

# Metodologia e misura dell'impatto energetico ambientale di 10 veicoli nel loro reale utilizzo su strada e confronto con i modelli di COPERT

Adriano Alessandrini, Fernando Ortenzi, Alessio Cattivera – CTL  
Lorenzo Rambaldi - CIRPS

CENTRO DI RICERCA  
PER IL  
TRASPORTO E LA LOGISTICA



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA



[www.ctl.uniroma1.it](http://www.ctl.uniroma1.it)  
[info@ctl.uniroma1.it](mailto:info@ctl.uniroma1.it)

## Obiettivi del progetto di ricerca PEGASUS

- Individuare le grandezze che caratterizzano lo stile di guida.
- Individuare l'influenza dello stile di guida sui consumi di combustibile.
- Valutare le possibilità di impiego dei dati acquisiti dalla OBU OctoTelematics ai fini di una classificazione, anche semplificata, degli stili di guida.
- Realizzare un software per una unità di bordo semplificata che acquisisca le grandezze per la misura dello stile di guida e classifichi lo stile in una categoria.

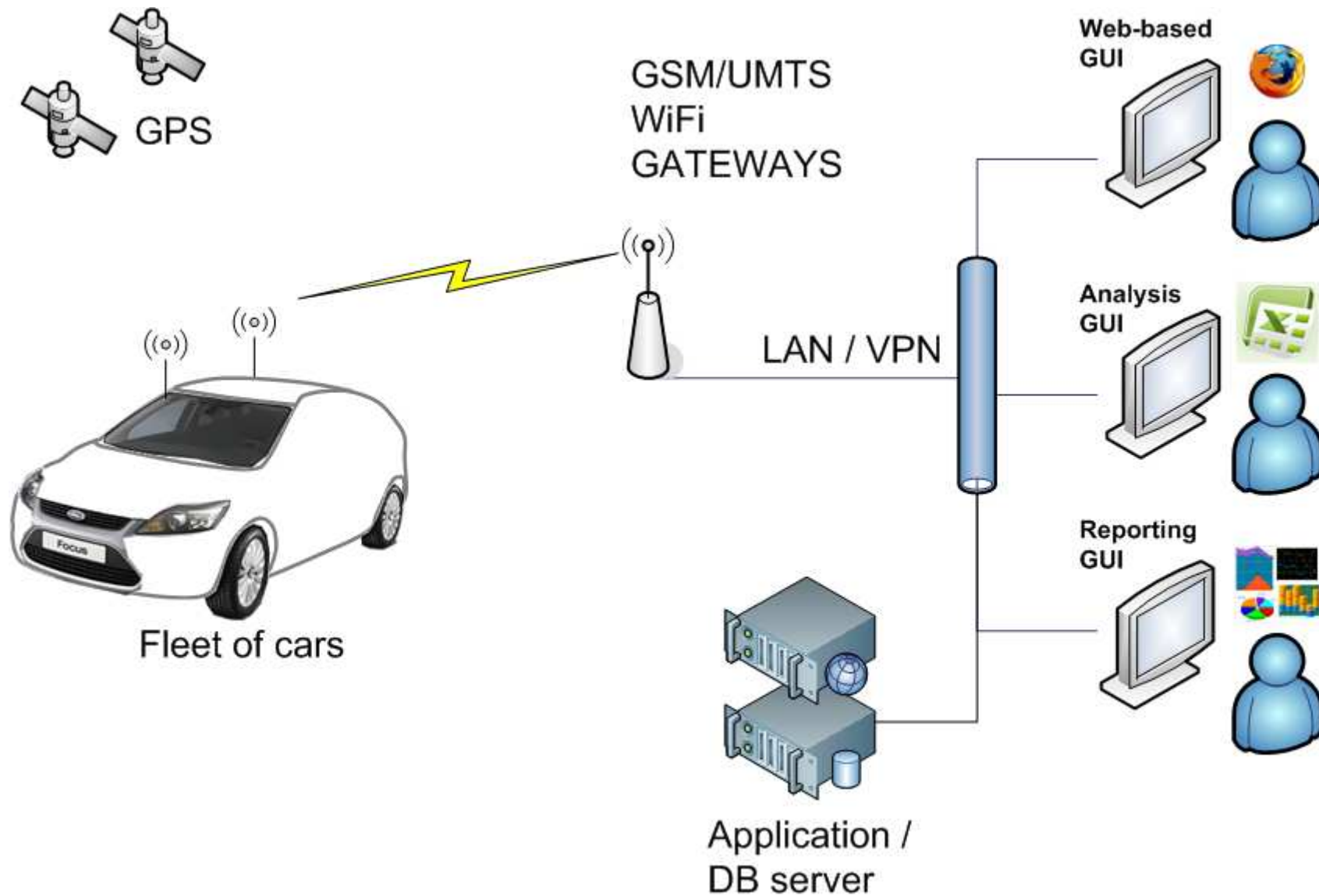
## Obiettivi del presente lavoro

- Determinazione dei livelli di emissioni dei veicoli nel loro reale utilizzo
- Analisi statistica di consumi, ed emissioni inquinanti dei veicoli
  - Correlazione fra parametri “semplici” (es. velocità media di tratta) ed emissioni
  - Confronto dei risultati con i modelli di COPERT (i modelli di riferimento della Commissione Europea)

## Attività svolte

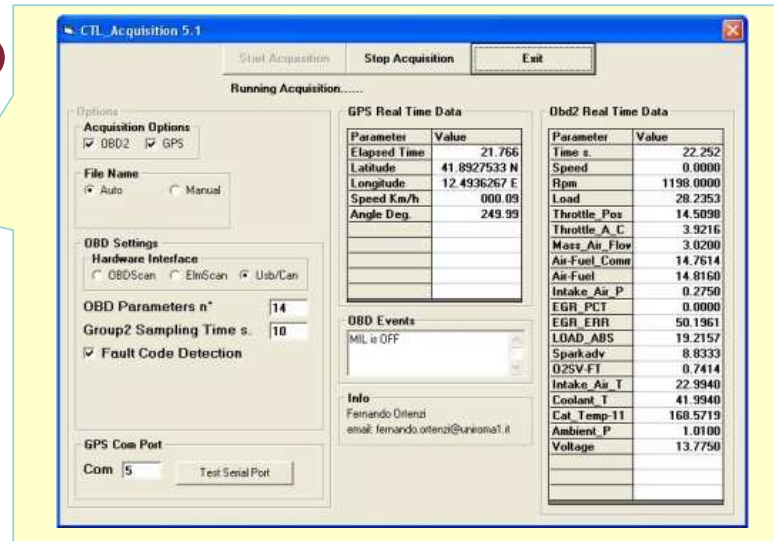
- Sviluppo e validazione di modelli di consumi ed emissioni a partire da dati acquisibili dal sistema elettronico dei veicoli
- Campagna di monitoraggio in collaborazione con Avis Autonoleggio (6 veicoli di car-rental) e con Roma Servizi per la Mobilità Srl (4 veicoli di car-sharing).
- Monitoraggio da aprile a dicembre 2010, per 120.000 km percorsi.
- Monitorati in tutto 278 conducenti diversi.
- Sono stati calcolati consumi ed emissioni inquinanti di tutte le tratte acquisite.

# Il sistema di monitoraggio CTL



# La strumentazione di bordo

SW	CTL Acquisition
Car PC	Advantech ARK 1388 (GPS, GSM/GPRS/UMT, CAN, WiFi, GPIO) <i>CTL customized</i>



# Elaborazione preliminare dei dati

- Allineamento temporale dati OBD-GPS
- Calcolo dei rapporti al cambio e delle marce
- Filtraggio valore della velocità
- Calcolo della potenza erogata
  - In funzione del carico motore e Rpm
  - Come somma delle resistenze
- Calcolo dei consumi
  - Direttamente dalla centralina
  - Oppure calcolato da dati disponibili e da modelli

# Calcolo delle emissioni

- Benzina
  - CO, CO<sub>2</sub>
    - Calcolati in funzione di Lambda, tensione sonda Lambda (Open Loop, Close Loop)
  - NO<sub>x</sub>, HC
    - Calcolati in funzione della derivata del pedale dell'acceleratore
- Diesel
  - CO, HC, NO<sub>x</sub>
  - Funzione del numero di giri e del carico motore

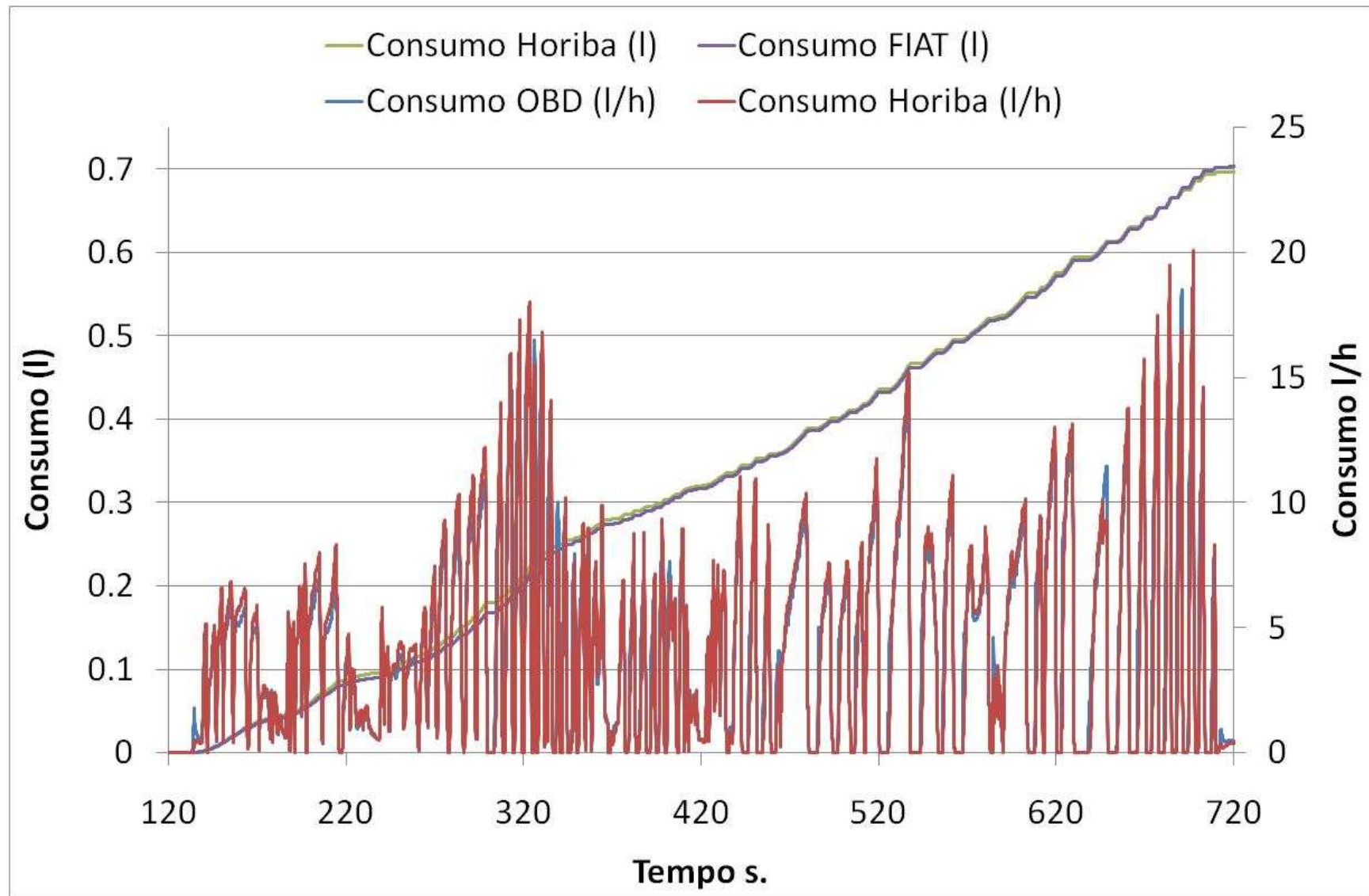


# Calibrazione dei modelli

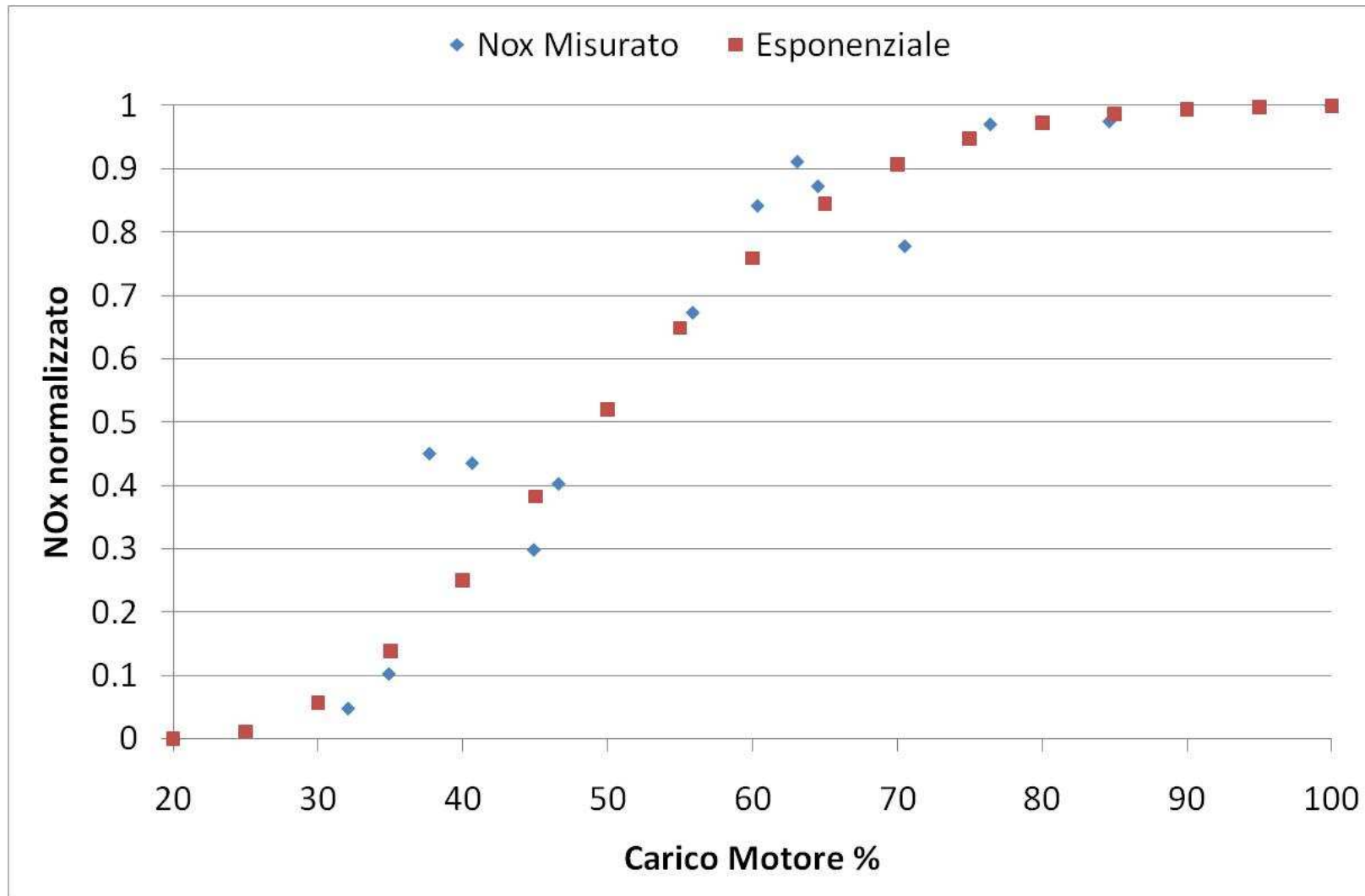
Prove effettuate al banco a rulli (ENEA, Martorelli)

- Stazionarie:
  - Curva di potenza massima con misura di potenza, consumi ed emissioni (NO<sub>x</sub> Diesel)
  - Curva in 'idle' con misura di potenza (nulla), consumi ed emissioni (NO<sub>x</sub> Diesel)
  - Prove a rpm costante al variare del carico per la determinazione dell'andamento di consumi ed emissioni (NO<sub>x</sub> Diesel).
- Non stazionarie:
  - Per la validazione dei modelli (benzina tutti, CO e HC Diesel)

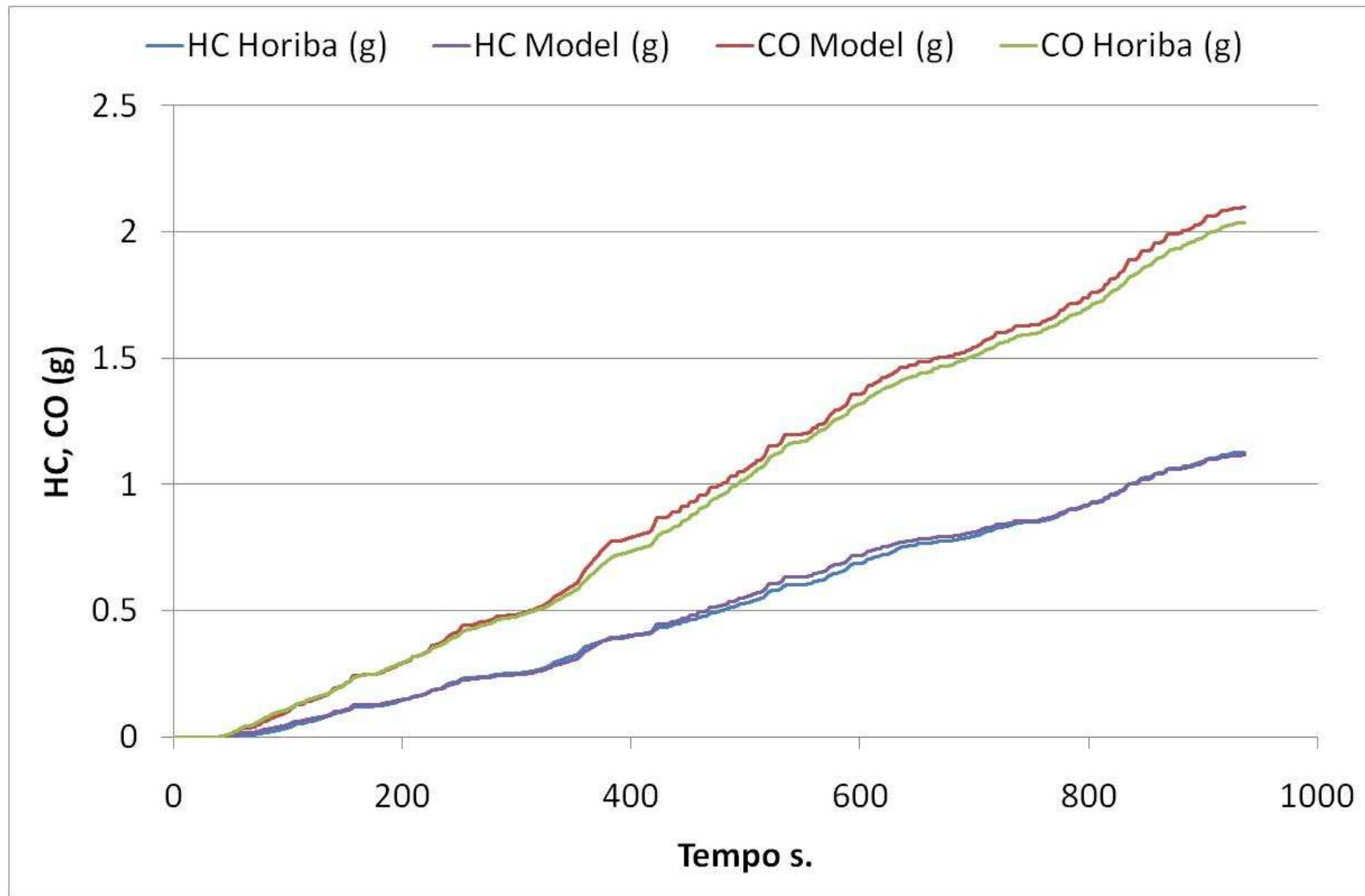
# Consumi: esempio (Punto Diesel)



# Emissioni Diesel: NO<sub>x</sub> (Fiat Punto)



# Emissioni Diesel: HC e CO (Fiat Punto)



# Risultati: Limiti Euro V

<b>Motorizzazione</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>Particolato</b>	<b>Unità di misura</b>
<b>Benzina</b>	1	0.075	0.06	0.005	g/km
<b>Diesel</b>	0.5	0.25(NO <sub>x</sub> +HC)	0.2	0.005	g/km

Limiti validi per le categorie di veicoli monitorati  
(categoria M)

# Emissioni NO<sub>x</sub> Diesel

<i>Auto</i>	<i>N.oss</i>	<i>media</i>	<i>Dev. Std</i>	<i>max</i>	<i>Min</i>
<b>2</b>	425	1.047	0.371	2.862	0.277
<b>4</b>	502	1.101	0.600	7.035	0.228
<b>7</b>	642	0.568	0.165	1.320	0.220
<b>9</b>	357	0.637	0.244	1.862	0.145
<b>11</b>	458	1.433	1.039	9.669	0.106
<b>12</b>	497	1.216	0.651	6.973	0.136
<b>Total</b>	<b>2881</b>	<b>0.989</b>	<b>0.662</b>	<b>9.669</b>	<b>0.106</b>

Valori in g/km

Veicoli 2 e 4: Fiat Grande Punto Diesel 1.3 Mjet

Veicoli 7 e 9: Ford Focus SW 1.6 TDCi 110cv

Veicoli 11 e 12: Fiat Bravo 1.6 MJet 120 cv

# Risultati: Emissioni Veicoli a benzina

<i>Variable</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Dev.</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<b>auto 3 n. obs 530</b>				
<b>NO<sub>x</sub> g/km</b>	0.147	0.189	0.006	1.374
<b>HC g/km</b>	0.045	0.015	0.011	0.113
<b>CO g/km</b>	1.141	0.387	0.241	4.095
<b>auto 5 n. obs 285</b>				
<b>NO<sub>x</sub> g/km</b>	0.118	0.150	0.007	0.911
<b>HC g/km</b>	0.047	0.015	0.019	0.100
<b>CO g/km</b>	1.038	0.367	0.284	3.090
<b>auto 10 n. obs 359</b>				
<b>NO<sub>x</sub> g/km</b>	0.199	0.224	0.006	1.458
<b>HC g/km</b>	0.034	0.015	0.012	0.119
<b>CO g/km</b>	0.672	0.369	0.233	4.243

Valori in g/km

Veicoli 3 e 5: Fiat 500 1.2

Veicolo 10: Fiat Punto EVO 1.2

# Metodologia per il calcolo delle emissioni: I modelli di COPERT

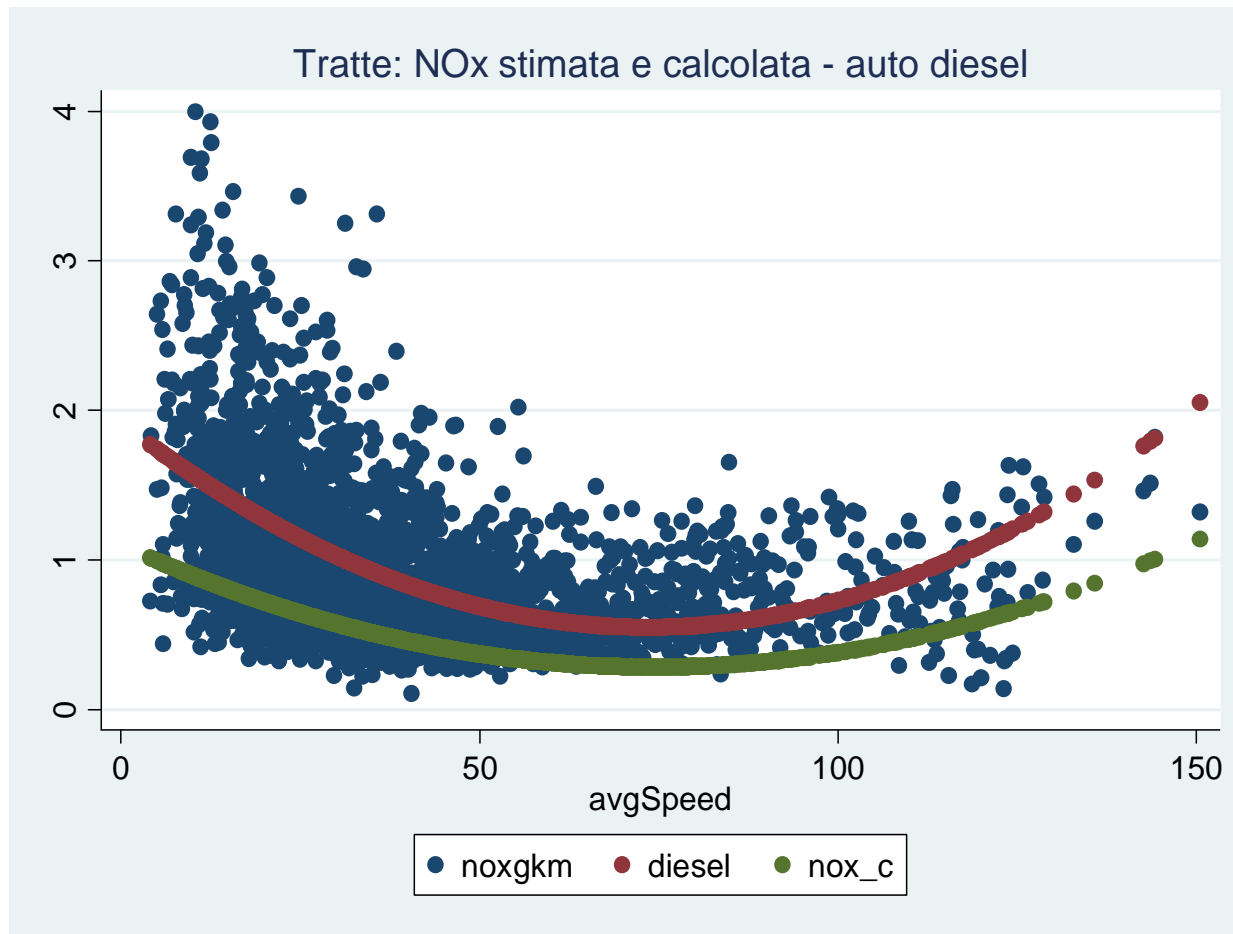
- Modelli di emissioni a partire dalla velocità media (ci sono correzioni, es. cold start ecc.)
- Curve sperimentali a partire dai dati acquisiti
- Aggregate per tipologia di veicolo (omologazione, cilindrata, categoria, combustibile ecc)
- Equazioni del tipo:

$$\text{NO}_x \text{ e HC: } b_0 + b_1 * V + b_2 * V^2$$

$$\text{CO} = (b_0 + b_1 * V + b_2 * V^2) / (1 + b_3 * V + b_4 * V^2)$$

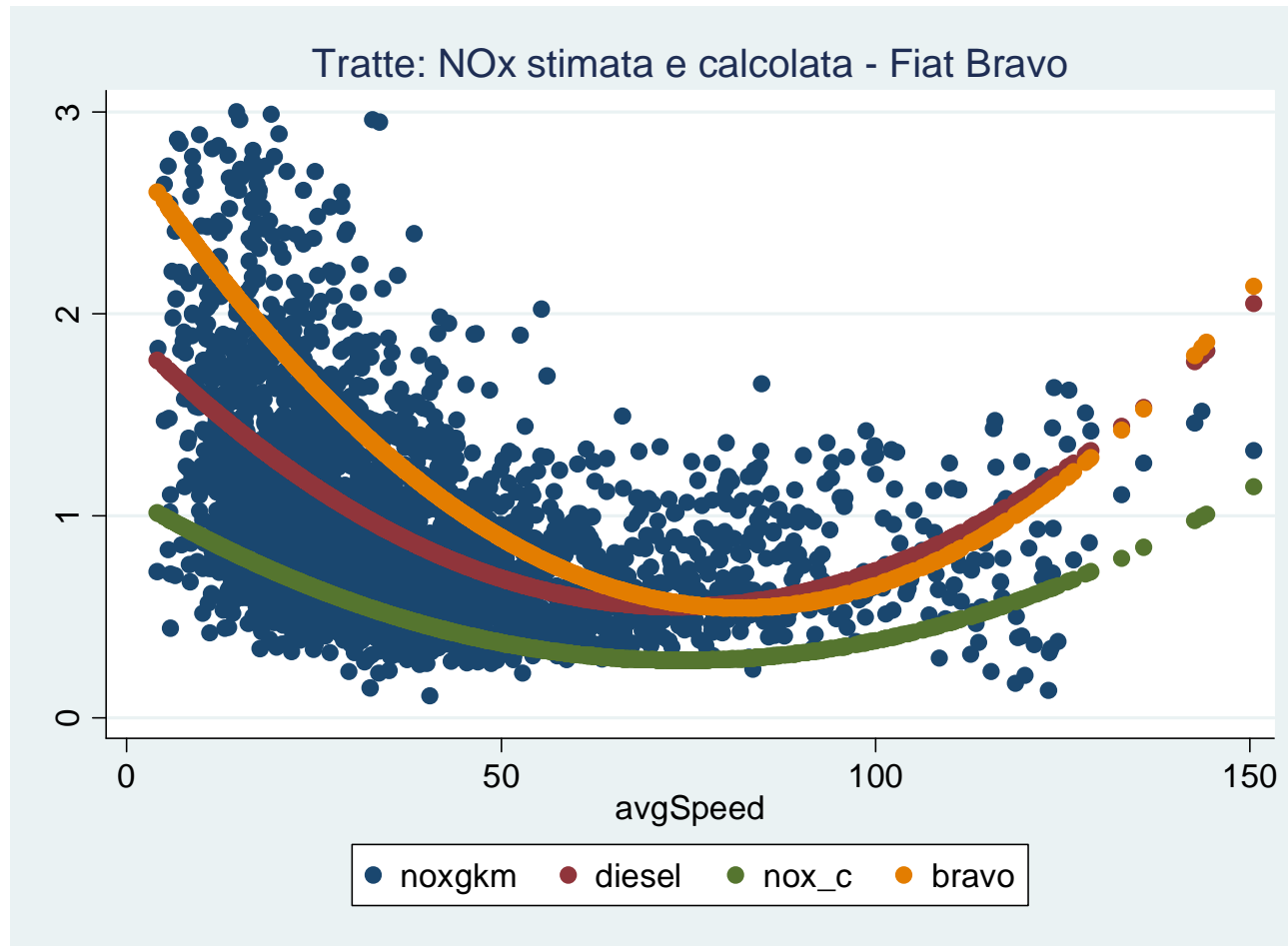


# NO<sub>x</sub> Diesel: Tutti i veicoli



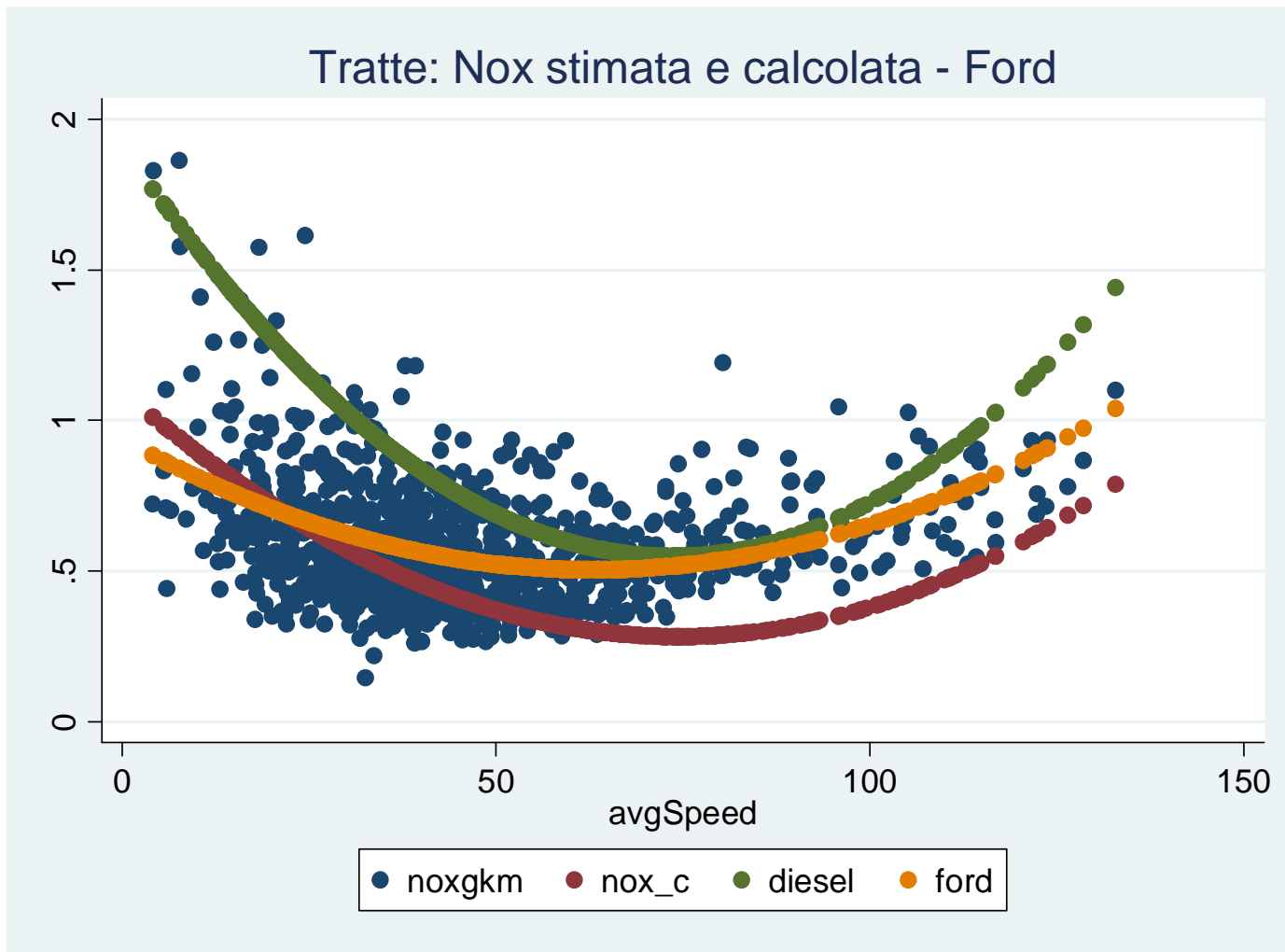
Grande dispersione alle basse velocità : transitori piu elevati  
COPERT sottostima le emissioni su tutti i range

# NO<sub>x</sub> Diesel: Fiat Bravo



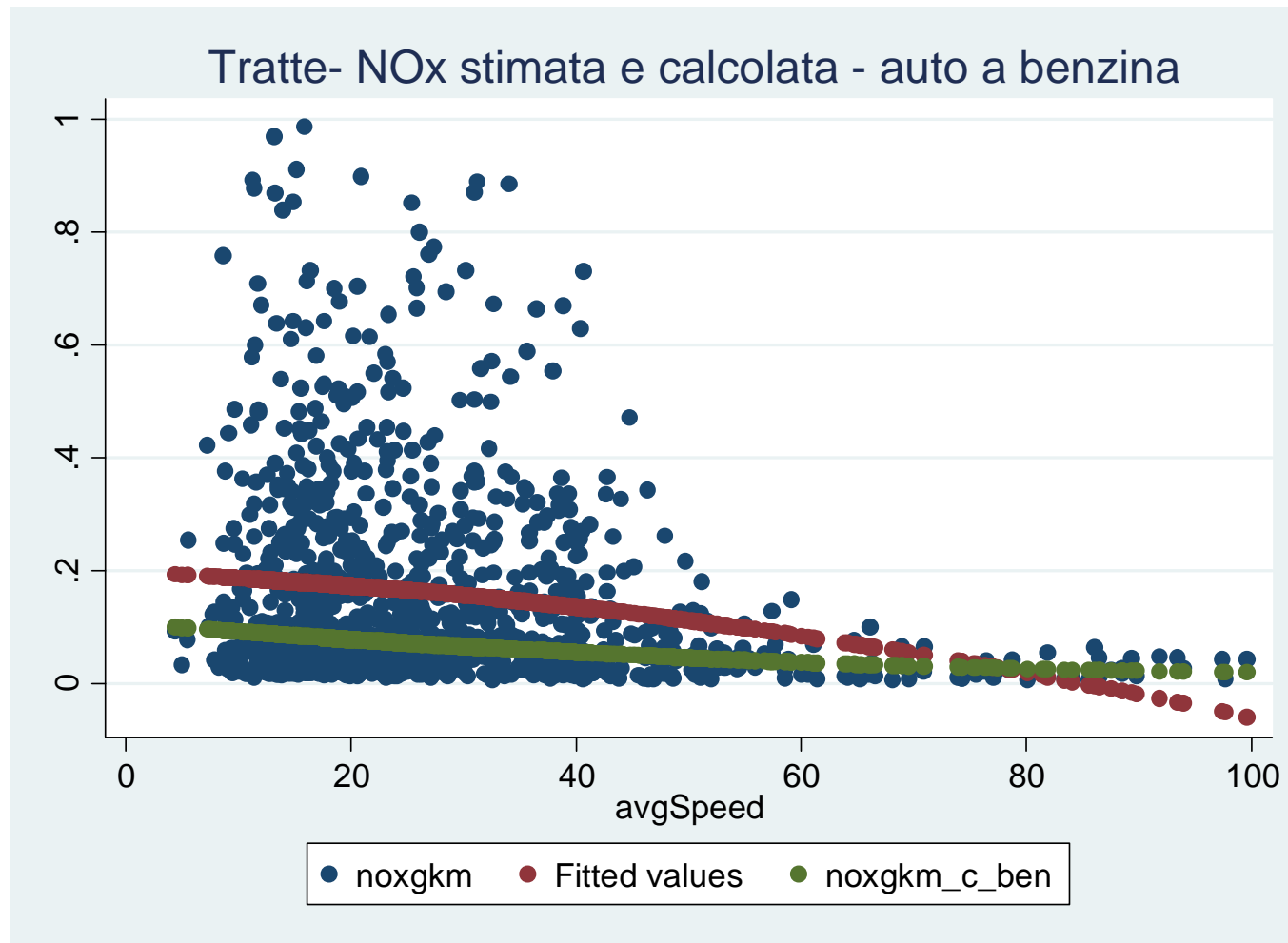
Misure sperimentali e le curve di fitting di Copert, del modello Diesel generale e specifico per la Fiat Bravo

# NO<sub>x</sub> Diesel: Ford Focus



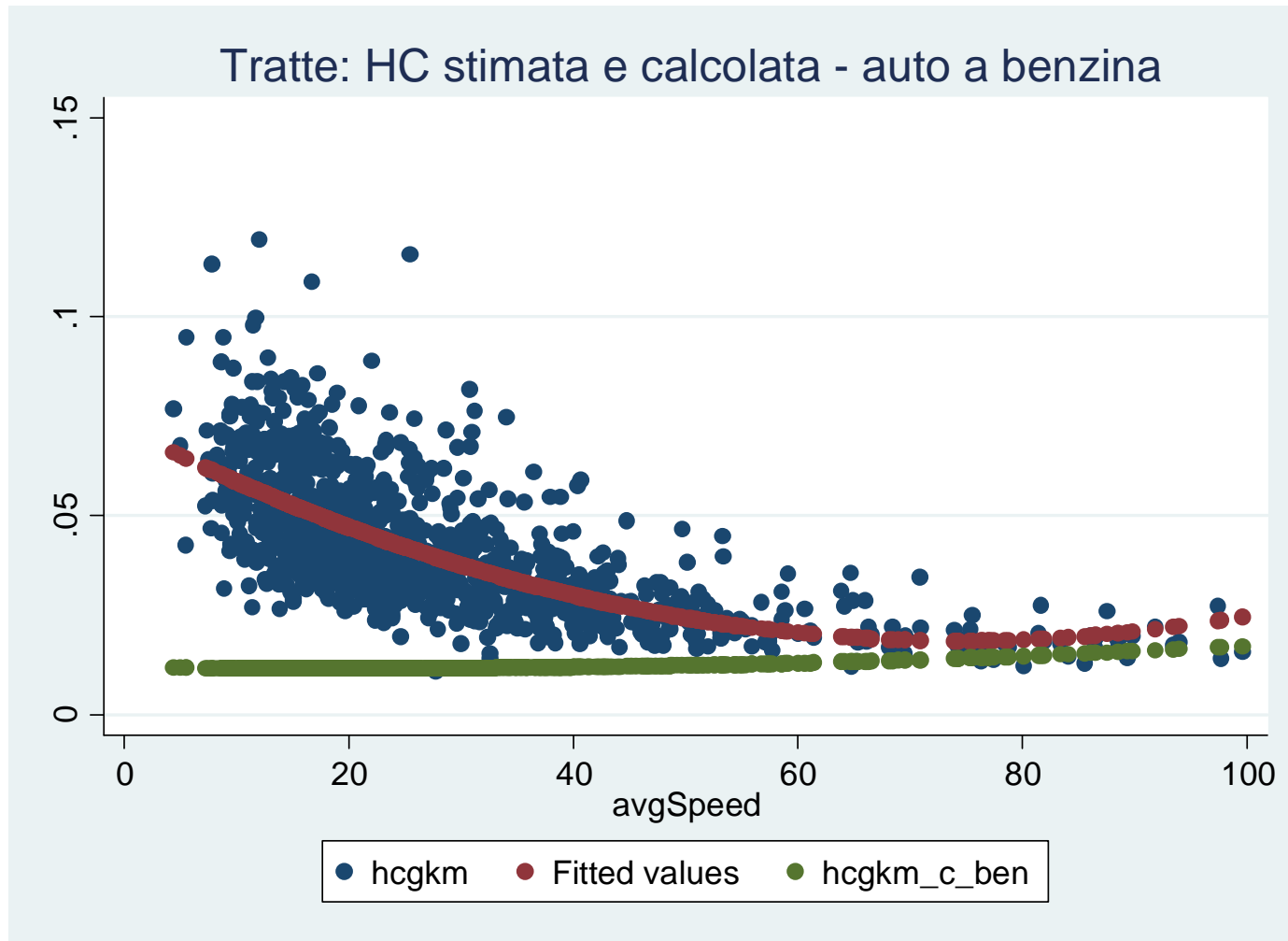
Misure sperimentali e le curve di fitting di Copert, del modello Diesel generale e specifico per la Ford Focus

# NOx Benzina



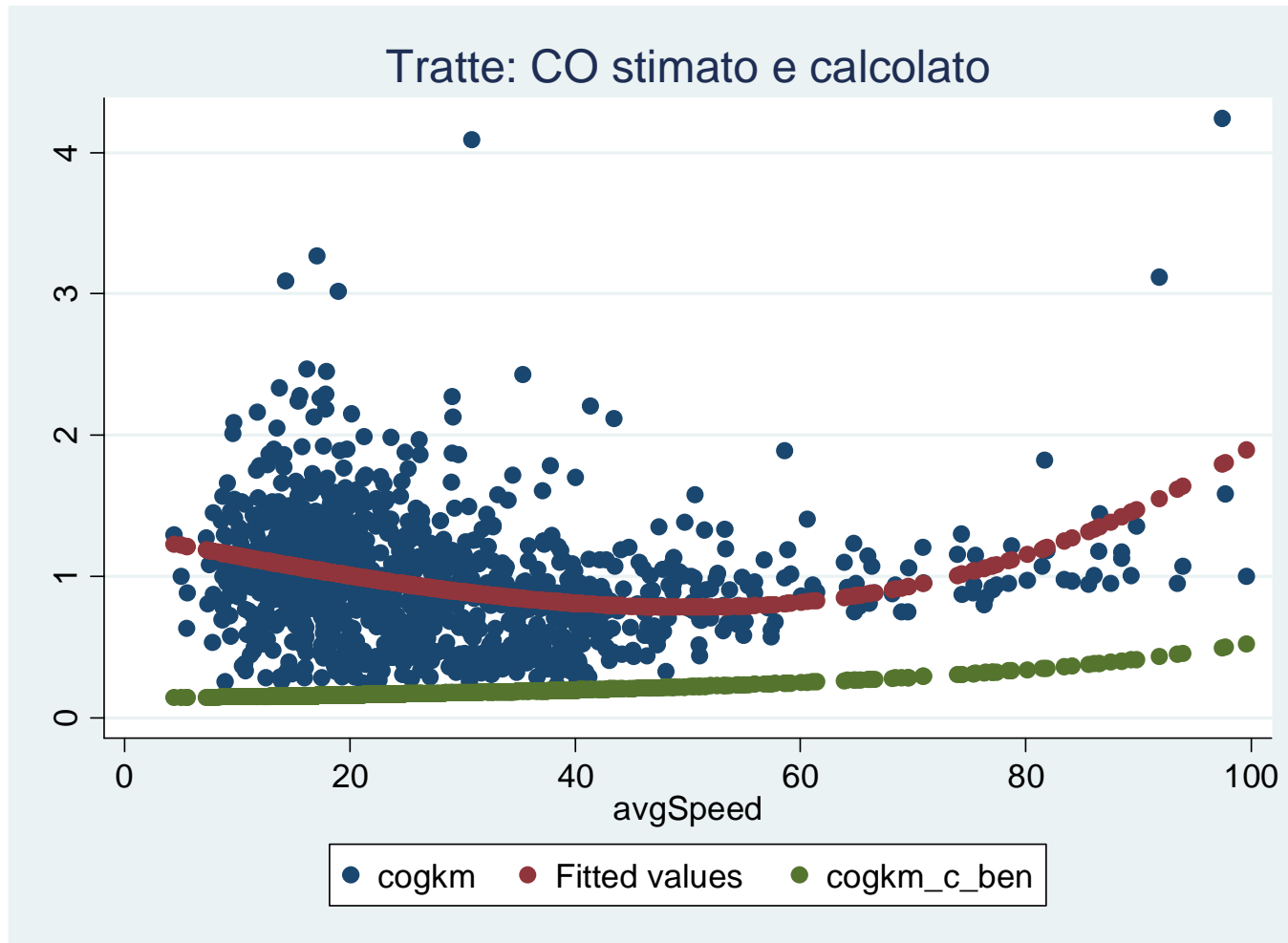
I modelli sono incapaci di predire l'andamento generale per gli  $\text{NO}_x$

# HC Benzina



I modelli costruiti seguono bene l'andamento generale;  
COPERT sottostima l'andamento alle basse velocità.

# CO Benzina



Dispersione alle basse velocità: difficoltà nel predire l'andamento.  
COPERT sottostima i risultati sperimentali.

# Conclusioni

- Le emissioni su strada sono diverse (anche molto) da quanto stabilito sul ciclo di omologazione.
- Variano con il veicolo e con il guidatore
- Le emissioni dei veicoli Diesel, con i modelli di COPERT:
  - con una maggiore dispersione rispetto al caso dei consumi, possono ancora predire l'andamento
  - aggregando anche per modello di veicolo si migliora l'accuratezza
- Per le emissioni dei benzina i modelli di COPERT
  - non sono sufficienti a caratterizzare i livelli di emissioni dei veicoli
  - Altri fenomeni, come i transitori non sono tenuti in considerazione
  - È necessaria la conoscenza del funzionamento del motore termico tramite la comunicazione OBD/CAN