

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

**Dipartimento di Tecnica e Gestione dei sistemi in  
dustriali**

**Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale**

**Tesi di Laurea di Primo Livello**

**ANALISI COMPARATIVA DI ARCHITETTURE IBRIDE-  
ELETTRICHE PER VEICOLI CON IL CODICE ADVISOR.**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF HYBRID-ELECTRIC  
ARCHITECTURES FOR VEHICLES USING THE CODE ADVISOR.**

**RELATORE : ING. ALARICO MACOR**

**LAUREANDO: DAMIANO SOPRANA**

**ANNO ACCADEMICO: 2010/2011**







# INDICE

INDICE .....	1
SOMMARIO .....	3
INTRODUZIONE.....	5
CAPITOLO 1 .....	7
Presentazione architetture ibride.....	7
1.1.Ibrido Serie .....	7
1.2.Ibrido Parallelo .....	9
1.3.Ibrido Serie/Parallelo (Prius).....	11
CAPITOLO 2.....	13
ADVISOR.....	13
CAPITOLO 3.....	15
Cicli di utilizzo .....	15
3.1.Ciclo urbano .....	15
3.2.Ciclo extraurbano .....	16
3.3.Ciclo autostradale .....	17
3.4.Ciclo completo.....	17
3.5.Ciclo autobus .....	18
CAPITOLO 4.....	19
Modelli automobili ADVISOR.....	19
CAPITOLO 5.....	27
Simulazioni automobili .....	27
5.1.Potenza totale installata 80KW.....	28
5.1.1.Tabelle riassuntive simulazioni automobile 80KW .....	38
5.1.2.Conclusioni simulazioni automobili 80KW .....	41
5.2.Potenza totale installata 120KW.....	42
5.2.1.Tabelle riassuntive simulazioni automobili 120KW .....	52
5.2.2.Conclusioni simulazioni automobili 120KW .....	54
5.2.3.Comparativa con ibridi Diesel .....	55
CAPITOLO 6.....	57
Modelli autobus ADVISOR .....	57
CAPITOLO 7.....	59
Simulazioni autobus.....	59
7.1.Tabelle riassuntive simulazioni autobus.....	61
7.2.Simulazione di verifica con autobus architettura serie ottimizzata .....	62

CAPITOLO 8 .....	63
Modelli autotreni ADVISOR.....	63
CAPITOLO 9 .....	66
Simulazioni autotreni.....	66
9.1.Tabelle riassuntive simulazioni autotreni .....	68
9.2.Conclusioni simulazioni autotreni.....	68
9.2.1.Simulazione di verifica con autotreno serie senza SOC Correction.....	69
CAPITOLO 10 .....	71
Conclusioni.....	71
BIBLIOGRAFIA .....	73
RINGRAZIAMENTI.....	75

# SOMMARIO

Il mondo automotive sta proponendo sempre più veicoli ibridi. L'elaborato ha lo scopo di confrontare le varie architetture, con l'obiettivo di capire quali sono le più convenienti in relazione al tipo di utilizzo e al veicolo interessato.

Si è cercato di confrontare le varie soluzioni nel modo più oggettivo possibile, cioè senza avvantaggiare nessuna architettura.

Per le automobili sono state prese in considerazione le architetture serie, parallelo e Prius, mentre per autobus e autocarri serie e parallelo.

I confronti inoltre sono stati fatti anche con veicoli convenzionali, cioè dotati solamente di motore termico, questo per avere un'indicazione sul risparmio in relazione ai veicoli tradizionali.

L'analisi viene svolta utilizzando il codice ADVISOR che lavora in ambiente Matlab e Simulink.





# INTRODUZIONE

Negli ultimi anni sta diventando concreta la possibilità di affiancare, a bordo dei veicoli, uno o più motori elettrici al tradizionale motore termico, realizzando così un ibrido.

E' possibile trovare molte soluzioni e non è chiaro quale sia la strada migliore da seguire, ammesso che questa esista.

Lo scopo dell'elaborato è di confrontare le varie architetture di veicoli ibridi per capire quale possa essere la più conveniente.

I confronti che vengono eseguiti sono molteplici, per prime sono analizzate le automobili. Le soluzioni che attualmente troviamo per queste vetture sono: serie, parallelo e Prius.

Successivamente si esaminano le soluzioni per autobus e autotreno: per queste tipologie di veicolo le architetture sono serie e parallelo.

Per avere dei parametri di confronto più concreti oltre alle varie architetture ibride le simulazioni sono state eseguite anche per i veicoli convenzionali.

Si è cercato di effettuare i confronti nel modo più leale possibile. Questo ha portato ad analizzare modelli che non rispecchiano le caratteristiche di veicoli esistenti, con lo scopo di capire il comportamento delle architetture nelle varie situazioni, potendolo confrontare direttamente.

Un fattore da tenere presente riguarda la modalità di ricarica delle batterie, nei modelli analizzati non è possibile la ricarica dall'esterno ma solo tramite il motore termico e, per non falsare i risultati, lo stato di carica a termine ciclo è pari a quello iniziale.

Le simulazioni sono state effettuate con il codice Advisor, uno strumento che funziona in ambiente Matlab Simulink: questo permette di creare e modificare vari modelli di vetture e variarne le caratteristiche. Sono inoltre presenti molti cicli su cui poter testare i veicoli, fra i quali test di accelerazione per la verifica delle prestazioni.



# CAPITOLO 1

## Presentazione architetture ibride

Iniziamo con la definizione di veicolo ibrido: Un veicolo ibrido, più propriamente veicolo a propulsione ibrida, è un veicolo dotato di due sistemi di propulsione, ad esempio motore elettrico con motore termico, l'accoppiata più diffusa.

Di seguito vengono descritte le varie architetture che sono state oggetto di simulazione e analisi.

### 1.1.Ibrido Serie

Negli ibridi serie la coppia alle ruote è fornita dal solo motore elettrico, il motore termico (generatore) ha il solo compito di generare corrente elettrica. Nella marcia a potenza ridotta il sistema di generazione alimenta il motore elettrico e se c'è margine, ricarica contemporaneamente le batterie, esse restituiscono questa energia, integrando la potenza del generatore, quando sono richiesti elevati picchi di potenza.

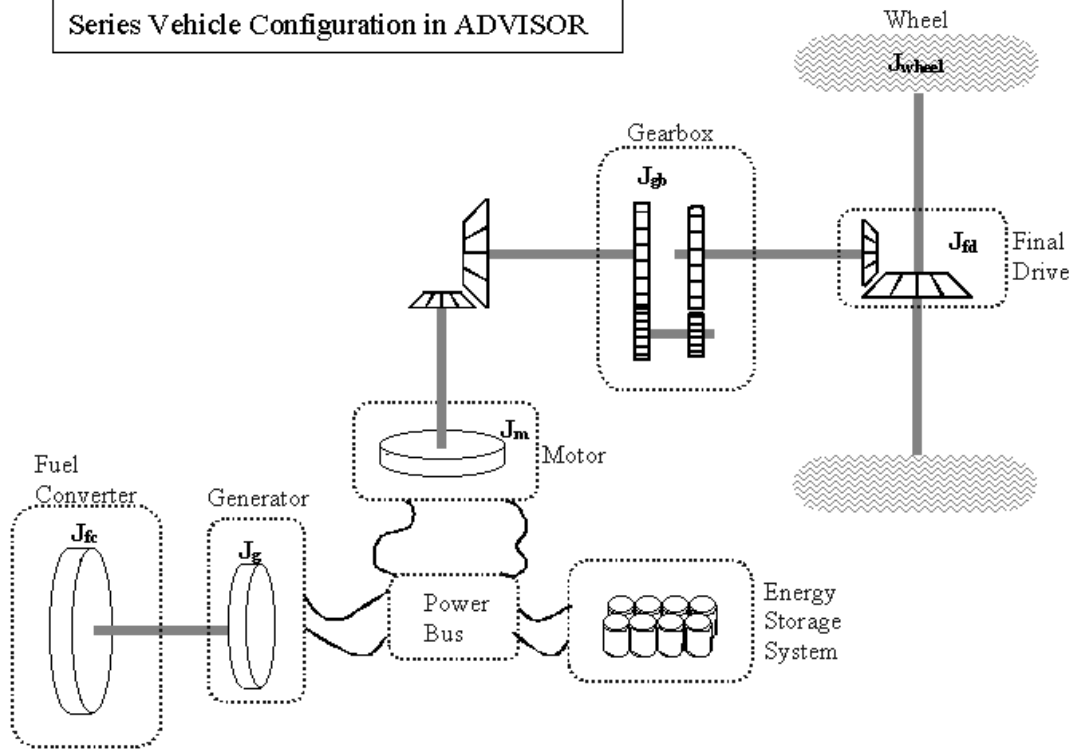
In questo modo il generatore può essere dimensionato in base alla potenza media richiesta dal veicolo, mentre il motore termico va dimensionato in base alla potenza massima e di conseguenza anche le batterie devono essere dimensionate per soddisfare picchi di richiesta.

Nota che l'efficienza dei motori a combustione interna varia a seconda del numero di giri, nei sistemi ibridi serie il regime di funzionamento del motore termico viene impostato per ottenere il massimo rendimento, non dovendo esso variare la velocità di rotazione. Di conseguenza si può utilizzare un motore a combustione interna ottimizzato per funzionare ad un certo regime, al contrario dei normali motori termici che vengono ottimizzati per un ampio range di regimi di rotazione.

Il principale svantaggio dell' ibrido serie è dovuto al fatto che la catena dei rendimenti è più lunga rispetto ad altre configurazioni che non sono costrette ad utilizzare costantemente una conversione termico-elettrico-moto.

Qui di seguito il modello serie presente in ADVISOR utilizzato per le simulazioni.

Series Vehicle Configuration in ADVISOR

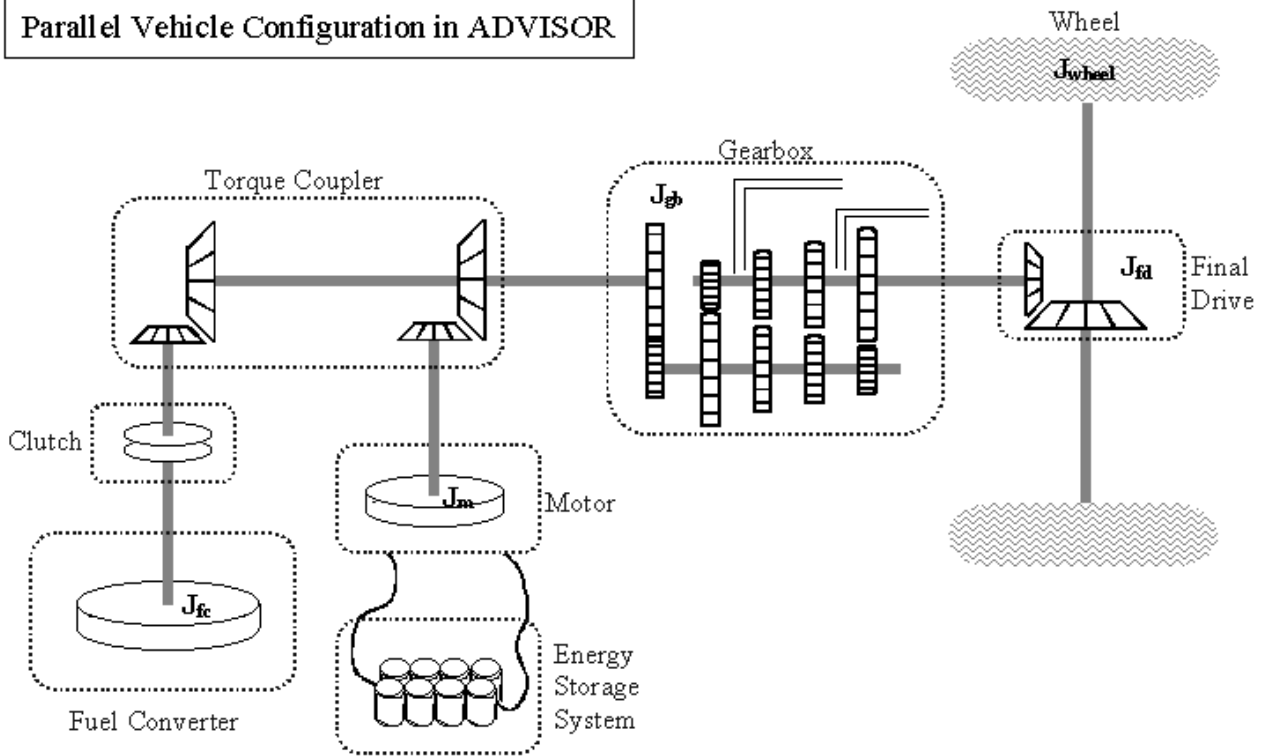


## 1.2.Ibrido Parallelo

Negli ibridi parallelo sono previste due distinte motorizzazioni alle ruote, una termica e l'altra elettrica, per cui entrambi i motori forniscono coppia alle ruote attraverso un nodo meccanico di accoppiamento della potenza. Il motore termico è collegato alla trasmissione mediante una frizione elettromagnetica e consente quindi la propulsione diretta del veicolo, con un migliore rendimento energetico rispetto all'ibrido serie (la catena dei rendimenti è più corta) inoltre può essere utilizzato per ricaricare le batterie in caso di necessità. In aggiunta una macchina elettrica, anch'essa inseribile o disinseribile svolge la funzione di propulsione e/o di generazione (in fase di frenata). La realizzazione costruttiva del nodo meccanico e la sua posizione nell'ambito del sistema di propulsione, servono a distinguere ibridi paralleli pre-trasmissione (motore elettrico a monte del cambio), post-trasmissione (motore elettrico a valle del cambio) e post-ruote (i due assali hanno due motorizzazioni meccanicamente indipendenti, l'accoppiamento è dunque costituito dalla strada). Gli ibridi parallelo possono ulteriormente essere classificati a seconda del bilanciamento dei due motori nel fornire potenza motrice. Nella maggior parte dei casi il motore a combustione interna è la parte dominante e il motore elettrico ha la semplice funzione di fornire una maggiore potenza nei momenti di necessità (principalmente in partenza, in accelerazione e alla velocità massima).

I vantaggi dell'ibrido parallelo sono una catena dei rendimenti più corta e la possibilità di eliminare le marce basse (quelle con le quali il consumo di carburante è maggiore) oltre che l'utilizzo di cilindrata ridotte, in quanto alla massima velocità il motore termico può essere supportato da quello elettrico (anche se solo per qualche chilometro). Questo di seguito è il modello presente in ADVISOR, è un modello ibrido parallelo pre-trasmissione.

Parallel Vehicle Configuration in ADVISOR



### 1.3.Ibrido Serie/Parallelo (Prius)

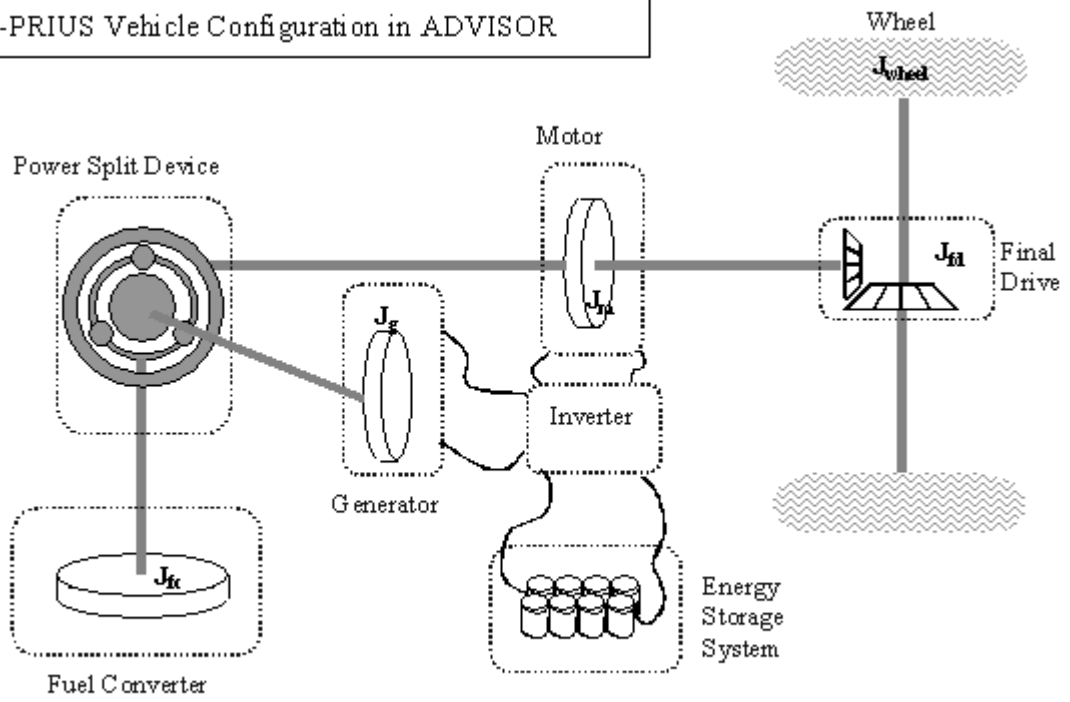
Questa configurazione combina l'ibrido serie con l'ibrido parallelo allo scopo di sfruttare i vantaggi di entrambe le soluzioni. Questo sistema è composto da un motore termico, un motore elettrico, un generatore e un power split (ingranaggio epicicloidale) che ripartisce continuamente e in modo variabile la potenza generata dal motore, alle ruote e al generatore.

Attraverso una centralina di controllo, il sistema massimizza l'efficienza complessiva del veicolo, utilizzando il motore elettrico nelle condizioni in cui il motore termico non la vorrebbe con un elevato rendimento e generando corrente quando il motore termico si trova in condizioni di elevata efficienza.

Come si può notare dallo schema il motore elettrico è installato sull'albero che porta il moto alle ruote, di conseguenza la velocità di rotazione del motore elettrico e delle ruote è direttamente proporzionale. Il motore termico è invece libero di lavorare ad un numero di giri indipendente dall'avanzamento del veicolo. Se il motore termico è fermo, il motore elettrico fornisce coppia alle ruote e il generatore gira a vuoto, in questo modo la vettura viene alimentata dall'energia presente nelle batterie e si comporta come un veicolo elettrico puro. Durante la guida normale il motore termico è in funzione e ripartisce parte della coppia direttamente alle ruote e parte al generatore che fornisce corrente al motore elettrico, questo stadio di funzionamento è simile ad un ibrido parallelo perché alle ruote arriva coppia generata dal motore termico e dal motore elettrico, ma somiglia anche ad un ibrido serie perché il motore termico funziona ad un regime fisso e le variazioni di velocità tra motore termico e ruote vengono compensate dalla rotazione del generatore, che si modifica in base alle condizioni.

In caso di accelerazioni improvvise, cioè quando è richiesta la massima potenza, il motore termico aumenta il regime di rotazione per aumentare la coppia e sia il motore elettrico che il generatore forniscono coppia alle ruote prelevando energia dalle batterie. Anche questa tipologia di ibrido in fase di frenata ricarica le batterie, in questo caso è il motore elettrico che svolge il compito di convertire l'energia cinetica in corrente e non il generatore.

Parallel-PRIUS Vehicle Configuration in ADVISOR





## CAPITOLO 2

### ADVISOR

Advisor ADvanced Vehicle SimulatOR è un insieme di modelli e dati da utilizzare con Matlab e Simulink. E' stato progettato per eseguire analisi sulle prestazioni e sui consumi di veicoli convenzionali, elettrici e ibridi. Advisor inoltre si pone come uno strumento utile per eseguire dettagliate simulazioni e analisi di componenti definiti dall'utente, oltre che strumento di verifica di algoritmi.

Advisor si rivela utile per:

- stimare il consumo di veicoli non ancora realizzati
- analizzare come le varie architetture utilizzano e sprecano energia nella trasmissione
- confrontare le emissioni di scarico prodotte in un certo numero di cicli
- ottimizzare e dimensionare il cambio per minimizzare l'utilizzo di carburante o per massimizzare le prestazioni

ADVISOR si basa sul modello newtoniano, utilizza quindi semplici leggi fisiche. I modelli che stanno alla base del codice sono di tipo empirico e sono basati su rapporti tra ingresso e uscita di vari componenti, inoltre utilizza dati misurati in test a coppia a velocità costante che sono poi stati corretti aggiungendo gli effetti inerziali dei vari componenti.

Bisogna tener presente che ADVISOR non è un codice di progettazione, ma solamente di simulazione, presenta infatti varie limitazioni: non tiene conto di vibrazioni, oscillazioni dei campi elettrici e altre dinamiche.

Il Dipartimento di Energia degli Stati Uniti (DOE Department of Energy) e il Laboratorio Nazionale sulle Energie Rinnovabili (NREL National Renewable Energy Laboratory) hanno lavorato con industrie partner per sviluppare un sofisticato strumento di analisi in grado di rispondere a domande cruciali relative alle specifiche dei componenti e alla progettazione dei veicoli.



# CAPITOLO 3

## Cicli di utilizzo

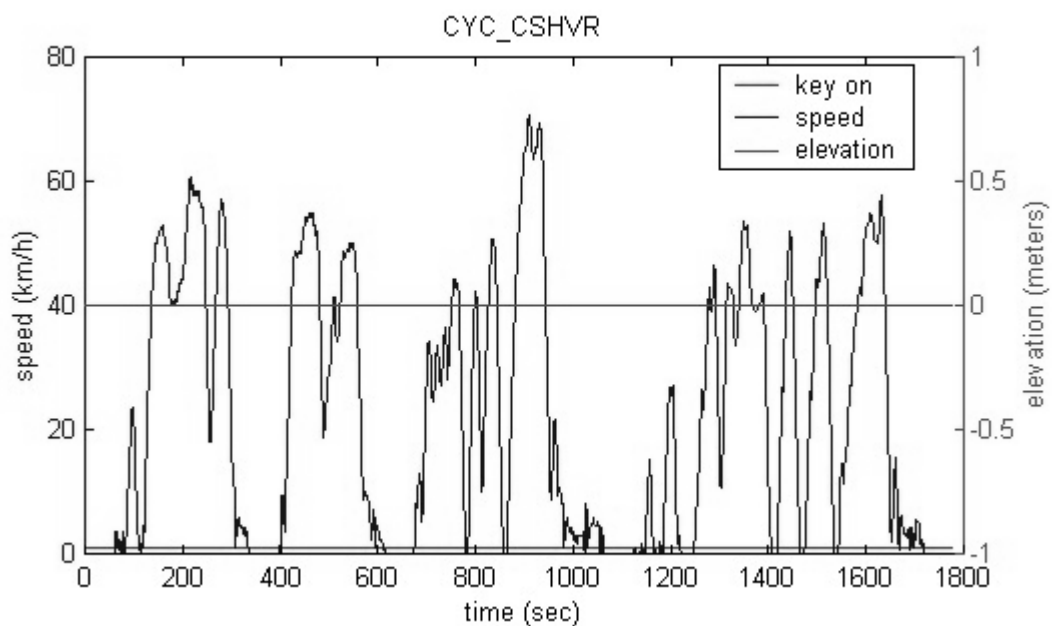
Di seguito vengono elencati i cicli sui quali sono stati testati i vari modelli di vetture. Si è cercato di riprodurre le situazioni tipiche di utilizzo, quindi vengono utilizzati: cicli urbano, extraurbano, autostradale e completo, cioè un ciclo composto per 1/3 urbano, 1/3 extraurbano e 1/3 autostradale.

Per la simulazione degli autobus è stato utilizzato un ciclo urbano diverso da quello utilizzato per le vetture.

Tutti i cicli si svolgono ad altezza del mare e con il veicolo sempre attivo per tutta la durata.

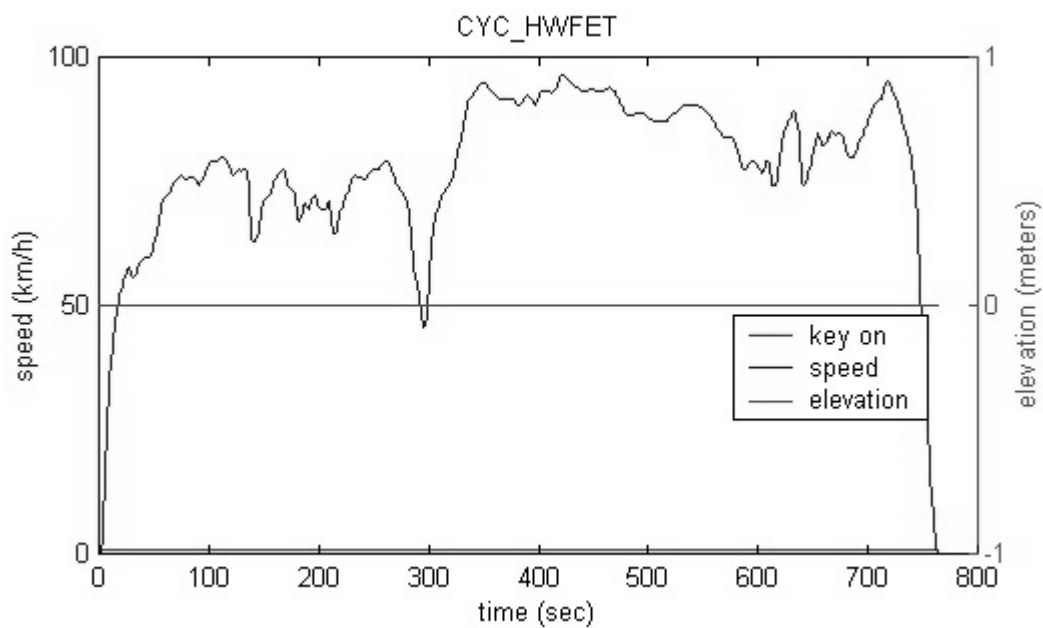
### 3.1.Ciclo urbano

E' stato scelto un ciclo caratterizzato da continue fermate e accelerazioni in modo da riprodurre l' andamento tipico di un veicolo in città.



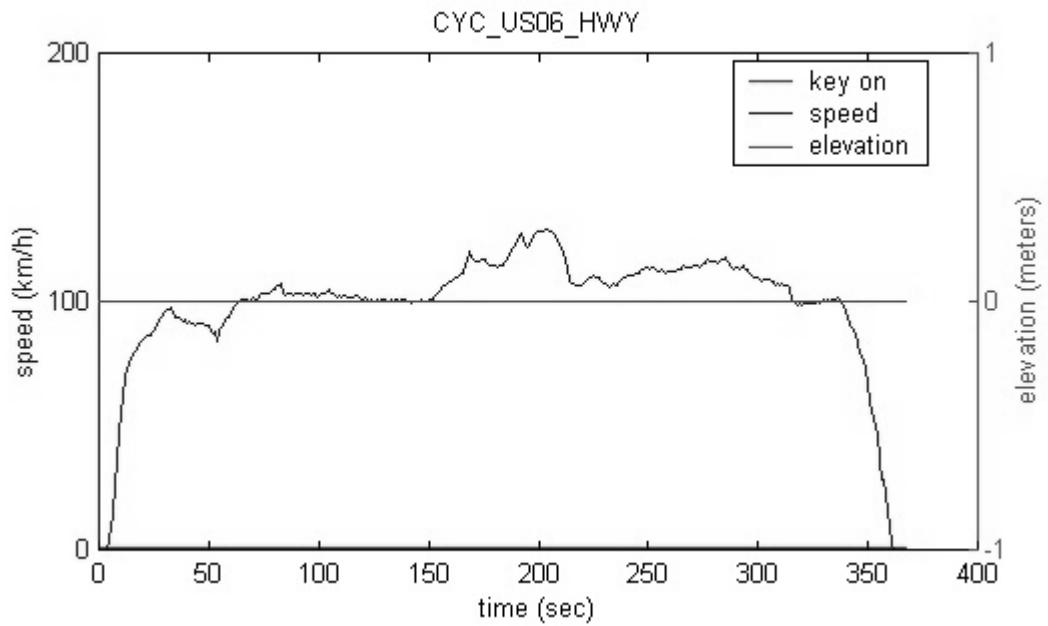
time:	1780 s
distance:	10.81 km
max speed:	70.49 km/h
avg speed:	21.86 km/h
max accel:	1.16 m/s <sup>2</sup>
max decel:	-1.79 m/s <sup>2</sup>
avg accel:	0.38 m/s <sup>2</sup>
avg decel:	-0.46 m/s <sup>2</sup>
idle time:	385 s
no. of stops:	18

### 3.2.Ciclo extraurbano



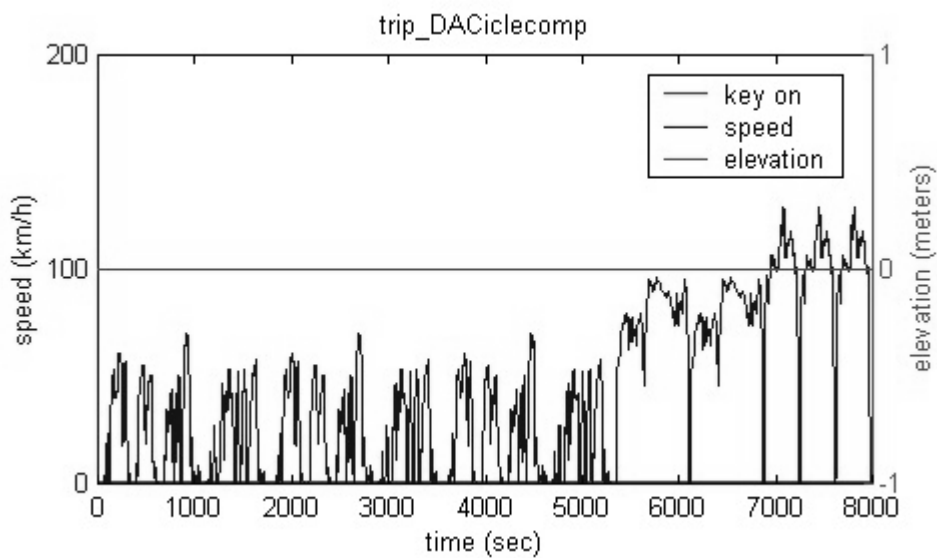
time:	765 s
distance:	16.51 km
max speed:	96.4 km/h
avg speed:	77.58 km/h
max accel:	1.43 m/s <sup>2</sup>
max decel:	-1.48 m/s <sup>2</sup>
avg accel:	0.19 m/s <sup>2</sup>
avg decel:	-0.22 m/s <sup>2</sup>
idle time:	6 s
no. of stops:	1

### 3.3.Ciclo autostradale



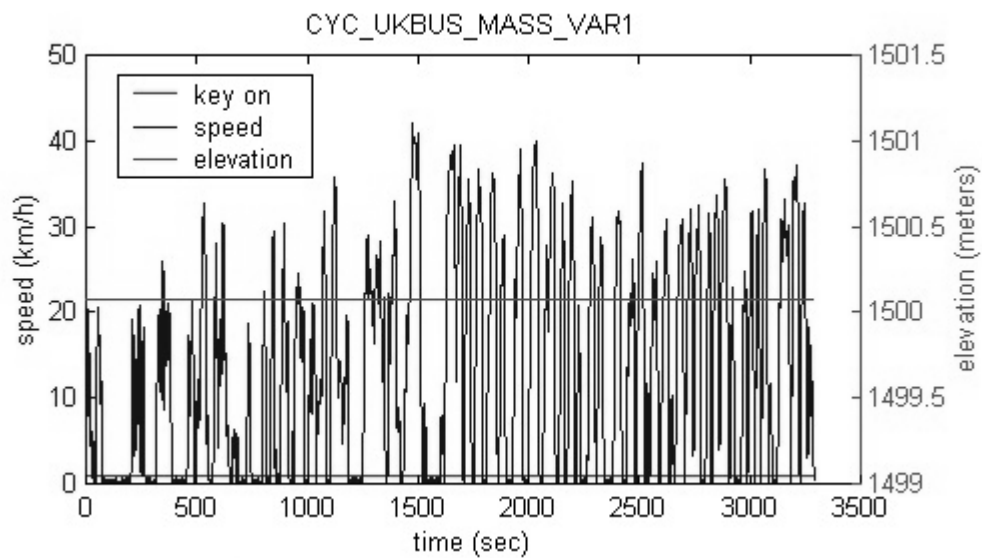
time:	368 s
distance:	10.04 km
max speed:	129.23 km/h
avg speed:	97.91 km/h
max accel:	3.08 m/s <sup>2</sup>
max decel:	-3.08 m/s <sup>2</sup>
avg accel:	0.33 m/s <sup>2</sup>
avg decel:	-0.41 m/s <sup>2</sup>
idle time:	12 s
no. of stops:	1

### 3.4.Ciclo completo



time:	7981 s
distance:	95.56 km
max speed:	129.23 km/h
avg speed:	43.1 km/h
max accel:	3.08 m/s <sup>2</sup>
max decel:	-3.08 m/s <sup>2</sup>
avg accel:	0.34 m/s <sup>2</sup>
avg decel:	-0.4 m/s <sup>2</sup>
idle time:	1203 s
no. of stops:	59

### 3.5.Ciclo autobus



time:	3288 s
distance:	12.13 km
max speed:	41.96 km/h
avg speed:	13.27 km/h
max accel:	1.31 m/s <sup>2</sup>
max decel:	-1.66 m/s <sup>2</sup>
avg accel:	0.33 m/s <sup>2</sup>
avg decel:	-0.4 m/s <sup>2</sup>
idle time:	77 s
no. of stops:	73

# CAPITOLO 4

## Modelli automobili ADVISOR

Dopo aver analizzato le architetture che si vogliono mettere a confronto, queste devono essere implementate nel codice di simulazione.

Advisor contiene dei modelli, ma questi non possono essere utilizzati direttamente se si vuole un confronto pari tra le architetture.

Per ottenere un confronto leale, tutte le parti che i veicoli presentano in comune sono state uguagliate, in modo che i modelli si diversifichino solamente per i fattori che ne caratterizzano l'architettura.

Tutti i modelli quindi presentano la stessa scocca, in modo da avere lo stesso coefficiente aerodinamico, hanno la stessa massa, le stesse batterie e sono soggetti agli stessi carichi ausiliari, infine montano tutti lo stesso modello di motore termico ed elettrico.

Un altro problema che si è posto volendo ottenere un confronto leale è quello del livello di carica delle batterie, iniziare il ciclo con gli accumulatori carichi e terminarlo con gli accumulatori scarichi di certo non permette di analizzare in modo oggettivo i veicoli.

Advisor presenta uno strumento "SOC Correction" (State Of Charge) che iterativamente, modificando le condizioni iniziali, fa in modo che lo stato di carica al termine del ciclo sia vicino allo stato di carica alla partenza. La modalità di funzionamento "zero delta" richiede un numero massimo di iterazioni e un range di tolleranza tra i valori di carica finale e iniziale, se la simulazione rientra entro questo range l'operazione va a buon fine, altrimenti si ripete l'iterazione.

Una scelta delicata si è presentata al momento di dover scegliere la potenza dei motori termico ed elettrico da installare sui modelli, non essendoci una strada predefinita da seguire si è deciso di installare su tutti i modelli la stessa potenza sia per il motore elettrico che per il termico.

Per i veicoli convenzionali si è deciso arbitrariamente di scegliere un motore termico di potenza inferiore alla potenza totale installata sui veicoli ibridi, cioè inferiore alla somma della potenza del motore termico ed elettrico. In ogni caso è da precisare che il confronto con i veicoli convenzionali è a scopo indicativo.

Le prime simulazioni sono state eseguite con potenza totale installata sui veicoli ibridi

di 80KW (40KW per il motore termico e 40KW per il motore elettrico) si è però visto che alcune architetture non erano in grado di seguire il ciclo, presentando diversi "Missed T race" nei punti più critici. A causa di questo è stata dimensionata la potenza totale installata in base all'architettura più sfavorita, in modo che tutti i modelli riuscissero a seguire perfettamente il ciclo. Così facendo si è dovuto installare una potenza totale di 120KW (60KW per il motore termico e 60KW per il motore elettrico).

I veicoli convenzionali quando sono stati confrontati con le vetture ibride da 80KW sono stati dotati di 60KW, mentre per il confronto con le vetture ibride da 120KW sono stati dotati di 90KW, cioè di  $\frac{3}{4}$  della potenza totale installata sui veicoli ibridi.

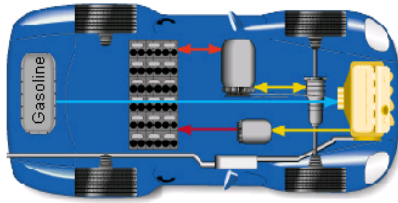
Di seguito vengono mostrati i modelli dei veicoli utilizzati:



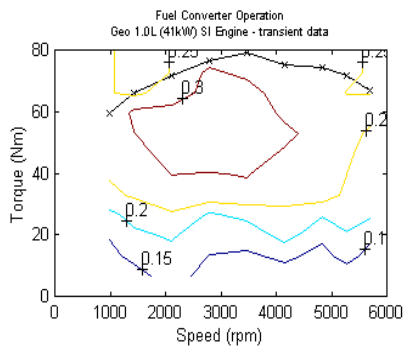
# Modello automobile serie

## 80KW

### Vehicle Input



Component: fuel\_converter  
Plot Selection: fc\_efficiency



Load File: DSeries40\_in

Drivetrain Config: series

Component	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_SMCAR			592
Fuel Converter	ic	si	40	0.34	129
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			#of mod V nom 10
Energy Storage	rint	nimh	40	308	40
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_AC75	40	0.92	49
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC_ETA95	75	0.95	87
Transmission	man	man			1 50
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque converter			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
Wheel/Axle	?	WH_SMCAR			0
Accessory	?	ACC_HYBRID			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	ser	man			

Cargo: 136

Calculated Mass: 1093

override mass: 1070

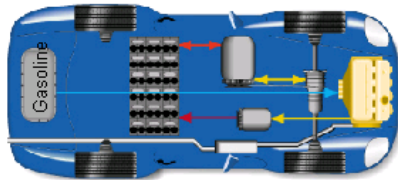
View Block Diagram: BD\_SER

Variable: Component: accessory, Variables: acc\_mech\_eff: 1

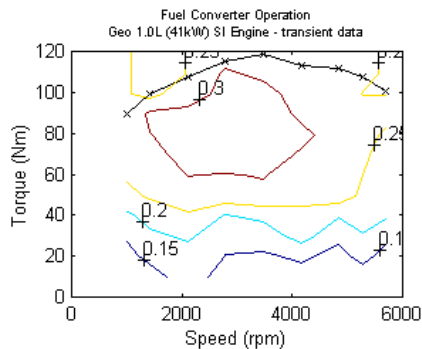
Buttons: Save, Help, Back, Continue

## 120KW

### Vehicle Input



Component: fuel\_convert  
Plot Selection: fc\_efficiency



Load File: DSeries40\_in

Drivetrain Config: series

Component	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_SMCAR			592
Fuel Converter	ic	si	60	0.3	181
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			#of mod V nom 16
Energy Storage	rint	nimh	60	462	60
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_AC75	60	0.9	73
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC_ETA95	75	0.95	87
Transmission	mar	man			1 50
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque conver			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
Wheel/Axle	?	WH_SMCAR			0
Accessory	?	ACC_HYBRID			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	ser	man			

Cargo: 136

Calculated: 1195

override mass: 1070

View Block Diagram: BD\_SER

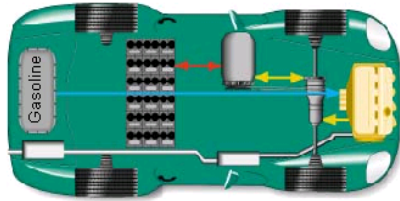
Variable: Component: accessory, Variables: acc\_elec\_pwr: 700

Buttons: Save, Help, Back, Continue

# Modello automobile parallelo

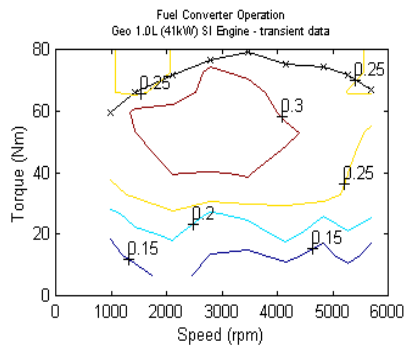
## 80KW

### Vehicle Input



Motor Position: pre transmission

Component: fuel\_converter Plot Selection: fc\_efficiency



Load File: DParall40\_in

Drivetrain Config: parallel

Component	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_SMCAR			592
Fuel Converter	ic	si	40	0.34	129
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			10
Energy Storage	rint	nimh	40	308	40
Energy Storage 2	?	less 2 options			
Motor	?	MC_AC75	40	0.92	49
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC_ETAS2			
Transmission	man	man			114
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque converter			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			1
Wheel/Axle	?	WH_SMCAR			0
Accessory	?	ACC_HYBRID			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	par	man			

Cargo: 136

Calculated Mass: 1070

override mass: 1070

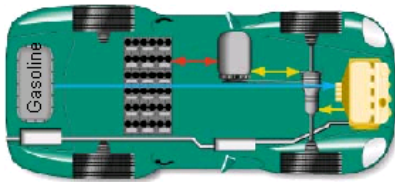
View Block Diagram: BD\_PAR

Variable: Component: accessory Edit Var. Variables: acc\_mech\_pwr 700

Buttons: Save, Help, Back, Continue

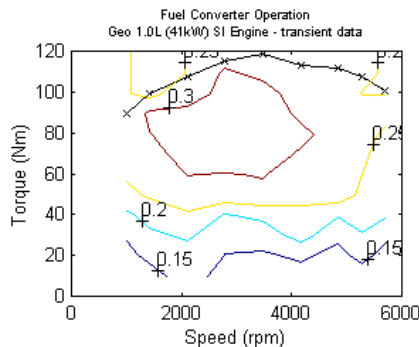
## 120KW

### Vehicle Input



Motor: pre transmission

Component: fuel\_convert Plot Selection: fc\_efficiency



Load File: DParall40\_in

Drivetrain Config: parallel

Component	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_SMCAR			592
Fuel Converter	ic	si	60	0.3	181
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			16
Energy Storage	rint	nimh	60	462	60
Energy Storage 2	?	less 2 options			
Motor	?	MC_AC75	60	0.9	73
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC_ETAS2			
Transmission	mar	man			114
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque conve			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			1
Wheel/Axle	?	WH_SMCAR			0
Accessory	?	ACC_HYBRID			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	par	man			

Cargo: 136

Calculated: 1172

override mas: 1070

View Block Diagram: BD\_PAR

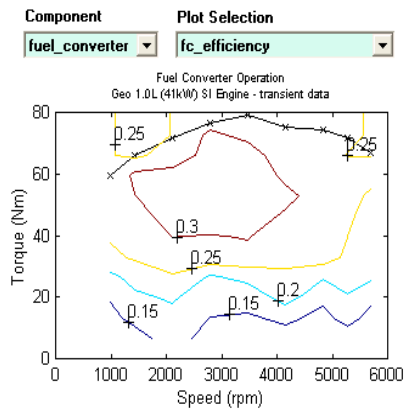
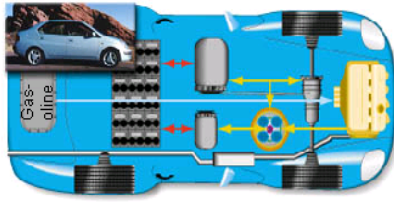
Variable: Component: accessory Edit Var. Variables: acc\_elec\_pwr 700

Buttons: Save, Help, Back, Continue

# Modello automobile Prius

## 80KW

### Vehicle Input



Load File: DPrius40\_in Auto-Size

Drivetrain Config: prius\_jpn

	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
<input checked="" type="checkbox"/> Vehicle	?	VEH_SMCAR			592
<input checked="" type="checkbox"/> Fuel Converter	ic	si	40	0.34	129
<input checked="" type="checkbox"/> Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			10
<input checked="" type="checkbox"/> Energy Storage	rint	nimh	40	308	40
<input checked="" type="checkbox"/> Energy Storage 2	?	ess 2 options			
<input checked="" type="checkbox"/> Motor	?	MC_AC75	40	0.92	49
<input checked="" type="checkbox"/> Motor 2	?	motor 2 options			
<input checked="" type="checkbox"/> Starter	?	starter options			
<input checked="" type="checkbox"/> Generator	?	GC_PRIUS_JPN	15	0.84	33
<input checked="" type="checkbox"/> Transmission	pgcv	pgcvt		0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Transmission 2	?	trans 2 options			
<input checked="" type="checkbox"/> Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque converter			
<input checked="" type="checkbox"/> Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
<input checked="" type="checkbox"/> Wheel/Axle	?	WH_PRIUS_JPN			0
<input checked="" type="checkbox"/> Accessory	?	ACC_PRIUS_JPN			
<input checked="" type="checkbox"/> Acc Electrical	?	acc elec options			
<input checked="" type="checkbox"/> Powertrain Control	prius	pg			

Cargo: 136  
Calculated Mass: 989  
 override mass: 1070

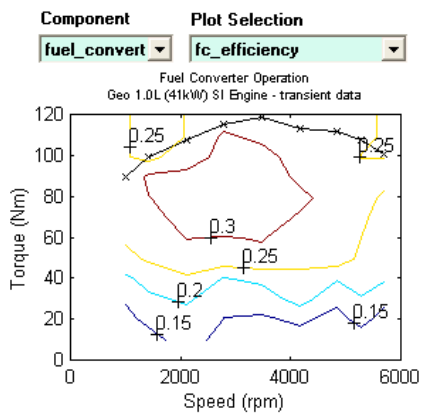
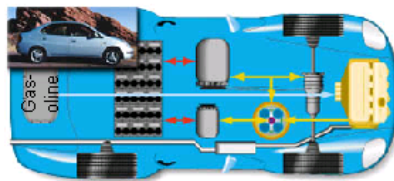
View Block Diagram: BD\_PRIUS\_JPN

Variable: Component: accessory Edit Var. Variables: acc\_mech\_pwr 700

Buttons: Save, Help, Back, Continue

## 120KW

### Vehicle Input



Load File: DPrius40\_in Auto-Size

Drivetrain Config: prius\_jpn

	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
<input checked="" type="checkbox"/> Vehicle	?	VEH_SMCAR			592
<input checked="" type="checkbox"/> Fuel Converter	ic	si	60	0.3	181
<input checked="" type="checkbox"/> Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			16
<input checked="" type="checkbox"/> Energy Storage	rint	nimh	60	462	60
<input checked="" type="checkbox"/> Energy Storage 2	?	ess 2 options			
<input checked="" type="checkbox"/> Motor	?	MC_AC75	60	0.9	73
<input checked="" type="checkbox"/> Motor 2	?	motor 2 options			
<input checked="" type="checkbox"/> Starter	?	starter options			
<input checked="" type="checkbox"/> Generator	?	GC_PRIUS_JPN	15	0.84	33
<input checked="" type="checkbox"/> Transmission	pgc	pgc		0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Transmission 2	?	trans 2 options			
<input checked="" type="checkbox"/> Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque conve			
<input checked="" type="checkbox"/> Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
<input checked="" type="checkbox"/> Wheel/Axle	?	WH_PRIUS_JPN			0
<input checked="" type="checkbox"/> Accessory	?	ACC_PRIUS_JPN			
<input checked="" type="checkbox"/> Acc Electrical	?	acc elec options			
<input checked="" type="checkbox"/> Powertrain Control	priu	pg			

Cargo: 136  
Calculated: 1091  
 override mas: 1070

iew Block Diagram: BD\_PRIUS\_JPN

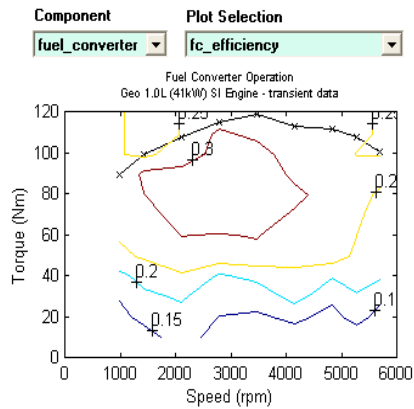
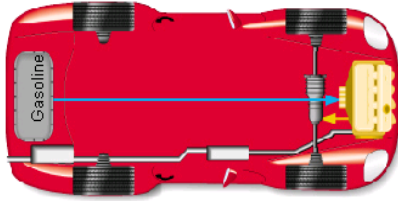
Variable: Component: accessory Edit Var. Variables: acc\_elec\_pwr 700

Buttons: Save, Help, Back, Continue

# Modello automobile convenzionale ciclo Otto

## 60KW

### Vehicle Input



Load File: DConvBenz60\_in | Auto-Size

Drivetrain Config: conventional

	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
<input checked="" type="checkbox"/> Vehicle	?	VEH_SMCAR			592
<input checked="" type="checkbox"/> Fuel Converter	ic	FC_SI41_emis	60	0.34	181
<input checked="" type="checkbox"/> Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			
<input type="checkbox"/> Energy Storage	?	ess options			
<input type="checkbox"/> Energy Storage 2	?	ess 2 options			
<input type="checkbox"/> Motor	?	MC_AC124_EV1_draft			
<input type="checkbox"/> Motor 2	?	motor 2 options			
<input type="checkbox"/> Starter	?	starter options			
<input type="checkbox"/> Generator	?	GC ETA92			
<input checked="" type="checkbox"/> Transmission	man	TX_5SPD			114
<input type="checkbox"/> Transmission 2	?	trans 2 options			
<input type="checkbox"/> Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque converter			
<input type="checkbox"/> Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
<input checked="" type="checkbox"/> Wheel/Axle	?	WH_SMCAR			0
<input checked="" type="checkbox"/> Accessory	?	ACC_CONV			
<input type="checkbox"/> Acc Electrical	?	acc elec options			
<input checked="" type="checkbox"/> Powertrain Control	conv	PTC_CONV			

#of mod V nom: 16

Cargo: 136 | Calculated Mass: 1039 |  override mass: 1070

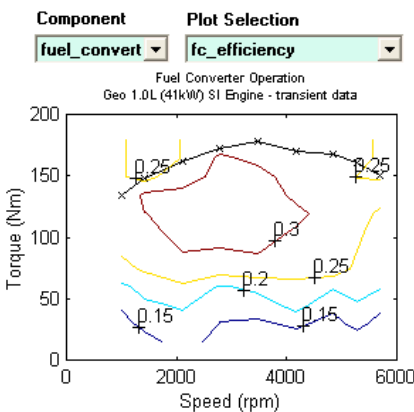
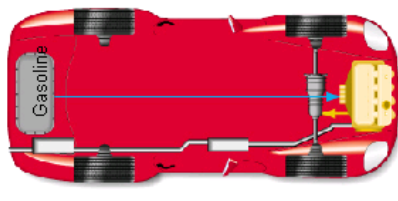
View Block Diagram: **BD\_CONV**

Variable: Component: accessory | Edit Var. | Variables: acc\_mech\_pwr | 700

Buttons: Save, Help, Back, Continue

## 90KW

### Vehicle Input



Load File: DConvBenz60\_in | Auto-Size

Drivetrain Config: conventional

	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
<input checked="" type="checkbox"/> Vehicle	?	VEH_SMCAR			592
<input checked="" type="checkbox"/> Fuel Converter	ic	FC_SI41_emis	90	0.3	259
<input checked="" type="checkbox"/> Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			
<input type="checkbox"/> Energy Storage	?	ess options			
<input type="checkbox"/> Energy Storage 2	?	ess 2 options			
<input type="checkbox"/> Motor	?	MC_AC124_EV1_dr			
<input type="checkbox"/> Motor 2	?	motor 2 options			
<input type="checkbox"/> Starter	?	starter options			
<input type="checkbox"/> Generator	?	GC ETA92			
<input checked="" type="checkbox"/> Transmission	mar	TX_5SPD			114
<input type="checkbox"/> Transmission 2	?	trans 2 options			
<input type="checkbox"/> Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque conve			
<input type="checkbox"/> Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
<input checked="" type="checkbox"/> Wheel/Axle	?	WH_SMCAR			0
<input checked="" type="checkbox"/> Accessory	?	ACC_CONV			
<input type="checkbox"/> Acc Electrical	?	acc elec options			
<input checked="" type="checkbox"/> Powertrain Control	con	PTC_CONV			

#of mod V nom: 23

Cargo: 136 | Calculated: 1124 |  override mas: 1070

View Block Diagram: **BD\_CONV**

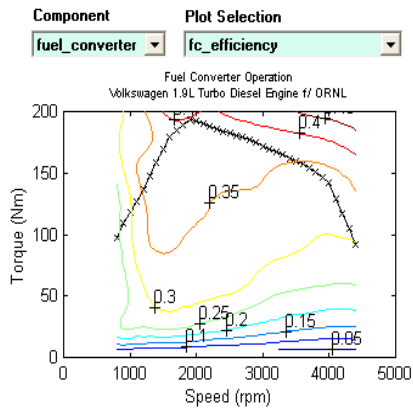
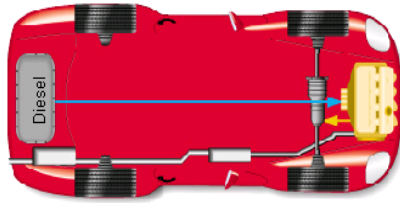
Variable: Component: accessory | Edit Var. | Variables: acc\_elec\_pwr | 700

Buttons: Save, Help, Back, Continue

# Modello automobile convenzionale ciclo Diesel

## 60KW

Vehicle Input



Load File: DConvDiesel60\_in Auto-Size

Drivetrain Config: conventional

Component	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_SMCAR			592
Fuel Converter	ic	ci	60	0.4	196
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			#of mod V nom 16
Energy Storage	?	ess options			
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_AC124_EV1_draft			
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC_ETA92			
Transmission	man	man			1 114
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque converter			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
Wheel/Axle	?	WH_SMCAR			0
Accessory	?	ACC_CONV			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	conv	man			

Cargo: 136  
Calculated. Mass: 1054  
 override mass: 1070

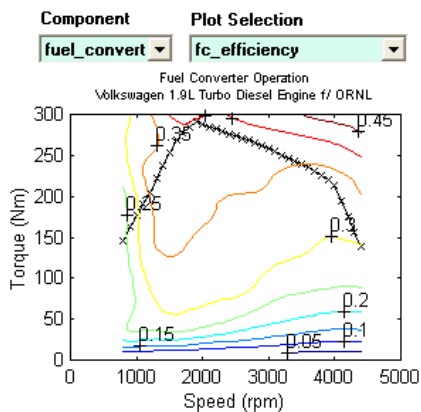
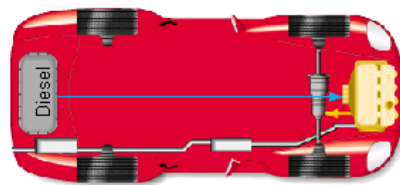
View Block Diagram: BD\_CONV

Variable: Component: accessory Edit Var. Variables: acc\_mech\_pwr 700

Buttons: Save, Help, Back, Continue

## 90KW

Vehicle Input



Load File: DConvDiesel60\_in Auto-Size

Drivetrain Config: conventional

Component	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_SMCAR			592
Fuel Converter	ic	ci	90	0.4	274
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			#of mod V nom 23
Energy Storage	?	ess options			
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_AC124_EV1_dr			
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC_ETA92			
Transmission	mar	man			1 114
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque conve			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
Wheel/Axle	?	WH_SMCAR			0
Accessory	?	ACC_CONV			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	con	man			

Cargo: 136  
Calculated. Mass: 1139  
 override mass: 1070

View Block Diagram: BD\_CONV

Variable: Component: accessory Edit Var. Variables: acc\_elec\_pwr 700

Buttons: Save, Help, Back, Continue



# CAPITOLO 5

## Simulazioni automobili

Di seguito sono illustrati i risultati delle simulazioni delle automobili, per primi sono presentati quelli delle vetture con potenza totale installata di 80KW.

L'ordine con cui sono presentate le simulazioni è in base prima all'architettura e poi al ciclo:

Architetture:

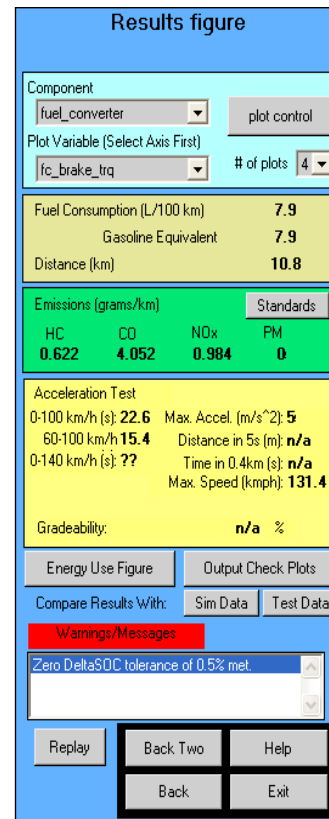
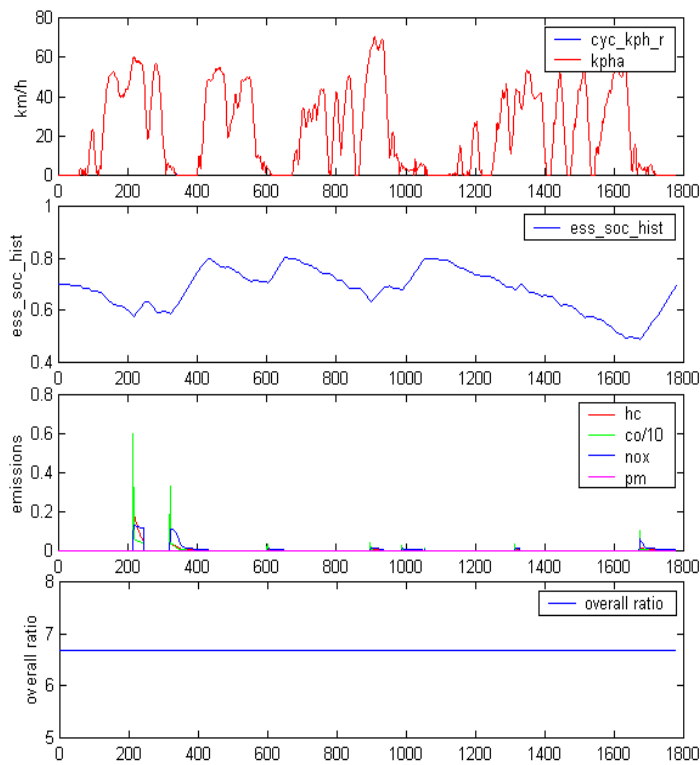
- serie
- parallelo
- Prius
- convenzionale benzina
- convenzionale diesel

Cicli:

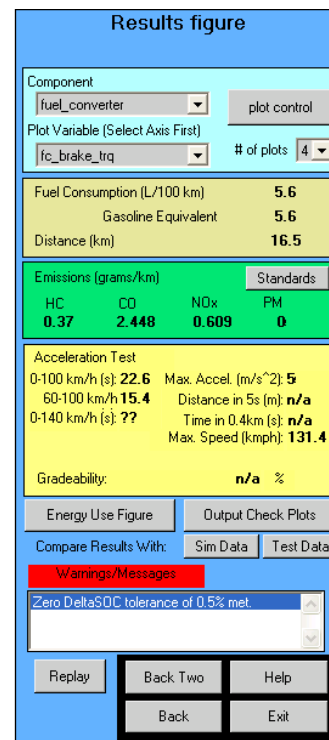
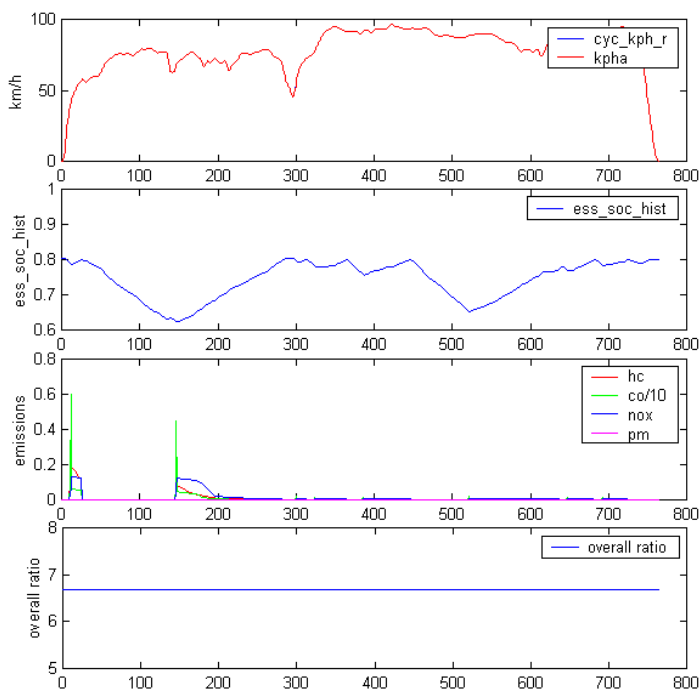
- urbano
- extraurbano
- autostradale
- completo

## 5.1. Potenza totale installata 80KW

### Automobile architettura serie ciclo urbano

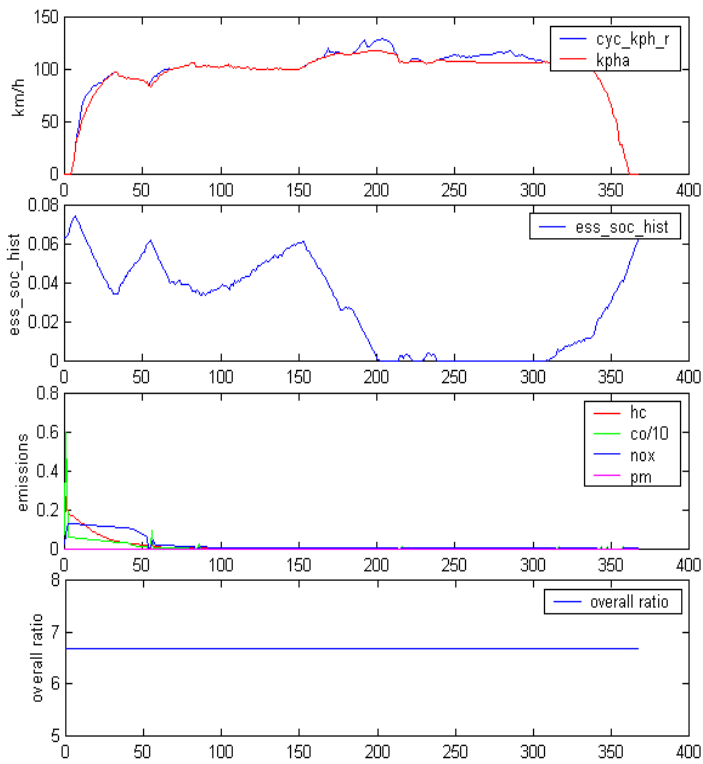


### Automobile architettura serie ciclo extraurbano





### Automobile architettura serie ciclo extraurbano



#### Results figure

Component: fuel\_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	7.3
Gasoline Equivalent	7.3
Distance (km)	9.8

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
0.569	3.473	0.895	0

Acceleration Test

0-100 km/h (s): 22.6 Max. Accel. (m/s<sup>2</sup>): 5  
 60-100 km/h 15.4 Distance in 5s (m): n/a  
 0-140 km/h (s): ?? Time in 0.4km (s): n/a  
 Max. Speed (kmph): 131.4

Gradeability: n/a %

Energy Use Figure [Output Check Plots]

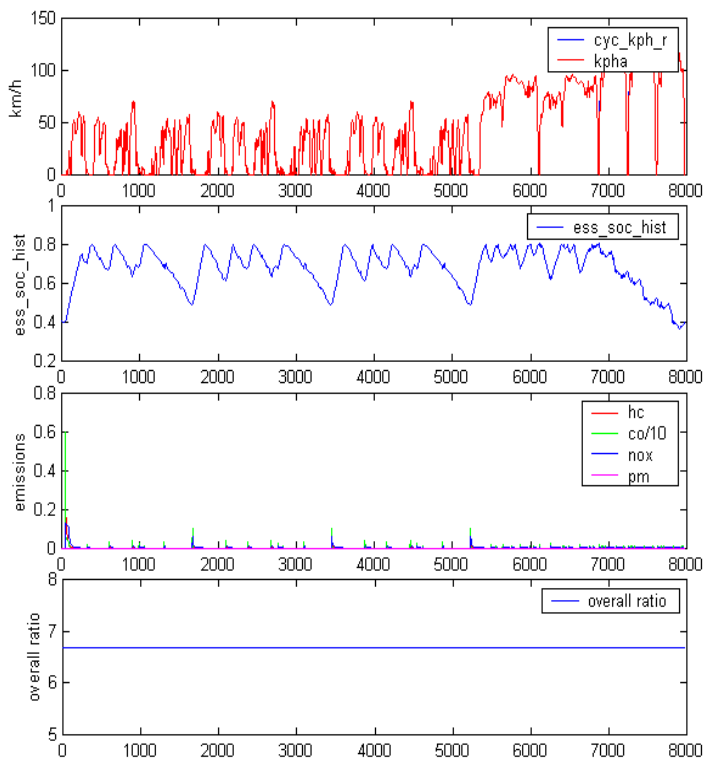
Compare Results With: Sim Data [Test Data]

Warnings/Messages

Missed Trace by > 2 mph (3.2 km/h)  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

[Replay] [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

### Automobile architettura serie ciclo completo



#### Results figure

Component: fuel\_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	6.9
Gasoline Equivalent	6.9
Distance (km)	95.4

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
0.204	1.031	0.378	0

Acceleration Test

0-100 km/h (s): 22.6 Max. Accel. (m/s<sup>2</sup>): 5  
 60-100 km/h 15.4 Distance in 5s (m): n/a  
 0-140 km/h (s): ?? Time in 0.4km (s): n/a  
 Max. Speed (kmph): 131.4

Gradeability: n/a %

Energy Use Figure [Output Check Plots]

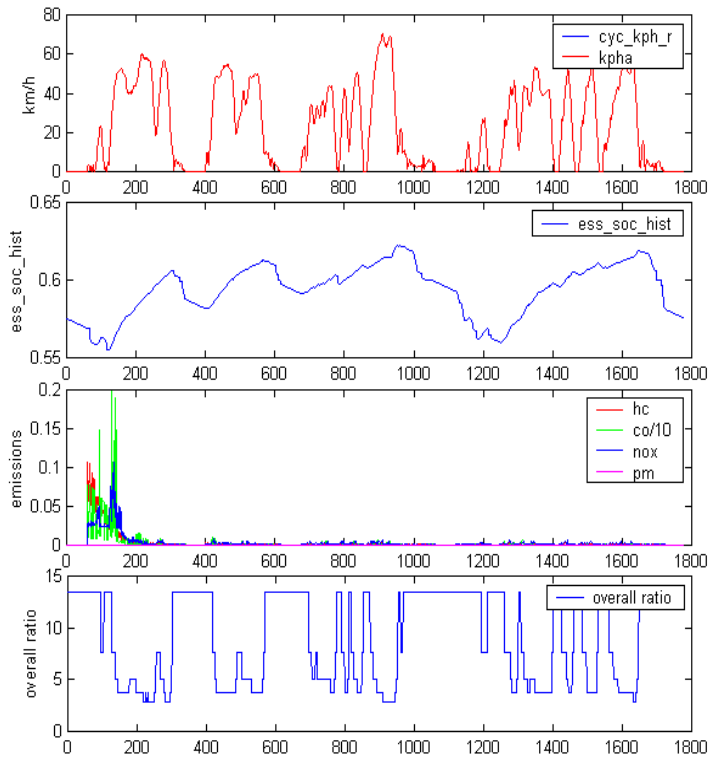
Compare Results With: Sim Data [Test Data]

Warnings/Messages

Missed Trace by > 2 mph (3.2 km/h)  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

[Replay] [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

## Automobile architettura parallelo ciclo urbano



### Results figure

Component:

Plot Variable (Select Axis First):  # of plots:

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>11</b>
Gasoline Equivalent	<b>11</b>
Distance (km)	<b>10.8</b>

Emissions (grams/km) <input type="button" value="Standards"/>			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.607</b>	<b>4.983</b>	<b>0.587</b>	<b>0</b>

Acceleration Test

0-100 km/h (s): <b>13.6</b>	Max. Accel. (m/s <sup>2</sup> ): <b>5</b>
60-100 km/h <b>8.2</b>	Distance in 5s (m): <b>n/a</b>
0-140 km/h (s): <b>30.7</b>	Time in 0.4km (s): <b>n/a</b>
	Max. Speed (kmph): <b>162.3</b>

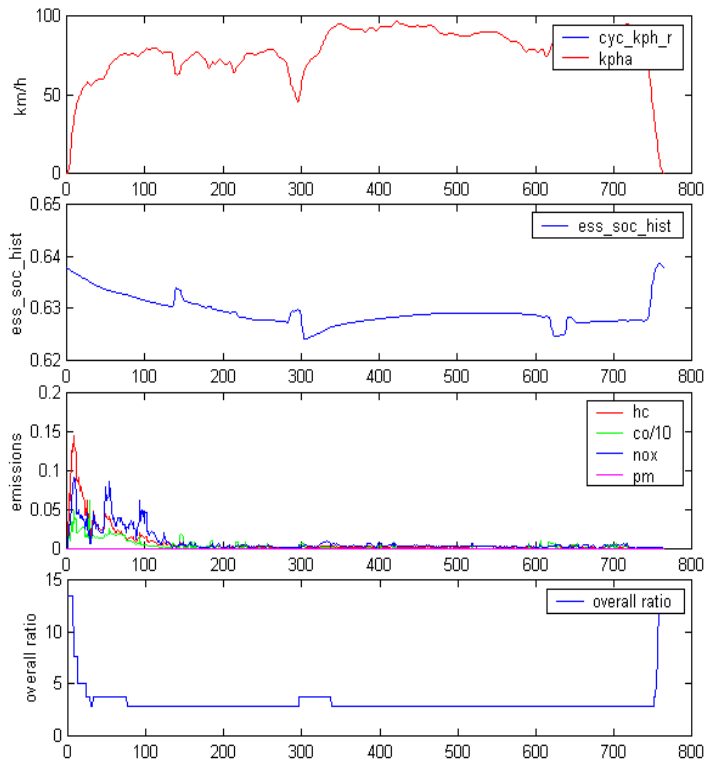
Gradeability: **n/a** %

Compare Results With:

**Warnings/Messages**

Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met.

## Automobile architettura parallelo ciclo extraurbano



### Results figure

Component:

Plot Variable (Select Axis First):  # of plots:

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>5.3</b>
Gasoline Equivalent	<b>5.3</b>
Distance (km)	<b>16.5</b>

Emissions (grams/km) <input type="button" value="Standards"/>			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.343</b>	<b>1.657</b>	<b>0.389</b>	<b>0</b>

Acceleration Test

0-100 km/h (s): <b>13.6</b>	Max. Accel. (m/s <sup>2</sup> ): <b>5</b>
60-100 km/h <b>8.2</b>	Distance in 5s (m): <b>n/a</b>
0-140 km/h (s): <b>30.7</b>	Time in 0.4km (s): <b>n/a</b>
	Max. Speed (kmph): <b>162.3</b>

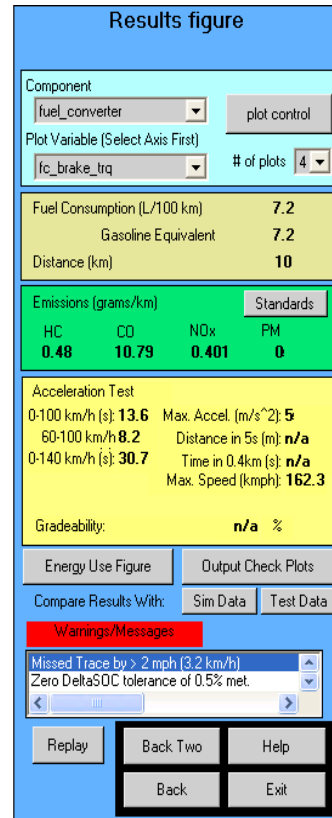
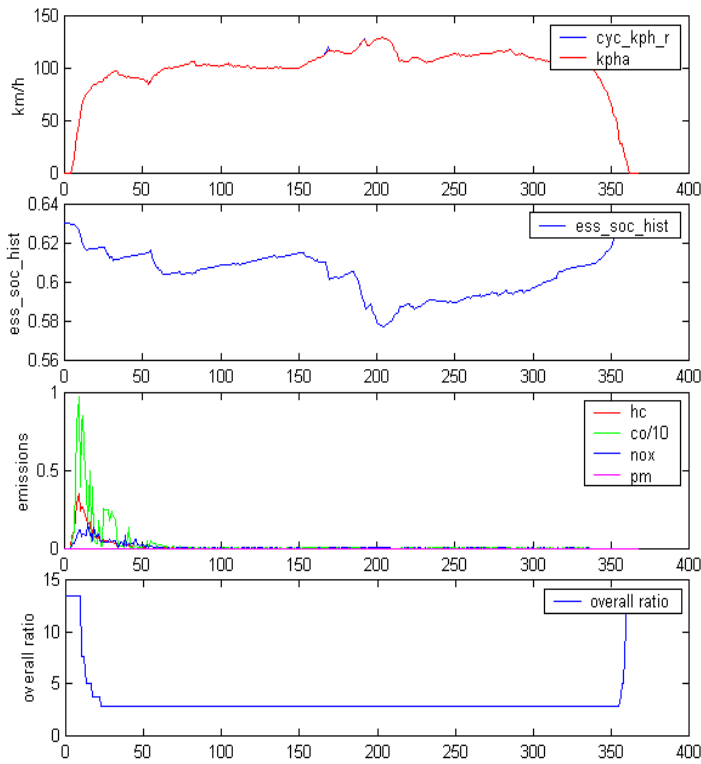
Gradeability: **n/a** %

Compare Results With:

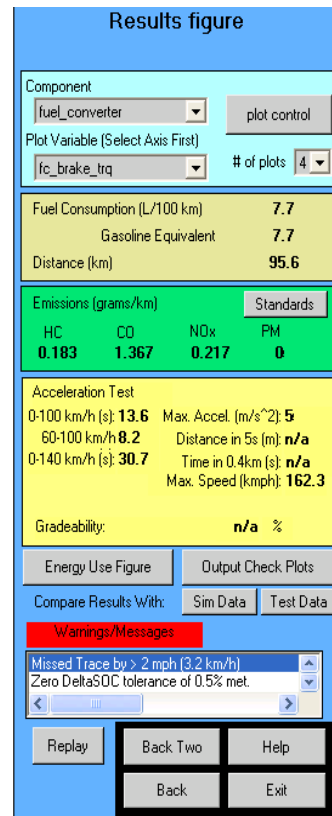
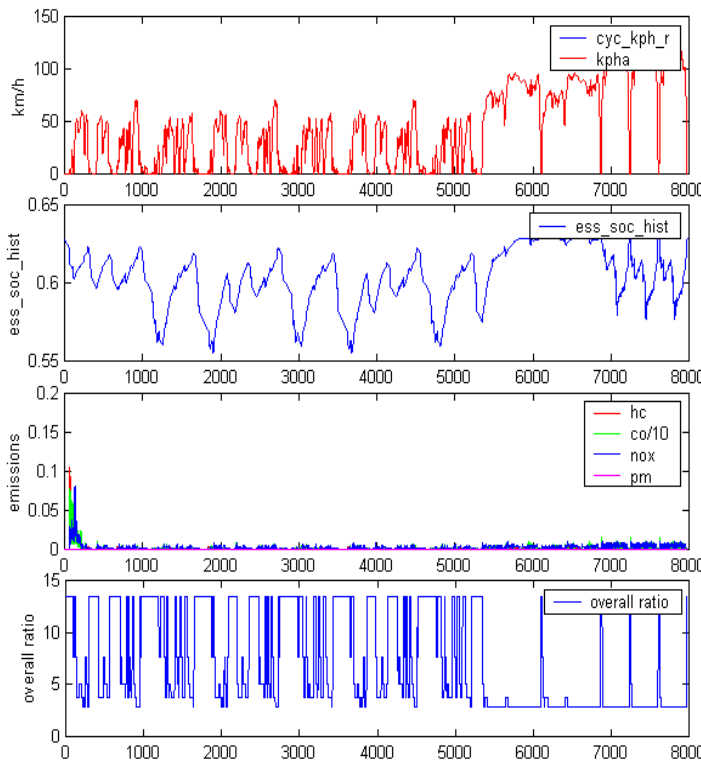
**Warnings/Messages**

Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met.

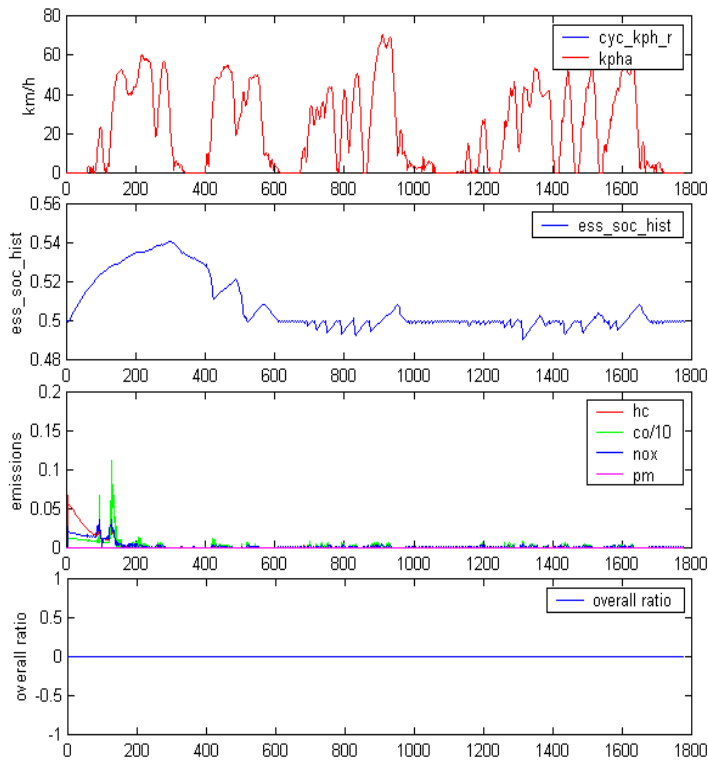
## Automobile architettura parallelo ciclo autostradale



## Automobile architettura parallelo ciclo completo



### Automobile architettura Prius ciclo urbano



#### Results figure

Component: fuel\_converter plot control

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>8</b>
Gasoline Equivalent	<b>8</b>
Distance (km)	<b>10.8</b>

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
<b>0.498</b>	<b>3.414</b>	<b>0.38</b>	<b>0</b>	

Acceleration Test

0-100 km/h (s): <b>16</b>	Max. Accel. (m/s <sup>2</sup> ): <b>3.7</b>
60-100 km/h <b>9.2</b>	Distance in 5s (m): <b>n/a</b>
0-140 km/h (s): <b>38.6</b>	Time in 0.4km (s): <b>n/a</b>
	Max. Speed (kmph): <b>148.8</b>

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure | Output Check Plots

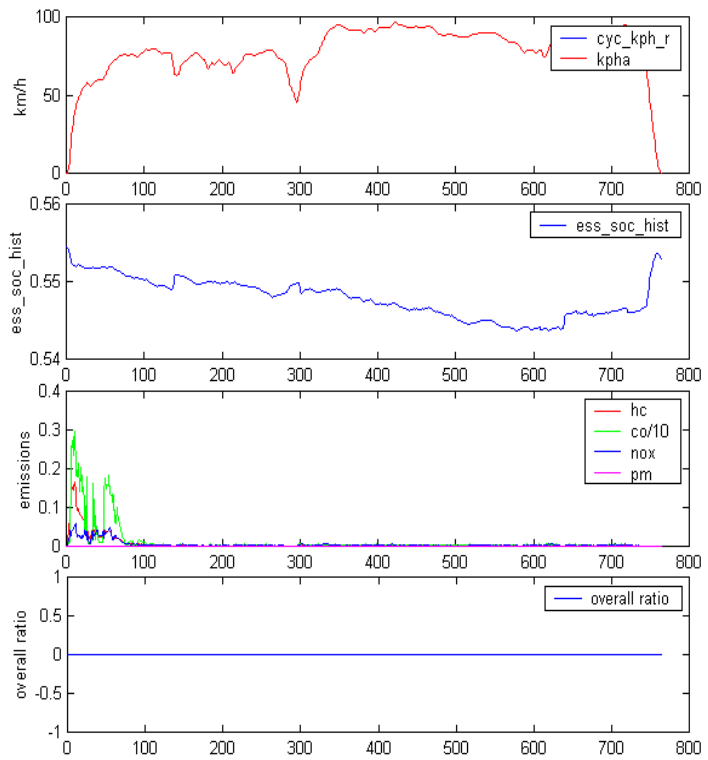
Compare Results With: Sim Data | Test Data

Warnings/Messages | Prius Speeds

Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met.

Replay | Back Two | Help | Back | Exit

### Automobile architettura Prius ciclo extraurbano



#### Results figure

Component: fuel\_converter plot control

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>5.5</b>
Gasoline Equivalent	<b>5.5</b>
Distance (km)	<b>16.5</b>

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
<b>0.31</b>	<b>5.543</b>	<b>0.221</b>	<b>0</b>	

Acceleration Test

0-100 km/h (s): <b>16</b>	Max. Accel. (m/s <sup>2</sup> ): <b>3.7</b>
60-100 km/h <b>9.2</b>	Distance in 5s (m): <b>n/a</b>
0-140 km/h (s): <b>38.6</b>	Time in 0.4km (s): <b>n/a</b>
	Max. Speed (kmph): <b>148.8</b>

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure | Output Check Plots

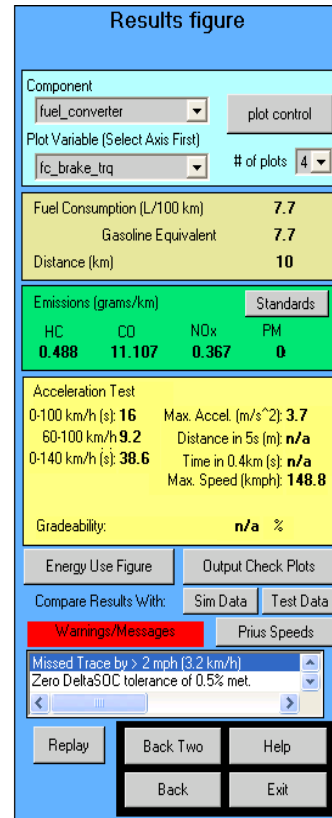
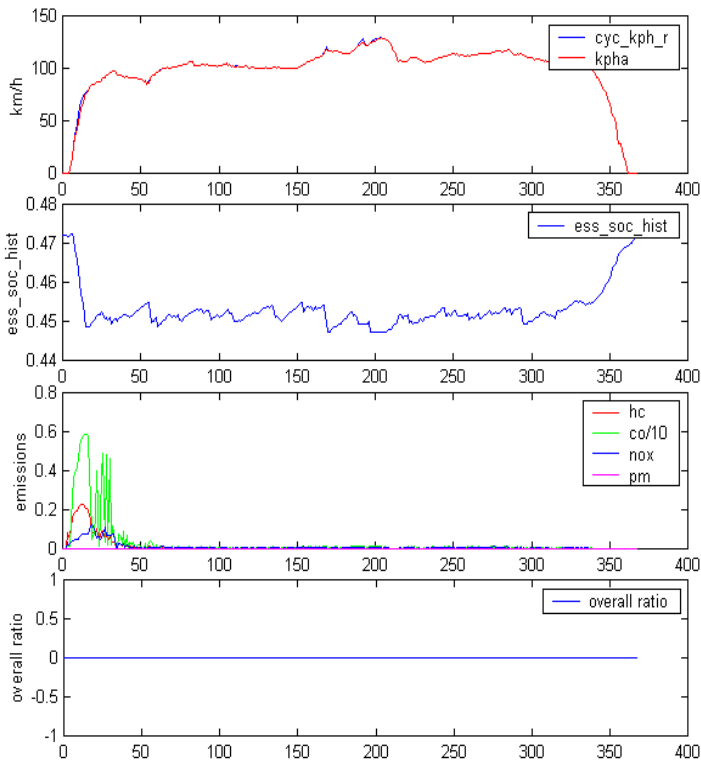
Compare Results With: Sim Data | Test Data

Warnings/Messages | Prius Speeds

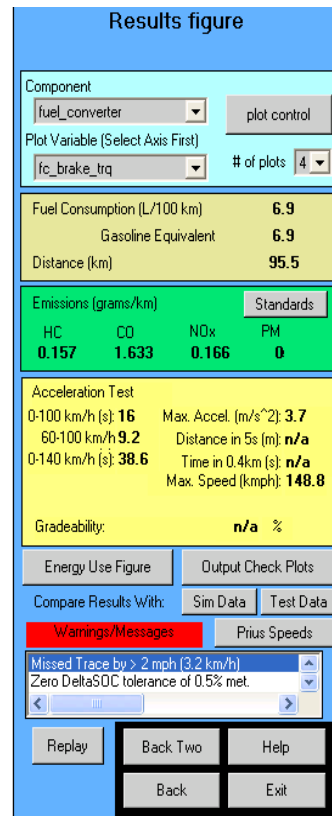
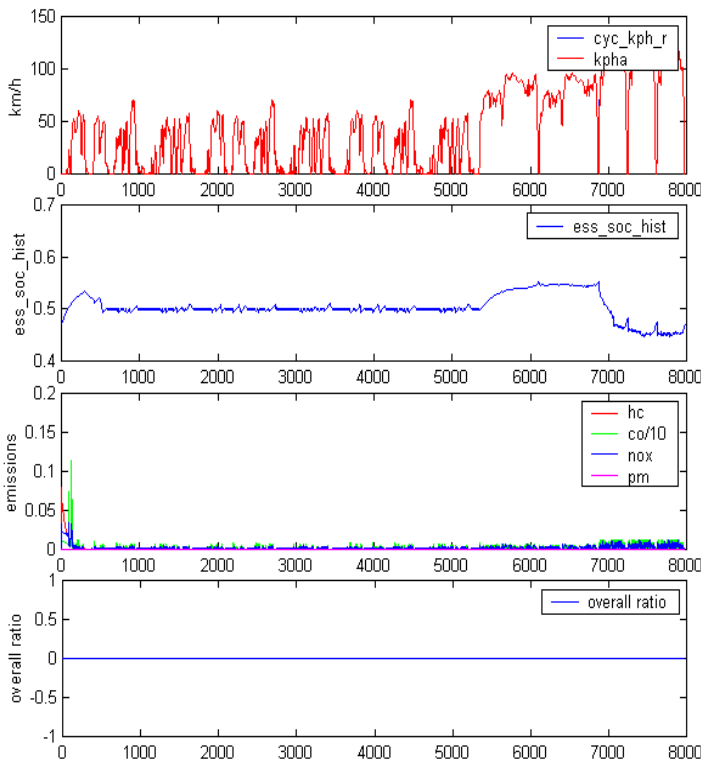
Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met.

Replay | Back Two | Help | Back | Exit

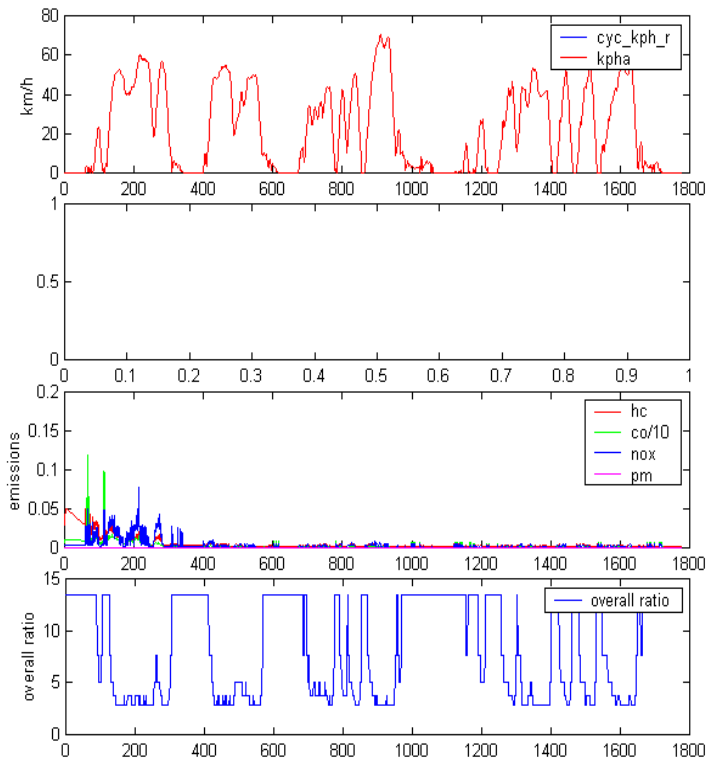
## Automobile architettura Prius ciclo autostradale



## Automobile architettura Prius ciclo completo



### Automobile architettura convenzionale benzina ciclo urbano



**Results figure**

Component:

Plot Variable (Select Axis First):  # of plots:

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>10.2</b>
Gasoline Equivalent	<b>10.2</b>
Distance (km)	<b>10.8</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.931</b>	<b>4.352</b>	<b>0.578</b>	<b>0</b>

Acceleration Test

0-100 km/h (s): **13.2** Max. Accel. (m/s<sup>2</sup>): **3.7**  
 60-100 km/h **7.3** Distance in 5s (m): **n/a**  
 0-140 km/h (s): **27** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed (kmph): **172.5**

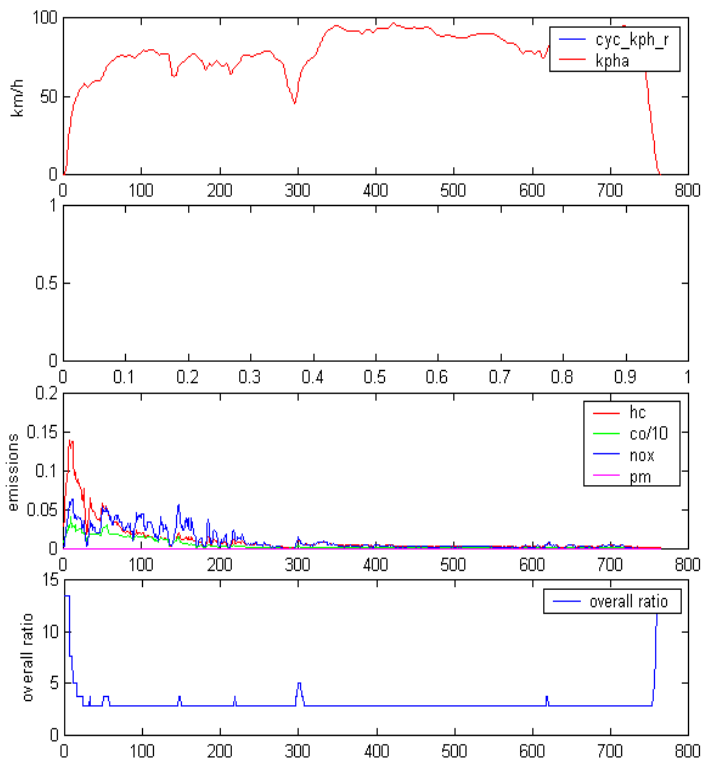
Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure

Compare Results With:

Warnings/Messages

### Automobile convenzionale benzina ciclo extraurbano



**Results figure**

Component:

Plot Variable (Select Axis First):  # of plots:

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>5.6</b>
Gasoline Equivalent	<b>5.6</b>
Distance (km)	<b>16.5</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.51</b>	<b>2.235</b>	<b>0.47</b>	<b>0</b>

Acceleration Test

0-100 km/h (s): **13.2** Max. Accel. (m/s<sup>2</sup>): **3.7**  
 60-100 km/h **7.3** Distance in 5s (m): **n/a**  
 0-140 km/h (s): **27** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed (kmph): **172.5**

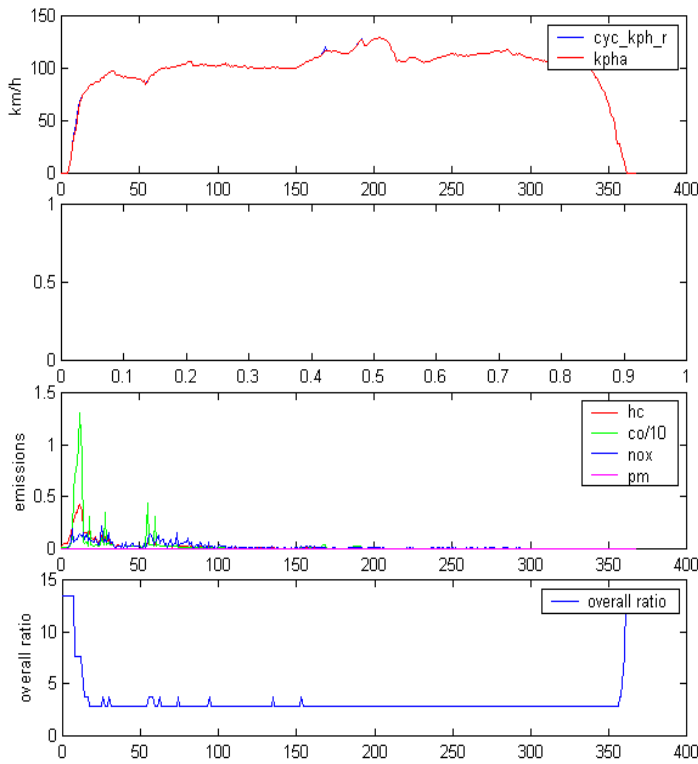
Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure

Compare Results With:

Warnings/Messages

### Automobile convenzionale benzina ciclo autostradale



#### Results figure

Component: fuel\_converter plot control

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	7.1
Gasoline Equivalent	7.1
Distance (km)	10

Emissions (grams/km) <span>Standards</span>			
HC	CO	NOx	PM
0.763	9.81	0.725	0

Acceleration Test

0-100 km/h (s): 13.2	Max. Accel. (m/s <sup>2</sup> ): 3.7
60-100 km/h 7.3	Distance in 5s (m): n/a
0-140 km/h (s): 27	Time in 0.4km (s): n/a
	Max. Speed (kmph): 172.5

Gradeability: n/a %

Energy Use Figure Output Check Plots

Compare Results With: Sim Data Test Data

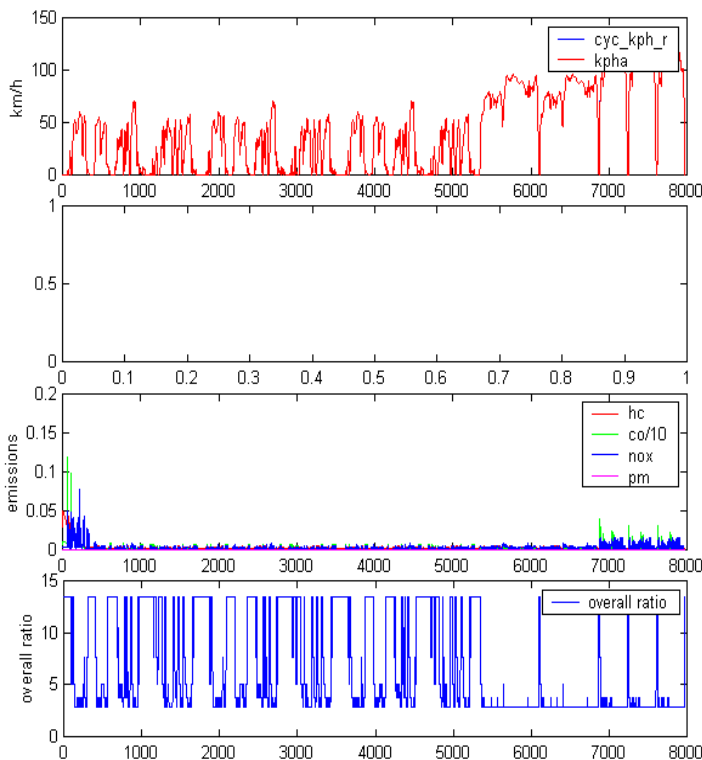
Warnings/Messages

Missed Trace by > 2 mph (3.2 km/h)

Trace Miss Analysis:

Replay Back Two Help  
Back Exit

### Automobile convenzionale benzina ciclo completo



#### Results figure

Component: fuel\_converter plot control

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	7.5
Gasoline Equivalent	7.5
Distance (km)	95.5

Emissions (grams/km) <span>Standards</span>			
HC	CO	NOx	PM
0.288	1.27	0.204	0

Acceleration Test

0-100 km/h (s): 13.2	Max. Accel. (m/s <sup>2</sup> ): 3.7
60-100 km/h 7.3	Distance in 5s (m): n/a
0-140 km/h (s): 27	Time in 0.4km (s): n/a
	Max. Speed (kmph): 172.5

Gradeability: n/a %

Energy Use Figure Output Check Plots

Compare Results With: Sim Data Test Data

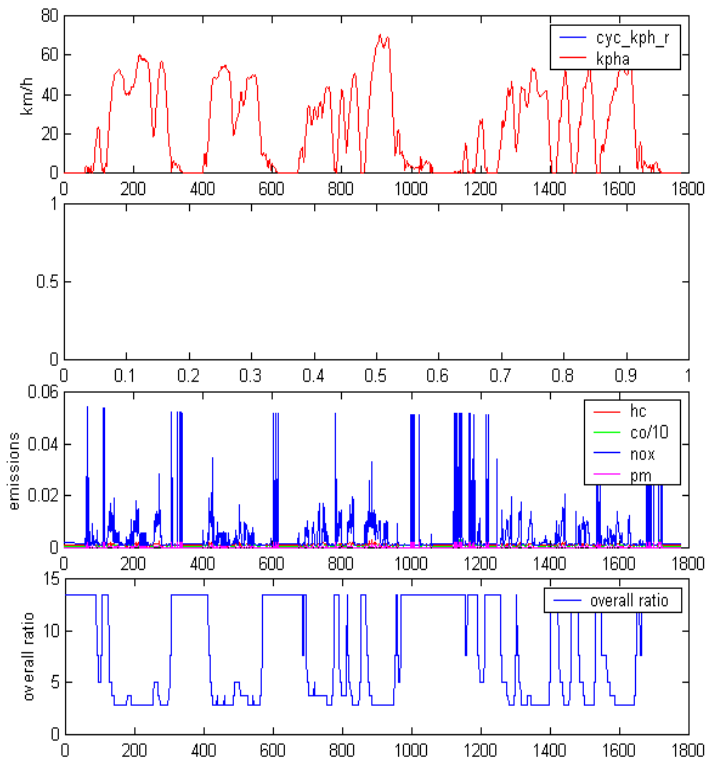
Warnings/Messages

Missed Trace by > 2 mph (3.2 km/h)

Trace Miss Analysis:

Replay Back Two Help  
Back Exit

### Automobile convenzionale Diesel ciclo urbano



#### Results figure

Component: fuel\_converter plot control

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>6.7</b>
Gasoline Equivalent	<b>7.6</b>
Distance (km)	<b>10.8</b>

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
<b>0.197</b>	<b>1.303</b>	<b>0.752</b>	<b>0.036</b>	

Acceleration Test

0-100 km/h (s): **11.8** Max. Accel. (m/s<sup>2</sup>): **5**  
 60-100 km/h **6.7** Distance in 5s (m): **n/a**  
 0-140 km/h (s): **24.9** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed (kmph): **161.4**

Gradeability: **n/a** %

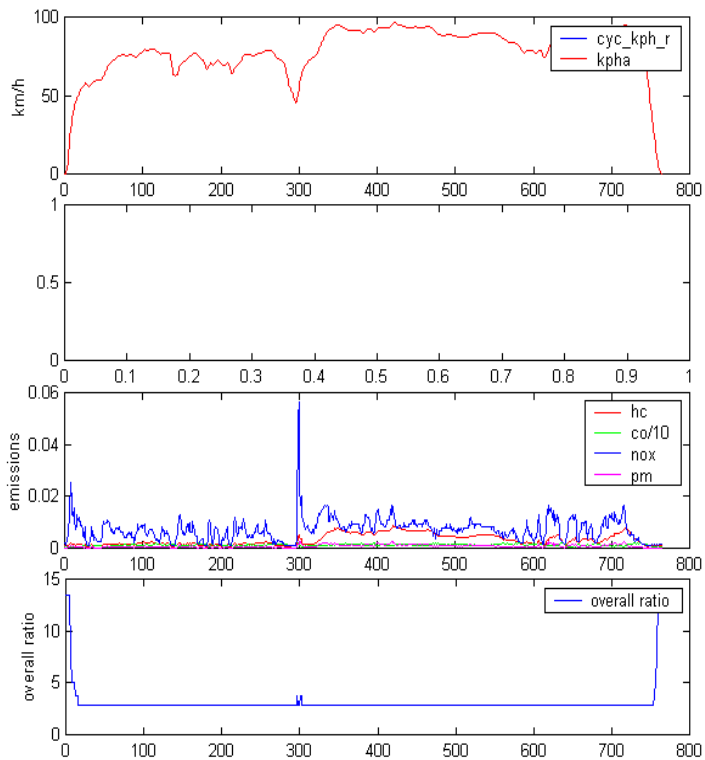
Energy Use Figure Output Check Plots

Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages: none

Replay Back Two Help Back Exit

### Automobile convenzionale Diesel ciclo extraurbano



#### Results figure

Component: fuel\_converter plot control

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>4.3</b>
Gasoline Equivalent	<b>4.9</b>
Distance (km)	<b>16.5</b>

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
<b>0.151</b>	<b>0.566</b>	<b>0.332</b>	<b>0.036</b>	

Acceleration Test

0-100 km/h (s): **11.8** Max. Accel. (m/s<sup>2</sup>): **5**  
 60-100 km/h **6.7** Distance in 5s (m): **n/a**  
 0-140 km/h (s): **24.9** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed (kmph): **161.4**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots

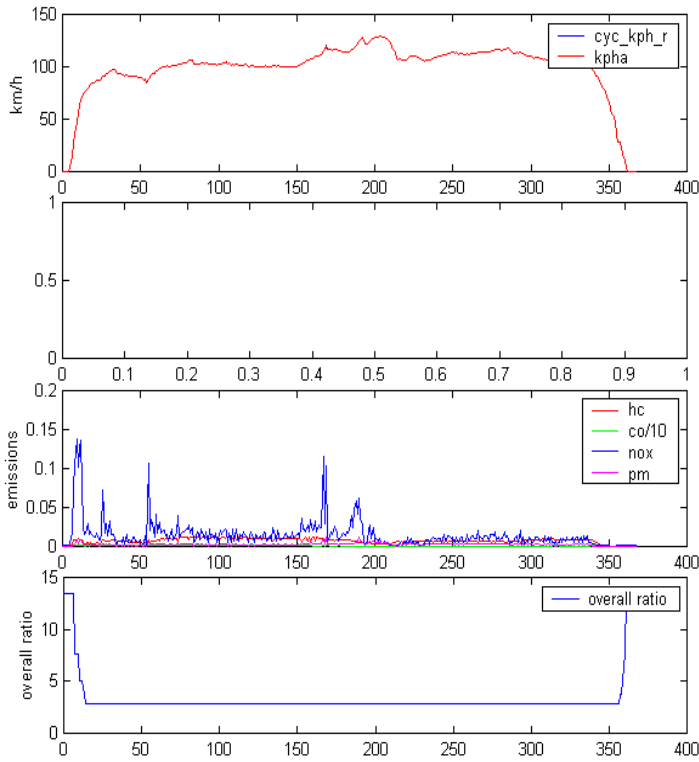
Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages: none

Replay Back Two Help Back Exit



### Automobile convenzionale Diesel ciclo autostradale



#### Results figure

Component: fuel\_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq [# of plots: 4]

Fuel Consumption (L/100 km)	5.9
Gasoline Equivalent	6.7
Distance (km)	10

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
0.271	0.323	0.539	0.096

Acceleration Test

0-100 km/h (s): 11.8	Max. Accel. (m/s <sup>2</sup> ): 5
60-100 km/h 6.7	Distance in 5s (m): n/a
0-140 km/h (s): 24.9	Time in 0.4km (s): n/a
	Max. Speed (kmph): 161.4

Gradeability: n/a %

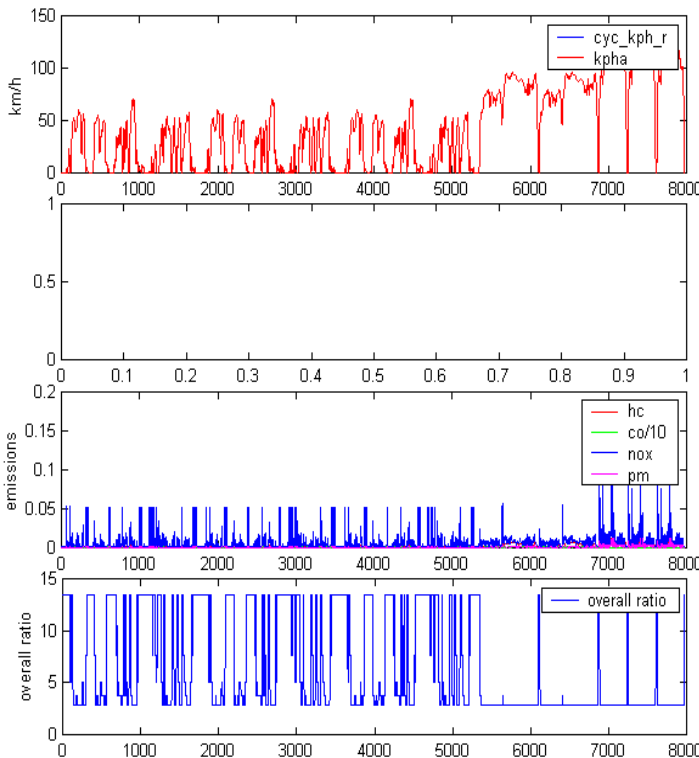
Energy Use Figure [Output Check Plots]

Compare Results With: Sim Data [Test Data]

Warnings/Messages: none

Replay [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

### Automobile convenzionale Diesel ciclo completo



#### Results figure

Component: fuel\_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq [# of plots: 4]

Fuel Consumption (L/100 km)	5.6
Gasoline Equivalent	6.4
Distance (km)	95.6

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
0.197	0.692	0.499	0.055

Acceleration Test

0-100 km/h (s): 11.8	Max. Accel. (m/s <sup>2</sup> ): 5
60-100 km/h 6.7	Distance in 5s (m): n/a
0-140 km/h (s): 24.9	Time in 0.4km (s): n/a
	Max. Speed (kmph): 161.4

Gradeability: n/a %

Energy Use Figure [Output Check Plots]

Compare Results With: Sim Data [Test Data]

Warnings/Messages: none

Replay [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

### 5.1.1. Tabelle riassuntive simulazioni automobile 80KW

Nelle tabelle che seguono i valori di colore rosso indicano i “Missed Trace” cioè l'architettura in esame non è stata in grado di eseguire il ciclo richiesto. Ne consegue che un valore in rosso è difficilmente comparabile con altri, perché i veicoli non hanno eseguito lo stesso ciclo, quindi un'architettura può sembrare più economica ma in realtà è arrivata a destinazione dopo le altre.

Il tempo totale di ritardo non è indicato, ma dai grafici è possibile vedere di quanto il ciclo effettivo si discosta da quello richiesto.

Consumi l/100Km				
CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
VEICOLO				
Series	7,9	5,6	7,3	6,9
Parallel	11	5,3	7,2	7,7
Prius	8	5,5	7,7	6,9
Conv Benz	10,2	5,6	7,1	7,5
Conv Diesel	6,7	4,3	5,9	5,6

Prendendo in considerazione le architetture ibride, dalla tabella si nota che sul ciclo completo le più economiche sono Serie e Prius, mentre la più dispendiosa è la vettura con architettura parallelo.

Ad ogni modo questa tabella non risulta molto utile per il confronto sul consumo chilometrico, data l'elevata presenza di Missed Trace.

E' curioso notare che su tutti i cicli, il veicolo convenzionale Diesel si è verificato il più economico ed è anche l'unico in grado di eseguirli fedelmente.

Di seguito sono elencate le tabelle riassuntive dei valori di emissioni, in verde il risultato migliore e in grigio quello peggiore.

## emissioni HC g/Km

#4	CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
VEICOLO					
Series		0,622	0,37	0,569	0,204
Parallel		0,607	0,343	0,48	0,183
Prius		0,498	0,31	0,488	0,157
Conv Benz		0,931	0,51	0,763	0,288
Conv Diesel		0,197	0,151	0,271	0,197

## emissioni CO g/Km

#4	CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
VEICOLO					
Series		4,052	2,448	3,473	1,031
Parallel		4,883	1,657	10,79	1,367
Prius		3,414	5,543	11,107	1,633
Conv Benz		4,352	2,235	9,81	1,27
Conv Diesel		1,303	0,566	0,323	0,692

## emissioni Nox g/Km

#4	CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
VEICOLO					
Series		0,984	0,609	0,895	0,378
Parallel		0,587	0,389	0,401	0,217
Prius		0,38	0,221	0,367	0,166
Conv Benz		0,578	0,47	0,725	0,204
Conv Diesel		0,752	0,332	0,539	0,499

## emissioni PM g/Km

#4	CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
VEICOLO					
Series		0	0	0	0
Parallel		0	0	0	0
Prius		0	0	0	0
Conv Benz		0	0	0	0
Conv Diesel		0,036	0,036	0,096	0,055

La tabella seguente rappresenta i risultati dei test prestazionali delle architetture analizzate:

## prestazioni

#4	0-100 km/h	60-100 km/h	0-140 km/h	max acc	vel max
VEICOLO					
Series	22,6	15,4		5	131,4
Parallel	13,6	8,2	30,7	5	162,3
Prius	16	9,2	38,6	3,7	148,8
Conv Benz	13,2	7,3	28	3,7	172,5
Conv Diesel	11,8	6,7	24,9	5	161,4
	[s]	[s]	[s]	[m/s <sup>2</sup> ]	[Km/h]

Il test 0-140 Km/h per l'architettura serie non si è potuto eseguire perché la velocità massima che può raggiungere è inferiore a 140Km/h.

### *5.1.2. Conclusioni simulazioni automobili 80KW*

Questo primo step ci permette di notare che installare la stessa potenza su architetture diverse porta a risultati discordanti.

Tra le vetture ibride notiamo che Prius e l'architettura serie si sono rivelate complessivamente tra le più parche nei consumi globali e particolarmente nel ciclo urbano, mentre nell'extraurbano conviene scegliere il parallelo, anche se solo di poco più conveniente, nel ciclo autostradale si eguagliano tutte.

Tra le ibride, nei test prestazionali, al primo posto troviamo l'architettura parallelo, al secondo posto la Prius e con distacchi decisamente marcati l'architettura serie.

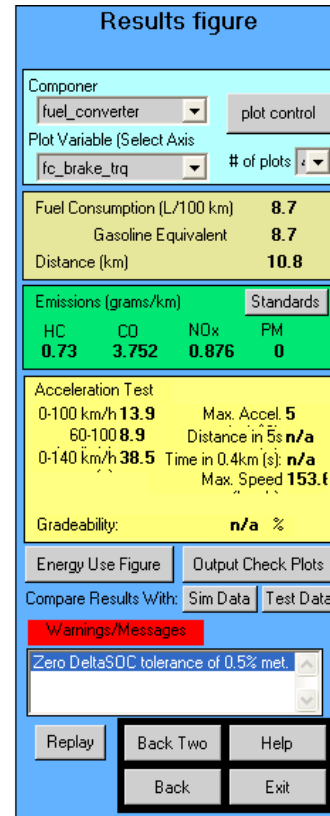
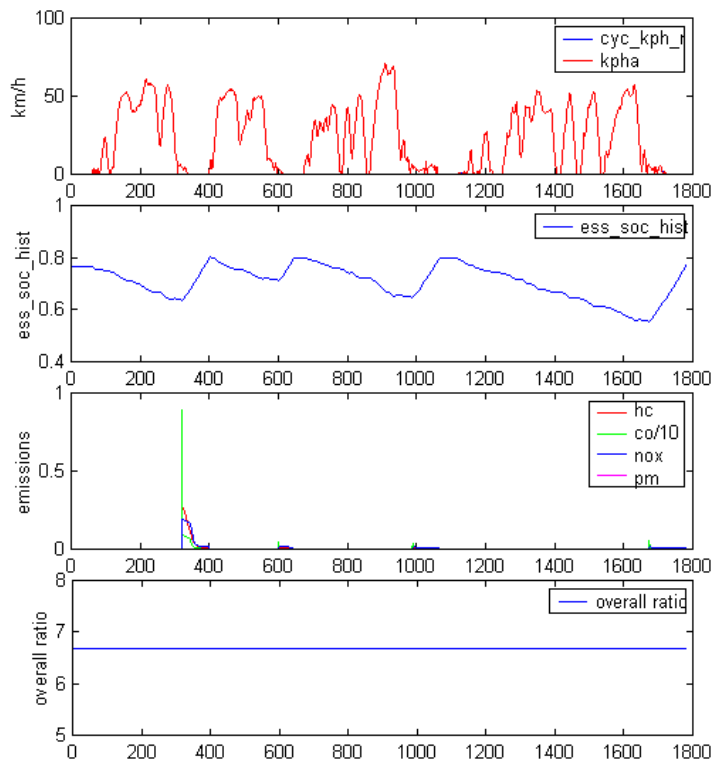
Le simulazioni fanno emergere la vettura convenzionale Diesel come migliore nei consumi, presenta valori di emissioni tra i più bassi, fatta eccezione per il PM e inoltre arriva prima nei test prestazionali, sorpassando in tutti i campi eccetto la velocità massima, anche il veicolo convenzionale a benzina.

Per non avere l'inconveniente del Missed Trace sono state aumentate le potenze installate su tutti i veicoli e si è giunti con un metodo iterativo ad un valore per cui tutte le architetture sono riuscite a seguire i cicli richiesti. Per ottenere ciò si è installata la potenza di 60KW sia per il motore termico sia per l'elettrico, per una potenza totale installata sugli ibridi di 120KW.

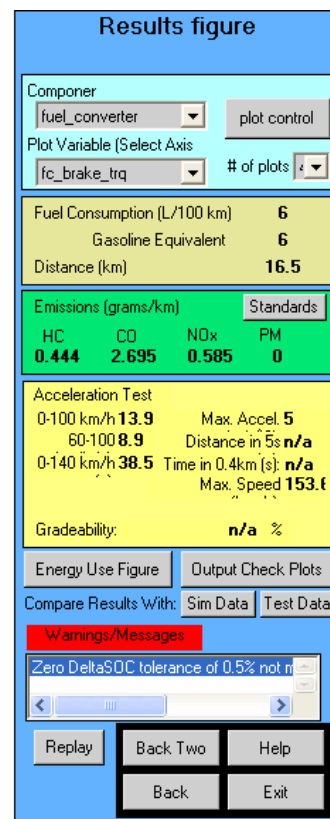
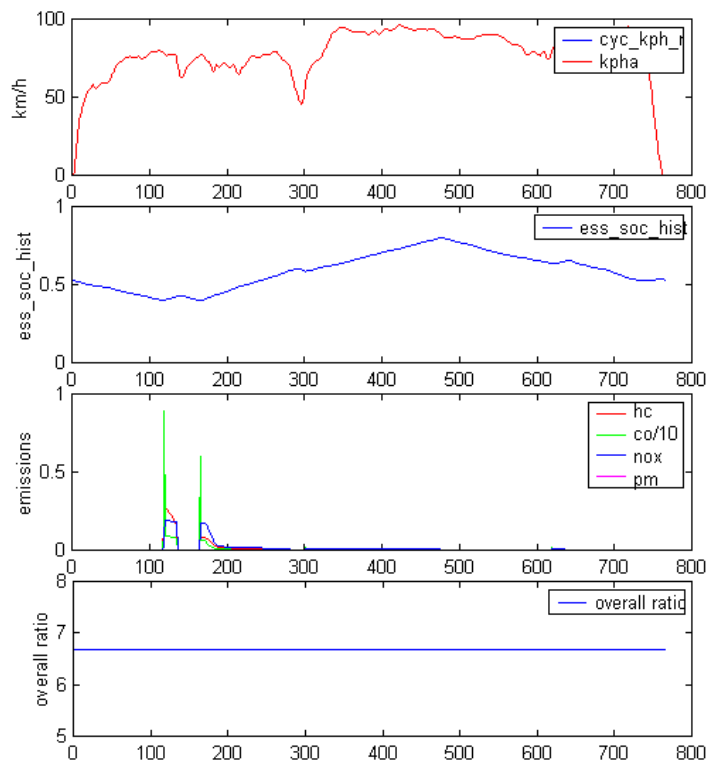
Per i convenzionali si è scelta ancora una potenza pari a  $\frac{3}{4}$  della totale installata sugli ibridi, scelta fatta in modo completamente arbitrario di conseguenza il confronto resta a titolo indicativo.

## 5.2. Potenza totale installata 120KW

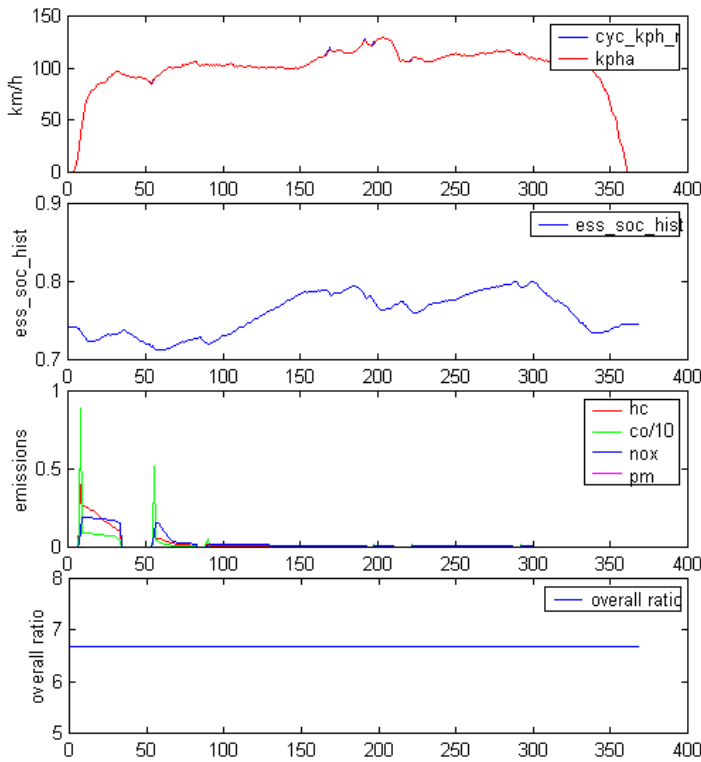
### Automobile architettura serie ciclo urbano



### Automobile architettura serie ciclo extraurbano



### Automobile architettura serie ciclo autostradale



#### Results figure

Componer  
 fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
 fc\_brake\_trq # of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>7.6</b>
Gasoline Equivalent	<b>7.6</b>
Distance (km)	<b>10</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.727</b>	<b>4.372</b>	<b>0.889</b>	<b>0</b>

Acceleration Test  
 0-100 km/h **13.9** Max. Accel. **5**  
 60-100 **8.9** Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **38.5** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed **153.6**

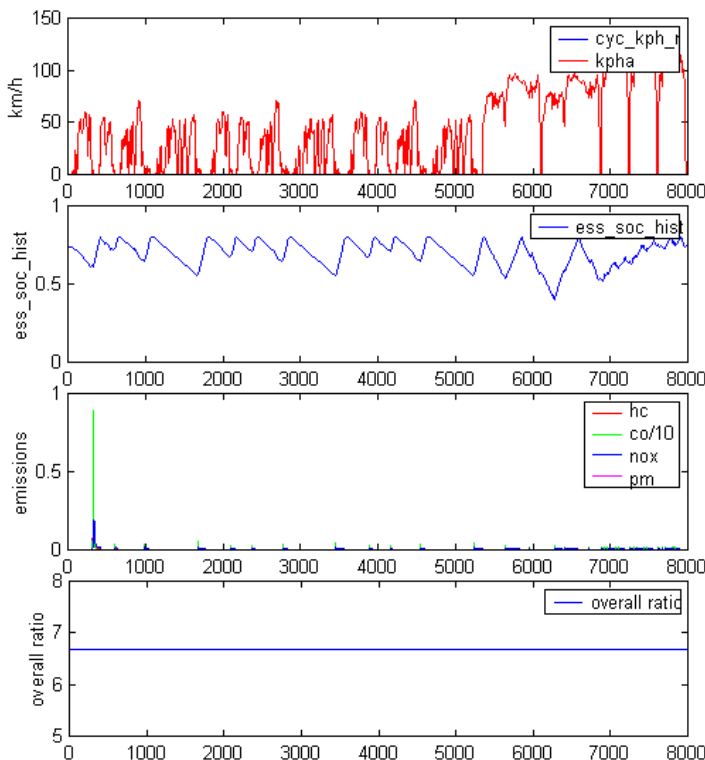
Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots  
 Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay Back Two Help  
 Back Exit

### Automobile architettura serie ciclo completo



#### Results figure

Componer  
 fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
 fc\_brake\_trq # of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>7.2</b>
Gasoline Equivalent	<b>7.2</b>
Distance (km)	<b>95.5</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.184</b>	<b>0.819</b>	<b>0.347</b>	<b>0</b>

Acceleration Test  
 0-100 km/h **13.9** Max. Accel. **5**  
 60-100 **8.9** Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **38.5** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed **153.6**

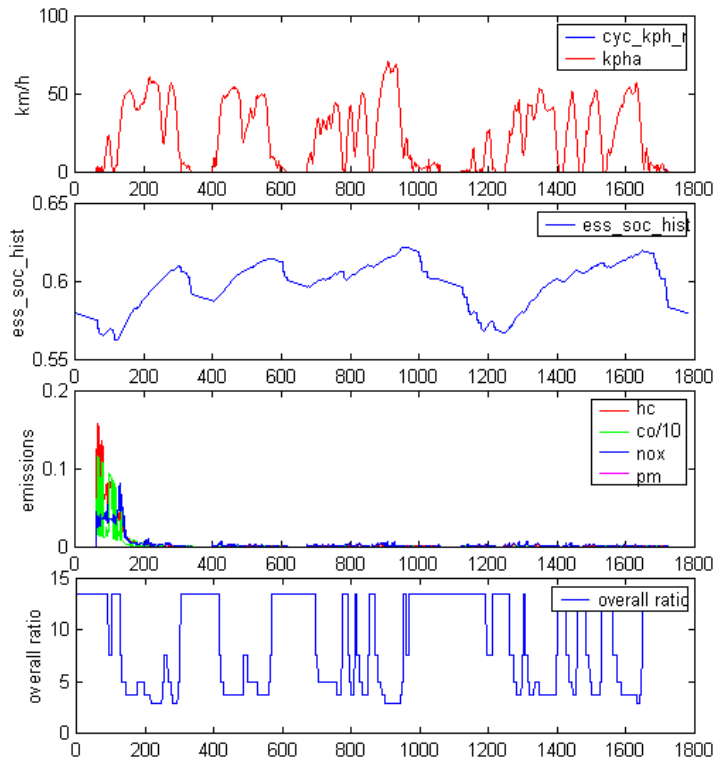
Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots  
 Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay Back Two Help  
 Back Exit

### Automobile architettura parallelo ciclo urbano



#### Results figure

Componer  
 fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
 fc\_brake\_trq # of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>14.3</b>
Gasoline Equivalent	<b>14.3</b>
Distance (km)	<b>10.8</b>

Emissions (grams/km)		Standards	
HC	0.8	CO	4.371
NOx	0.624	PM	0

Acceleration Test  
 0-100 km/h **9.2** Max. Accel. **5**  
 60-100 **5.2** Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **18.2** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed **195.6**

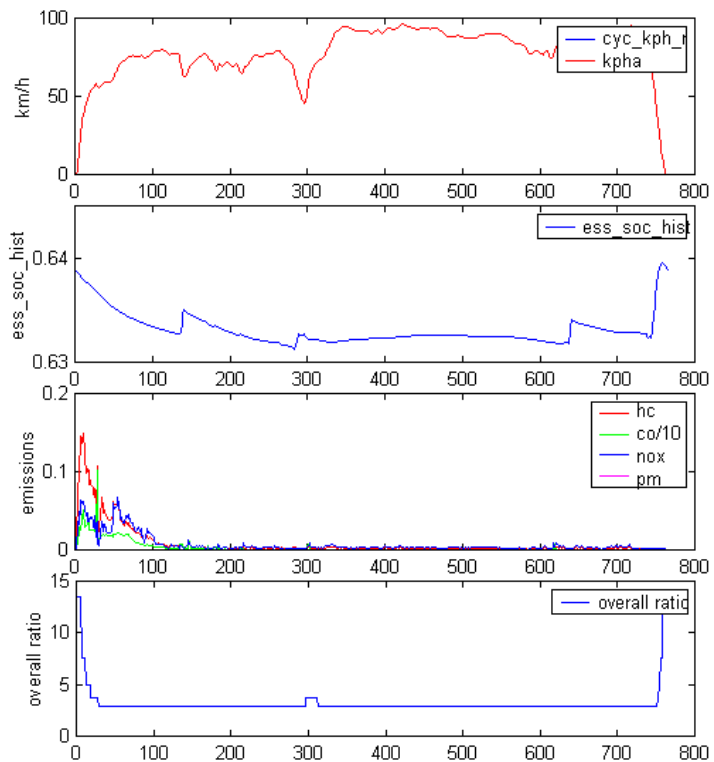
Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots  
 Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay Back Two Help  
 Back Exit

### Automobile architettura parallelo ciclo extraurbano



#### Results figure

Componer  
 fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
 fc\_brake\_trq # of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>6.2</b>
Gasoline Equivalent	<b>6.2</b>
Distance (km)	<b>16.5</b>

Emissions (grams/km)		Standards	
HC	0.413	CO	1.549
NOx	0.334	PM	0

Acceleration Test  
 0-100 km/h **9.2** Max. Accel. **5**  
 60-100 **5.2** Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **18.2** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed **195.6**

Gradeability: **n/a** %

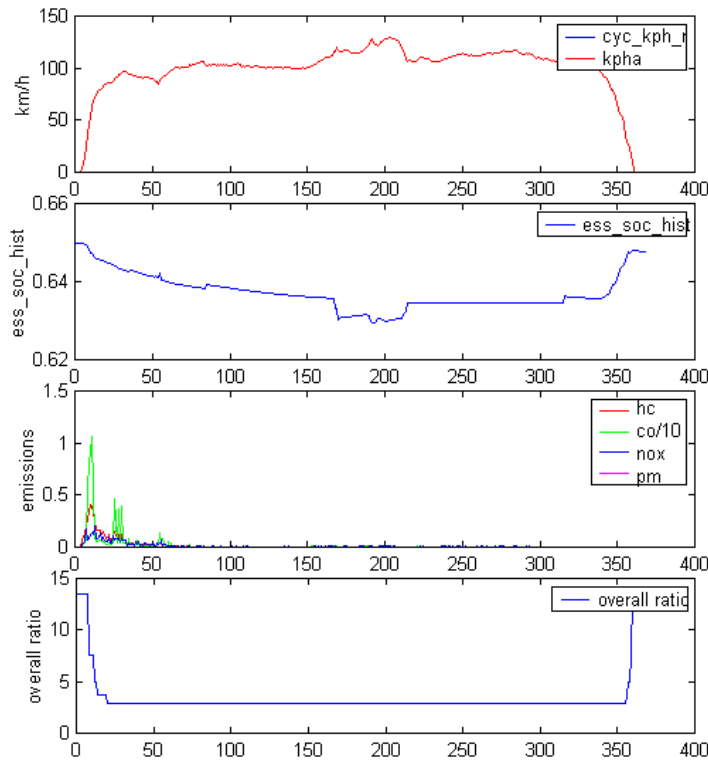
Energy Use Figure Output Check Plots  
 Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay Back Two Help  
 Back Exit



## Automobile architettura parallelo ciclo autostradale



### Results figure

Componer  
 fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
 fc\_brake\_trq # of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>7.5</b>
Gasoline Equivalent	<b>7.5</b>
Distance (km)	<b>10</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.654</b>	<b>7.613</b>	<b>0.483</b>	<b>0</b>

Acceleration Test  
 0-100 km/h **9.2** Max. Accel. **5**  
 60-100 **5.2** Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **18.2** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed **195.6**

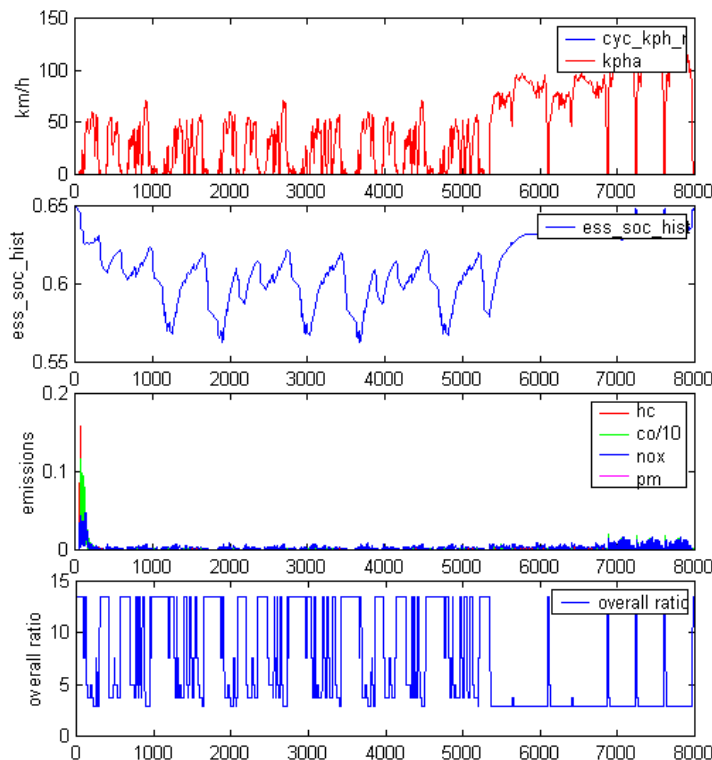
Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots  
 Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay Back Two Help  
 Back Exit

## Automobile architettura parallelo ciclo completo



### Results figure

Componer  
 fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
 fc\_brake\_trq # of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>9.2</b>
Gasoline Equivalent	<b>9.2</b>
Distance (km)	<b>95.6</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.214</b>	<b>1.098</b>	<b>0.23</b>	<b>0</b>

Acceleration Test  
 0-100 km/h **9.2** Max. Accel. **5**  
 60-100 **5.2** Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **18.2** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed **195.6**

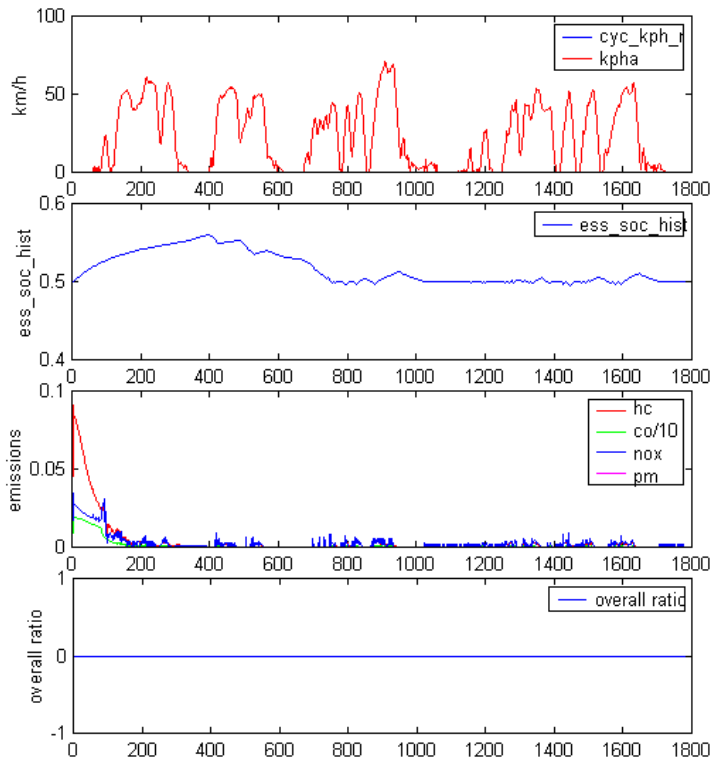
Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots  
 Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay Back Two Help  
 Back Exit

### Automobile architettura Prius ciclo urbano



#### Results figure

Componer  
 fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
 fc\_brake\_trq # of plots

Fuel Consumption (L/100 km) **8.2**  
 Gasoline Equivalent **8.2**  
 Distance (km) **10.8**

Emissions (grams/km) Standards  
 HC CO NOx PM  
**0.627 1.844 0.398 0**

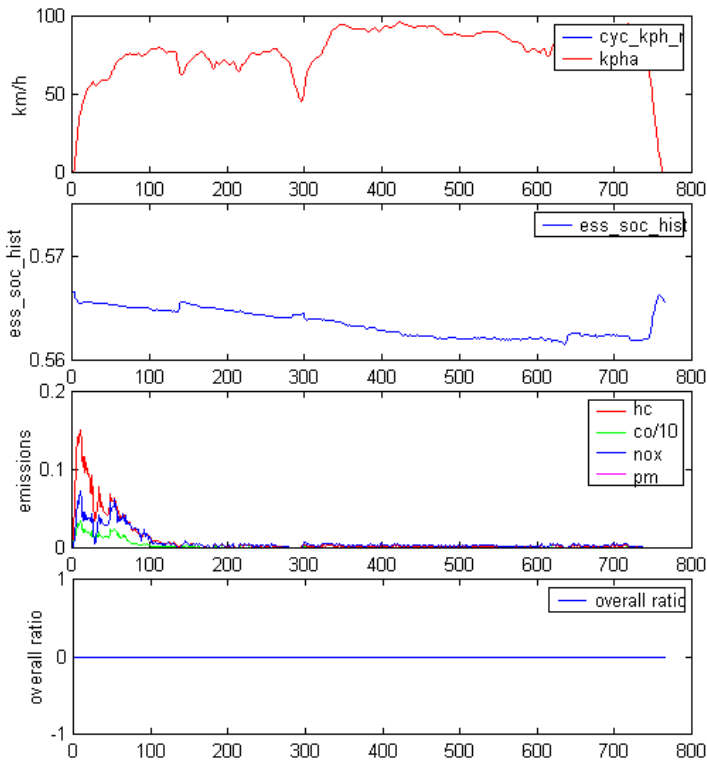
Acceleration Test  
 0-100 km/h **10.4** Max. Accel. **5**  
 60-100 **5.8** Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **21** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed **176.5**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots  
 Compare Results With: Sim Data Test Data  
 Warnings/Messages Prius Speeds  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay Back Two Help  
 Back Exit

### Automobile architettura Prius ciclo extraurbano



#### Results figure

Componer  
 fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
 fc\_brake\_trq # of plots

Fuel Consumption (L/100 km) **5.2**  
 Gasoline Equivalent **5.2**  
 Distance (km) **16.5**

Emissions (grams/km) Standards  
 HC CO NOx PM  
**0.428 1.102 0.318 0**

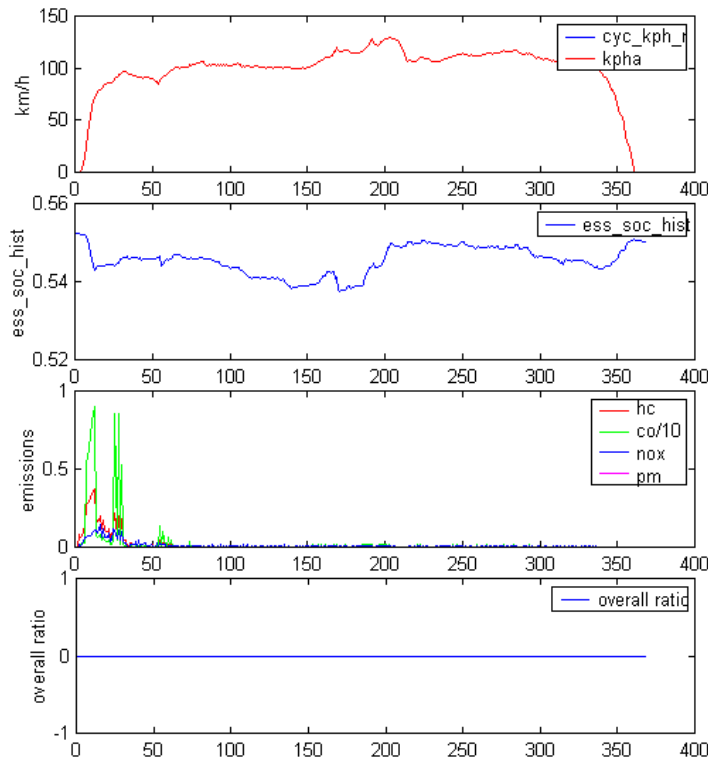
Acceleration Test  
 0-100 km/h **10.4** Max. Accel. **5**  
 60-100 **5.8** Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **21** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed **176.5**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots  
 Compare Results With: Sim Data Test Data  
 Warnings/Messages Prius Speeds  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay Back Two Help  
 Back Exit

### Automobile architettura Prius ciclo autostradale



#### Results figure

Componer: fuel\_converter | plot control

Plot Variable (Select Axis): fc\_brake\_trq | # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>7.6</b>
Gasoline Equivalent	<b>7.6</b>
Distance (km)	<b>10</b>

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
<b>0.637</b>	<b>9.286</b>	<b>0.411</b>	<b>0</b>	

Acceleration Test

0-100 km/h	<b>10.4</b>	Max. Accel.	<b>5</b>
60-100	<b>5.8</b>	Distance in 5s	<b>n/a</b>
0-140 km/h	<b>21</b>	Time in 0.4km (s)	<b>n/a</b>
		Max. Speed	<b>176.5</b>

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure | Output Check Plots

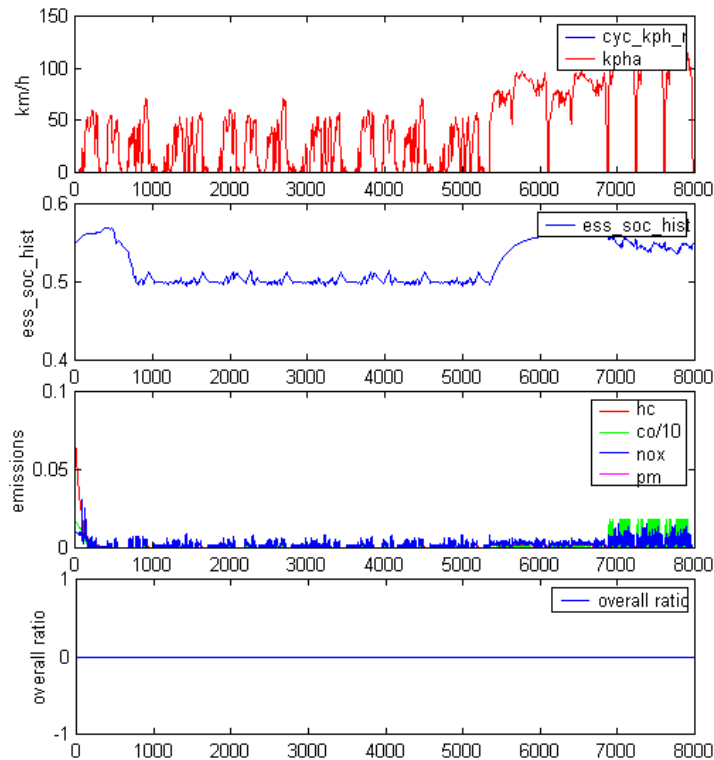
Compare Results With: Sim Data | Test Data

Warnings/Messages | Prius Speeds

Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay | Back Two | Help | Back | Exit

### Automobile architettura Prius ciclo completo



#### Results figure

Componer: fuel\_converter | plot control

Plot Variable (Select Axis): fc\_brake\_trq | # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>6.7</b>
Gasoline Equivalent	<b>6.7</b>
Distance (km)	<b>95.6</b>

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
<b>0.163</b>	<b>0.659</b>	<b>0.172</b>	<b>0</b>	

Acceleration Test

0-100 km/h	<b>10.4</b>	Max. Accel.	<b>5</b>
60-100	<b>5.8</b>	Distance in 5s	<b>n/a</b>
0-140 km/h	<b>21</b>	Time in 0.4km (s)	<b>n/a</b>
		Max. Speed	<b>176.5</b>

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure | Output Check Plots

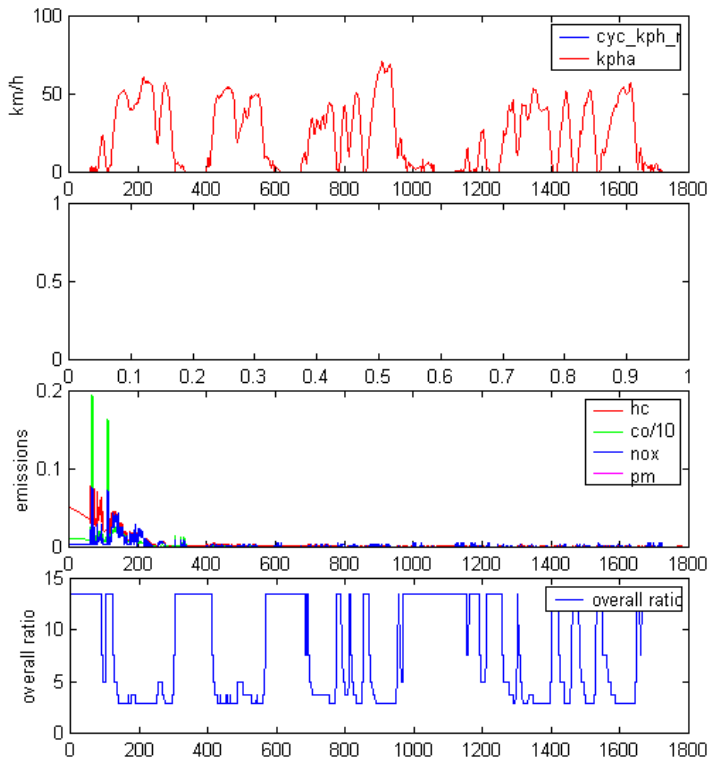
Compare Results With: Sim Data | Test Data

Warnings/Messages | Prius Speeds

Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay | Back Two | Help | Back | Exit

### Automobile architettura convenzionale benzina ciclo urbano



#### Results figure

Componer  
plot control

Plot Variable (Select Axis)  
# of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>12.3</b>
Gasoline Equivalent	<b>12.3</b>
Distance (km)	<b>10.8</b>

Emissions (grams/km) <span style="float: right;">Standards</span>			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.95</b>	<b>4.245</b>	<b>0.409</b>	<b>0</b>

**Acceleration Test**  
 0-10 km/h **0.6**      Max. Accel. **5**  
 60-100 **4.7**      Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **16.4**    Time in 0.4km (s): **n/a**  
Max. Speed **207.!**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots

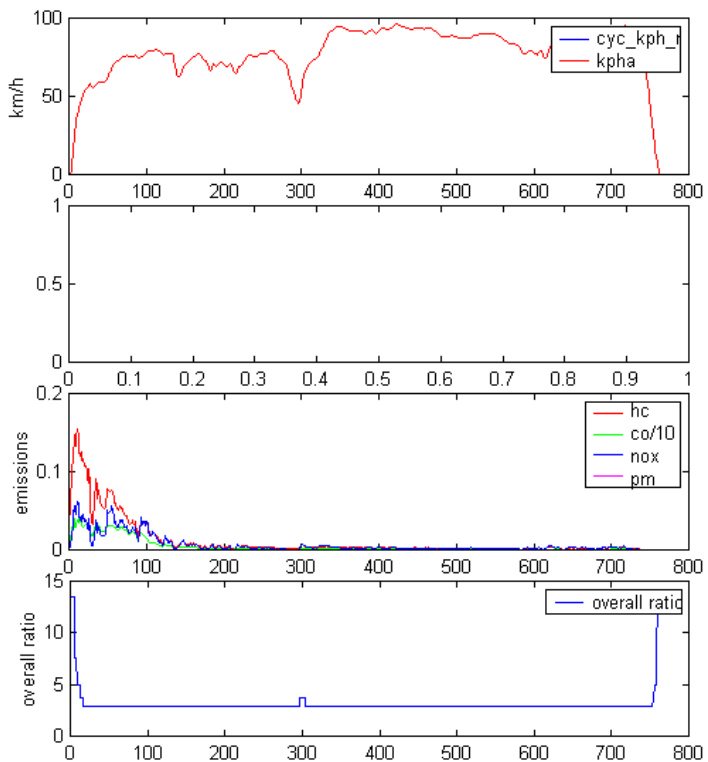
Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages  
 none

Replay
Back Two
Help

Back
Exit

### Automobile architettura convenzionale benzina ciclo extraurbano



#### Results figure

Componer  
plot control

Plot Variable (Select Axis)  
# of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>7.1</b>
Gasoline Equivalent	<b>7.1</b>
Distance (km)	<b>16.5</b>

Emissions (grams/km) <span style="float: right;">Standards</span>			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.555</b>	<b>2.167</b>	<b>0.321</b>	<b>0</b>

**Acceleration Test**  
 0-10 km/h **0.6**      Max. Accel. **5**  
 60-100 **4.7**      Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **16.4**    Time in 0.4km (s): **n/a**  
Max. Speed **207.!**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots

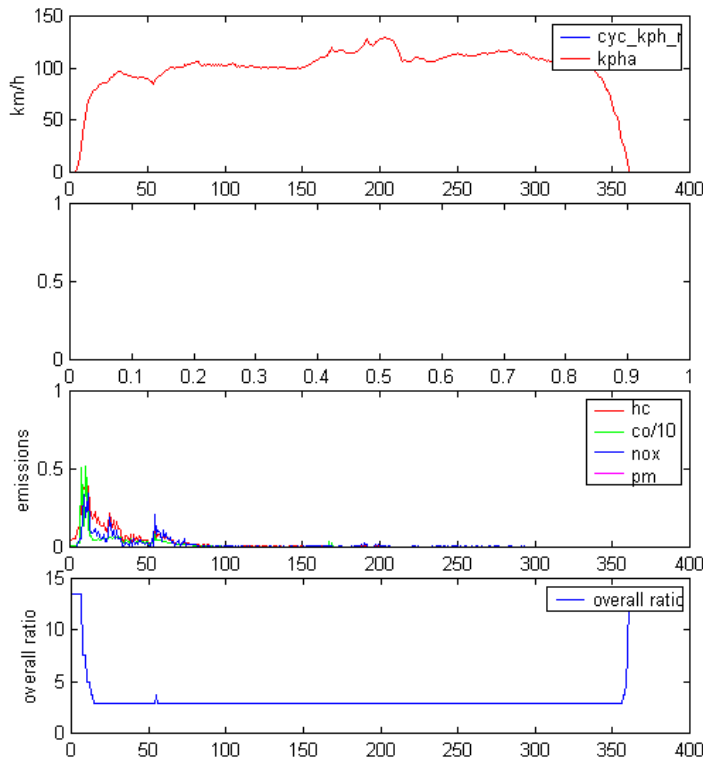
Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages  
 none

Replay
Back Two
Help

Back
Exit

### Automobile architettura convenzionale benzina ciclo autostradale



#### Results figure

Componer  
 fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
 fc\_brake\_trq # of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>8.7</b>
Gasoline Equivalent	<b>8.7</b>
Distance (km)	<b>10</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.927</b>	<b>5.293</b>	<b>0.619</b>	<b>0</b>

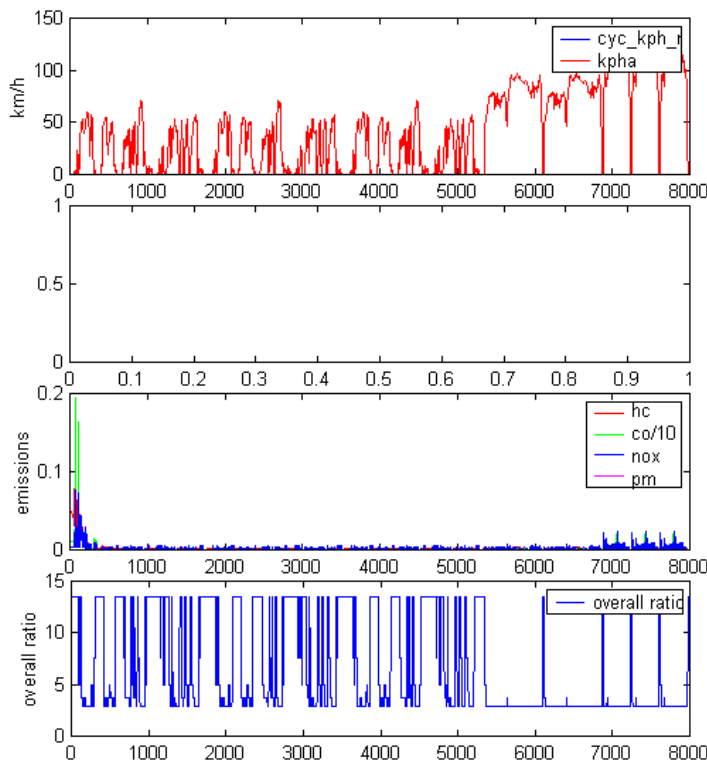
Acceleration Test  
 0-10 km/h **0.6** Max. Accel. **5**  
 60-100 **4.7** Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **16.4** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed **207.1**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots  
 Compare Results With: Sim Data Test Data  
 Warnings/Messages  
 none

Replay Back Two Help  
 Back Exit

### Automobile architettura convenzionale benzina ciclo completo



#### Results figure

Componer  
 fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
 fc\_brake\_trq # of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>9.1</b>
Gasoline Equivalent	<b>9.1</b>
Distance (km)	<b>95.6</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.229</b>	<b>0.913</b>	<b>0.157</b>	<b>0</b>

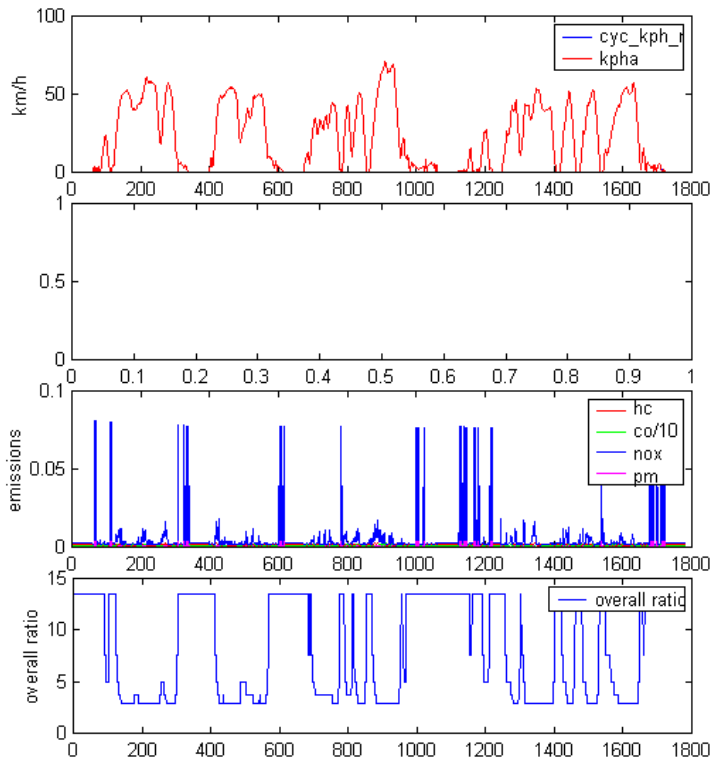
Acceleration Test  
 0-10 km/h **0.6** Max. Accel. **5**  
 60-100 **4.7** Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **16.4** Time in 0.4km (s): **n/a**  
 Max. Speed **207.1**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots  
 Compare Results With: Sim Data Test Data  
 Warnings/Messages  
 none

Replay Back Two Help  
 Back Exit

### Automobile convenzionale Diesel ciclo urbano



#### Results figure

Componer: fuel\_converter plot control

Plot Variable (Select Axis): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>8.3</b>
Gasoline Equivalent	<b>9.5</b>
Distance (km)	<b>10.8</b>

Emissions (grams/km)		Standards	
HC	CO	NOx	PM
<b>0.276</b>	<b>2.058</b>	<b>0.823</b>	<b>0.042</b>

Acceleration Test

0-100 km/h	<b>8.5</b>	Max. Accel.	<b>5</b>
60-100	<b>4.3</b>	Distance in 5s	<b>n/a</b>
0-140 km/h	<b>15.8</b>	Time in 0.4km (s)	<b>n/a</b>
		Max. Speed	<b>162.1</b>

Gradeability: **n/a** %

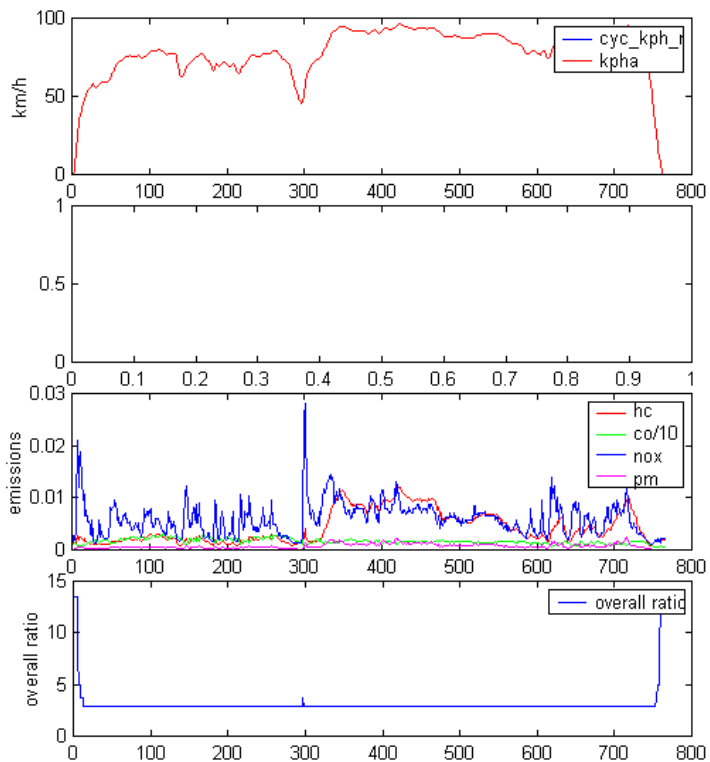
Energy Use Figure Output Check Plots

Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages: none

Replay Back Two Help Back Exit

### Automobile convenzionale Diesel ciclo extraurbano



#### Results figure

Componer: fuel\_converter plot control

Plot Variable (Select Axis): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>5.1</b>
Gasoline Equivalent	<b>5.8</b>
Distance (km)	<b>16.5</b>

Emissions (grams/km)		Standards	
HC	CO	NOx	PM
<b>0.198</b>	<b>0.77</b>	<b>0.274</b>	<b>0.034</b>

Acceleration Test

0-100 km/h	<b>8.5</b>	Max. Accel.	<b>5</b>
60-100	<b>4.3</b>	Distance in 5s	<b>n/a</b>
0-140 km/h	<b>15.8</b>	Time in 0.4km (s)	<b>n/a</b>
		Max. Speed	<b>162.1</b>

Gradeability: **n/a** %

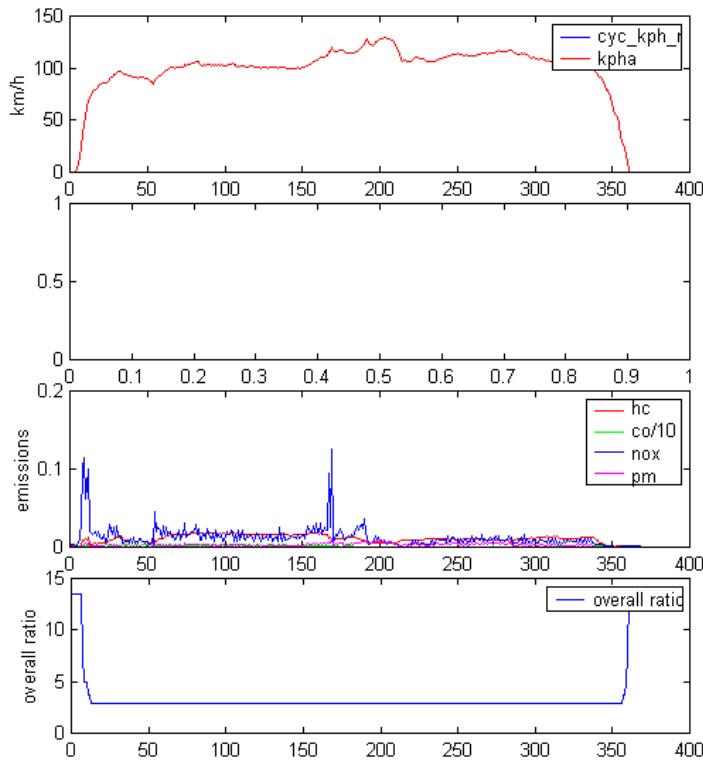
Energy Use Figure Output Check Plots

Compare Results With: Sim Data Test Data

Warnings/Messages: none

Replay Back Two Help Back Exit

### Automobile convenzionale Diesel ciclo autostradale



#### Results figure

Componer: fuel\_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis): fc\_brake\_trq [# of plots: 1]

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>7</b>
Gasoline Equivalent	<b>7.9</b>
Distance (km)	<b>10</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.399</b>	<b>0.533</b>	<b>0.469</b>	<b>0.105</b>

Acceleration Test

0-100 km/h	<b>8.5</b>	Max. Accel.	<b>5</b>
60-100	<b>4.3</b>	Distance in 5s	<b>n/a</b>
0-140 km/h	<b>15.8</b>	Time in 0.4km (s)	<b>n/a</b>
		Max. Speed	<b>162.1</b>

Gradeability: **n/a** %

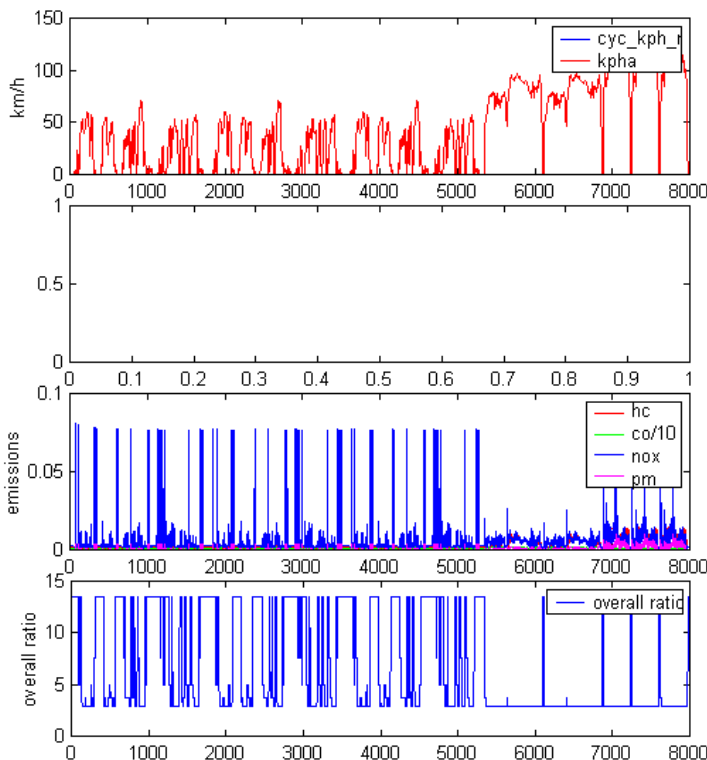
Energy Use Figure [Output Check Plots]

Compare Results With: Sim Data [Test Data]

Warnings/Messages: none

Replay [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

### Automobile convenzionale Diesel ciclo completo



#### Results figure

Componer: fuel\_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis): fc\_brake\_trq [# of plots: 1]

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>6.8</b>
Gasoline Equivalent	<b>7.7</b>
Distance (km)	<b>95.6</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0.265</b>	<b>1.006</b>	<b>0.465</b>	<b>0.059</b>

Acceleration Test

0-100 km/h	<b>8.5</b>	Max. Accel.	<b>5</b>
60-100	<b>4.3</b>	Distance in 5s	<b>n/a</b>
0-140 km/h	<b>15.8</b>	Time in 0.4km (s)	<b>n/a</b>
		Max. Speed	<b>162.1</b>

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure [Output Check Plots]

Compare Results With: Sim Data [Test Data]

Warnings/Messages: none

Replay [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

### 5.2.1. Tabelle riassuntive simulazioni automobili 120KW

<b>Consumi [l/100Km]</b>					
#4	CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
<b>VEICOLO</b>					
Series		8,7	6	7,6	7,2
Parallel		14,3	6,2	7,5	9,2
Prius		8,2	5,2	7,6	6,7
Conv Benz		12,3	7,1	8,7	9,1
Conv Diesel		8,3	5,1	7	6,8

Abbiamo quindi ottenuto una tabella riassuntiva dei consumi che non presenta Missed Trace.

Notiamo che per i cicli urbano ed extraurbano, tra le vetture ibride, Prius è la più economica, mentre su ciclo autostradale i consumi di carburante sono molto simili per tutte.

Si nota un consumo quasi doppio dell'architettura parallelo rispetto a serie e Prius nel ciclo urbano, questo può essere motivato notando che tale ciclo non presenta tratti per corsi a velocità costante, quindi il motore termico raramente lavora in condizioni di elevata efficienza. Si nota anche che il consumo è simile all'architettura convenzionale benzina, possiamo quindi dire che nel ciclo urbano Prius e serie riescono a dare il meglio di se e non è il parallelo che consuma molto, ma sono le altre particolarmente economiche. Questo è dovuto alla caratteristica principale del funzionamento di un'architettura ibrida in configurazione serie, quando il motore termico lavora in condizioni di massima efficienza e il motore elettrico grazie all'energia immagazzinata nella batterie soddisfa la richiesta di coppia alle ruote motrici.

Un dato da notare è rappresentato dai consumi nel ciclo autostradale, le architetture ibride utilizzano la stessa quantità di carburante per svolgere lo stesso percorso, questo risultato differisce dalle aspettative.

Dai risultati è anche evidente che le architetture ibride non sono così economiche se confrontate con i veicoli convenzionali, sia quello a benzina, ma soprattutto il diesel, anzi spesso consumano più carburante. Bisogna però dire che il confronto con i veicoli convenzionali è puramente indicativo perché le potenze scelte sono arbitrarie ed è difficile avere un confronto leale.



**emissioni HC [g/Km]**

#4	CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
VEICOLO					
Series		0,73	0,444	0,727	0,184
Parallel		0,8	0,413	0,654	0,214
Prius		0,627	0,428	0,637	0,163
Conv Benz		0,95	0,555	0,927	0,229
Conv Diesel		0,276	0,198	0,399	0,265

**emissioni CO [g/Km]**

#4	CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
VEICOLO					
Series		3,752	2,695	4,372	0,819
Parallel		0,4371	1,549	7,613	1,098
Prius		1,844	1,102	9,286	0,659
Conv Benz		4,245	2,167	5,293	0,913
Conv Diesel		2,058	0,77	0,533	1,006

**emissioni Nox [g/Km]**

#4	CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
VEICOLO					
Series		0,876	0,585	0,889	0,347
Parallel		0,624	0,334	0,483	0,23
Prius		0,398	0,318	0,411	0,172
Conv Benz		0,409	0,321	0,619	0,157
Conv Diesel		0,823	0,274	0,469	0,465

**emissioni PM [g/Km]**

#4	CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
VEICOLO					
Series		0	0	0	0
Parallel		0	0	0	0
Prius		0	0	0	0
Conv Benz		0	0	0	0
Conv Diesel		0,042	0,034	0,105	0,059

Fatta eccezione per qualche caso isolato, in particolare le emissioni di CO nel ciclo autostradale notiamo che le vetture ibride presentano consumi mediamente inferiori

rispetto alla vettura convenzionale benzina, in particolare la vettura più risparmiosa nei confronti dell'ambiente sembra essere Prius, anche se non con un vantaggio così evidente rispetto alle altre.

Tra le ibride è l'architettura serie a presentare valori di emissioni mediamente più elevati, questo probabilmente è dovuto al fatto che il motore termico di tale architettura è sempre in funzione

E' da notare che spesso è la vettura Diesel ad avere i risultati migliori, anche se questa presenta emissioni di PM che non sono prodotte da motori a ciclo Otto.

<b>prestazioni</b>					
PROVA	0-100 km/h	60-100 km/h	0-140 km/h	max acc	vel max
VEICOLO					
Series	13,9	8,9	38,5	5	153
Parallel	9,2	5,2	18,2	5	195
Prius	10,4	5,8	21	5	176
Conv Benz	8,8	4,7	16,4	5	207
Conv Diesel	8,5	4,3	15,8	5	162
	[s]	[s]	[s]	[m/s <sup>2</sup> ]	[Km/h]

Tra le ibride le prestazioni migliori sono dell'architettura parallelo, seguita da Prius che presenta valori di poco peggiori e Serie che invece ha un notevole distacco. Prius presenta la velocità di punta più elevata tra le ibride, valore vicino a quello del veicolo convenzionale benzina, il migliore in assoluto.

Notiamo come le migliori prestazioni siano spesso a favore dell'architettura convenzionale Diesel.

### 5.2.2. Conclusioni simulazioni automobili 120KW

Guardando nel complesso tutti i risultati, notiamo che per quanto riguarda consumi ed emissioni Prius si rivela spesso migliore delle altre ibride, mentre dal punto di vista prestazionale è l'architettura parallelo ad avere la meglio anche se Prius ha risultati di poco peggiori, quindi guardando sia gli aspetti ambientali che quelli di guida Prius sembra essere il compromesso migliore.

### 5.2.3. Comparativa con ibridi Diesel

Resta il dubbio dato dai risultati dei veicoli convenzionali, in particolare Diesel, che spesso si rivela molto parco nei consumi quasi al pari dei migliori risultati dei veicoli ibridi, consumando solamente 0.1 l/100Km in più sul ciclo completo rispetto all'architettura Prius. Inoltre bisogna considerare che i consumi del veicolo Diesel sono di gasolio, mentre quelli dei veicoli a ciclo Otto di Benzina, che generalmente ha un costo per litro maggiore del gasolio. Questa considerazione, unita al costo complessivo decisamente minore di una macchina Diesel piuttosto che un ibrido, ci fa dubitare della validità di questi ultimi.

Per curiosità si è quindi provato ad equipaggiare l'architettura Prius con lo stesso motore Diesel utilizzato sul veicolo convenzionale, mantenendo comunque le stesse potenze utilizzate nei confronti precedenti. Di seguito sono mostrati i risultati:

#### Consumi [l/100Km]

#4	CICLO	Urban	Extra-Urban	Highway	Complete
VEICOLO					
Prius		8,2	5,2	7,6	6,7
Prius Diesel		6,2	4,1	6,9	5,7
Conv Diesel		8,3	5,1	7	6,8

Come si può vedere dalla tabella, i consumi dell'architettura ibrida Prius con motore Diesel sono diminuiti sia rispetto la stessa architettura che utilizza il motore alimentato a benzina sia rispetto il veicolo convenzionale alimentato a gasolio e su tutti i cicli sono i migliori della comparativa.

Notiamo che la vettura Prius Diesel escluso il ciclo autostradale nel quale abbiamo solamente un consumo di 0.1 l/100Km inferiore al veicolo convenzionale Diesel, presenta notevoli vantaggi su tutti gli altri percorsi.

#### prestazioni

PROVA	0-100 km/h	60-100 km/h	0-140 km/h	max acc	vel max
VEICOLO					
Prius	10,4	5,8	21	5	176
Prius Diesel	9,2	5,1	17,6	5	193
Conv Diesel	8,5	4,3	15,8	5	162
	[s]	[s]	[s]	[m/s <sup>2</sup> ]	[Km/h]

Sul campo prestazionale, come era successo per i veicoli a benzina, è la vettura convenzionale la più prestante in termini di accelerazione, notiamo però come la vettura Prius alimentata a gasolio presenta valori migliori della stessa vettura alimentata a benzina. La velocità di punta più elevata viene raggiunta da Prius Diesel.

In conclusione possiamo dire che la vettura Prius con motore termico Diesel presenta notevoli vantaggi rispetto alla stessa vettura con motore a ciclo Otto e alla vettura convenzionale Diesel, sia in termini di consumi che prestazionali.

Questo potrebbe farne una scelta interessante ma vetture di questo tipo non sono in vendita, forse perchè il motore Diesel ha un costo maggiore del motore a ciclo Otto, che unito ai già elevati costi di un veicolo ibrido potrebbe portare la vettura ad un prezzo fuori mercato.

Valutazioni più precise non vengono effettuate in questo elaborato.

# CAPITOLO 6

## Modelli autobus ADVISOR

Terminate le simulazioni delle vetture prendiamo in esame gli autobus per utilizzo urbano, cioè che percorrono un tragitto caratterizzato da continue fermate e accelerazioni.

Vengono prese in esame le architetture serie, parallelo e convenzionale, tutti e tre i modelli sono dotati di motore termico Diesel.

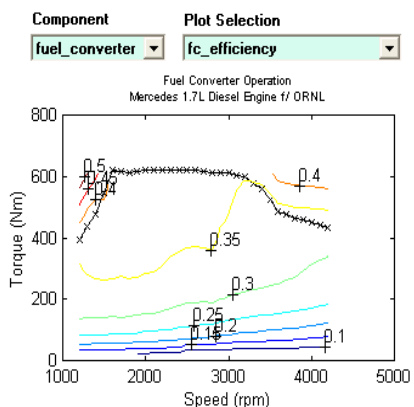
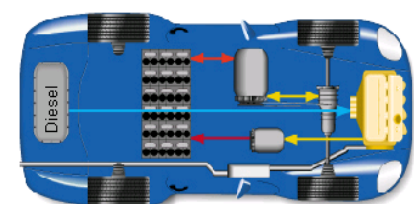
Anche in questo caso si è cercato di creare un confronto il più leale possibile utilizzando su tutti i modelli gli stessi componenti comuni.

I modelli autobus sono stati creati partendo dal modello TransitBusHibrid presente in Advisor, questo è un ibrido serie.

Di seguito sono illustrati i modelli utilizzati:

### Modello autobus serie

Vehicle Input



Load File: BSeries\_in Auto-Size

Drivetrain Config: series

	version	type		max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
<input checked="" type="checkbox"/> Vehicle		?	VEH_ORIONVI			12636
<input checked="" type="checkbox"/> Fuel Converter	ic	?	FC_C160_emis	200	0.41	556
<input checked="" type="checkbox"/> Exhaust Aftertreat		?	EX_IC_NULL			#of mod V nom 52
<input checked="" type="checkbox"/> Energy Storage	rint	?	ESS_PB85	46	549	1145
<input checked="" type="checkbox"/> Energy Storage 2		?	ess 2 options			
<input checked="" type="checkbox"/> Motor		?	MC_AC75	200	0.92	244
<input checked="" type="checkbox"/> Motor 2		?	motor 2 options			
<input checked="" type="checkbox"/> Starter		?	starter options			
<input checked="" type="checkbox"/> Generator		?	GC_ETA95	120	0.95	139
<input checked="" type="checkbox"/> Transmission	man	?	TX_1SPD		1	50
<input checked="" type="checkbox"/> Transmission 2		?	trans 2 options			
<input checked="" type="checkbox"/> Clutch/Torque Conv.		?	clutch/torque converter			
<input checked="" type="checkbox"/> Torque Coupling		?	TC_DUMMY			
<input checked="" type="checkbox"/> Wheel/Axle		?	wH_HEAVY			0
<input checked="" type="checkbox"/> Accessory		?	ACC_HEAVY			
<input checked="" type="checkbox"/> Acc Electrical		?	acc elec options			
<input checked="" type="checkbox"/> Powertrain Control	ser	?	PTC_SERFO			

Cargo: 1837

Calculated Mass: 16659

override mass: 15940

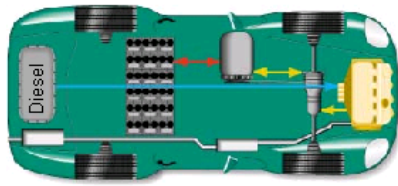
View Block Diagram: BD\_SER

Variable: Component: accessory Edit Var. Variables: acc\_elec\_pwr 14000

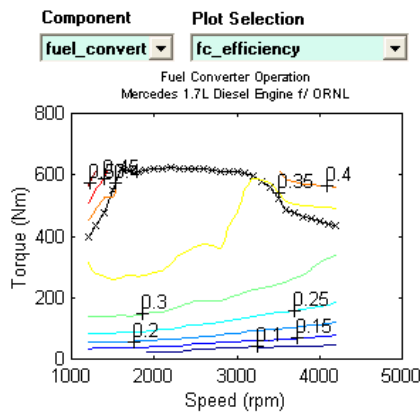
Buttons: Save, Help, Back, Continue

## Modello autobus parallelo

### Vehicle Input



Motor pre transmission



Load File: BParall\_in Auto-Size

Drivetrain Config: parallel

Component	version	type	max pwr	peak eff	mass [kg]
Vehicle	?	VEH_ORIONVI			12636
Fuel Converter	ic	FC_CI60_emis	200	0.4	556
Exhaust Aftertreat	?	EX_IC_NULL			#of mocV nom 52
Energy Storage	rint	ESS_PB85	46	549	1145
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_AC75	200	0.9	244
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC_ETA92			
Transmission	mar	TX_ZF4HP590		0.8	374
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque conve			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY		1	
Wheel/Axle	?	WH_HEAVY			0
Accessory	?	ACC_HEAVY			
Acc. Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	par	PTC_PAR			

Cargo: 1837  
Calculated: 16844  
 override mas 15940

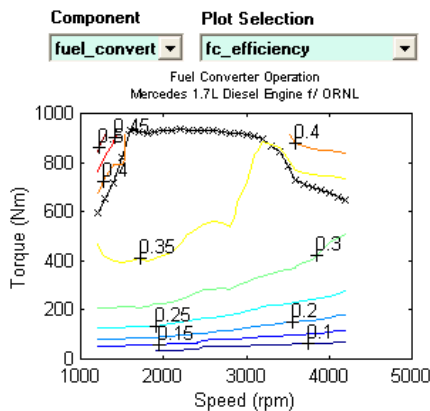
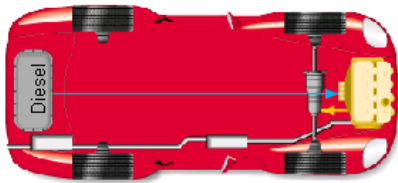
View Block Diagram: BD\_PAR

Variable: Component: fuel\_converter Edit Var  
Variables: fc\_acc\_mass 48.0883

Buttons: Save, Help, Back, Continue

## Modello autobus convenzionale Diesel

### Vehicle Input



Load File: BConv\_in Auto-Size

Drivetrain Config: conventional

Component	version	type	max pwr	peak eff	mass [kg]
Vehicle	?	VEH_ORIONVI			12636
Fuel Converter	ic	FC_CI60_emis	300	0.4	816
Exhaust Aftertreat	?	EX_IC_NULL			#of mocV nom 78
Energy Storage	?	ess options			
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_AC124_EV1_dr			
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC_ETA92			
Transmission	mar	TX_ZF4HP590		0.8	374
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque conve			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
Wheel/Axle	?	WH_HEAVY			0
Accessory	?	ACC_HEAVY			
Acc. Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	con	PTC_HEAVY			

Cargo: 1837  
Calculated: 15741  
 override mas 15940

View Block Diagram: BD\_CONV

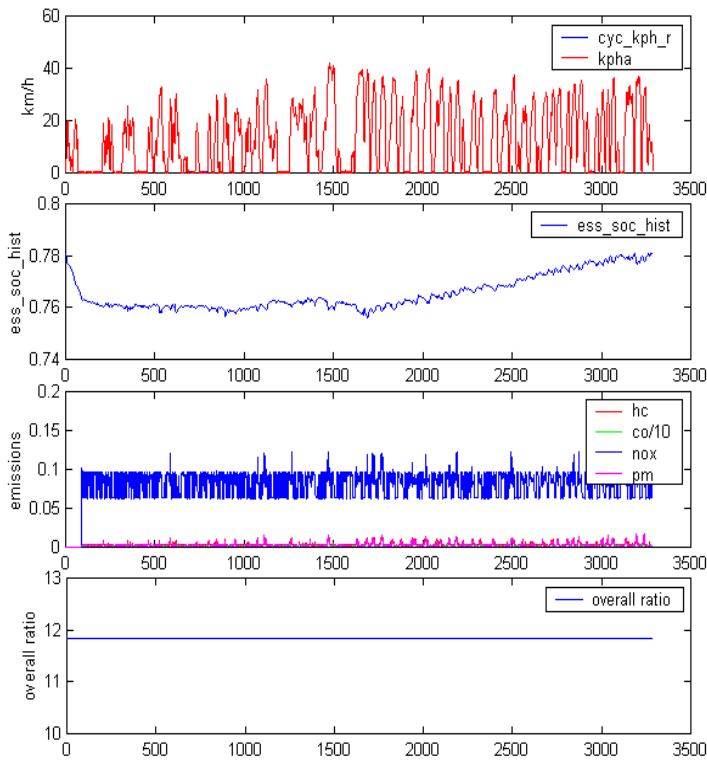
Variable: Component: fuel\_converter Edit Var  
Variables: fc\_acc\_mass 48.0883

Buttons: Save, Help, Back, Continue

# CAPITOLO 7

## Simulazioni autobus

Autobus architettura serie ciclo urbano dedicato



**Results figure**

Component: fuel\_converter

Plot Variable (Select Axis First): fc\_brake\_trq # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	96.7
Gasoline Equivalent	109.7
Distance (km)	12.1

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
1.087	6.276	21.709	0.836	

Acceleration Test

0-100 km/h (s): 51	Max. Accel. (m/s <sup>2</sup> ): 1.8
60-100 km/h 35.9	Distance in 5s (m): n/a
0-140 km/h (s): ??	Time in 0.4km (s): n/a
	Max. Speed (kmph): 116.1

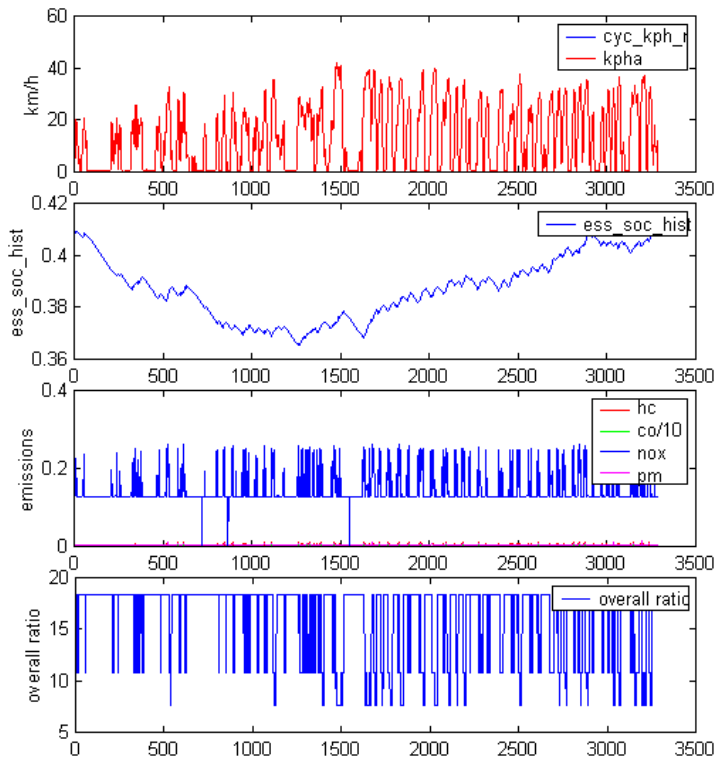
Gradeability: n/a %

Compare Results With:

Warnings/Messages

Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met.

### Autobus architettura parallelo ciclo extraurbano dedicato



#### Results figure

Componer  
plot control

Plot Variable (Select Axis)  
# of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>135.6</b>
Gasoline Equivalent	<b>153.8</b>
Distance (km)	<b>12.1</b>

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
<b>0.696</b>	<b>4.871</b>	<b>39.447</b>	<b>0.824</b>	

**Acceleration Test**  
 0-100 km/h **24.9**      Max. Accel. **4**  
 60-100 **16.4**      Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h **73.2**      Time in 0.4km [s]: **n/a**  
Max. Speed **146.1**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure   Output Check Plots

Compare Results With: Sim Data Test Data

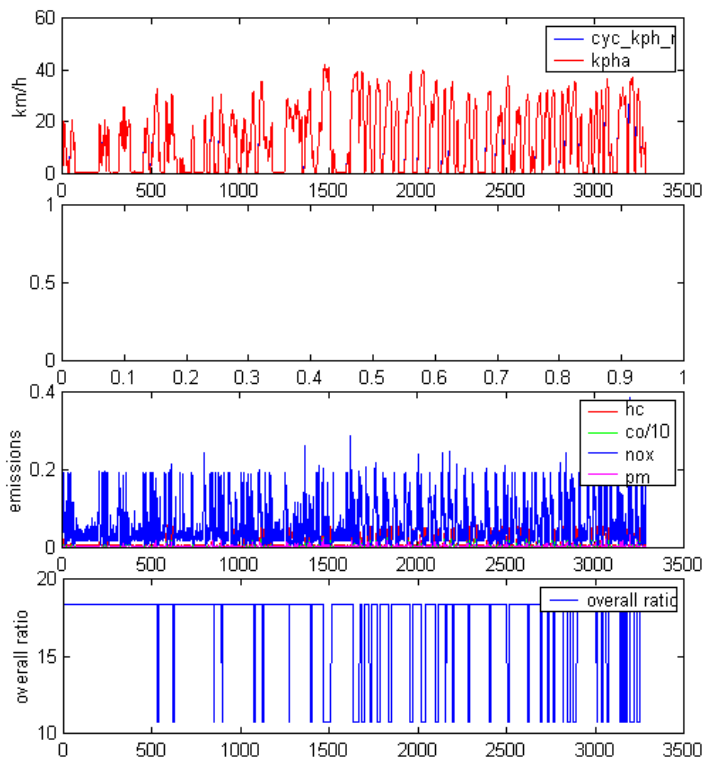
**Warnings/Messages**

Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met

Replay
Back Two
Help

Back
Exit

### Autobus architettura convenzionale Diesel ciclo dedicato



#### Results figure

Componer  
plot control

Plot Variable (Select Axis)  
# of plots

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>101.7</b>
Gasoline Equivalent	<b>115.4</b>
Distance (km)	<b>12</b>

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
<b>3.694</b>	<b>15.575</b>	<b>16.839</b>	<b>0.871</b>	

**Acceleration Test**  
 0-100 km/h **43.4**      Max. Accel. **1.6**  
 60-100 **26.7**      Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h ??      Time in 0.4km [s]: **n/a**  
Max. Speed **126.4**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure   Output Check Plots

Compare Results With: Sim Data Test Data

**Warnings/Messages**

Missed Trace by > 2 mph (3.2 km/h)

Trace Miss Analysis:

Replay
Back Two
Help

Back
Exit



## 7.1. Tabelle riassuntive simulazioni autobus

### Consumi [l/100Km]

BUS	CICLO	UK Bus
VEICOLO		
Series		96,7
Parallel		135,6
conv Diesel		101,7

### Prestazioni

	0-100 km/h [s]	60-100 km/h [s]	0-140 km/h [s]	max acc [m/s <sup>2</sup> ]	vel max [Km/h]
VEICOLO					
Series	51	35,9		1,8	116,1
Parallel	24,9	16,4	73,2	4	146,6
Conv Diesel	43,4	26,7		1,6	126,4

Guardando la tabella dei consumi notiamo subito che il veicolo parallelo presenta un consumo di carburante molto elevato, cosa che si è presentata analoga anche per la vettura ibrida parallela nel ciclo urbano. L'elevato consumo di carburante di questa architettura può essere dovuto al fatto che non è presente un generatore separato dal motore elettrico, quindi per ricaricare le batterie, il motore termico deve erogare molta più potenza. La fase di ricarica da parte del motore termico può avvenire solo in fase di accelerazione o durante la marcia a velocità costante, anche se solo durante questa ultima è conveniente.

Il ciclo preso in esame presenta principalmente accelerazioni e decelerazioni, quindi è impossibile ricaricare le batterie in una situazione in cui il motore termico lavori con un'elevata efficienza. Questo sovraccarico del motore termico, dovuto sia dall'architettura sia dal ciclo, è probabilmente la causa dei consumi eccessivi.

E' da notare che il veicolo convenzionale presenta dei casi di Missed Trace, cosa che non avviene per le architetture ibride.

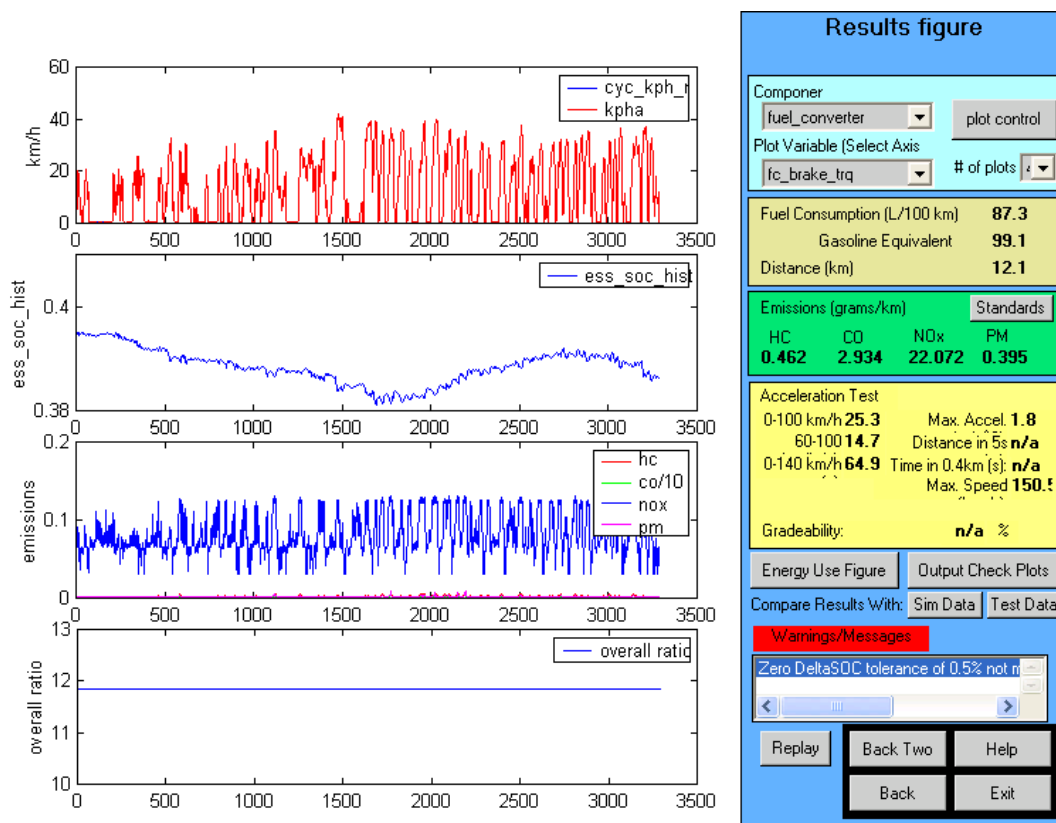
Il veicolo Serie non presenta alcun Missed Trace e si rivela il più conveniente anche se solamente di 5 l/100Km rispetto al bus convenzionale Diesel.

## 7.2. Simulazione di verifica con autobus architettura serie ottimizzata

L'architettura serie è realizzata per mostrare il meglio delle sue potenzialità in un ciclo urbano come in questo caso, ma solo se è operato un downsizing del motore termico rispetto al motore elettrico. Per provare se ciò è vero, sono stati variati i valori dei componenti come segue:

La potenza del motore termico è stata ridotta della metà, da 200KW a 100KW ed è stata aumentata la potenza delle batterie da 46 KWh a 100 KWh.

I risultati sono i seguenti:



I consumi sono diminuiti da 96.7 l/100Km a 87.3 l/100Km, con un risparmio di 9.4 l/100 Km rispetto al bus serie su cui non è stato operato il downsizing e 14.4 l/100Km rispetto al bus convenzionale Diesel.

Questo vantaggio è dovuto alla caratteristica dell' architettura serie che permette di far funzionare il motore termico ad un regime fisso lasciando alle batterie il compito di soddisfare i picchi di richiesta quando necessario.

Ovviamente non è possibile operare un processo di downsizing su veicoli che eseguono percorsi in cui al motore elettrico è richiesta costantemente una potenza elevata, anche a causa della lunga catena di rendimenti che obbligherebbe ad avere un motore termico di potenza maggiore rispetto all'elettrico.

## **CAPITOLO 8**

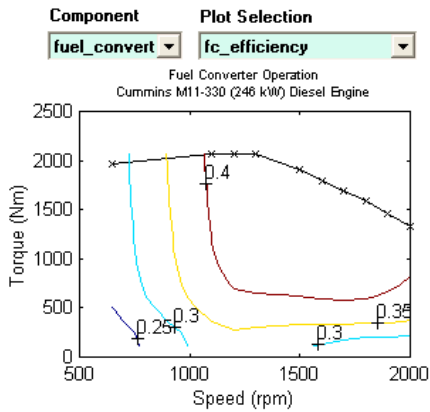
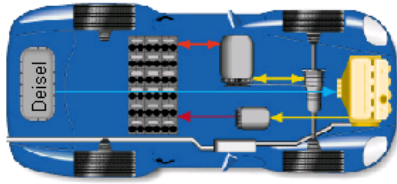
### **Modelli autotreni ADVISOR**

L'ultima categoria di veicoli presa in considerazione è quella degli autotreni. Sul mercato non sono ancora presenti veicoli ibridi destinati al trasporto pesante su gomma, ma proprio per questo abbiamo voluto fare delle simulazioni per vedere se l'ibridizzazione di questa categoria può portare dei vantaggi. I veicoli presi in considerazione sono serie, parallelo e convenzionale Diesel. Per questo tipo di prova il ciclo scelto è quello autostradale.

Per realizzare queste architetture non è bastato scalare alcuni modelli già esistenti. In Advisor è presente solamente un' architettura relativa agli autocarri ed è di tipo convenzionale con motore termico Diesel. Da questo modello è stato possibile ricavare gli altri, scegliendo i componenti adeguati in base al tipo di architettura. Come massa dei veicoli si è scelta quella massima ammessa della legge, cioè 44t. Per il dimensionamento dei componenti si è deciso di dotare delle stesse potenze tutte le architetture ibride, mentre sul veicolo convenzionale è stato utilizzato un motore termico di potenza simile a quella normalmente utilizzata su questo tipo di veicoli.

## Modello autotreno serie

### Vehicle Input



Load File: TSeries\_in

Drivetrain Config: series

Component	version	type	max pwr	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_KENT400			5806
Fuel Converter	ic	FC_CI246	300	0.4	1228
Exhaust Aftertreat	?	EX_IC_NULL			#of mocV nom 78
Energy Storage	rint	ESS_PB25	300	3700	3300
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_AC75	300	0.9	366
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC ETA95	300	0.95	346
Transmission	mar	TX_1SPD_IDEAL		1	50
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque conve			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
Wheel/Axle	?	WH_HEAVY			0
Accessory	?	ACC_HEAVY			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	ser	PTC_SER			

Auto-Size: max pwr, peak eff, mass (kg)

Cargo: 136

Calculated: 11310

override mas: 44000

View Block Diagram: BD\_SER

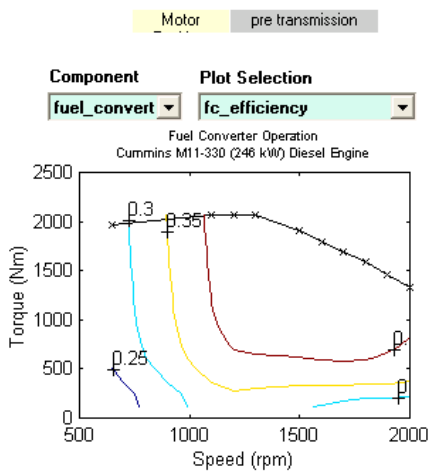
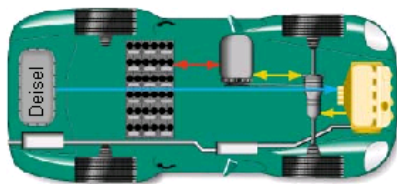
Variable: Component: fuel\_converter Edit Var

Variables: fc\_acc\_mass 196.9653

Buttons: Save, Help, Back, Continue

## Modello autotreno parallelo

### Vehicle Input



Load File: TParall\_in

Drivetrain Config: parallel

Component	version	type	max pwr	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_KENT400			5806
Fuel Converter	ic	FC_CI246	300	0.4	1228
Exhaust Aftertreat	?	EX_IC_NULL			#of mocV nom 78
Energy Storage	rint	ESS_PB25	300	3700	3300
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_AC75	300	0.9	366
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC ETA92			
Transmission	mar	TX_RTL012610B		0.9	333
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque conve			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY		1	
Wheel/Axle	?	WH_HEAVY			0
Accessory	?	ACC_HEAVY			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	par	PTC_PAR			

Auto-Size: max pwr, peak eff, mass (kg)

Cargo: 136

Calculated: 11247

override mas: 44000

View Block Diagram: BD\_PAR

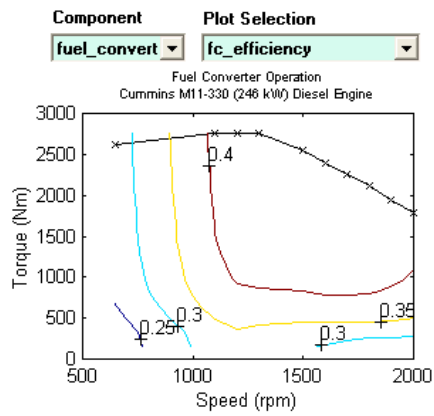
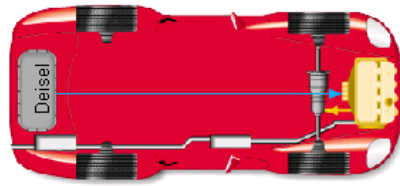
Variable: Component: fuel\_converter Edit Var

Variables: fc\_acc\_mass 196.9653

Buttons: Save, Help, Back, Continue

# Modello autotreno convenzionale diesel

## Vehicle Input



Load File: TConv\_in | Auto-Size

Drivetrain Config: conventional

Component	version	type	max pwr	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_KENT400			5806
Fuel Converter	ic	FC_CI246	400	0.4	1588
Exhaust Aftertreat	?	EX_IC_NULL			#of mocV nom 104
Energy Storage	?	ess options			
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_ACT124_EV1_dr			
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	GC_ET492			
Transmission	mar	man		0.9	333
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conve	?	clutch/torque conve			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
Wheel/Axle	?	WH_HEAVY			0
Accessory	?	ACC_HEAVY			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	con	man			

Cargo: 136 | Calculated: 7967 |  override mass: 44000

View Block Diagram: BD\_CONV

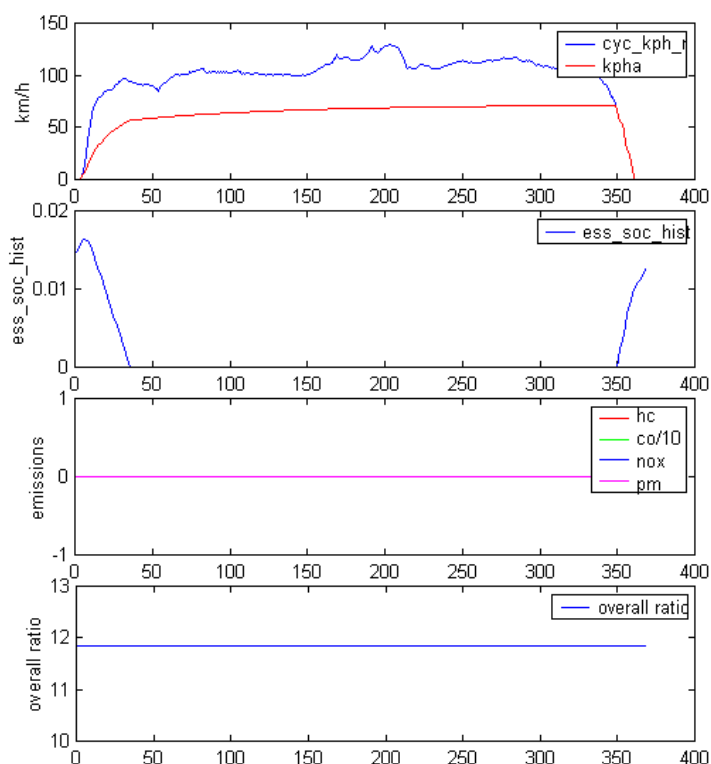
Variable: component: fuel\_converter | Edit Var. | Variables: fc\_acc\_mass: 196.9653

Buttons: Save, Help, Back, Continue

# CAPITOLO 9

## Simulazioni autotreni

Autotreno architettura serie ciclo autostradale



### Results figure

Componer: fuel\_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis): fc\_brake\_trq [# of plots: 4]

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>64.6</b>
Gasoline Equivalent	<b>74</b>
Distance (km)	<b>6.3</b>

Emissions (grams/km) Standards			
HC	CO	NOx	PM
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Acceleration Test

0-100 km/h	<b>46.9</b>	Max. Accel.	<b>1</b>
60-100	<b>27.7</b>	Distance in 5s	<b>n/a</b>
0-140 km/h ??		Time in 0.4km (s)	<b>n/a</b>
		Max. Speed	<b>129.2</b>

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure [Output Check Plots]

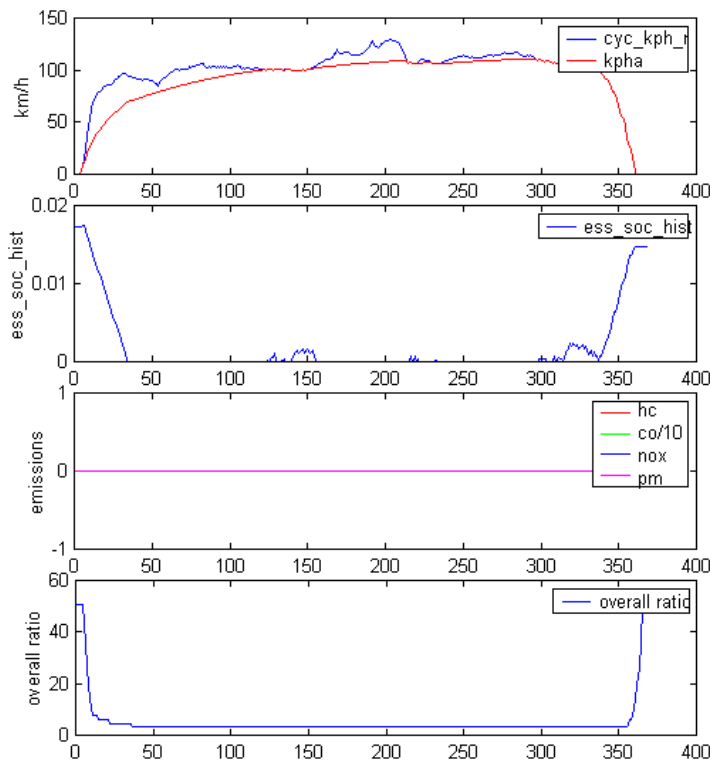
Compare Results With: Sim Data [Test Data]

**Warnings/Messages**

Missed Trace by > 2 mph (3.2 km/h)  
Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met.

[Replay] [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

### Autotreno architettura parallelo ciclo autostradale



#### Results figure

Componer  
fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
fc\_brake\_trq # of plots 4

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>74.9</b>
Gasoline Equivalent	<b>85.8</b>
Distance (km)	<b>9.2</b>

Emissions (grams/km) <span style="float: right;">Standards</span>			
HC	CO	NOx	PM
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Acceleration Test**  
 0-100 km/h **30.7**      Max. Accel. **3.4**  
 60-100 **19.4**      Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h ??      Time in 0.4km (s): **n/a**  
Max. Speed **116.8**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots

Compare Results With: Sim Data Test Data

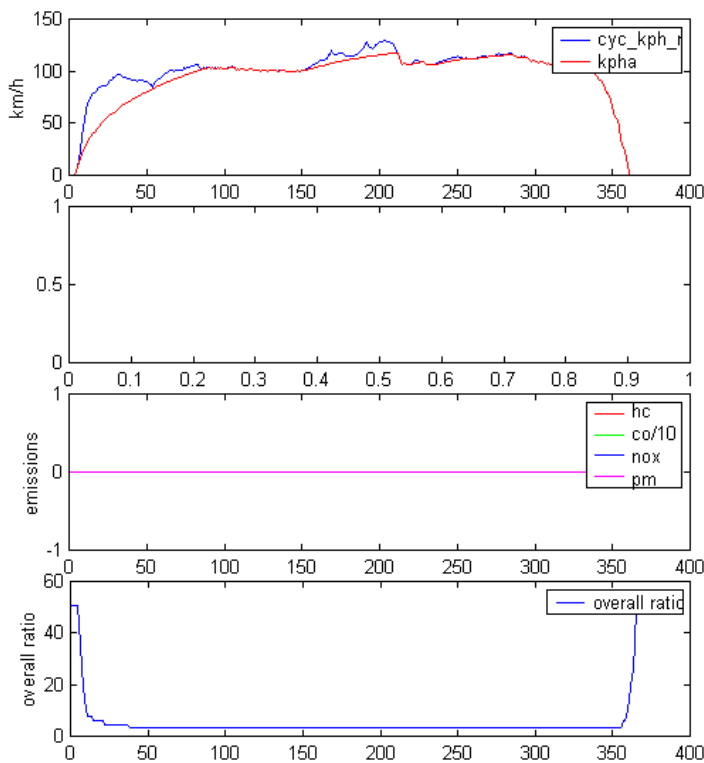
**Warnings/Messages**

Missed Trace by > 2 mph (3.2 km/h)  
 Zero DeltaSOC tolerance of 0.5% met.

Replay
Back Two
Help

Back
Exit

### Autotreno architettura convenzionale Diesel ciclo autostradale



#### Results figure

Componer  
fuel\_converter plot control  
 Plot Variable (Select Axis)  
fc\_brake\_trq # of plots 4

Fuel Consumption (L/100 km)	<b>77.3</b>
Gasoline Equivalent	<b>88.5</b>
Distance (km)	<b>9.5</b>

Emissions (grams/km) <span style="float: right;">Standards</span>			
HC	CO	NOx	PM
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Acceleration Test**  
 0-100 km/h **76**      Max. Accel. **3.4**  
 60-100 **53**      Distance in 5s **n/a**  
 0-140 km/h ??      Time in 0.4km (s): **n/a**  
Max. Speed **109.4**

Gradeability: **n/a** %

Energy Use Figure Output Check Plots

Compare Results With: Sim Data Test Data

**Warnings/Messages**

Missed Trace by > 2 mph (3.2 km/h)  
 Engine was speed limited.

Replay
Back Two
Help

Back
Exit

## 9.1. Tabelle riassuntive simulazioni autotreni

### Consumi [l/100Km]

<b>CAMION</b>	CICLO	Highway
VEICOLO		
Series		64,6
Parallel		74,9
conv Diesel		77,3

### Prestazioni

<b>CAMION</b>	PROV A	0-100 km/h [ s]	60-100 km/h [ s]	max acc [m/s <sup>2</sup> ]	vel max [Km/ h]
VEICOLO					
Series		46,9	27,7	1	129,2
Parallel		30,7	19,4	3,4	116,6
conv Diesel		76	53	3,4	109,4

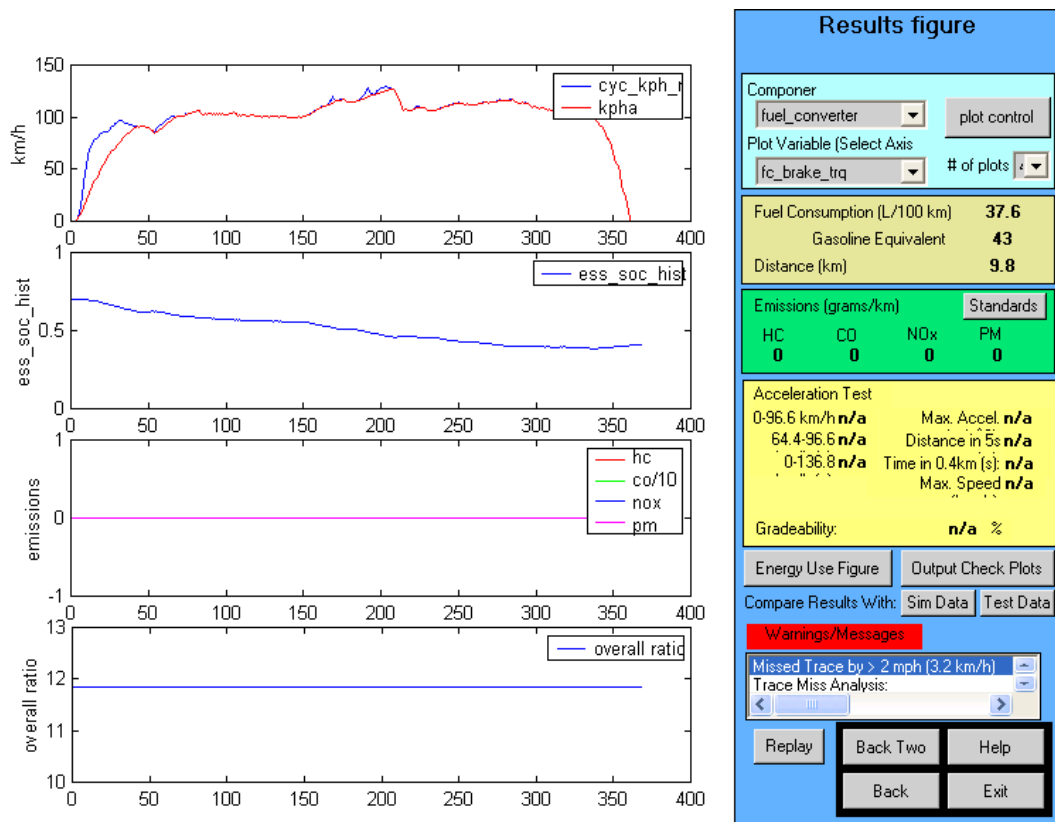
## 9.2. Conclusioni simulazioni autotreni

Le simulazioni relative agli autocarri mostrano che l'architettura serie non è delle più adatte, non tanto per il consumo totale, che è il migliore, ma perché il veicolo fatica a raggiungere i 70 Km/h. Analizzando il percorso reale notiamo delle difficoltà a raggiungere velocità elevate, al contrario del test di accelerazione, secondo il quale il veicolo è in grado di raggiungere i 100 Km/h in un tempo accettabile. Questa differenza è dovuta al fatto che il test di accelerazione è fatto a batterie cariche, mentre nel ciclo è applicato il "SOC correction" e nel percorso reale la carica delle batterie si azzerava dopo poco.

Di seguito è mostrata la simulazione del veicolo serie senza SOC Correction:



### 9.2.1. Simulazione di verifica con autotreno serie senza SOC Correction



I risultati sono certamente migliori, sia a livello di consumo carburante sia come fedeltà nel seguire il ciclo, ma come si vede dal grafico dello stato di carica, il motore termico non è in grado di fornire alle batterie nemmeno l'energia che è prelevata dal motore elettrico. La carica quindi è destinata ad esaurirsi, finendo nella simulazione in cui la carica delle batterie è zero. Ne deriva che questa architettura è la più parca nei consumi, ma non è utilizzabile a questo scopo, almeno configurata in questo modo. La causa di questo può essere dovuta alla caduta dei rendimenti tipica dell'architettura serie che unita alla tipologia di percorso, il quale richiede costantemente un valore elevato di coppia alle ruote, non permette di sfruttare i vantaggi di questo tipo di architettura e ne evidenzia i limiti.

L'architettura parallelo si comporta meglio della serie anche se lo stato di carica delle batterie, anche in questo caso, si azzerava dopo poco. Il risparmio sul consumo chilometrico è di 2.4 l/100Km rispetto al veicolo convenzionale e le prestazioni sono le migliori, sia come velocità di punta sia come tempo di accelerazione.

Il veicolo convenzionale Diesel è quello che meglio di tutti riesce a seguire il percorso

voluto, anche se il parallelo non si scosta molto, i consumi sono di 2,4 l/100Km maggiori e le prestazioni inferiori all' architettura parallela. Sicuramente l' architettura convenzionale è la più economica delle tre come costi di realizzazione e si dovrebbe valutare la convenienza complessiva rispetto al parallelo.

# CAPITOLO 10

## Conclusioni

Dopo aver analizzato i risultati di tutte le simulazioni, è evidente che i veicoli ibridi sono in grado di portare vantaggi rispetto i veicoli convenzionali, sia in termini di prestazioni sia di consumi ed emissioni.

E' anche vero che questo vantaggio va valutato attentamente, per quanto riguarda le vetture possiamo preferire Prius che offre i migliori consumi nella maggior parte delle situazioni, fatta eccezione per l' utilizzo autostradale dove si allinea ai valori delle altre vetture ibride. Per quanto riguarda le prestazioni invece è preferibile il veicolo ibrido parallelo che però presenta consumi elevati nel ciclo urbano, non rivelandosi un' architettura interessante.

Sul mercato le vetture ibride sono disponibili solamente con motore termico a ciclo Otto e gli esiti delle simulazioni mostrano che i vantaggi rispetto un veicolo convenzionale Diesel sono molto ridotti, certo la situazione migliorerebbe se si dotassero anche questi veicoli di motore Diesel.

La convenienza di un veicolo ibrido piuttosto che un altro è data molto anche dal tipo di utilizzo che ne viene fatto.

In città è più conveniente un veicolo con architettura Prius per le vetture e serie per gli autobus, in particolar modo se è sfruttata l' opportunità di sottodimensionare il motore termico rispetto l' elettrico, possibilità che è offerta da questa tipologia di utilizzo.

E' evidente che su un veicolo dotato di motore termico sottodimensionato, uscendo da un ciclo urbano, una volta che la carica delle batterie si è esaurita le prestazioni vengono ridotte in proporzione al downsizing del motore a combustione. Situazione analoga a quella successa nel ciclo autostradale sul camion dotato di architettura serie. Per quanto riguarda le vetture, sui ciclo extraurbano, autostradale e completo l'architettura che permette di risparmiare maggiormente è Prius.

L' architettura serie, se opportunamente dimensionata, permette di dare buoni risultati nell' utilizzo a bordo di autobus urbani. Dall' esito delle simulazioni si può supporre che questa situazione è quella che fornisce i maggiori vantaggi assoluti.

Per i veicoli che effettuano trasporto pesante su gomma l' architettura serie non è da prendere in considerazione perché molto svantaggiosa probabilmente a causa della lunga catena dei rendimenti, qualche risultato positivo si riesce ad ottenere con

un'architettura parallela ma il vantaggio è modesto.

Oltre a queste considerazioni di tipo tecnico sono da valutare anche quelle economiche, un veicolo ibrido ha certamente un costo maggiore di un veicolo convenzionale, devono, infatti, essere coperti i costi del motore elettrico, delle batterie e le spese relative allo sviluppo di questi veicoli. E' anche vero che sono presenti degli incentivi statali per l'acquisto di vetture ecologiche.

Si crea quindi un punto di pareggio in base ai chilometri che si vogliono percorrere, sta ad ognuno scegliere il veicolo che fa per se, valutando sia il tipo di utilizzo che ne vuole fare, sia la quantità di chilometri che intende percorrere.

Lo sviluppo inoltre sta portando a veicoli extended range, cioè in grado di realizzare con la sola carica delle batterie una quantità di chilometri sufficiente a coprire le esigenze di molti spostamenti e solamente quando il livello di carica raggiunge un valore critico, allora viene attivato il motore termico. Questo tipo di soluzione permetterebbe di caricare le batterie con la corrente di casa e quindi di spostare il costo per i chilometri percorsi in modalità puramente elettrica dalla pompa del carburante alla bolletta energetica, riducendo le spese.

In ogni caso le emissioni per questi chilometri percorsi in solo elettrico non sono azzerate, come spesso si sente dire dalle aziende automobilistiche, ma vengono spostate alla centrale energetica, almeno fino a quando la corrente non sarà prodotta grazie alle energie rinnovabili.

# BIBLIOGRAFIA

- 1 John M. Miller, 2004, Propulsion systems for hybrid vehicles, The institution of electrical engineers
- 2 Pede G., Rossi E., Vellone R., 2002, Esperienze di controllo e studi di ottimizzazione energetica per un veicolo ibrido serie, ENEA
- 3 IEEE-USA [www.todaysengineer.org/2007/May/PHEV.asp](http://www.todaysengineer.org/2007/May/PHEV.asp), 06/11/2010
- 4 IEEE-USA, 2007, Plug-in electric hybrid vehicles
- 5 IEEE Spectrum, Loser: Why the Chevy Volt Will Fizzle, <http://spectrum.ieee.org/green-tech/advanced-cars>, 06/11/2010
- 6 Prius plug-in hybrid, [www.toyota.com](http://www.toyota.com)
- 7 GM Voltec powertrain, [http://en.wikipedia.org/wiki/GM\\_Voltec\\_platform](http://en.wikipedia.org/wiki/GM_Voltec_platform), 06/11/2010
- 8 Chevrolet Volt, [http://en.wikipedia.org/wiki/Chevrolet\\_Volt](http://en.wikipedia.org/wiki/Chevrolet_Volt), 06/11/2010
- 9 IEEE Spectrum: Lithium Batteries for Hybrid Cars, <http://spectrum.ieee.org/green-tech/advanced-cars>, 06/11/2010
- 10 Veicolo ibrido – Wikipedia, [http://it.wikipedia.org/wiki/Veicolo\\_ibrido](http://it.wikipedia.org/wiki/Veicolo_ibrido), 28/12/2010
- 11 ATZ autotechnology, vol.10, 06/12/2010
- 12 Toyota Hybrid System THSII, [www.toyota.co.jp](http://www.toyota.co.jp)
- 13 Neumeister N. D., Wiebelt A., Heckenberger T, “Integration of a lithium-ion battery into hybrid and electric vehicles”, ATZ autotechnology, vol.02, pp.26-31

- 14 Krebs G., Weber R., Leppelsack S., Hochberg U.,  
“Electric wheel-hub motors for light city vehicles”, ATZ autotechnology, vol.02,  
pp.58-63

# RINGRAZIAMENTI

Arrivati a questo punto non resta che ringraziare, l'obiettivo non era vicino ed è grazie a molte persone se sono riuscito a raggiungerlo.

Un grazie va sicuramente al Professore Macor, la collaborazione per la tesi è stata perfetta, abbiamo trovato un argomento molto interessante, attuale e che ero molto curioso di conoscere a fondo; sono molto soddisfatto di quello che ho ottenuto.

Un grazie anche ai miei genitori, tutti e due insostituibili, alla mamma che è sempre un sicuro supporto morale e al papà che mi ha fatto appassionare a motori e meccanica quando ancora non sapevo scrivere e poi gli slider parlano chiaro!

La famiglia è molto numerosa e tutti mi hanno aiutato: dalle sorelle, le due sconde mamme; alle "nipotine" e ovviamente anche i cognati; un gruppo unico, insostituibile in cui c'è sempre qualcosa che bolle in pentola.

Come non ringraziare Giulia, insostituibile compagna che nel momento del bisogno è sempre disponibile e alla quale sono legati i momenti migliori.

Anche gli amici hanno la loro bella responsabilità se sono arrivato qua, un grazie ad Andrea, se avessi studiato tutte le ore passate al telefono probabilmente i risultati sarebbero stati diversi, ma non penso avrei imparato la stessa quantità di cose.

Agli amici dell' università devo molto, un grazie al Capu, Silvia, Marti, Lodo, Fede, Michi, Betta, Pietro, Marco, Otta, Chiara, Vale, Corcio, certe giornate di studio rimarranno indimenticabili e un grazie a chi oltre ad avermi invogliato a studiare mi ha anche spiegato con pazienza e volontà tantissimi corsi. E' stato un percorso bellissimo che senza di voi non sarebbe stato altrettanto divertente e profittevole!