

HYBRID ANALYSIS TEST DRIVE DELLA VERITÀ

TOYOTA YARIS

Rapporto finale

30/01/2018

Sommario

1	Introduzione	4
2	Definizione test.....	5
2.1	Numero e caratterizzazione delle prove	5
2.2	Numero e caratteristiche driver	5
2.3	Lunghezza, caratteristiche e tempo di percorrenza del percorso	5
2.4	Significatività del percorso definito.....	9
3	Acquisizione e analisi preliminare dei parametri	10
4	Analisi dei risultati	11
5	Conclusioni	17

Simbologia

EVt: percentuale nel tempo di funzionamento come veicolo elettrico

EVs: percentuale nello spazio di funzionamento come veicolo elettrico

GE: Generatore elettrico

MCI: Motore a combustione interna

ME: Motore elettrico

ZEV: Zero Emission Vehicle

ZEVS: percentuale nello spazio di funzionamento come ZEV

ZEVt: percentuale nel tempo di funzionamento come ZEV

1 Introduzione

L'obiettivo del lavoro è lo studio del comportamento energetico di veicoli Toyota YARIS HYBRID per la verifica della ripartizione percentuale dell'energia totale alle ruote tra ME ed MCI con particolare interesse alla percentuale di percorrenza durante la quale il veicolo è in comportamento ZEV (cioè con MCI spento).

Il lavoro è articolato nelle seguenti fasi

- Definizione test
- Acquisizione e analisi preliminare dei parametri
- Elaborazione dati acquisiti
- Analisi dei risultati

Nella prima fase sono state definite le modalità di prova: caratteristiche del percorso (lunghezza, localizzazione, ecc), numero e caratteristiche dei driver, numero di prove complessive. Tale definizione è stata fatta con l'obiettivo di avere risultati scientificamente corretti e, per quanto possibile generalizzabili.

Nella fase di Acquisizione e analisi preliminare dei parametri sono stati selezionati i dati da acquisire tra quelli disponibili nel Data List Hybrid Control System.

Nell'elaborazione dei dati acquisiti, per ogni prova e per ciascuna tratta in cui la prova è stata suddivisa, sono stati calcolati parametri relativi al funzionamento in ZEV e in elettrico del veicolo, parametri per l'analisi energetica e altre grandezze (cinematiche e caratterizzanti lo stile di guida) utili per definire eventuali correlazioni tra i parametri citati e le grandezze stesse.

Infine sono stati analizzati i risultati ottenuti, evidenziando gli aspetti più rilevanti dell'analisi sia per quanto riguarda il funzionamento in ZEV e in elettrico del veicolo, sia per il comportamento energetico del veicolo stesso.

2 Definizione test

2.1 Numero e caratterizzazione delle prove

Sulla base dei risultati della precedente campagna di acquisizione ed elaborazione dati per la Prius (marzo – aprile 2016) in cui i valori dei parametri calcolati presentavano bassissimi valori di dispersioni rispetto alla media, sono stati ridotti il numero di driver (da 20 a 14) mantenendo invariate il numero delle prove per driver (3) e le diverse caratteristiche degli stessi (uomini, donne, con meno e più di 35 anni, con e senza esperienza di guida di veicoli ibridi). Anche il percorso e gli orari delle prove sono rimasti inalterati.

Quindi il test drive è stato strutturato prevedendo 14 driver con un impegno di tre prove ciascuno, su di uno specifico percorso disegnato ad hoc, per un totale di 42 test drive.

Le prove sono state, inoltre, articolate all'interno di tre specifiche differenti fasce orarie (fasce di traffico):

- Fascia Mattutina (10:00-12:00)
- Fascia Pranzo (13:00-15:00)
- Fascia Pomeridiana (15:00-17:00)

Tutte le 42 prove pianificate sono state regolarmente effettuate e ogni driver ha regolarmente effettuato i tre test previsti. Per tutte le prove sono stati acquisiti i dati di interesse.

Infine, per poter rendere comparabili tra loro le 42 prove effettuate, si sono imposte delle caratterizzazioni specifiche dei veicoli utilizzati e delle modalità di guida degli stessi (aria condizionata spenta, rispetto limiti di velocità).

2.2 Numero e caratteristiche driver

La scelta di campionare tre prove per ogni conducente, come detto, nasce dalla necessità scientifica di poter mediare la guida del singolo conducente in quanto il fattore umano (stato d'animo, stato di salute, stato di fatica), i flussi di traffico (regolari o eccezionali), le condizioni climatiche (sole o pioggia) influenzano lo stile di guida che si ripercuote sui valori energetico emissivi della prova.

Altro aspetto che influenza lo stile di guida di cui si è voluto tenere conto nella scelta del campione di driver, proprio nello specifico caso di veicolo ibrido, è la conoscenza ed esperienza di guida ibrida. Questo aspetto può consentire al conducente di sfruttare in modo specifico le potenzialità energetiche offerte da un veicolo di questo tipo (ad esempio, le modalità di accelerazione e decelerazione del mezzo).

Schematizzando quanto specificato, il campione dei 14 driver è così composto:

- 8 uomini, 6 donne
- 8 con meno di 35 anni, 6 con più di 35 anni
- 7 con esperienza di guida di veicoli ibridi, 7 senza esperienza di guida di veicoli ibridi

2.3 Lunghezza, caratteristiche e tempo di percorrenza del percorso

Il "Percorso di Test" è stato costruito su una **distanza complessiva di 37 km**, per una durata media di **1 ora e 44 minuti**, articolato su tre macro tratti, 1° Tratto-Andata, 2° Tratto-Urbano, 3° Tratto-Ritorno (nel seguito dettagliati).

Il percorso è composto da un tratto extraurbano ed urbano ad alto scorrimento e da un tratto urbano come visualizzato nella vista d'insieme in Figura 2-1 contestualizzata anche alle fasce di salvaguardia ambientale di Roma.

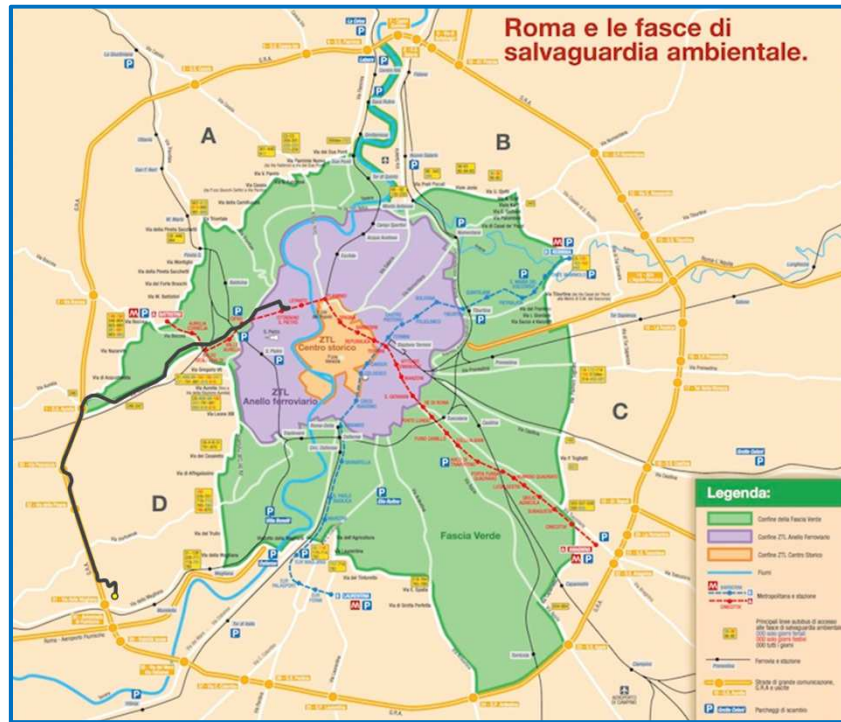


Figura 2-1. Percorso Prova (linea scura) riferito alle fasce di salvaguardia ambientale di Roma.

- **1° Tratto - Andata:** percorso extraurbano ed urbano ad alto scorrimento (Sede Toyota Motor Italia - Via Generale Amedeo Mecozzi, Via Colonnello Tommaso Masala, Complanare GRA, GRA, Via Aurelia, Via Baldo degli Ubaldi, Via Angelo Emo, Via Candia, Viale Giulio Cesare):
 - **Lunghezza:** 14,7 km
 - 13,1 (89%) km fuori dell'anello ferroviario (Figura 2-1)
 - **Durata media:** 31 min



Figura 2-2. Andata: percorso extraurbano ed urbano ad alto scorrimento

- **2° Tratto - Urbano:** percorso urbano che si sviluppa su tre giri di itinerario pensato ad hoc (Ingresso circuito urbano - angolo V.le Giulio Cesare_Via Silla, Viale Germanico, Piazza dei Quiriti, Via Attilio Regolo, Via Virgilio, Via Cassiodoro, Via Tacito, Via Plinio, Via Catullo, Via Terenzio, Via dei Gracchi, Via Catone, Viale Germanico):
 - **Lunghezza:** 6 km
 - Tutto all'interno dell'anello ferroviario
 - **Durata media:** 36 min



Figura 2-3. Urbano: percorso che si sviluppa su tre giri.

- **3° Tratto - Ritorno:** percorso urbano ad alto scorrimento ed extraurbano (Uscita circuito urbano - angolo V.le Germanico_Via Fabio Massimo, Viale delle Milizie, Via Andra Doria, Via Ruggiero di

Lauria, Via Francesco Caracciolo, Via Vittor Pisani, Via Angelo Emo, Via Baldo degli Ubaldi, Via Aurelia, GRA complanare, GRA, GRA Complanare, Via Generale Amedeo Mecozzi, Via Colonnello Tommaso Masala - Sede Toyota Motor Italia):

- **Lunghezza:** 16,3 km
 - 14,3 (88%) km fuori dell'anello ferroviario (Figura 2-1)
- **Durata media:** 37 min

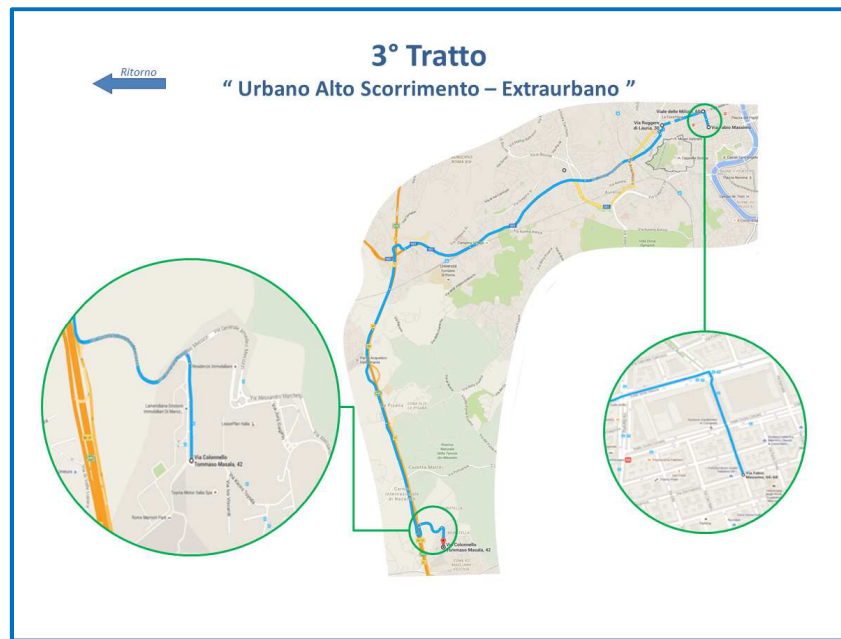


Figura 2-4. Ritorno: percorso urbano ad alto scorrimento ed extraurbano.

Tale percorso è stato inoltre caratterizzato in funzione delle pendenze di percorrenza per la tratta Andata (e quindi anche Ritorno, mentre la Tratta Urbana si sviluppa su di una assenza di dislivelli). Il dislivello nel Tratto Andata (tra inizio prova e fine andata-entrata Tratto Urbano) è di 31 m (analogo al Tratto Ritorno tra uscita Tratto Urbano-inizio- e fine ritorno).



Figura 2-5. Profilo Altimetrico del Percorso di Test

Nell'articolazione complessiva dei **42 test drive**, svolti in un periodo di tempo di circa **un mese e mezzo** (dal 2 novembre 2017 al 4 dicembre 2017), le **acquisizioni** dati sono relative ad **oltre 1.500 km** di percorrenza per un **totale di oltre 72 ore**. Durante le prove non si sono verificati incidenti e non sono state elevate contravvenzioni per infrazioni al codice della strada.

2.4 Significatività del percorso definito

Il percorso pianificato è in linea con le distanze medie giornaliere percorse pro capite in Italia indicate dal *Rapporto sulla mobilità in Italia* dell'ISFORT (Istituto Superiore Formazione e Ricerca per i Trasporti) - Rapporto Congiunturale di Fine Anno - Dati campionari 2014 - "AUDIMOB" - Osservatorio sui comportamenti di mobilità degli italiani. Risulta, infatti che la lunghezza media generale dei percorsi giornalieri è di 33,4 km nel 2014 (38,7 km nel 2013).

Territorialmente, sempre secondo lo studio dell'ISFORT, solo il Nord-Est, rispetto a Centro e Mezzogiorno, ha un dato medio generale di 36,4 km (superiore alla media). Altro aspetto interessante è che gli abitanti delle grandi città¹ hanno percorrenze medie giornaliere inferiori ai 25 km.

¹ Percorrenze medie giornaliere per dimensione dei comuni. Grandi città, comuni con oltre 250.000 abitanti 24,6 km; comuni con 50.001÷250.000 abitanti 29,2 km; comuni con 20.001÷50.000 abitanti 30,4 km; comuni con 5.001÷20.000 abitanti 38,8 km; comuni fino a 5.000 abitanti 42,2 km.

3 Acquisizione e analisi preliminare dei parametri

I parametri necessari all'analisi energetica oggetto del presente studio riguardano oltre alle grandezze energetiche del sistema di trazione ibrido, anche le grandezze che definiscono il moto del veicolo: spazio percorso, velocità e accelerazione. Alcune di queste sono disponibili tra i dati acquisibili, altre devono essere calcolate da quelle acquisite.

I dati sono acquisiti su PC dalla presa OBD dell'auto utilizzando il software TechStream e sono stati selezionati 28 parametri tra quelli disponibili nel Data List **Hybrid Control System**.

Le grandezze sono acquisite mediamente ogni 25 ms, quindi con una frequenza media di acquisizione pari a circa 40 Hz (40 acquisizioni al secondo). Sono disponibili per ciascuno dei **18 parametri** acquisiti circa **250.000 valori** istantanei relativi a ciascuna delle **42 prove**, per un totale di **189.000.000 di valori acquisiti**.

Da 14 dei 18 parametri monitorati sono stati **calcolati ulteriori 51 parametri** che hanno portato all'elaborazione di **altri 535.500.000 di valori**, portando il totale dei dati disponibili a **724.500.000** di dati relativi alla campagna di prove realizzata.

4 Analisi dei risultati

In Figura 4-1 è illustrato un caso di ciclo di marcia (Diagramma v-t) del percorso di prova descritto al paragrafo 2.3; è evidente dall'andamento delle velocità, la distinzione tra il tratto centrale urbano e i tratti misti di andata e ritorno.

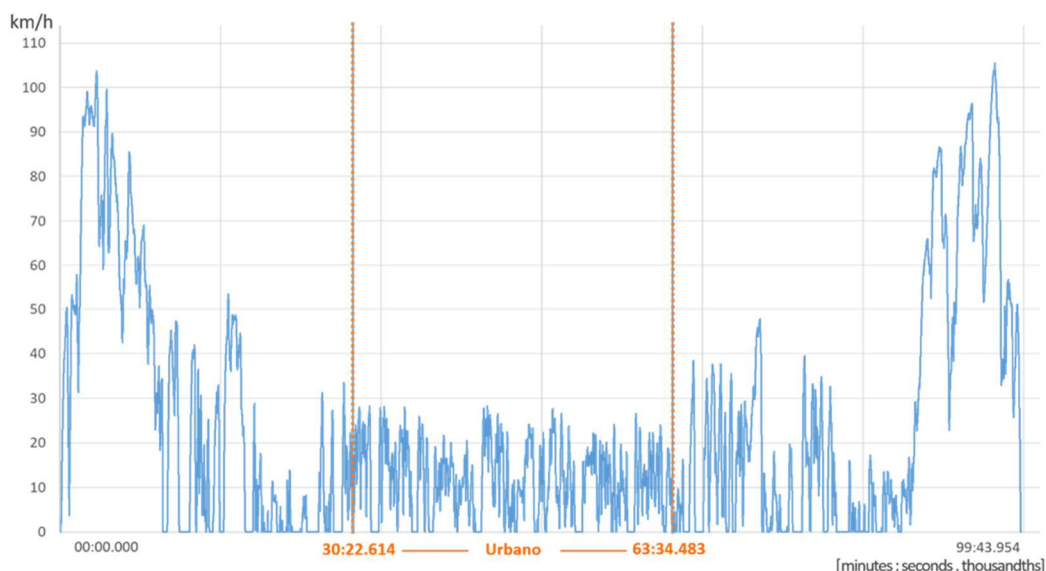


Figura 4-1. Ciclo di marcia del percorso di prova.

La differenza tra le tratte in cui è stata suddivisa la prova è ancora più evidente in Figura 4-2, dove è riportata la velocità in funzione dello spazio percorso.

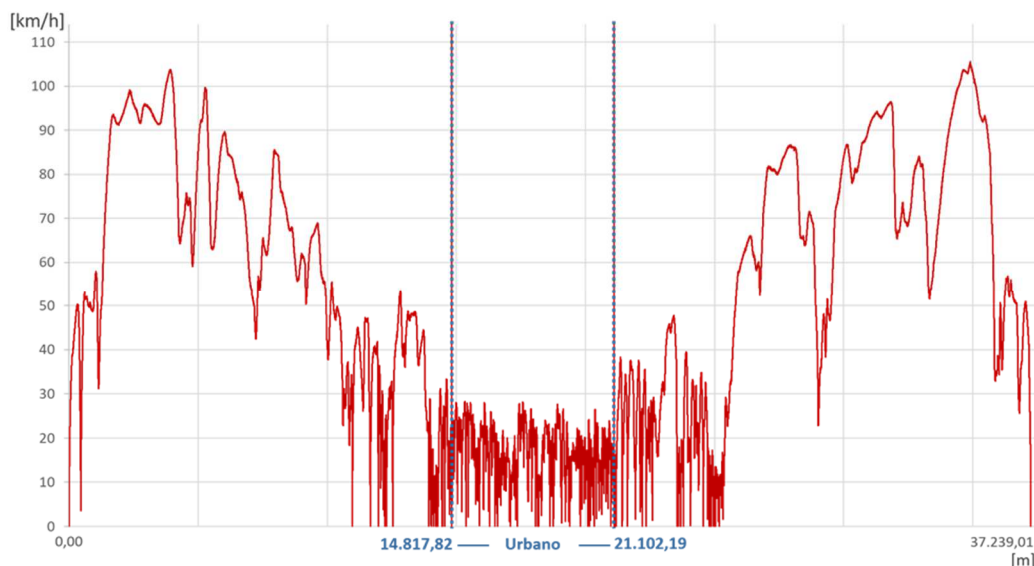


Figura 4-2. Diagramma della velocità del veicolo in funzione dello spazio percorso.

L'analisi dei dati acquisiti ed elaborati, ha consentito di valutare le diverse percentuali di utilizzo e funzionamento del veicolo in modalità ZEV (Zero Emission Vehicle), quindi in modalità in cui il motore termico è spento, e in funzionamento EV (Electric Vehicle), quindi in quelle condizioni nelle quali il veicolo si muove solo grazie all'energia fornita alle ruote solo dal motore elettrico di trazione, calcolati come esposto al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

I principali risultati sono riportati in Tabella 4-1 ed in Tabella 4-2.

	PROVA	Andata	Ritorno	And+Rit	Urbano
ZEV - nel tempo	67,6	66,4	60,9	63,4	75,4
▪ di cui a veicolo fermo	22,8	23,9	31,1	27,6	15,2
▪ di cui avanzamento senza potenza erogata	49,4	44,7	41,6	43,1	59,5
▪ di cui con trazione solo elettrica	27,8	31,4	27,3	29,3	25,3
ZEV - nello spazio	40,4	37,7	32,9	35,2	65,4
▪ di cui avanzamento senza potenza erogata	45,6	43,6	41,6	42,6	53,4
▪ di cui con trazione solo elettrica	54,4	56,4	58,4	57,4	46,6
EV - nel tempo	40,0	40,6	32,4	36,2	49,8
EV - nello spazio	27,7	26,0	22,7	24,4	49,9

Tabella 4-1. Riepilogo dei valori medi del "funzionamento elettrico" del veicolo.

In Tabella 4-1 sono riportate le percentuali di funzionamento in modalità ZEV sia nel tempo (quindi rapporto tra il tempo in cui il veicolo avuto il motore termico non alimentato ed il tempo complessivo nel quale il veicolo ha condotto la prova) che nello spazio (quindi rapporto tra lo spazio che il veicolo ha percorso con il motore termico non alimentato e lo spazio complessivo percorso dal veicolo nella prova). Un'ulteriore analisi di questi valori ha voluto evidenziare sia per la modalità ZEV nel tempo che per la modalità ZEV nello spazio, la quota parte di ZEV durante il quale si ha avuto avanzamento del veicolo senza potenza erogata e quella con trazione solo elettrica e, ovviamente per la sola modalità ZEV nel tempo, anche la quota parte di ZEV con veicolo fermo.

Altri valori riportati riguardano il funzionamento EV (ottenuto escludendo gli intervalli di tempo e lo spazio percorso in modalità ZEV ottenuta senza erogazione di potenza da parte del sistema di trazione) parametrato sul tempo e sullo spazio complessivi della prova durante il quale il veicolo si è mosso ricevendo energia alle ruote.

Gli indici ZEVt e ZEVs in **tutte le 42 prove** dimostrano che il calcolo dei parametri ZEV come da sistema DRIVECO sottostima i valori di tali parametri. In Figura 4-3 è illustrato il rapporto tra i parametri calcolati nei due modi: il valore di tale rapporto è mediamente pari a 1,01 (ZEVt) e 1,11 (ZEVs) e presenta variazioni bassissime rispetto al valore medio. La deviazione standard normalizzata è pari a 0,0317 per ZEVt e 0,0410 per ZEVs.

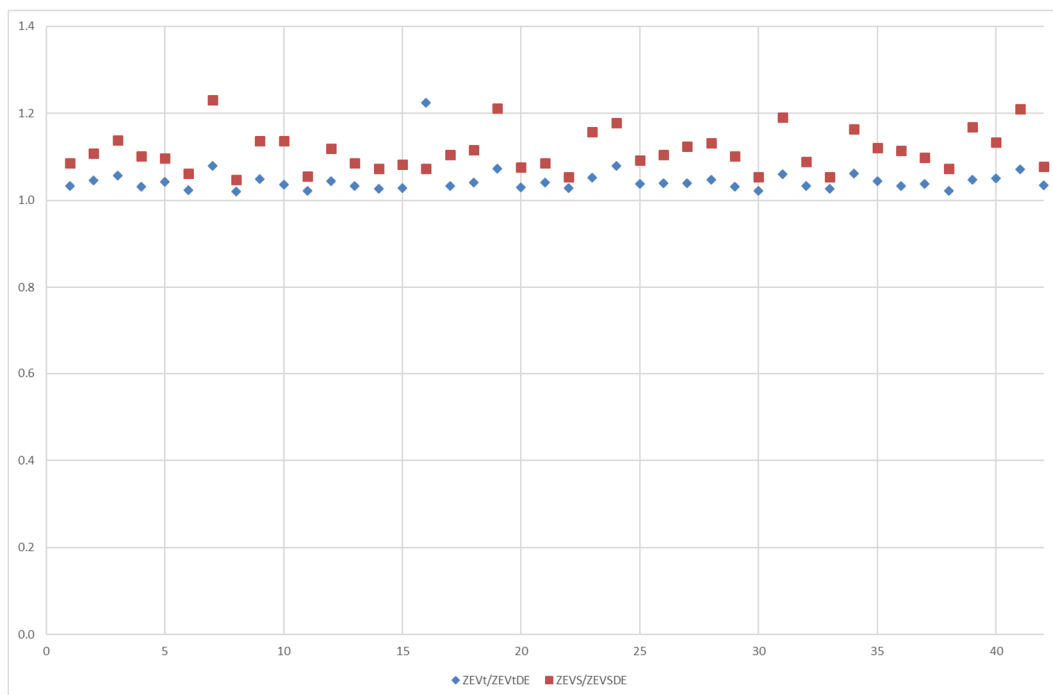


Figura 4-3. Rapporto tra i parametri ZEV (nel tempo e nello spazio) con gli analoghi calcolati con le modalità DRIVECO.

In Tabella 4-2 sono invece riportati i consumi chilometrici, i consumi chilometrici equivalenti² ed il rendimento globale del sistema ibrido della Yaris.

	PROVA	Andata	Ritorno	And+Rit	Urbano
Consumi chilometrici [l/100km]	4,7	4,2	5,0	4,6	5,3
Consumi chilometrici equivalenti [l/100km]	4,6	4,2	4,7	4,5	5,3
Rendimento globale sistema	38,1%	39,3%	40,2%	39,8%	31,2%

Tabella 4-2. Riepilogo dei valori medi dei parametri energetici.

La differenza sostanziale tra i consumi nel percorso di andata e ritorno (9%) non è imputabile a una diversa efficienza del sistema (i rendimenti sono molto simili, con una differenza del 2% circa), ma essenzialmente al maggiore fabbisogno di energia alle ruote dovuto al dislivello di circa 31 m tra l'inizio e la fine dei due tratti (Figura 2-5).

I risultati presentati in Tabella 4-1 ed in Tabella 4-2, sono stati esplicitati anche per i singoli tratti nei quali si è voluta suddividere la prova (compresa anche una valutazione specifica complessiva della due tratte di andata e ritorno).

In Figura 4-2 è illustrato il diagramma dei flussi energetici stimato sulla media delle prove effettuate sull'intera prova. Dall'analisi di tale diagramma è possibile fare alcune considerazioni:

Circa il 32% dell'energia alle ruote è fornita dal motore elettrico (MG2) a fronte di un consumo di elettricità pari a 144 kJ/km. Il sistema di trazione produce circa 139,3 kJ/km di elettricità (quasi il 50% di quella complessivamente prodotta) dal sistema di recupero di energia in frenata. È interessante notare come, nelle condizioni di prova, il 19,4% dell'energia utile alle ruote derivi da rigenerazione in frenata, un ulteriore

² Consumi al netto della variazione dello stato di carica delle batterie di trazione (vedi paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

12,2% da elettricità prodotta da MCI (di cui l'9,9% direttamente da MG1 a MG2 senza lo stoccaggio in batteria, il restante 2,3% con stoccaggio in batteria) e il 68,4% direttamente da MCI.

Da quanto esposto è evidente, che le modalità di funzionamento del sistema di trazione sono legate alla possibilità di recuperare energia in frenata. L'energia relativa alla variazione dello stato di carica delle batterie di trazione (0,2 kJ/km) è poco rilevante rispetto ai flussi di energia complessivi, quindi la batteria funziona essenzialmente da buffer³.

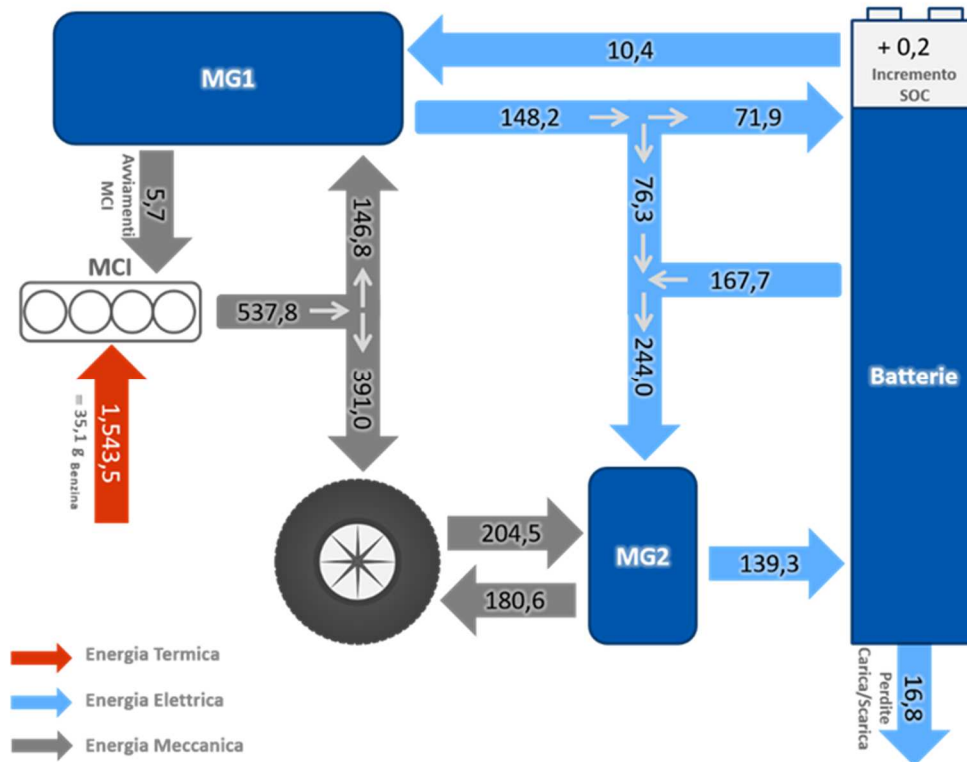


Figura 4-4. Diagramma di flussi energetici (kJ/km) del sistema di trazione.

In Figura 4-5 sono riportati i valori di ZEVt nelle 42 prove effettuate; dalla figura è evidente che tutti i valori sono molto prossimi alla media, con uno scostamento massimo pari al 10 %. Più o meno analogo è l'andamento di ZEVS (Figura 4-6), anche se in questo caso lo scostamento massimo dal valore medio è più elevato (circa 31%).

³ La variazione dello stato di carica della batteria tra inizio e fine di ogni prova è mediamente molto bassa (4 ÷ 8%). Inoltre la capacità effettiva (considerando il massimo e minimo SOC imposto dal sistema di gestione) delle batterie di trazione è modesta (circa 2,6 kJ).

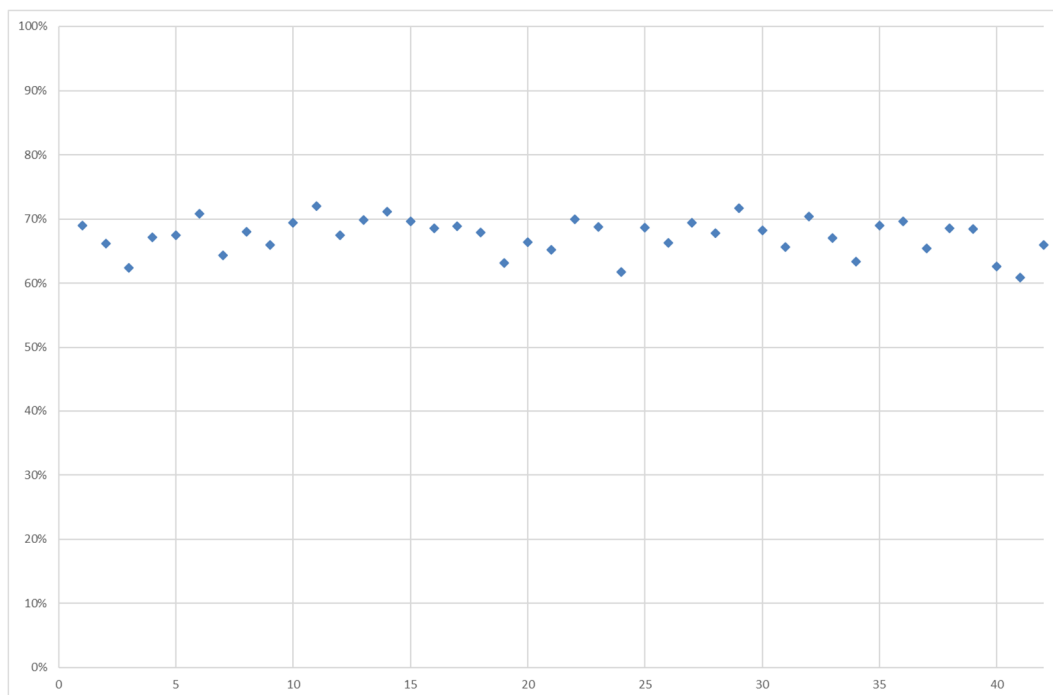


Figura 4-5. Funzionamento in modalità ZEV (nel tempo) nelle 42 prove.

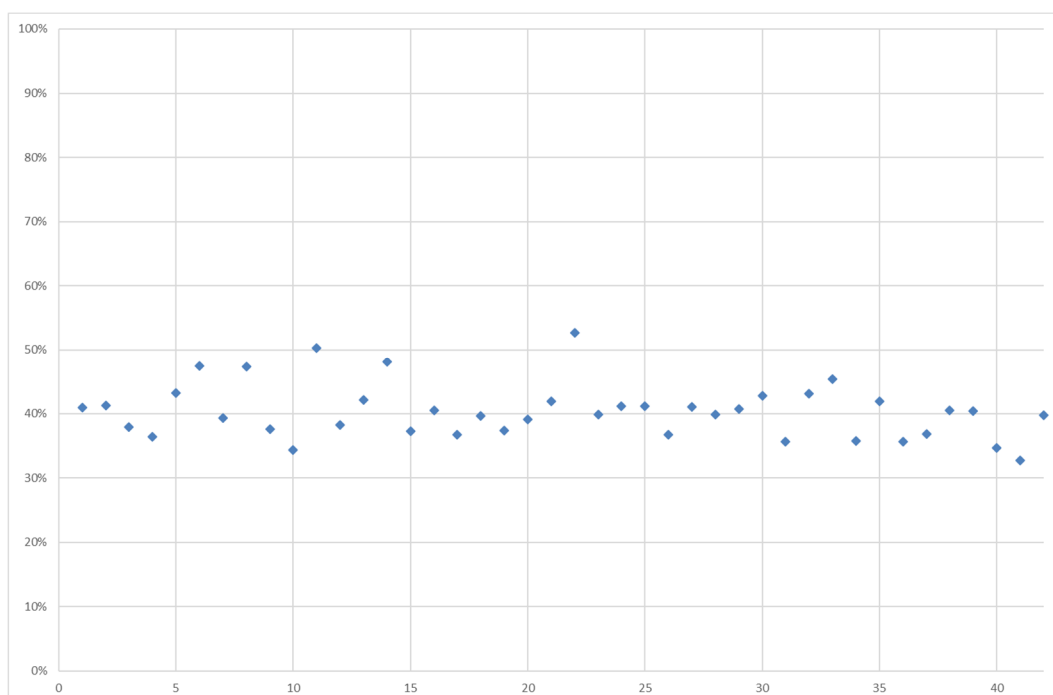


Figura 4-6. Funzionamento in modalità ZEV (nello spazio) nelle 42 prove.

In Tabella 4-3 è riportato il riepilogo dei valori dei parametri illustrati registrati nelle 42 prove.

	ZEvt	ZEVS	EVt	EVS	Consumi	Rendimento
Massimo	72,0%	52,7%	46,3%	36,1%	5,7	41,1%
Minimo	60,9%	32,7%	32,7%	16,1%	3,7	31,3%
Media	67,4%	40,4%	40,0%	27,7%	4,6	38,1%
Deviazione standard normalizzata	0,040	0,105	0,083	0,135	0,093	0,049

Tabella 4-3. Riepilogo dei valori medi, massimi, minimi e dispersione dei parametri analizzati

In Tabella 4-4 è riportato il riepilogo dei valori medi dei parametri analizzati raggruppati in base alle caratteristiche dei driver. Si può notare che, dai test effettuati, mediamente le donne riescono ad ottenere “funzionamenti elettrici” più elevati, mentre per efficienza e consumi le differenze risultano meno evidenti.

	Media	Genere		Età (anni)		Esperienza guida ibrido	
		Donne	Uomini	Più di 35	Fino 35	NO	SI
ZEvt	67,4%	68,3%	66,8%	66,7%	68,3%	68,2%	66,6%
ZEVS	40,4%	41,6%	39,4%	39,0%	42,0%	41,0%	39,7%
EVt	40,0%	42,0%	38,9%	39,5%	41,0%	41,8%	38,9%
EVS	27,7%	30,0%	26,4%	39,0%	42,0%	29,1%	26,8%
Consumi	4,6	4,6	4,6	4,7	4,5	4,5	4,7
Rendimento	38,1%	38,4%	38,0%	37,9%	38,5%	38,9%	37,5%

Tabella 4-4. Riepilogo dei valori medi dei parametri analizzati raggruppati in base alle caratteristiche dei driver.

5 Conclusioni

Su un “Percorso di Test” specifico disegnato ad hoc per questo lavoro, di lunghezza complessiva di **37 km** (articolato su tre macro tratti), il test drive è stato strutturato prevedendo **14 driver** con un impegno di tre prove ciascuno di **1 ora e 44 minuti** di durata media.

Nei **42 test** drive complessivi, svolti in un periodo di tempo di circa **un mese e mezzo**, sono stati acquisiti dati relativi ad oltre **1.500 km** di percorrenza per un totale di oltre **95 ore**. L’acquisizione ha riguardato **18 parametri**, con una frequenza di campionamento di circa 40 Hz (40 acquisizioni al secondo), per un totale di **189.000.000 di valori acquisiti** (sulle 42 prove). Inoltre, da 14 dei 18 parametri monitorati sono stati calcolati **altri 51 parametri** che hanno portato all’elaborazione di **altri 535.500.000 di valori** e il **totale dei dati a disposizione a 724.500.000**.

Dalle 42 prove effettuate con i 14 driver con le caratteristiche indicate sul percorso definito, è risultato che, in media, il veicolo **funziona per il 66,7% del tempo** e **percorre il 40,4% dello spazio** in modalità ZEV (MCI non alimentato, quindi con zero emissioni). Tali valori salgono rispettivamente al **75,4%** e **65,4%** se si considera il solo tratto urbano.

Considerando invece il funzionamento come veicolo con trazione esclusivamente elettrica (escludendo gli intervalli di tempo e lo spazio percorso in modalità ZEV ottenuta senza erogazione di potenza da parte del sistema di trazione), in media il veicolo funziona come **EV per il 40,0% del tempo in cui vi è erogazione di potenza**, percorrendo in tale modalità **il 27,7% dello spazio**; considerando solo il tratto urbano tali valori salgono a **67,1%** e **49,9%** rispettivamente.

A fronte del funzionamento elettrico riportato, i consumi chilometrici equivalenti medi (al netto dell’eventuale variazione dello stato di carica della batteria) dell’intera prova sono risultati pari a **4,6 l/100 km** (**4,5 l/100 km** nei tratti misti extraurbani, **5,3 l/100 km** nel tratto urbano).

Il rendimento globale del sistema di trazione ibrido medio risulta pari al **38,1%** (**39,8%** nei tratti misti extraurbani **31,2%** nel tratto urbano).

Dall’analisi dei risultati ottenuti su ciascuna prova e in ogni tratto in cui la prova è stata suddivisa, si può osservare quanto segue:

- I valori del funzionamento in ZEV (ZEVt e ZEVS) sono sostanzialmente indipendenti dalle condizioni del traffico e dal driver, presentando valori sempre molto prossimi al valore medio con dispersioni molto basse.
- Per i valori del funzionamento come veicolo elettrico nel tempo (EVt) e nello spazio (EVS) vale essenzialmente quanto detto per i valori del funzionamento in ZEV, con dispersioni leggermente più elevate ma in ogni caso contenute.
- I valori dei consumi chilometrici equivalenti presentano dispersioni abbastanza elevate risultando molto variabili in base allo stile di guida (si notano valori sensibilmente differenti per driver diversi), e dalle condizioni del traffico (si notano valori sostanzialmente diversi nelle tre prove dello stesso driver).
- I valori del rendimento del sistema di trazione ibrido presentano dispersioni inferiori rispetto a quelle dei consumi chilometrici equivalenti e si nota una dipendenza sostanziale dalle condizioni del traffico, mentre sostanzialmente marginale dallo stile di guida.

- In tutti i casi risultano determinanti le caratteristiche del percorso (misto + urbano). Questo perché la presenza di un numero consistente di accelerazioni e decelerazioni (da velocità non troppo basse) consente il recupero di grosse quantità di energia in frenata il che incide in modo determinate sia sulla disponibilità di energia elettrica per la trazione (e, quindi, su tutti i parametri relativi al funzionamento elettrico), sia sull'efficienza del sistema di trazione (e, quindi, anche a parità di fabbisogno alle ruote, sui consumi).
- I parametri relativi al funzionamento elettrico calcolati secondo la procedura seguita dal sistema DRIVECO presentano una correlazione pressoché costante con quelli calcolati nel presente studio, risultando in tutti i casi leggermente inferiori (del 5,7% ZEVt e del 7,4% ZEVS).