
Innovhub – Stazioni Sperimentali per l'Industria

**Emissioni di particolato, frazione soot e particelle ultrafini
allo scarico di autoveicoli alimentati tramite miscele con
biodiesel di seconda generazione**

Simone Casadei, Angela Maggioni, Davide Faedo

Stato dell'arte/Motivazioni

L'impatto ambientale determinato dalla **combustione di miscele gasolio/biodiesel originati da materie prime non convenzionali** risulta ancora **sperimentalmente poco indagato** rispetto a quello causato dall'uso di biocombustibili convenzionali.

Di particolare interesse in relazione all'impiego di nuove fonti energetiche è la **potenziale emissione di inquinanti di forte impatto sull'ambiente e sulla salute umana** (particolato ultrafine e nanoparticolato, aldeidi, IPA e precursori del particolato secondario) in un contesto ancora caratterizzato da una scarsa qualità dell'aria come la Pianura Padana.

L'uso di biodiesel distillati provenienti da olii di scarto (es. **olii fritti**) o da acidi grassi ottenuti quale sottoprodotto della raffinazione dell'olio di palma (**PFAD**):

- garantisce una **maggiore sostenibilità**
- offre opportunità per il **potenziale sviluppo della filiera italiana**, rispetto all'impiego di biodiesel prodotto da olii tradizionali (colza, soia).

Progetto BIAGIO

miscele di **B**iodiesel non convenzion**A**li in **G**asolio: **I**mpatto sulle emissioni da **f**onti fisse e mobili – **PROGETTO BIAGIO**

Obiettivo:

- **valutazione dell'impatto ambientale** relativo all'uso di miscele di biodiesel non convenzionali in gasolio sia nel settore dei trasporti che della combustione in impianti di riscaldamento

Schema del progetto:

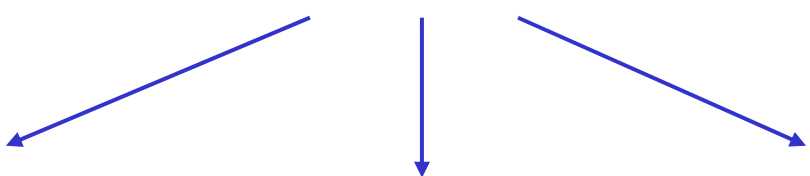
- WP1: reperire e caratterizzare materie prime e miscele (Div. SSOG)
- WP2: determinare emissioni allo scarico di due autoveicoli commerciali leggeri alimentati con le miscele al 10% e 30% di biodiesel non convenzionali in gasolio (Div. SSC)
- WP3: determinare emissioni inquinanti e rendimenti di una caldaia da 300 kW alimentata con gasolio da riscaldamento e con miscele B30 e B100 di biodiesel non convenzionali (Div. SSC)

Biodiesel e miscele

Biodiesel da colza: prodotto di riferimento, viene utilizzato nella forma non distillata

Biodiesel da PFAD (Palm Oil Fatty Acid Distilled): prodotto non convenzionale recentemente sul mercato grazie all'ampia disponibilità del sottoprodotto da cui deriva

Biodiesel da UCO (Used Cooking Oils): prodotto che consente il riutilizzo del sottoprodotto, altrimenti destinato allo smaltimento come rifiuto



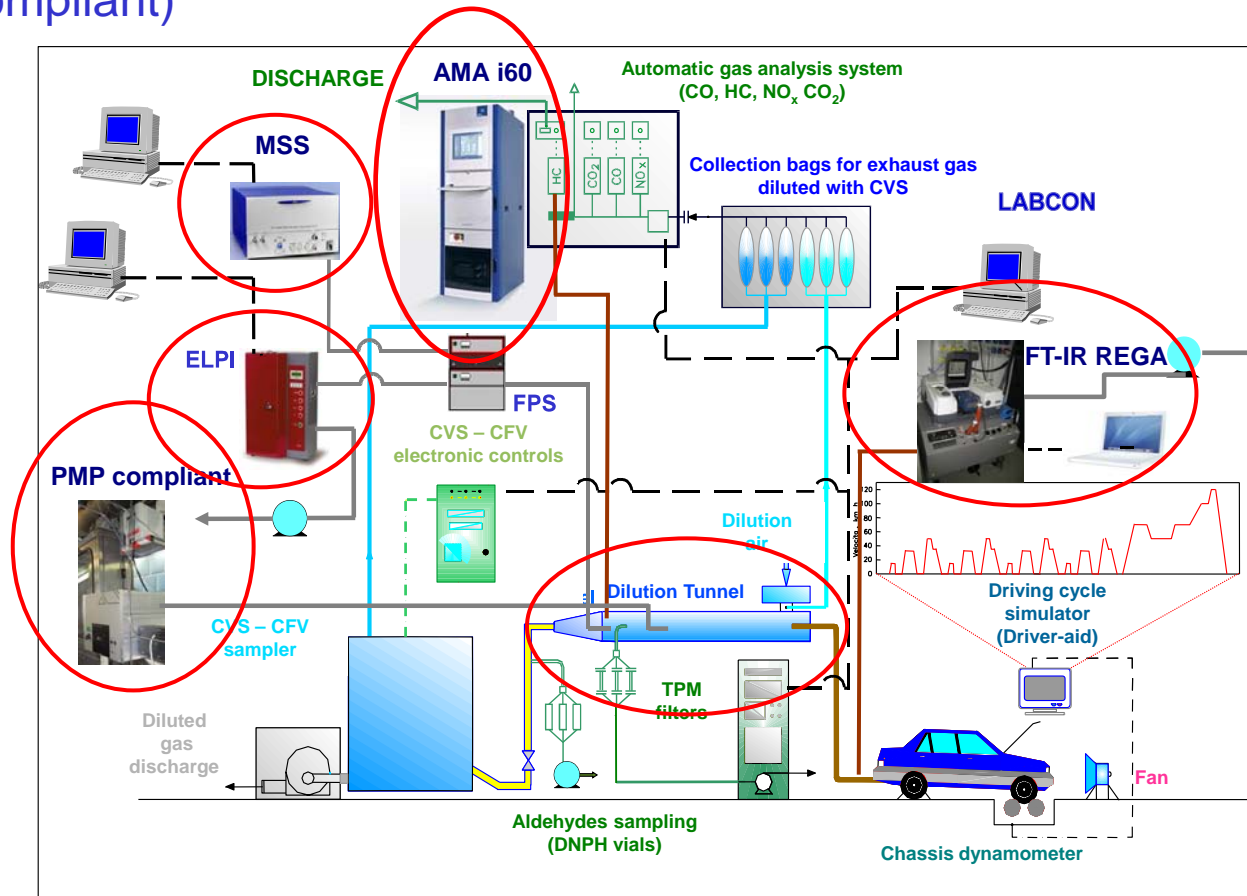
B7 gasolio con 7% (V/V) biodiesel da colza [EN 590]

B10 PFAD e B10 UCO
gasolio con 10% (V/V) biodiesel da PFAD o UCO [normativa in discussione]

B30 PFAD e B30 UCO
gasolio con 30% (V/V) biodiesel da PFAD o UCO

Il Laboratorio Emissioni Autoveicolari (LEA)

- Determinazione delle emissioni di specie regolamentate (NO_x, CO, HC, PM totale, PN-PMP compliant)



- CO₂
- numero e distribuzione delle particelle totali (ELPI)
- frazione soot (MSS)
- principali aldeidi
- N₂O, NH₃... (FTIR)

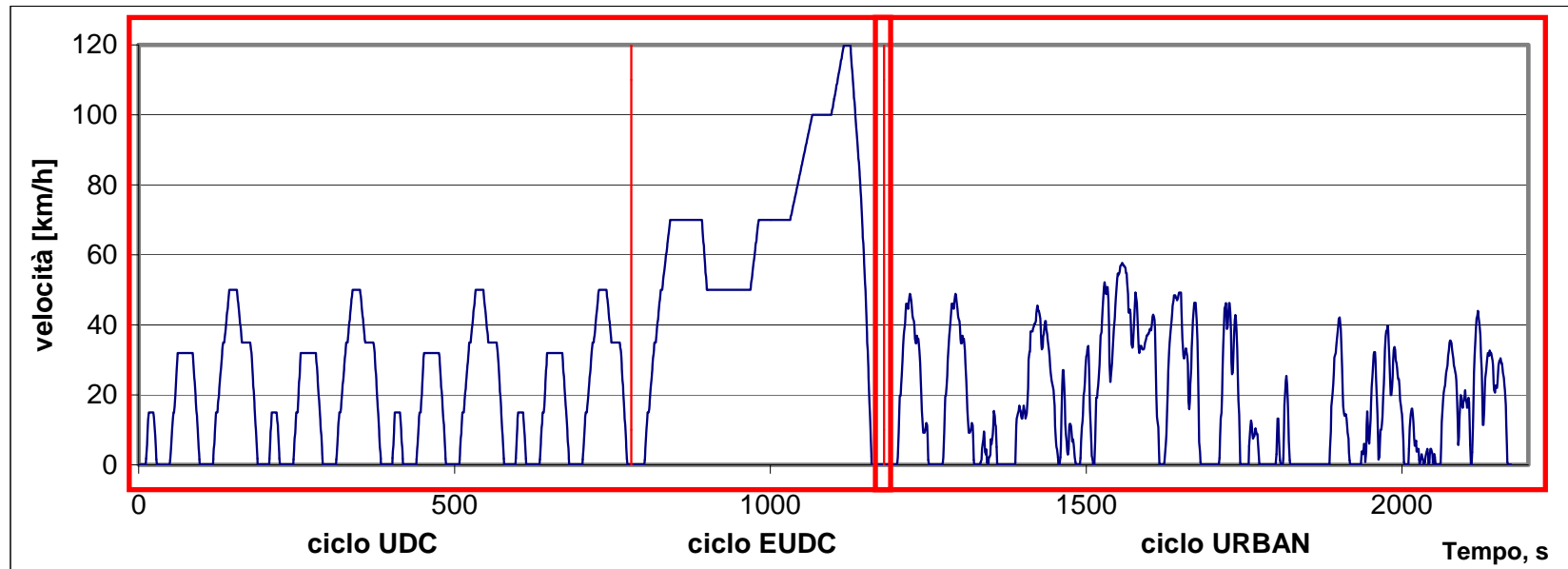


Gli autoveicoli testati: due veicoli commerciali leggeri

Autoveicolo	Fiat SCUDO	Fiat DOBLO'
modello	2.0 MJET Cargo 120	2.0 MJET Cargo 135
livello di omologazione	Euro 4	Euro 5B
targa	EL176EH	FP149NH
chilometraggio (km)	43083	6551
cilindrata (cc)	1997	1956
N. cilindri / N. valvole/cil	4/4	4/4
potenzamax kW (cv)	88kW (120cv)	99 kW (135cv)
coppiamax (Nm @ rpm)	300Nm @2.000 giri/min	320Nm @1.500 giri/min
sistema di alimentazione	<i>multi.let</i>	<i>multi.let</i>
dispositivi antinquinamento	Oxycat.	Oxycat. + DPF



Ciclo di guida ed emissioni determinate



		UDC	EUDC	URBAN
Durata	s	780	400	993
Velocità media	km/h	19,0	62,6	17,7
Velocità massima	km/h	50,0	120,0	57,7
Lunghezza di percorso	km	4,052	6,955	4,87
tempo a regime minimo	%	30,8	10,0	28

- **Ciclo standard di omologazione NEDC:** **UDC:** Urban Driving Cycle con partenza a freddo
EUDC: Extra Urban Driving Cycle
- **Ciclo Artemis URBAN**

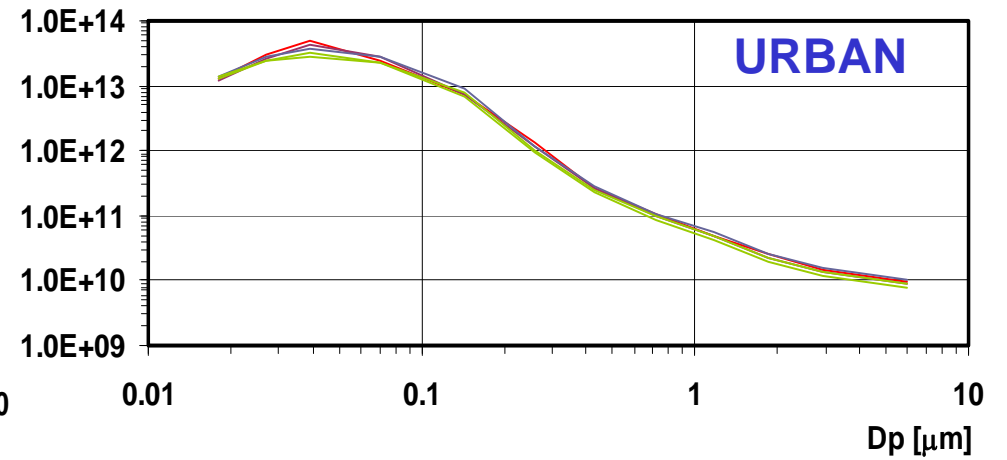
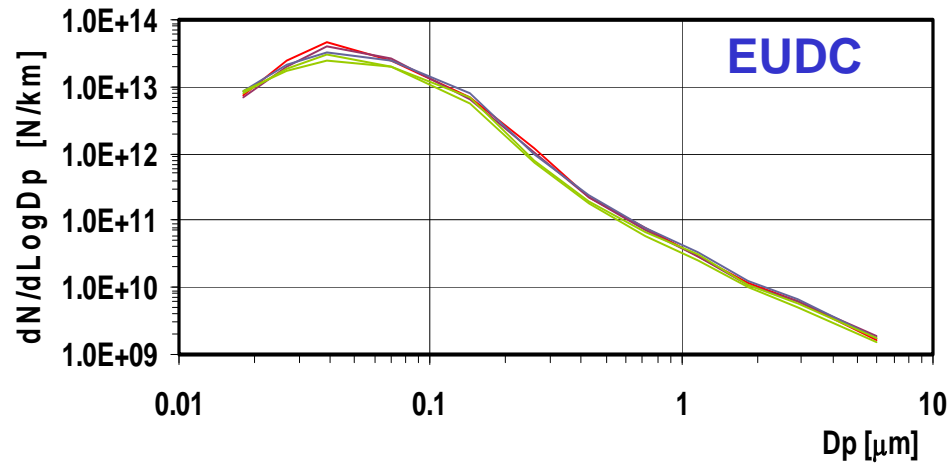
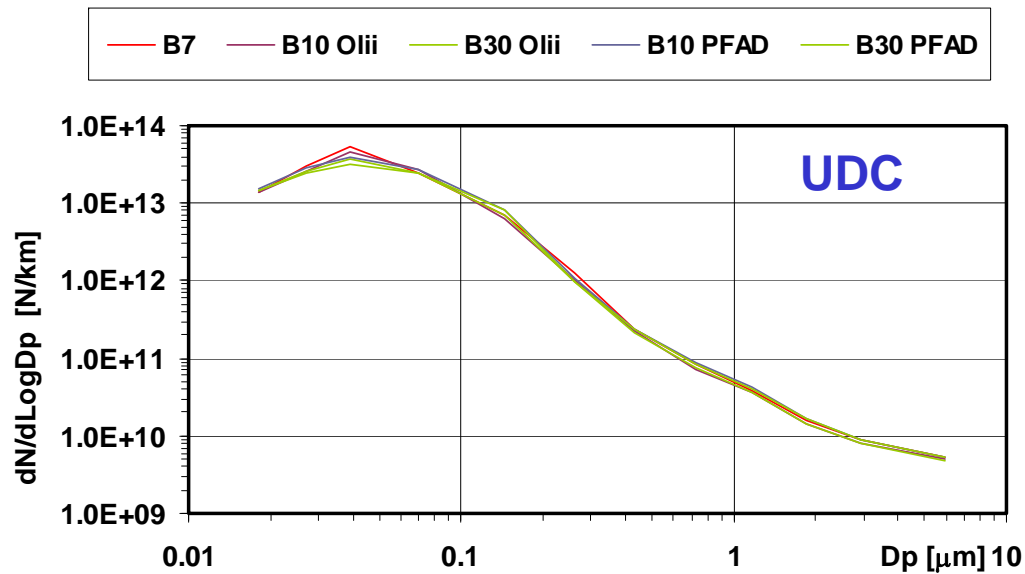
Effetti del combustibile sulle emissioni e i consumi: LCV EURO 4 senza DPF (1)

		Autoveicolo:		FIAT SCUDO															
		Commessa SSC		BIAGIO															
UDC																			
prova N.		B7		B10 UCO		Δ %	t-test	B30 UCO		Δ %	t-test	B10 PFAD		Δ %	t-test	B30 PFAD		Δ %	t-test
		Media	CV, %	Media	CV, %			Media	CV, %			Media	CV, %			Media	CV, %		
THC	g/km	0.09	12.2													0.07	11.5	-24.2	SI
PM soot	mg/km	10.2	5.0					8.1	10.9	-20.0	SI								
PN/km (impattore ELPI)	#/km	1.02E+15	1.7	9.37E+14	4.1	-7.7	SI	8.85E+14	1.5	-12.8	SI	9.55E+14	4.2	-5.9	SI	8.38E+14	7.8	-17.5	SI
EUDC																			
prova N.		B7		B10 UCO		Δ %	t-test	B30 UCO		Δ %	t-test	B10 PFAD		Δ %	t-test	B30 PFAD		Δ %	t-test
		Media	CV, %	Media	CV, %			Media	CV, %			Media	CV, %			Media	CV, %		
THC	g/km	0.01	5.1					0.01	9.1	-15.7	SI					0.01	10.9	-24.1	SI
PM soot	mg/km	16.5	5.6					11.6	7.5	-29.5	SI					12.3	6.4	-25.1	SI
PN/km (impattore ELPI)	#/km	8.93E+14	5.8					6.87E+14	2.7	-23.1	SI	7.74E+14	5.1	-13.4	SI	6.23E+14	6.9	-30.3	SI
URBAN																			
prova N.		B7		B10 UCO		Δ %	t-test	B30 UCO		Δ %	t-test	B10 PFAD		Δ %	t-test	B30 PFAD		Δ %	t-test
		Media	CV, %	Media	CV, %			Media	CV, %			Media	CV, %			Media	CV, %		
PM	mg/km	15.8	9.4					11.4	6.3	-27.8	SI								
PM soot	mg/km	14.8	5.8					11.5	6.1	-22.0	SI					12.3	6.0	-16.4	SI
PN/km (impattore ELPI)	#/km	9.75E+14	6.7					7.85E+14	1.0	-19.5	SI					7.39E+14	5.7	-24.2	SI
PN/km (PMP compliant)	#/km	4.21E+12	1.9												4.45E+12	3.5	5.7	SI	

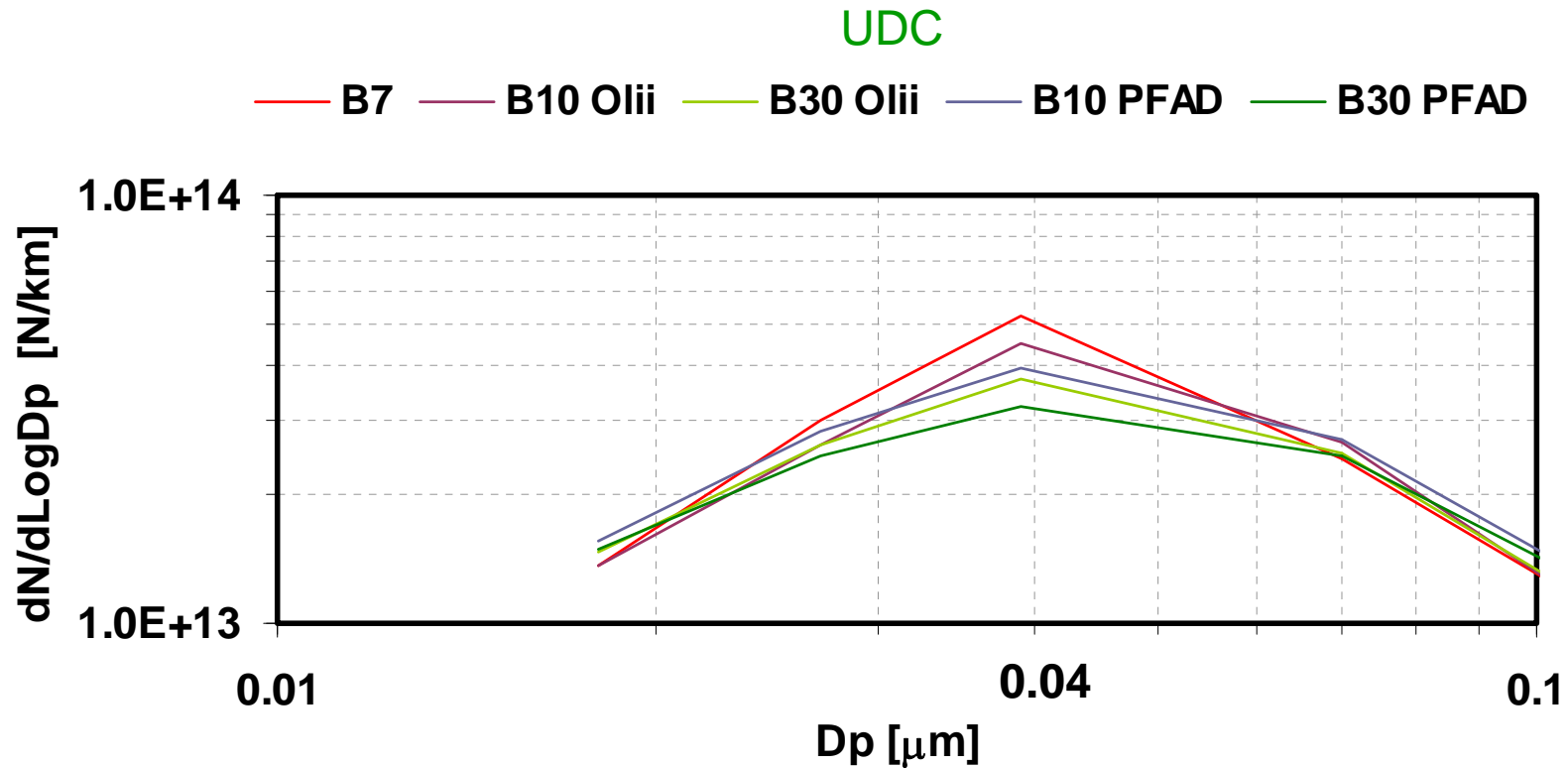
Diminuzione significativa delle emissioni all'aumentare del contenuto di biodiesel

PN ELPI rispetto a B7 → -12 ÷ -20% con B30 UCO -15 ÷ -30% con B30
Soot rispetto a B7 → **PFAD** -20 ÷ -30% con B30 UCO -16 ÷ -25% con B30
PFAD

Effetti del combustibile sulle emissioni e i consumi: LCV EURO 4 senza DPF (2)



Distribuzione delle particelle → frazione nano/ultrafine



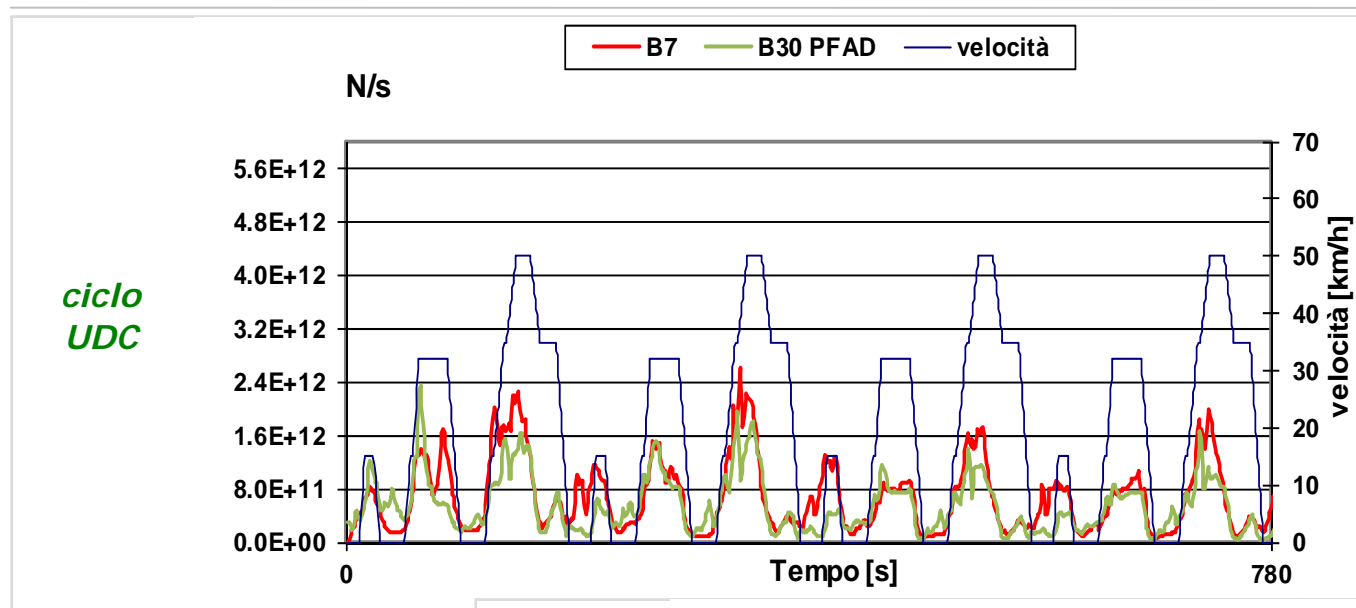
Diminuzione del numero di particelle
nella **frazione ultrafine** per tutte le
miscele

rispetto a B7

B10 UCO	-12%
B30 UCO	-18%
B10 PFAD	-13%
B30 PFAD	-25%

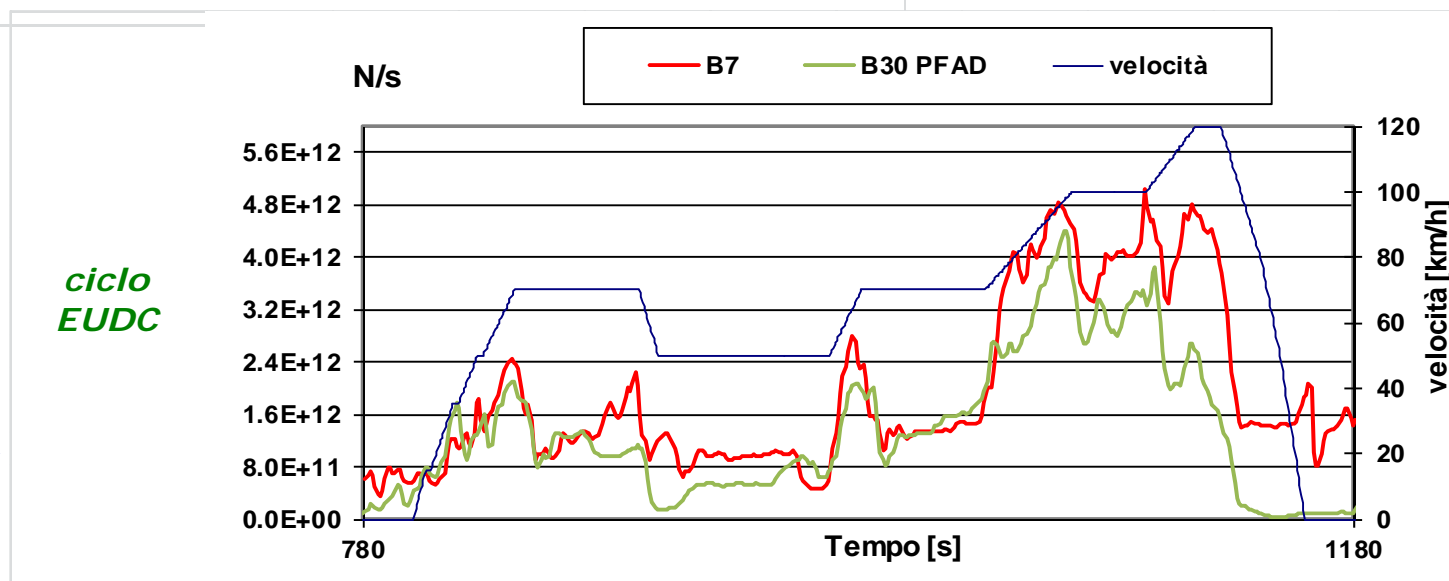
Moda di accumulazione [Kittelson, 1998]

Andamento modale emissione particelle totali (ELPI)



Confronto tra miscela di riferimento (B7) e miscela a minima emissione (B30 PFAD)

Netta diminuzione nelle emissioni di particelle totali soprattutto nelle fasi di accelerazione in entrambi le modalità di guida



Effetti del combustibile sulle emissioni e i consumi: LCV EURO 5b con DPF (1)

Poche variazioni significative per UCO, maggiori per PFAD **MA...**nessun trend definito

• Probabile instabilità dell'autoveicolo

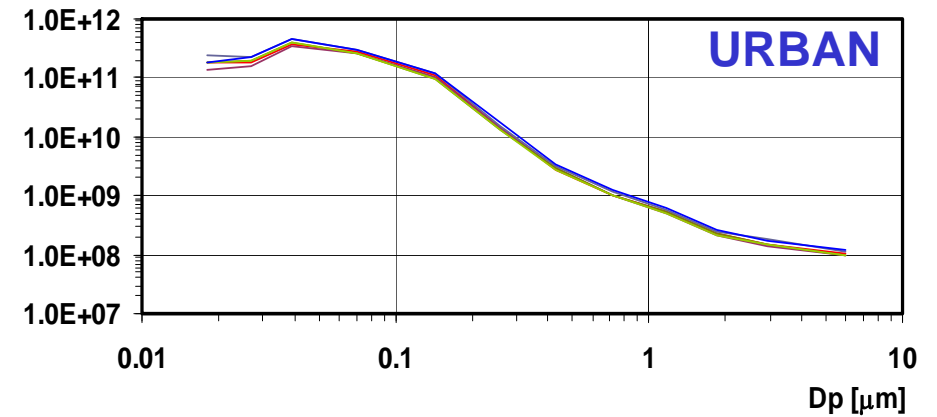
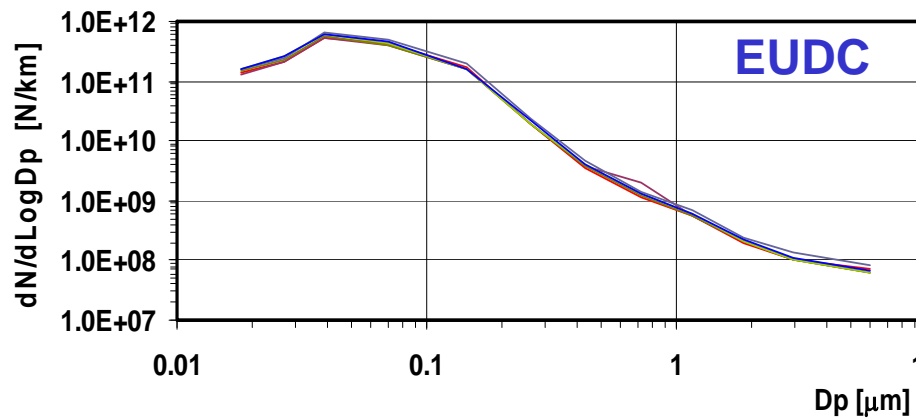
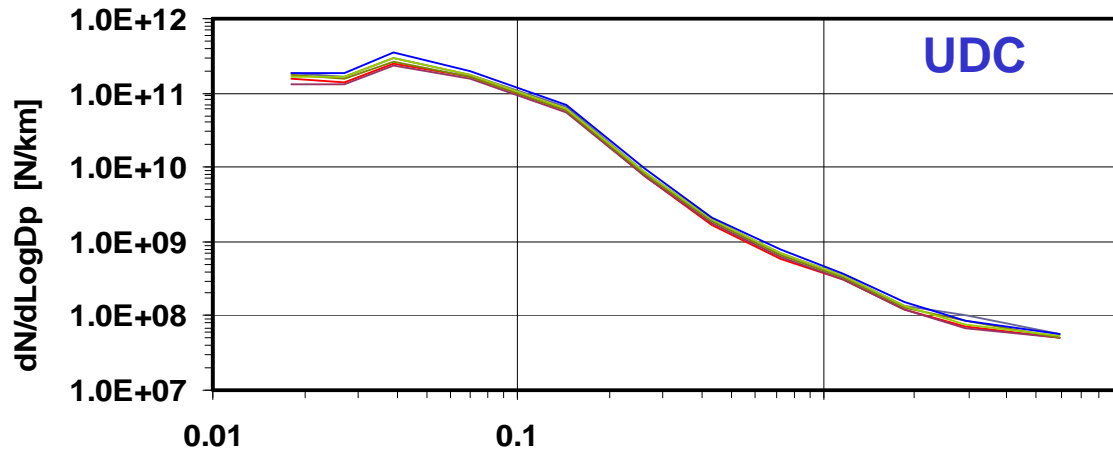
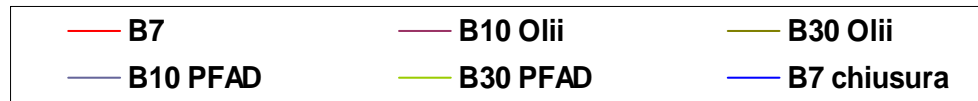
THC	rispetto a B7 →	-35% B7 (chiusura)	-26% B10 PFAD
			-37% B30 PFAD
PN ELPI	rispetto a B7 →	+10 ÷ +30% B7 (chiusura)	+15% ÷ +20% B10 PFAD
			+1% ÷ +15% B30 PFAD

• Influenza del DPF

B30 PFAD ciclo NEDC

	PN ELPI	PN PMP	soot	PM
	#/km	#/km	mg/km	mg/km
EURO 4	7.04E+14	3.43E+12	10.7	11.25
EURO 5	1.09E+13	7.22E+11	0.17	1.34

Effetti del combustibile sulle emissioni e i consumi: LCV EURO 5b con DPF (2)



Conclusioni

Nessuna variazione significativa per le specie regolamentate e non, né per il consumo di combustibile

LCV Euro 4 senza DPF:

- ❑ **Significativa riduzione delle emissioni di particolato** (soot, numero di particelle) all'aumentare del contenuto di biodiesel in gasolio - Massime riduzioni rilevate per le miscele con PFAD
- ❑ **Riduzione significativa delle emissioni istantanee di PN** su tutti i cicli svolti e **riduzione emissione di nanoparticelle** (moda di accumulazione) all'aumentare del contenuto di biodiesel in gasolio - Massime riduzioni rilevate per le miscele con PFAD

LCV Euro 5b con DPF:

- ❑ Nessuna variazione significativa poiché
 - **probabile instabilità dell'autoveicolo, non perfettamente rodato**
 - **il DPF copre buona parte degli effetti del combustibile sull'emissione di particolato**

Prospettive di sviluppo

□ Ulteriore indagini su:

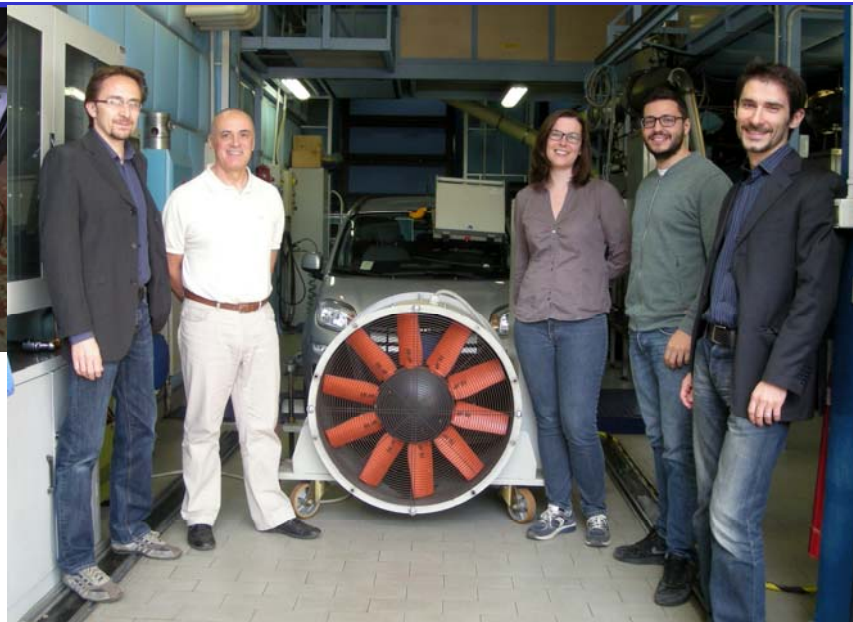
- una **flotta più ampia di autoveicoli** senza e con DPF:
 - approfondimento studi Euro 5 e successivi
 - confronto dettagliato EURO 4 - EURO 5
- emissioni di **nanoparticelle** → acquisizione EEPS (Engine Exhaust Particle Sizer)
- emissioni di **particolato totale in massa PMP compliant** → upgrade in corso
 - Studio emissioni, regolamentate e non, associate alla **rigenerazione del DPF**
 - Focus sulle emissioni delle aldeidi e approfondimento specie inquinanti non regolamentate (es. **NH₃, N₂O**)
 - Approfondimento con **altri biodiesel** di seconda generazione

□ Applicazioni d'interesse:

- Studi tossicologici, biologici e di impatto sulla salute associati all'utilizzo di miscele con diverso contenuto di biodiesel di diversa origine



GRAZIE PER L'ATTENZIONE !



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA
Innovazione e ricerca



SSOC
STAZIONE SPERIMENTALE
PER I COMBUSTIBILI

SSOC
STAZIONE SPERIMENTALE
PER LE INDUSTRIE DEGLI OLI E DEI GRASSI

PM2014 - Genova 20-23 maggio 2014

Calcolo consumo di combustibile

Formule per consumo calcolato col metodo del bilancio del carbonio				$C_{MIX} = \frac{(12 + m_{MIX} \cdot 1,008 + n_{MIX} \cdot 16) / 120 \cdot \left[\frac{12}{12 + m_{MIX} \cdot 1,008} \cdot HC + 0,429 CO + 0,273 CO_2 \right]}{d_{MIX}}$		
Miscele biodiesel/gasolio						
B7	m_{MIX}	1.8698	Coeff. Generale	0.11711	0.11711	
	n_{MIX}	0.0105	Coeff HC	0.86426	0.86426	
B10	m_{MIX}	1.874	Coeff. Generale	0.11774	0.11774	
	n_{MIX}	0.015	Coeff HC	0.86399	0.86399	
B30	m_{MIX}	1.902	Coeff. Generale	0.12198	0.12198	
	n_{MIX}	0.045	Coeff HC	0.86224	0.86224	