a circa 40 km/h.

Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, l'accelerazione laterale e l'accelerazione longitudinale.

Dovizioso arriva alla staccata leggermente più veloce (freccia rossa in figura) ed anticipa l'inserimento (freccia verde); vediamo infatti che l'accelerazione laterale si sposta più velocemente su valori negativi (ricordiamoci che l'accelerazione laterale vede valori positivi nelle curve a destra e valori negativi nelle curve a sinistra).

Le accelerazioni (freccie azzurre) evidenziano come Morbidelli freni un pochino meno in fase di inserimento (accelerazione longitudinale nel punto appena prima della freccia azzurra in basso) e come prolunghi la frenata nell'intero tornantino (l'accelerazione longitudinale rimane più negativa di quella di Dovizioso). Chiedendo al kart una dose di accelerazione longitudinale Morbidelli deve sacrificare una parte di quella laterale (freccia azzurra in alto), che infatti ha un valore assoluto leggermente più basso.

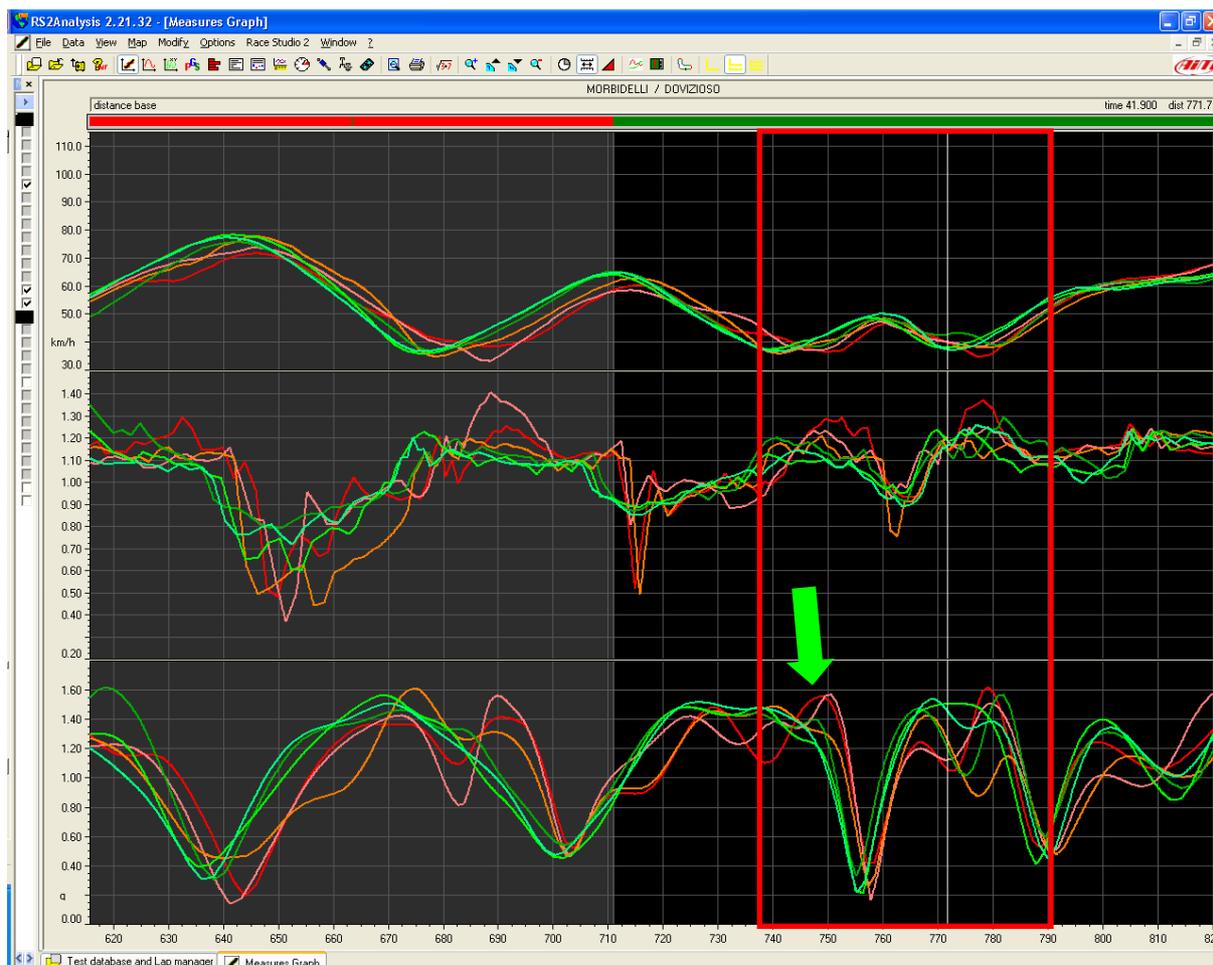


Il grafico mostra, dall'alto al basso, la velocità, lo slittamento delle ruote posteriori e la somma delle accelerazioni.

Lo slittamento evidenzia un po' di difficoltà per Morbidelli ad affrontare questa curva: frena più duro, slitta di più in accelerazione pur avendo una velocità leggermente inferiore. Molto probabilmente è proprio lo slittamento a causare una velocità più bassa.

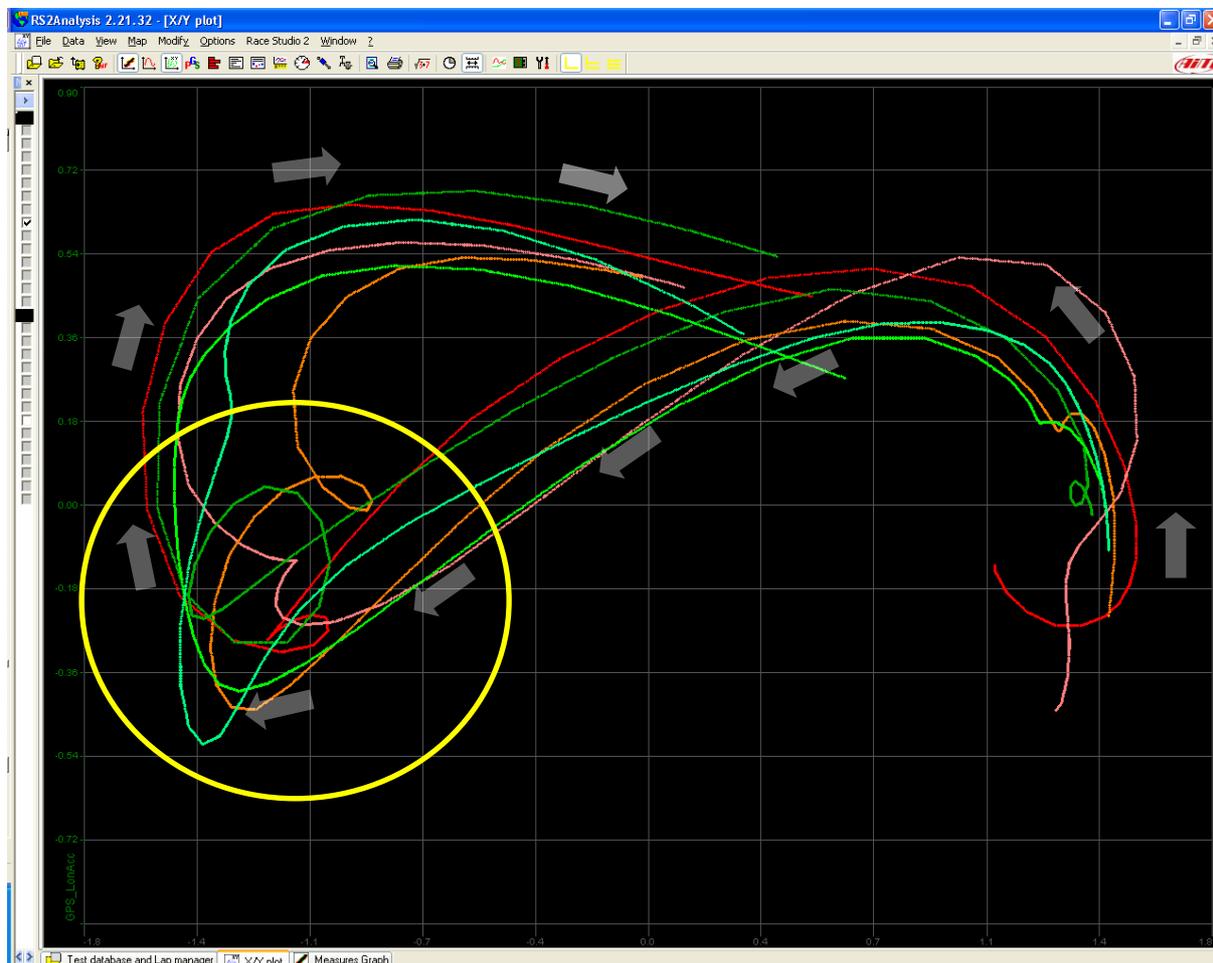
Le accelerazioni totali sono a favore di Morbidelli nella prima fase (freccia verde in figura, è il cambio di direzione dalla curva precedente), per poi andare a favore di Dovizioso.

Probabilmente gestire così bruscamente il cambio di direzione non paga, lo abbiamo visto nel grafico della figura precedente: Dovizioso apre prima e meglio.



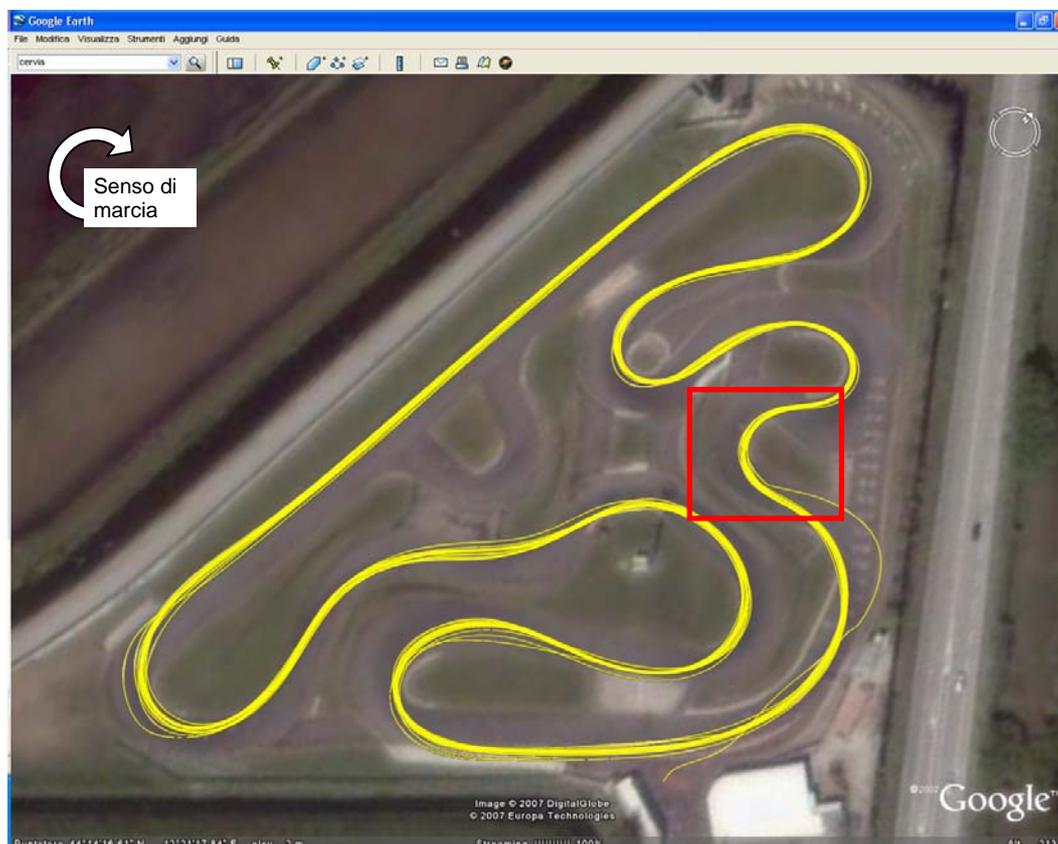
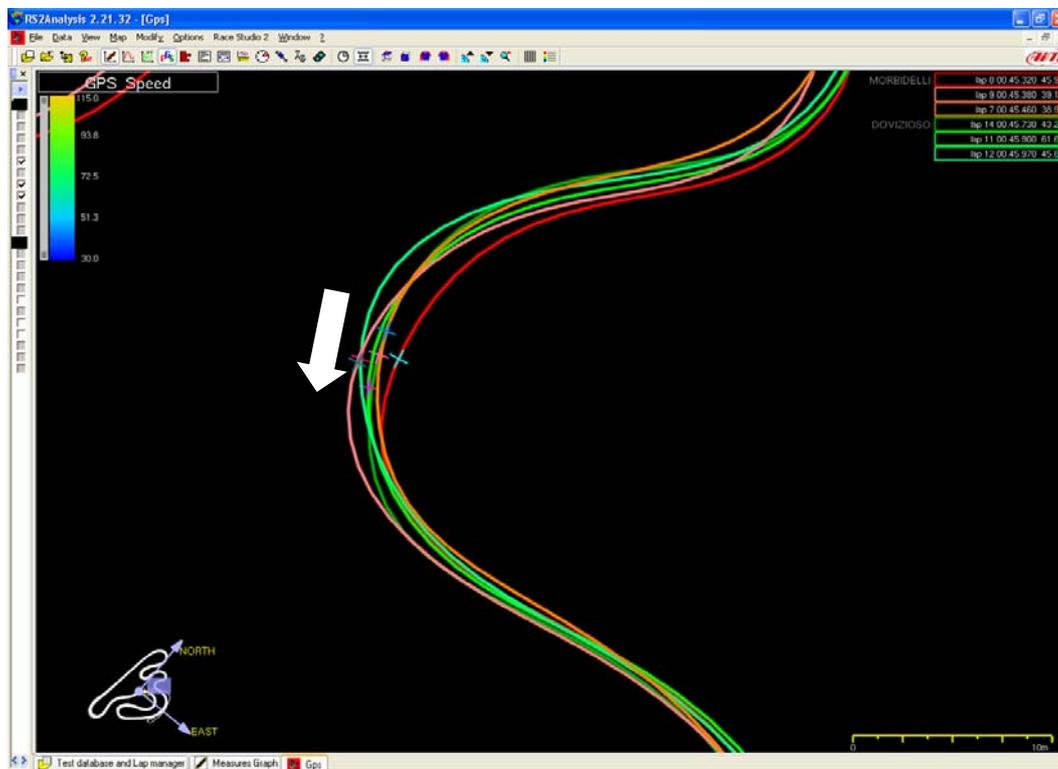
La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.

L'andamento è simile per i due piloti. Evidenziamo solo con un cerchio giallo in figura che la staccata e l'inserimento in questo tornantino vedono in difficoltà entrambi i piloti, probabilmente per le condizioni di aderenza del tracciato in quel tratto.



Nel giro veloce (traiettoria rossa in figura), Morbidelli entra più stretto per frenare più tardi. Abbiamo già visto dal Time Compare che questo non paga nel confronto con gli altri 5 giri in analisi.

Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati e il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.



Tratto 11 – La Curva dei Box

Questa curva è la penultima del tracciato e la sua traiettoria va raccordata con la successiva in modo da vedere una curva unica. Viene affrontata in pieno a velocità crescente con una accelerazione laterale in ingresso di più di 1,2 g che crescono fino a 1,5 g circa al crescere della velocità.

Il grafico mostra, dall'alto al basso, velocità, accelerazione laterale e accelerazione longitudinale.

Questa curva è a cavallo del traguardo del giro cronometrato. Per analizzarla meglio nei grafici passiamo alla modalità Snap OFF (si noti l'icona disabilitata nella freccia azzurra in figura) ed allineiamo perfettamente i traguardi, cliccando e trascinando la griglia dell'asse orizzontale dei giri (rettangolo verde in figura) che in modalità Snap OFF mostra un asse per ogni giro.

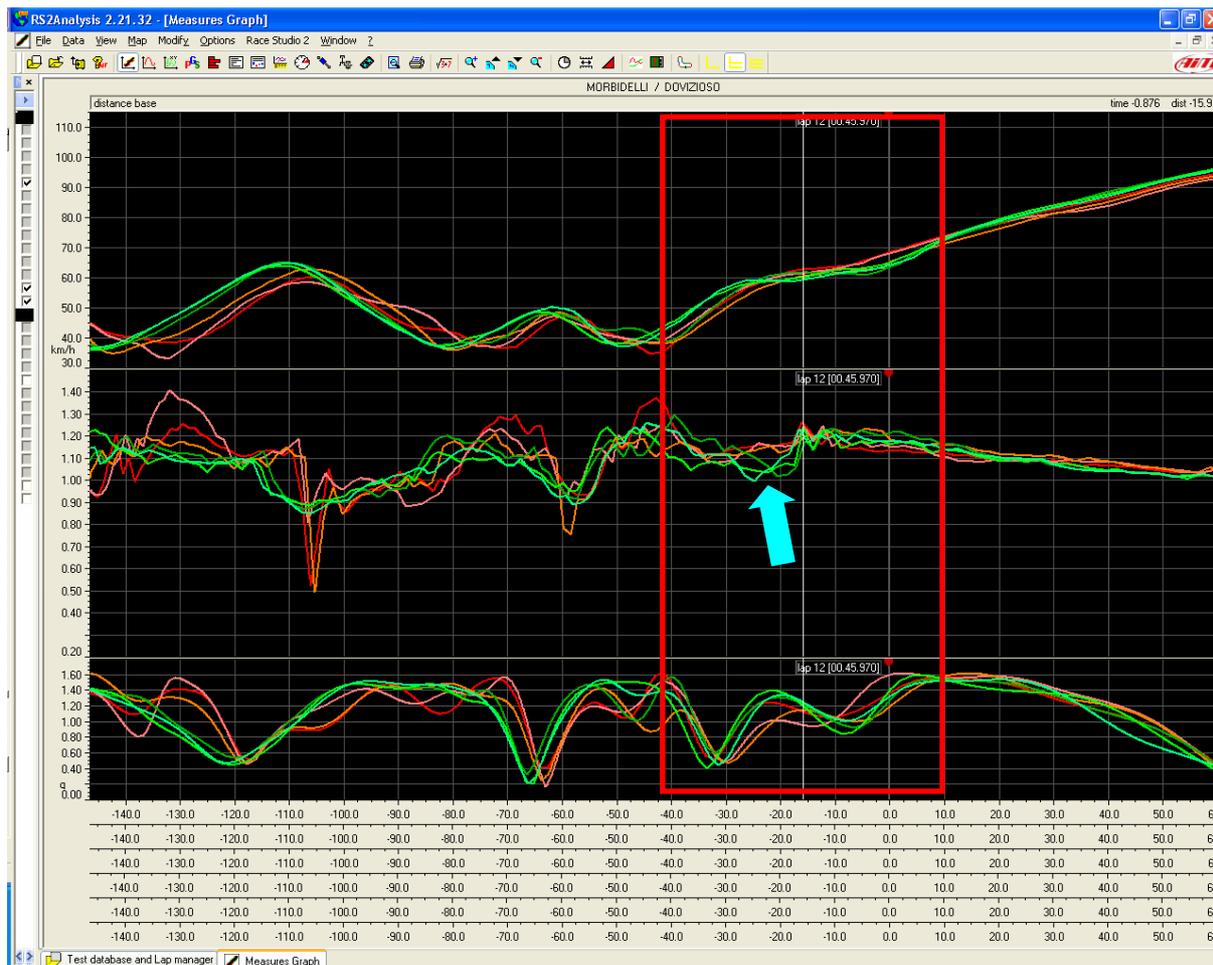
Come vediamo dall'andamento della velocità, la curva viene effettuata in continua accelerazione (freccia rossa in figura).

Come evidenziato dalle frecce verdi in figura, nel secondo e terzo miglior giro Morbidelli fa sbandare il kart (linee rosa ed arancione); questo comporterà delle differenze di traiettoria fin nella curva successiva! Per tutti i giri di entrambi i piloti c'è un leggero alleggerimento dell'accelerazione laterale. Dovizioso è più costante giro dopo giro, Morbidelli non riesce ad esserlo, probabilmente anche per il fatto che affronta la curva con velocità leggermente maggiore (freccia rossa in figura).

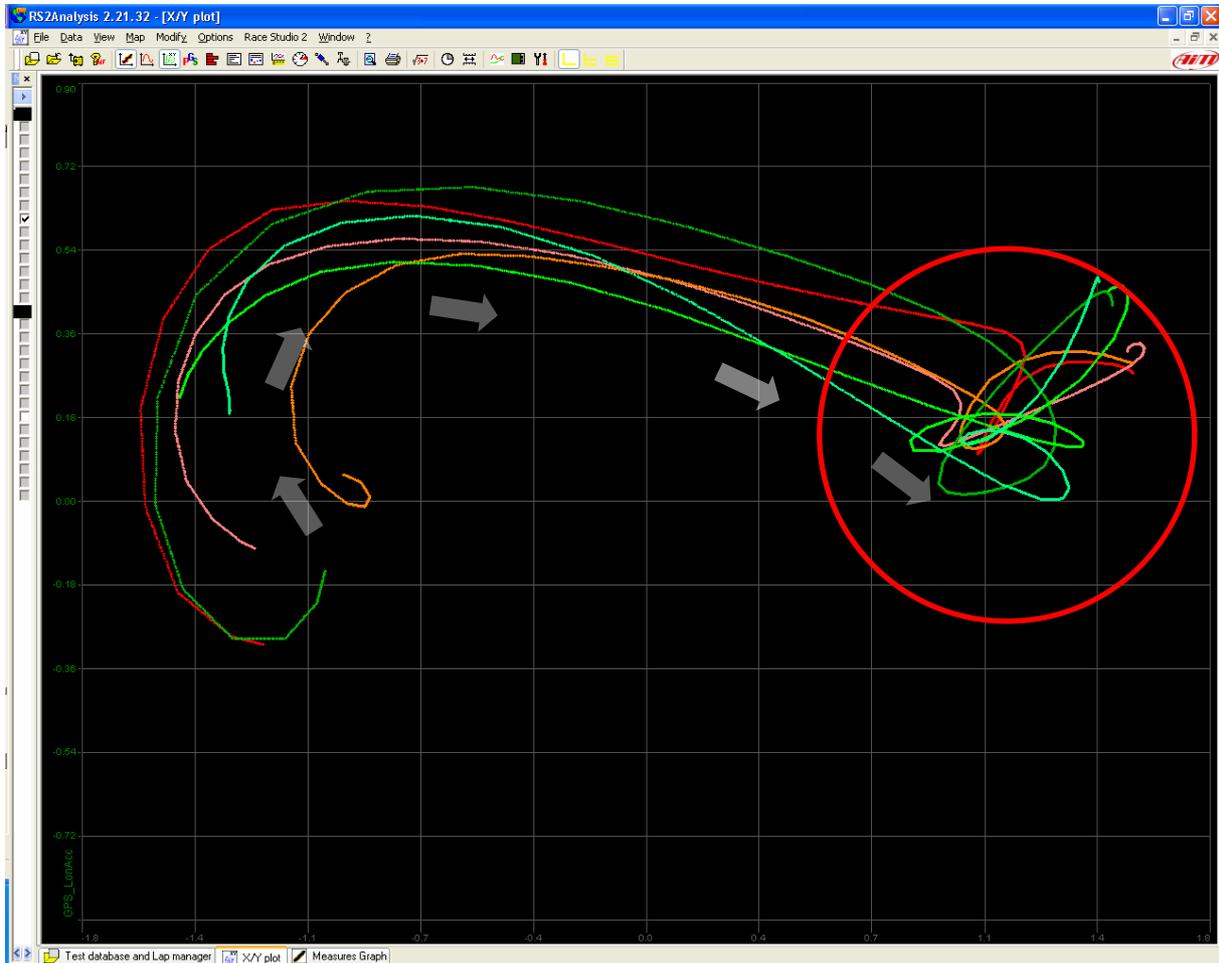


Il grafico mostra, dall'alto al basso, velocità, slittamento e somma delle accelerazioni. Lo slittamento è maggiore in inserimento per Morbidelli, poi ha valori identici. L'accelerazione totale è più bassa per Morbidelli in ingresso perché ha minore accelerazione laterale; questo succede perché a parità di traiettoria ha un po' di velocità in meno.

Abbiamo già visto che Dovizioso chiede, in inserimento, molta accelerazione laterale al kart. Questo si traduce nel fatto che il kart non può dare anche accelerazione longitudinale. La freccia azzurra in figura evidenzia infatti che Dovizioso chiude un poco il gas (lo slittamento si avvicina ad 1 ma non scende al di sotto) per dar modo al kart di fornire accelerazione laterale. Il Time Compare ci ha già detto che questo è quanto di meglio si possa fare.

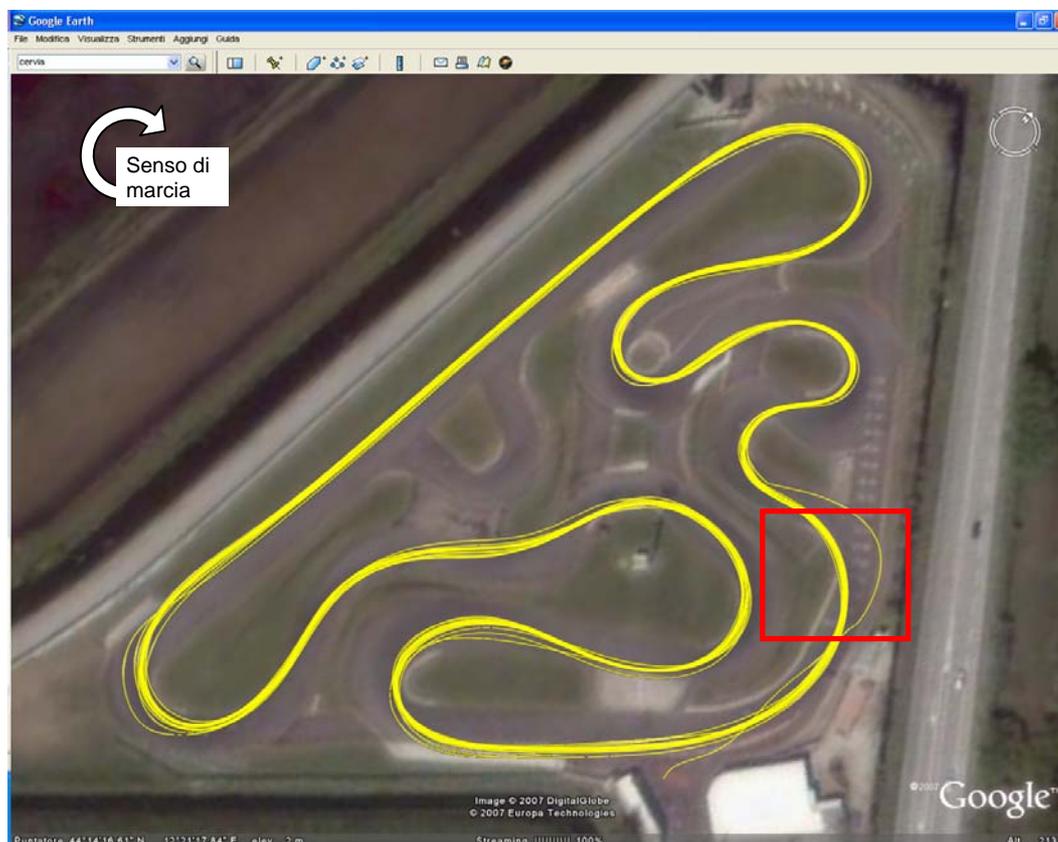
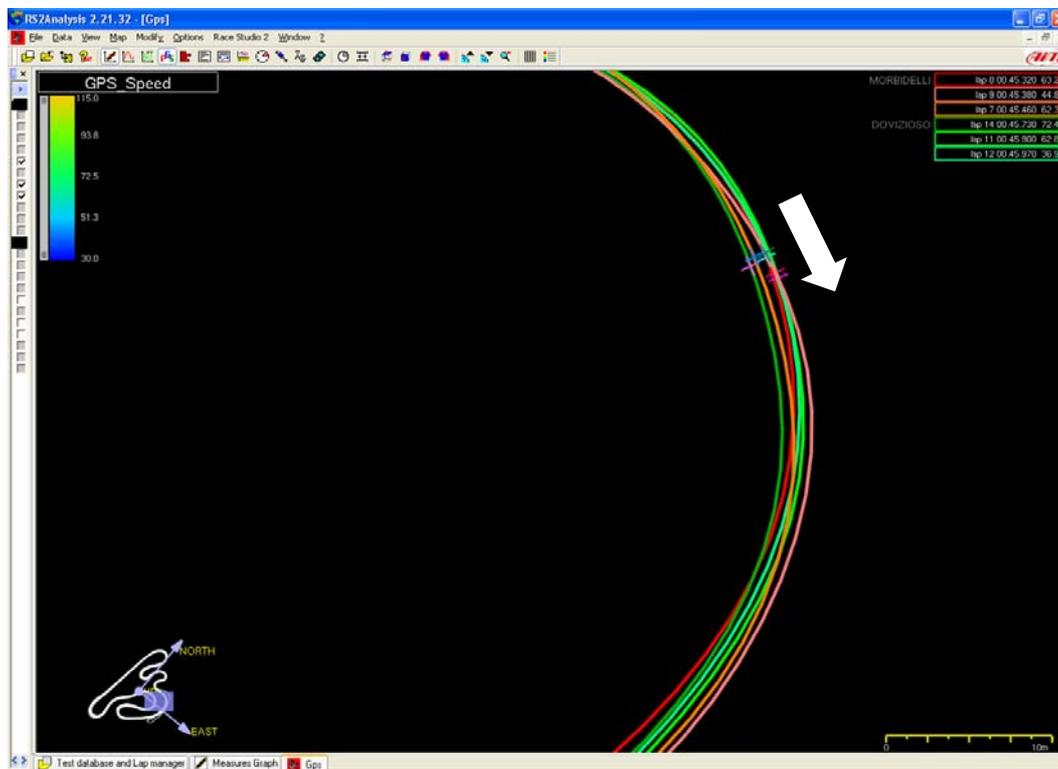


La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.
In evidenza nel cerchio rosso il frangente in cui Dovizioso chiude il gas (le linee verdi sono un po' più in basso) per avere accelerazione laterale.



Non si notano particolari differenze di traiettoria tra i due piloti. Percorrere la traiettoria che paga un po' di più significa stare larghi all'ingresso e stringere l'uscita, come riesce a fare Dovizioso in due giri su tre e Morbidelli nel giro veloce.

Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati e il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.



Tratto 12 – La Curva del Bar

La Curva del Bar è alla fine del tracciato di Cervia ma, data la disposizione sul tracciato delle bande magnetiche, risulta all'inizio del giro guardando i nostri grafici. Per apprezzarne l'andamento completo dobbiamo passare alla modalità Snap OFF di Race Studio Analysis e riallineare gli intervalli mostrati sulle posizioni dei traguardi.

Il grafico mostra, dall'alto al basso, velocità, accelerazione laterale e accelerazione longitudinale.

Il diagramma della velocità ha un andamento sempre crescente (freccia rossa in figura) ed indica una continua accelerazione dalla curva precedente; l'accelerazione longitudinale (freccia azzurra) è infatti sempre positiva. L'accelerazione laterale (freccia verde) scende lentamente e questo implica che la traiettoria apra dolcemente. Ci si sta immettendo in un rettilineo abbastanza lungo e quindi è bene lasciar correre il kart in uscita di curva. Si noti come a Dovizioso questo riesca leggermente meglio grazie al fatto che esce più pulito dalla curva precedente.

All'ingresso di questa curva la differenza di velocità è di circa 8 km/h a favore di Dovizioso.

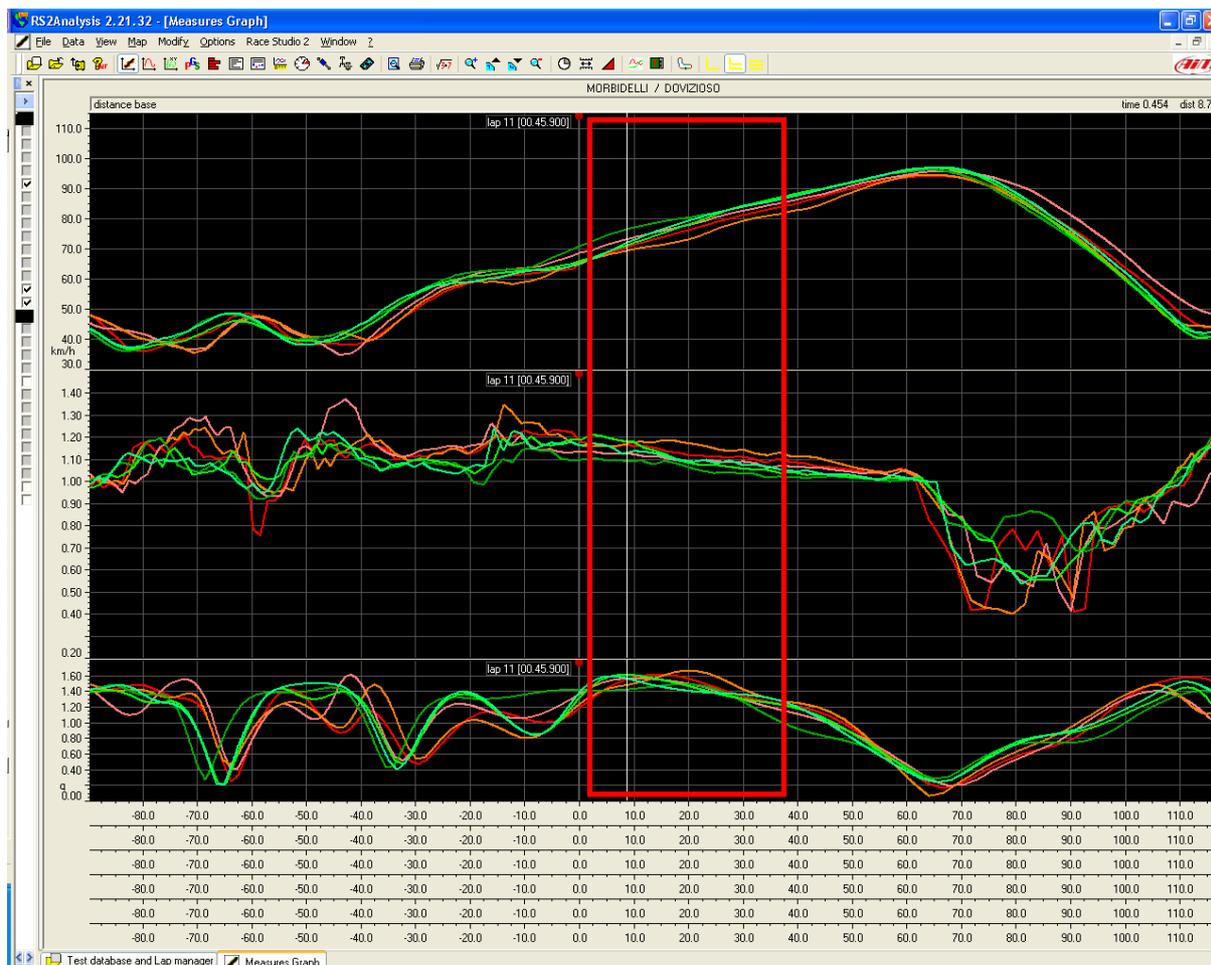


Il grafico mostra, dall'alto verso il basso, la velocità, lo slittamento e la somma delle accelerazioni.

Si noti come lo slittamento sia, in tutto l'intervallo considerato, maggiore di 1, il che vuol dire che la curva viene fatta in leggero sovrasterzo, Morbidelli più di Dovizioso.

L'utilizzo del Time Compare ci ha detto che nella seconda parte del tracciato, complessivamente, Morbidelli ha perso rispetto a Dovizioso ma non in questa curva, il che significa che va fatta così.

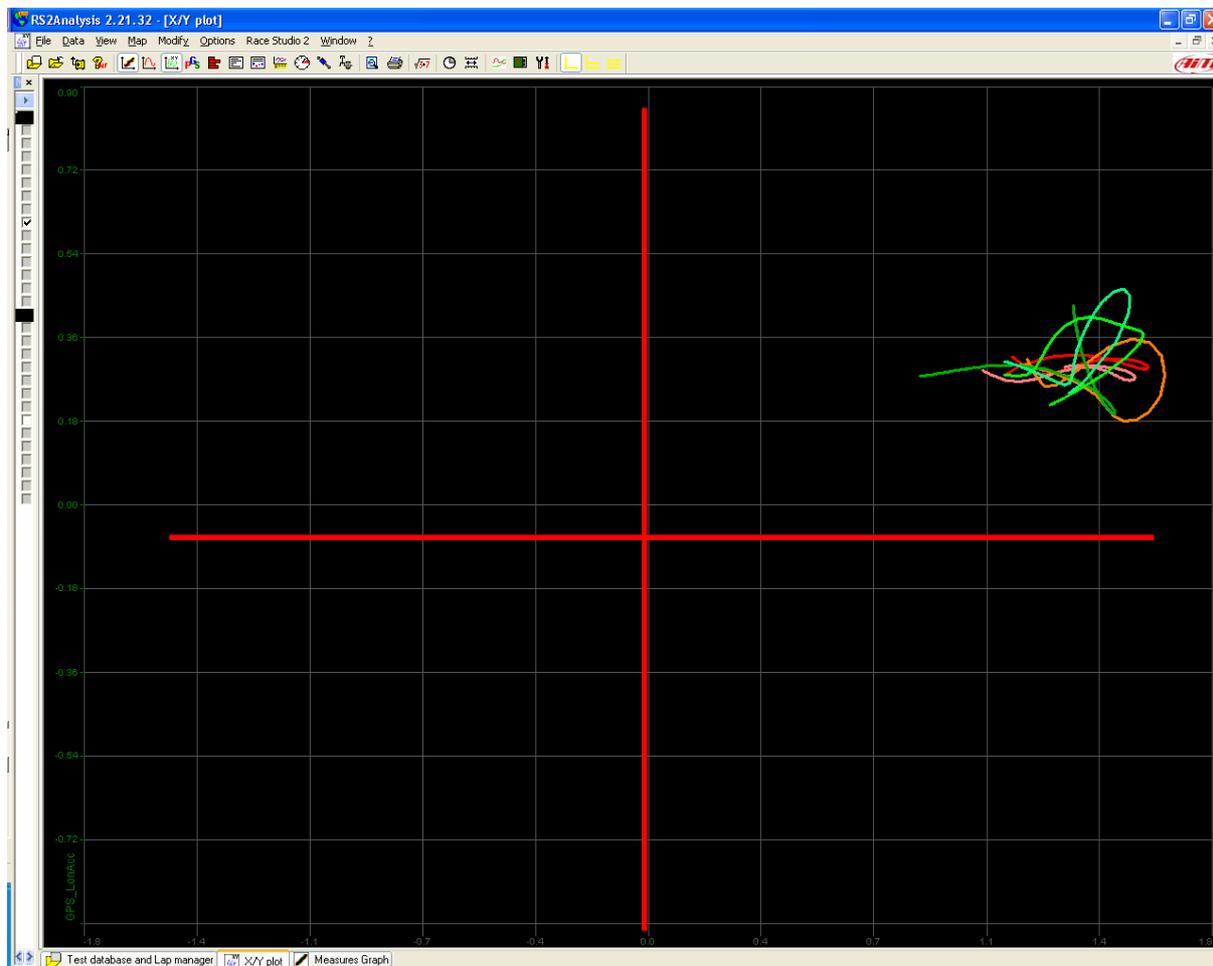
L'andamento dell'accelerazione totale indica un valore più grande per Morbidelli e conferma ulteriormente che lo stile di Morbidelli qui è quello che paga.



La figura seguente mostra il diagramma G-G dell'intervallo evidenziato in rosso nelle figure precedenti.

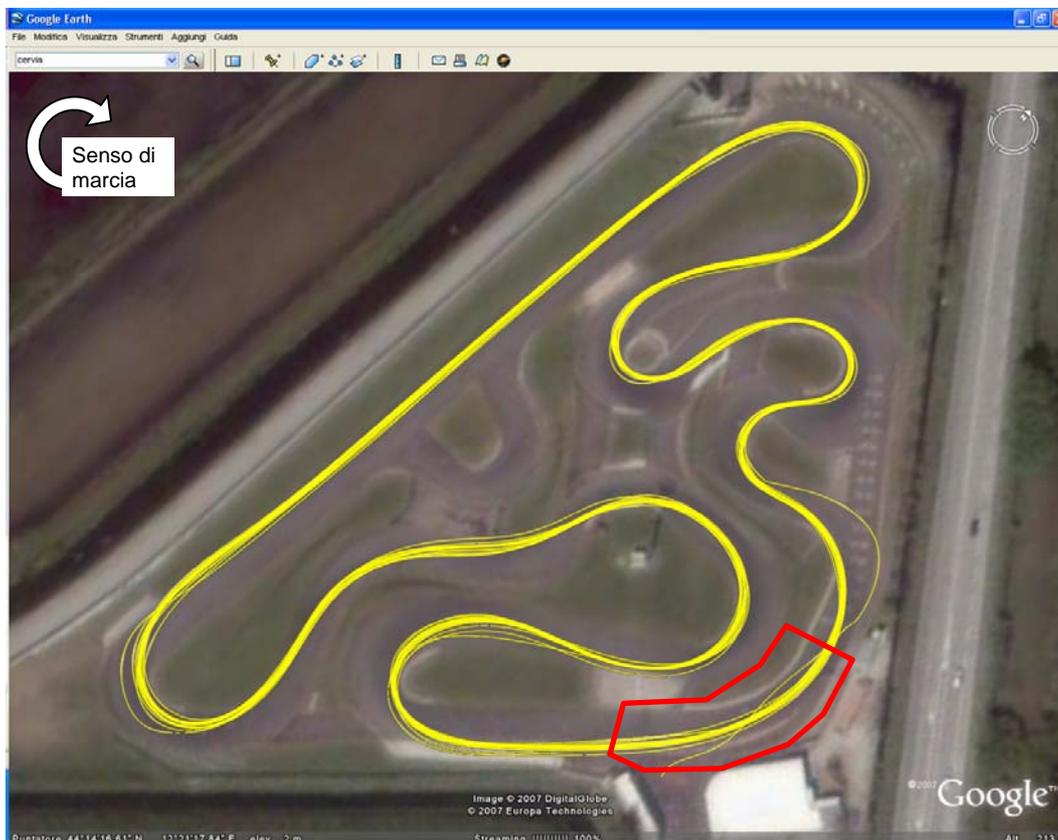
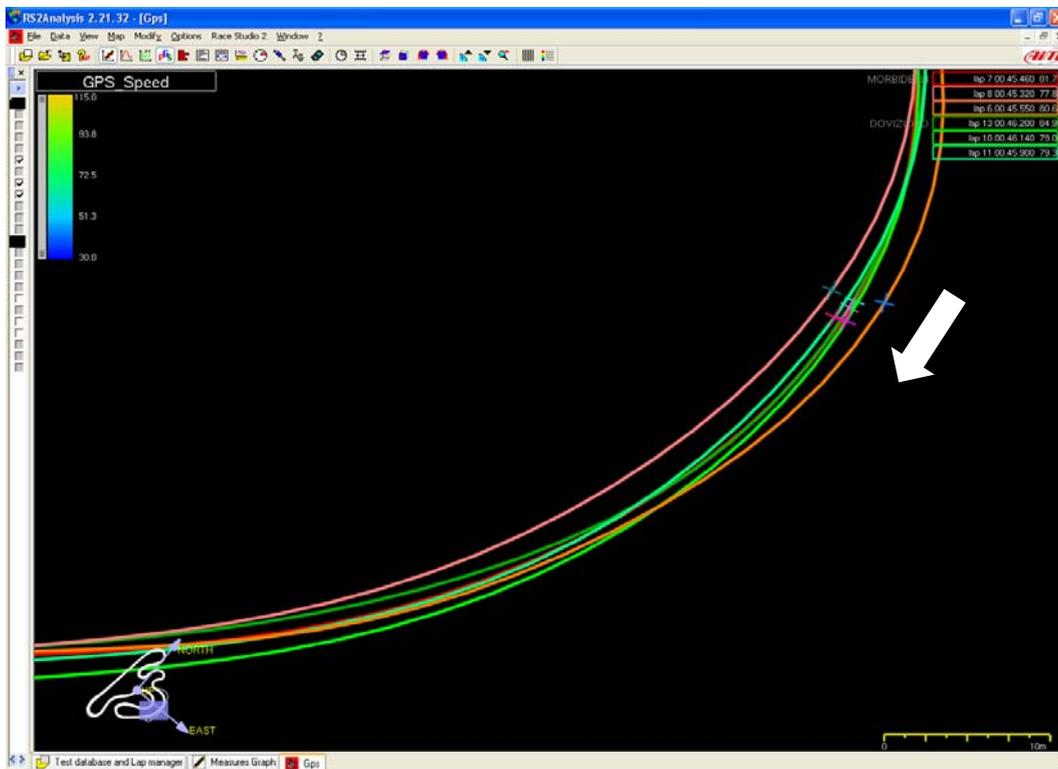
La seguente figura rappresenta un caso da manuale per il diagramma G-G: curva verso destra ad accelerazione costante, tanto in laterale quanto in longitudinale: tutti i punti sono nel quadrante in alto a destra.

Lo stile è simile per entrambi (guida in leggero sovrasterzo), ma Morbidelli riesce a sviluppare maggiore accelerazione laterale, probabilmente per un uso leggermente differente dello sterzo.



Le differenze di traiettoria nei due giri meno veloci di Morbidelli derivano da sbandate già descritte nella curva precedente. Guardando i grafici si direbbe che Dovizioso riesca ad essere più costante in questa curva, ma il comportamento è determinato solo dall'uscita della precedente, che infatti si raccorda con questa.

Le seguenti figure mostrano la traiettoria GPS percorsa nei giri analizzati ed il dettaglio del tratto di pista evidenziato sulla mappa di Google Earth.





Racing Data Power

AIM Sportline - The World Leader in Data Acquisition

© 2008 AIM Srl - Via Cavalcanti, 8 20063 Cernusco sul Naviglio (MI) - Italy
Tel. +39.02.9290571 - info@aim-sportline.com

www.aim-sportline.com