ISTITUTO MOTORI
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Consiglio Nazionale
delle Ricerche

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE
IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA

COMPORTAMENTO EMISSIVO DI UN VEICOLO DIESEL IN USO REALE E SU BANCO A RULLI

Relatore : Prof. Fabio Murena

Corelatore : Ing. Maria Vittoria Prati
Ing. Maria Antonietta Costagliola

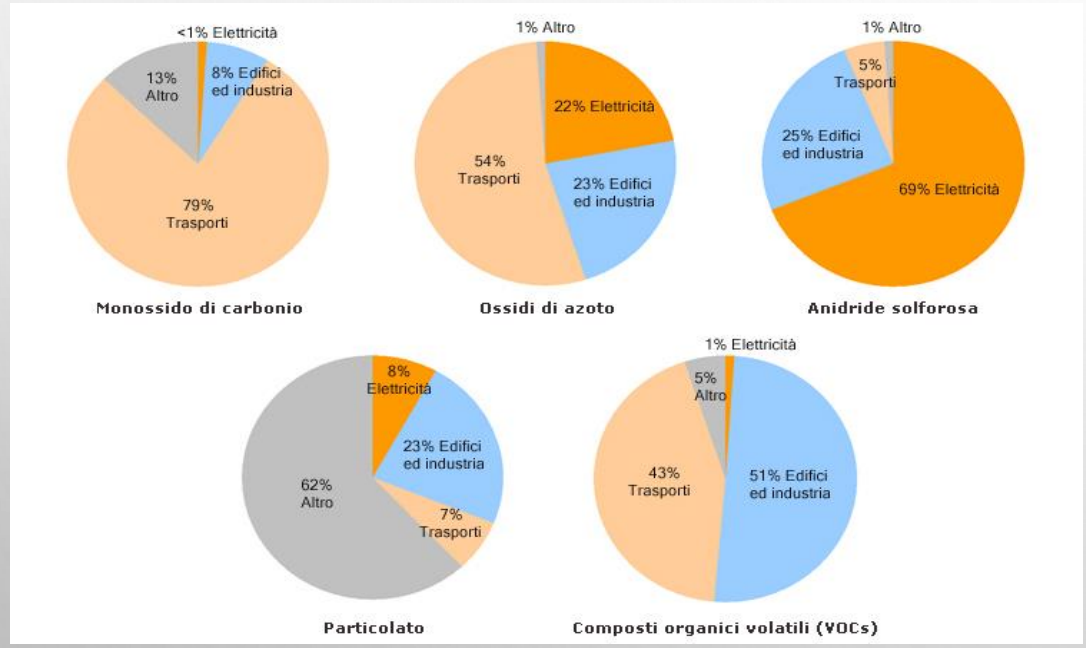
Candidato : Claudia Taussi

Matricola: M67000424

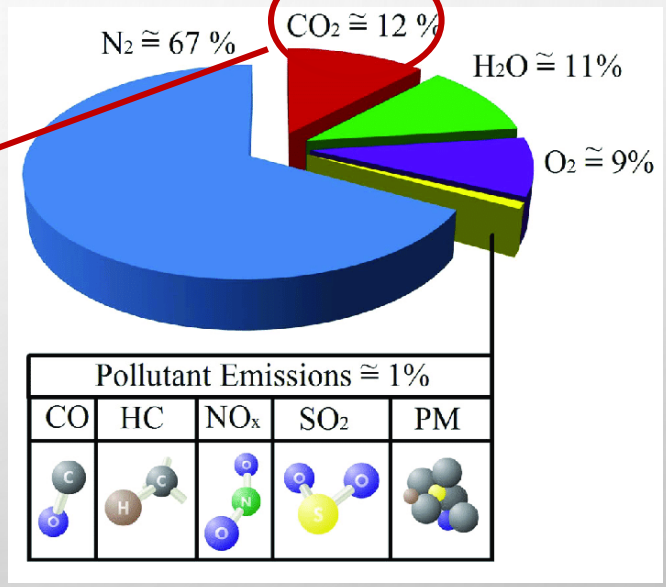
INTRODUZIONE

Consiglio Nazionale delle Ricerche

CHI PRODUCE INQUINAMENTO ATMOSFERICO?



EMISSIONI DI UN VEICOLO DIESEL



CO2 NON NORMATA

LIMITE ANNUALE SUL VENDUTO

2017
175g/km

2020
147g/km

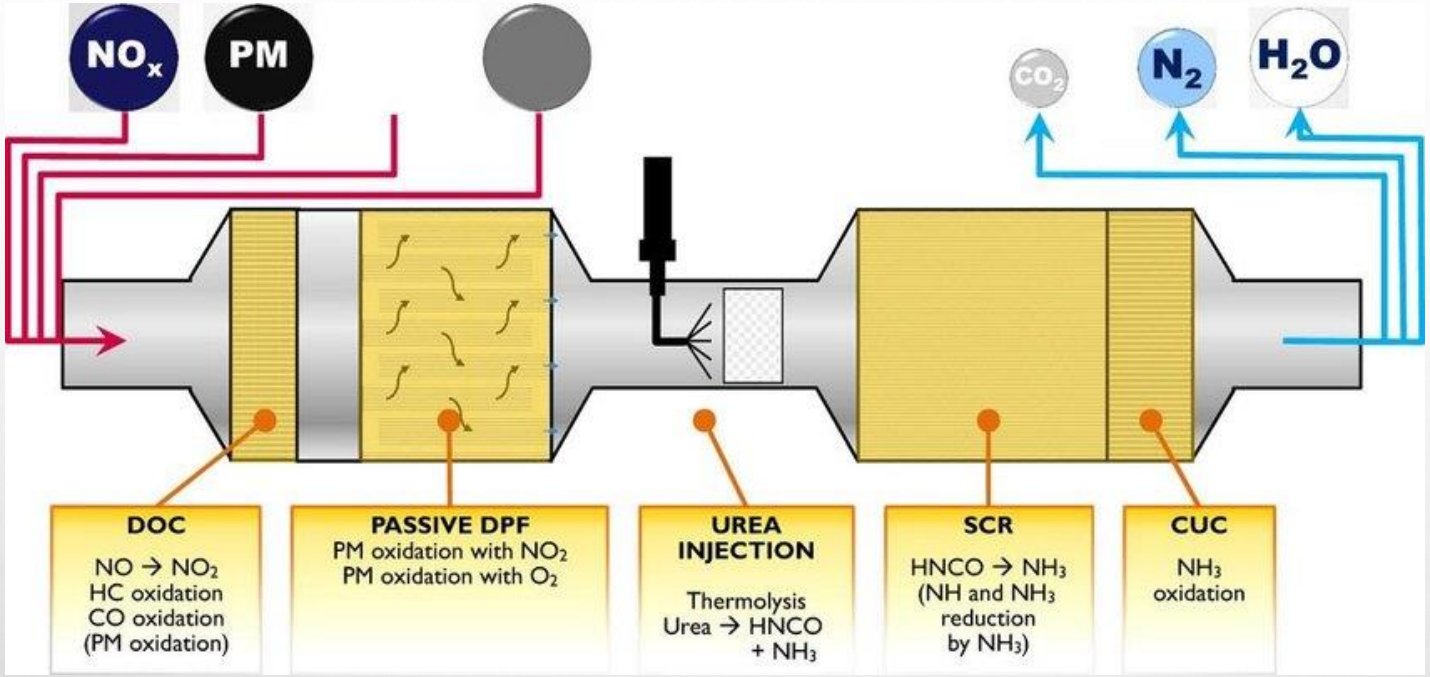
IL NOSTRO VEICOLO

Consiglio Nazionale delle Ricerche

DOC

CO → CO_2

THC



SCR

NOx → N2

DPF

PN → -----

IDROLISI DI UREA

1

$H_2NCONH_2 \rightarrow NH_3 + HNCO$

$HNCO + H_2O \rightarrow NH_3 + CO_2$

REZIONE RIDUCENTE

2

$4NO + 4NH_3 + O_2 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O$

$6NO + 4NH_3 \rightarrow 5N_2 + 6H_2O$

$6NO_2 + NH_3 \rightarrow 7N_2 + 12H_2O$

$2NO_2 + 4NH_3 + O_2 \rightarrow 3N_2 + 6H_2O$

$NO + NO_2 + 2NH_3 \rightarrow 2N_2 + 3H_2O$

NORMATIVA EUROPEA

Consiglio Nazionale delle Ricerche

- M : TRASPORTO DI PERSONE
- N : TRASPORTO MERCI → **N1 – N2 – N3**
- L : MOTOVEICOLI

Category†	Stage	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
			g/km					#/km
N_1, Class III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	0.25	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.5	-	1.20	-	0.17	-
	Euro 2 DI	1998.01[a]	1.5	-	1.60	-	0.20	-
	Euro 3	2001.01	0.95	-	0.86	0.78	0.10	-
	Euro 4	2006.01	0.74	-	0.46	0.39	0.06	-
	Euro 5a	2010.09[c]	0.74	-	0.350	0.280	0.005[f]	-
	Euro 5b	2011.09[d]	0.74	-	0.350	0.280	0.005[f]	6.0×10^{11}
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005[f]	6.0×10^{11}

CICLI DI OMOLOGAZIONE

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure (WLTP)

1 settembre 2017

PROVE IN LABORATORIO

WLTC

PROVE SU STRADA

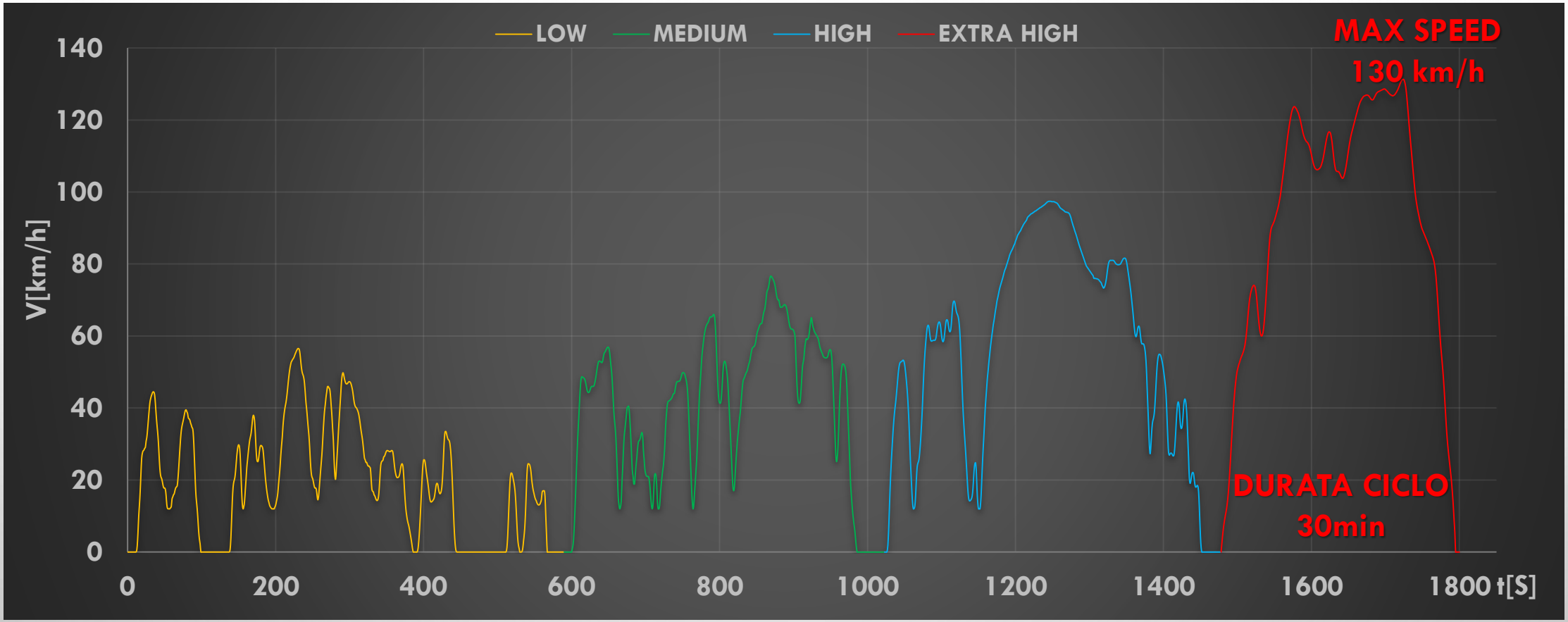
RDE

Real Driving Emissions

1. Modello e dimensione del veicolo
2. Combustibile utilizzato sul veicolo
3. Distanza percorsa
4. Parametri cinetici: velocità, accelerazione, peso veicolo, resistenza all' avanzamento, pendenza stradale
5. Condizioni ambientali

WLTC

Consiglio Nazionale delle Ricerche

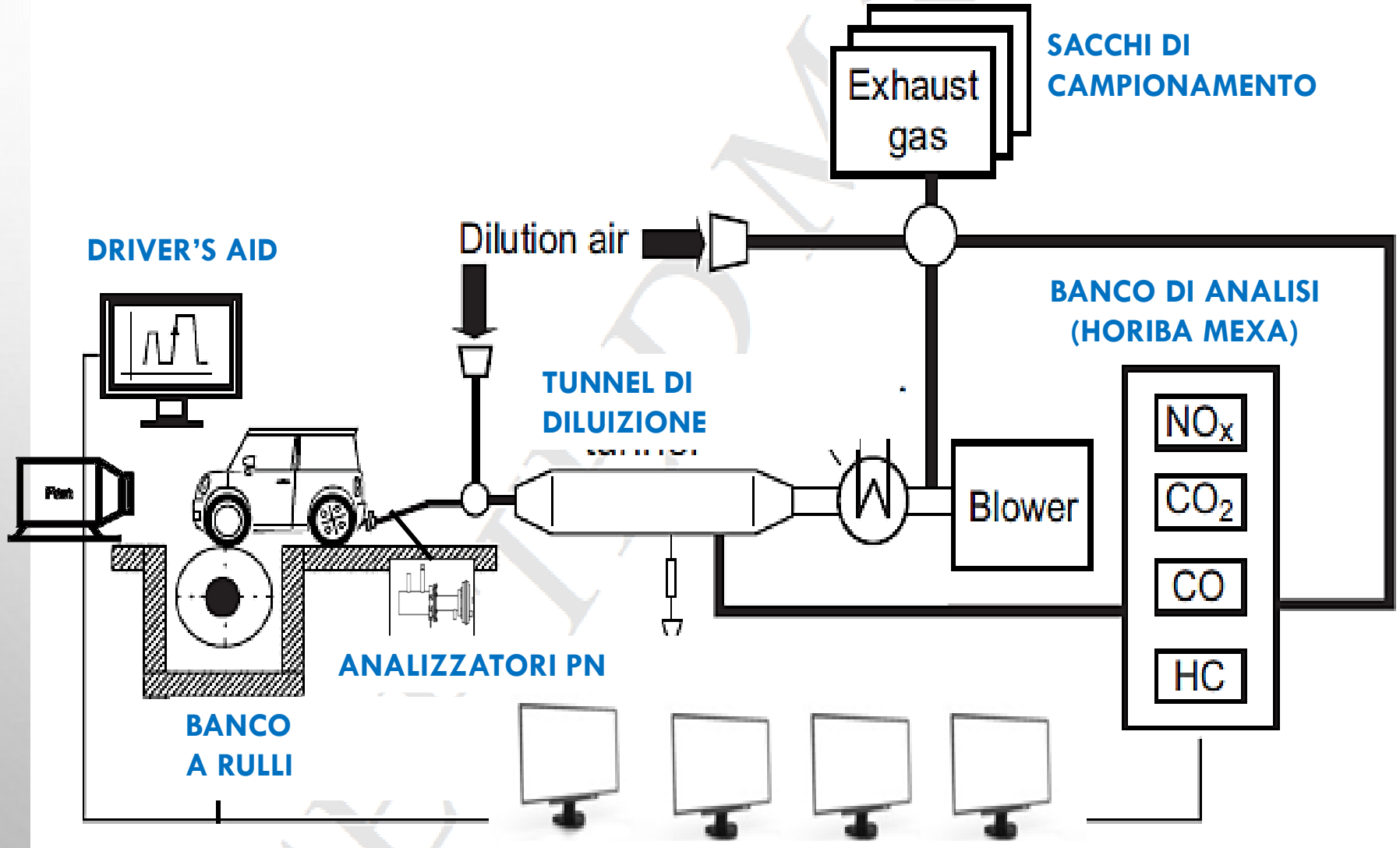


DISTANZA PERCORSA
24km

	LOW	MEDIUM	HIGH	EXTRAHIGH	TOT
DURATION [s]	589	433	455	323	1800
DISTANCE	3,1	4,76	7,16	8,25	23,27
MAX SPEED [km/h]	56,5	76,6	97,4	131,3	
AVG SPEED [km/h]	18,9	39,4	56,5	91,7	46,5

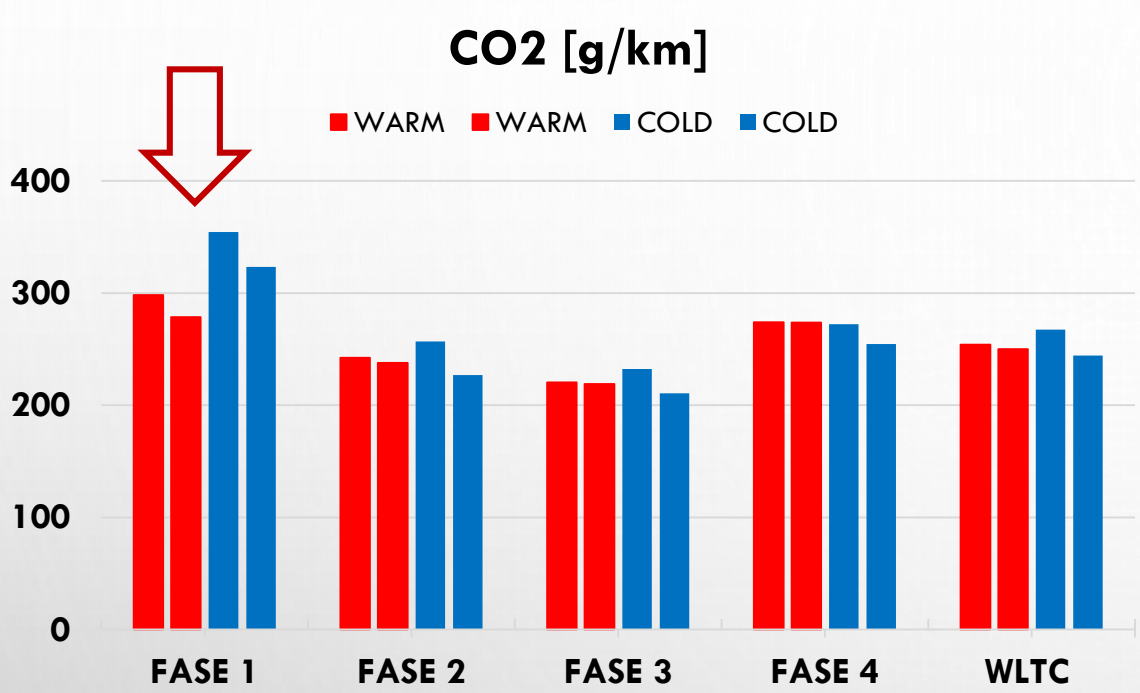
PARTENZA
A FREDDO
23°C

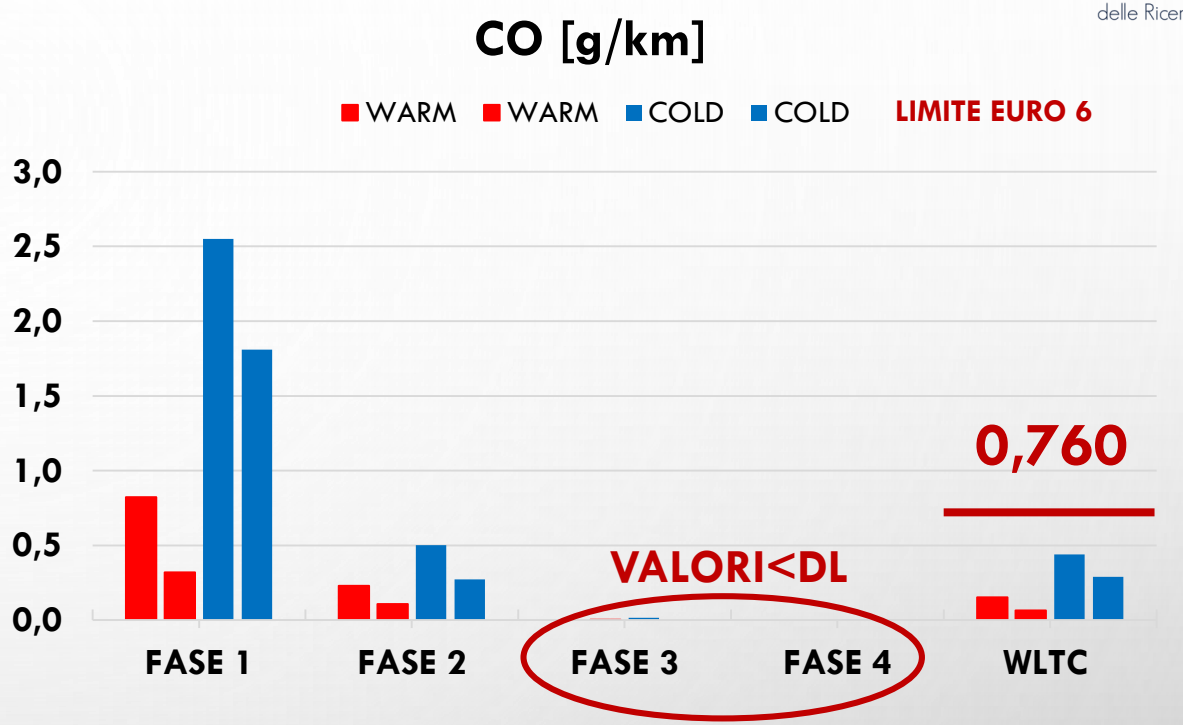
SALA PROVA

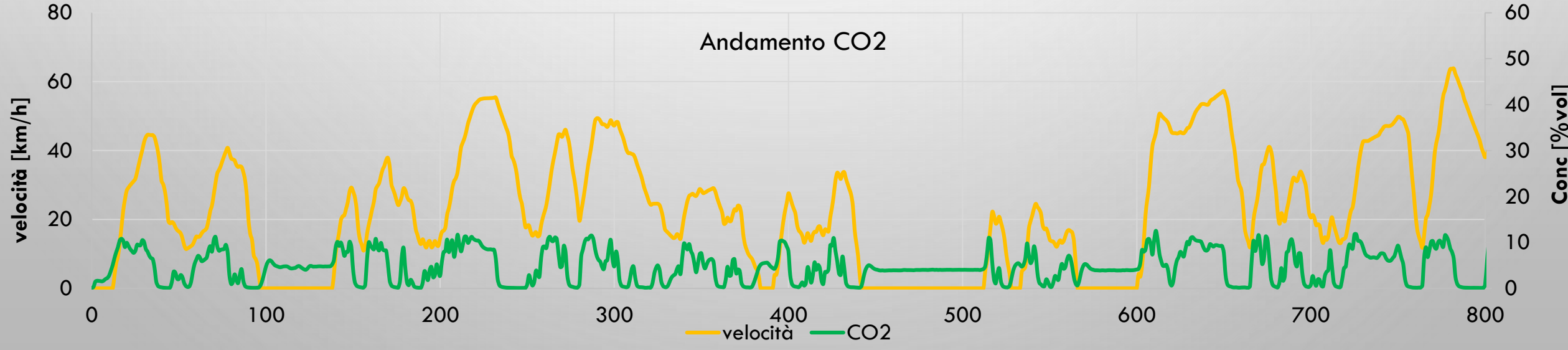

SACCHI DI CAMPIONAMENTO
Exhaust gas
DRIVER'S AID
Dilution air
BANCO DI ANALISI (HORIBA MEXA)
TUNNEL DI DILUIZIONE
VENTILATORE
Fan
Blower
NO_x
CO_2
CO
HC
ANALIZZATORI PN
BANCO A RULLI
SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI

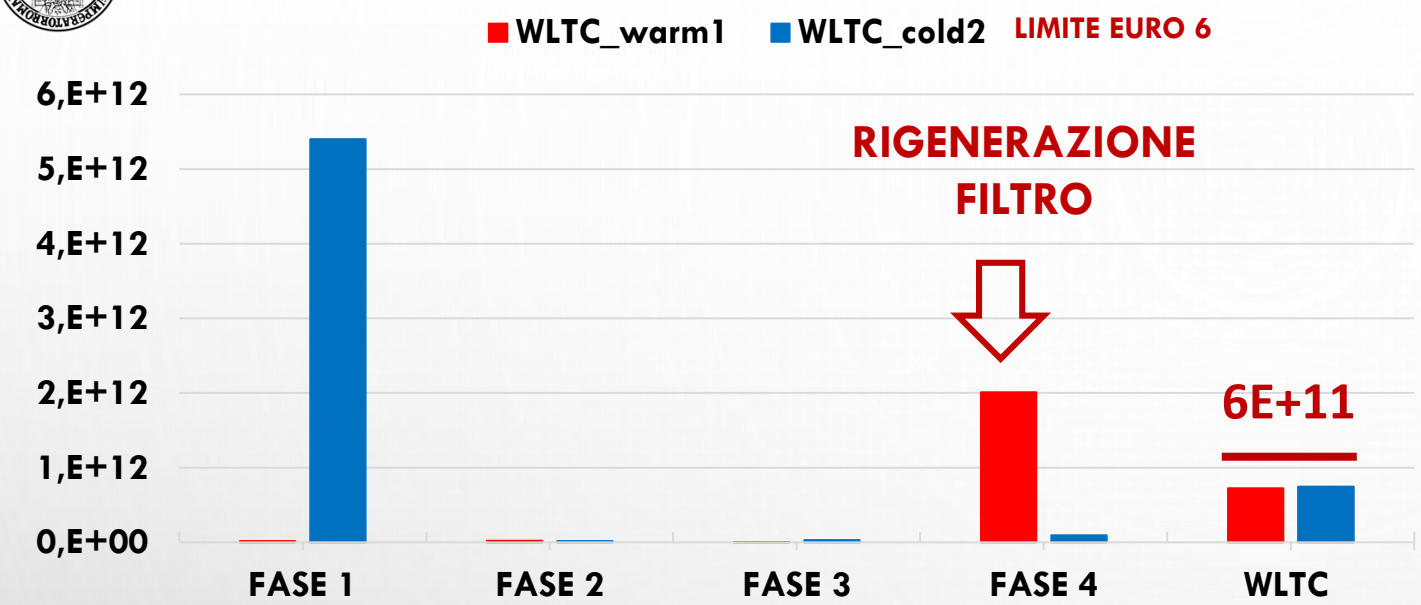
RISULTATI WLTC

Consiglio Nazionale delle Ricerche



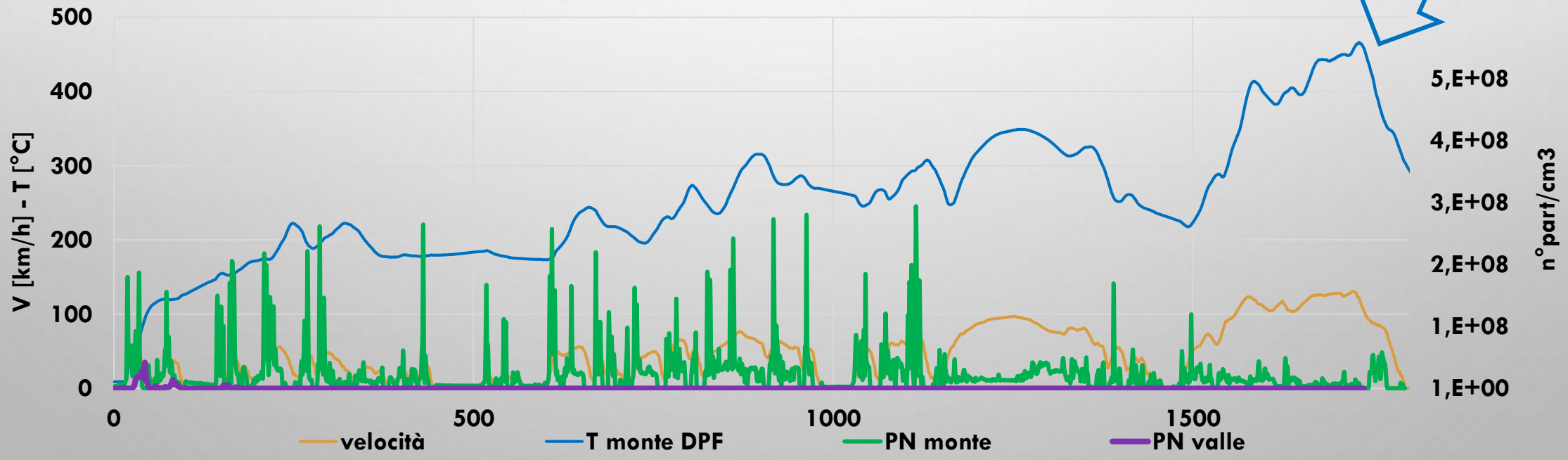






EFFICIENZA DPF [%]

	WARM	COLD
FASE 1	100	95
FASE 2	100	100
FASE 3	100	100
FASE 4	92	100
WLTC	98	99



FRAZIONI GRANULOMETRICHE

Consiglio Nazionale delle Ricerche

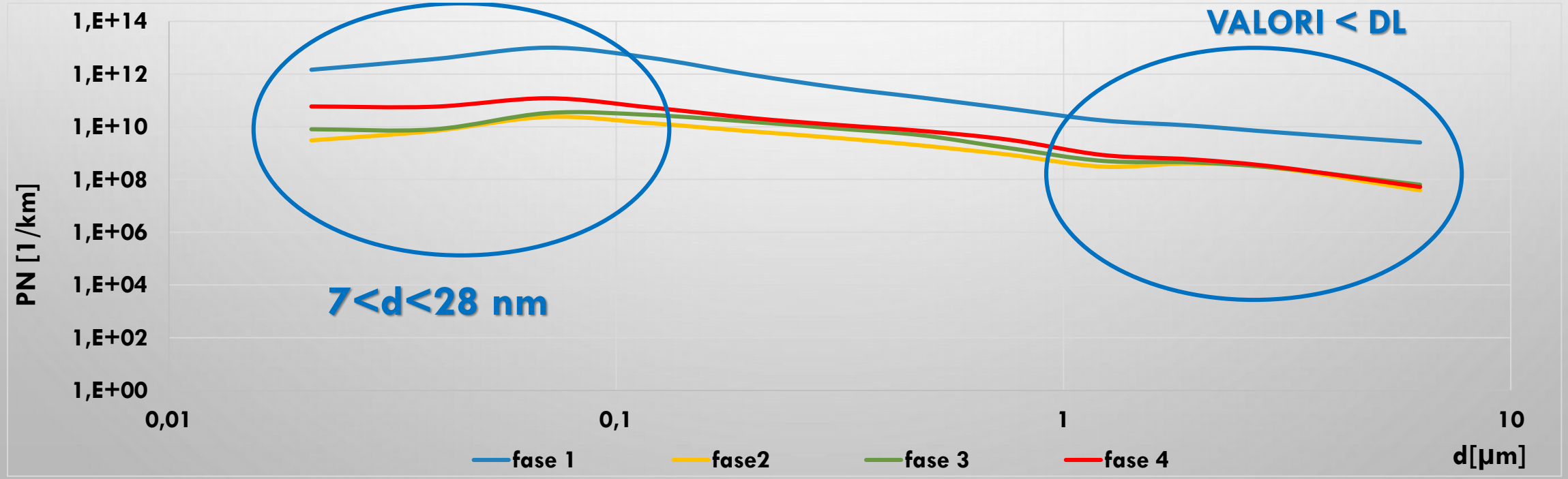
ELPI

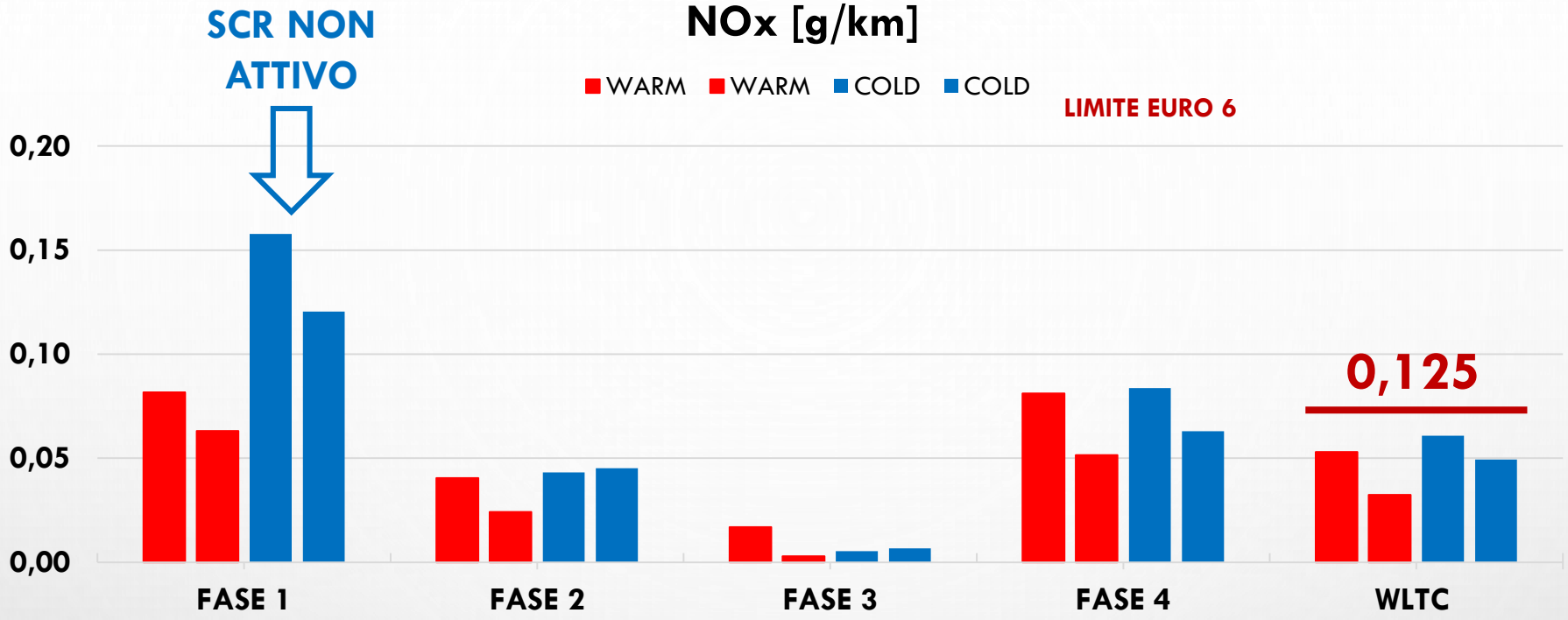
I DIAMETRI AERODINAMICI MEDI DELLE VARIE CLASSI DIMENSIONALI

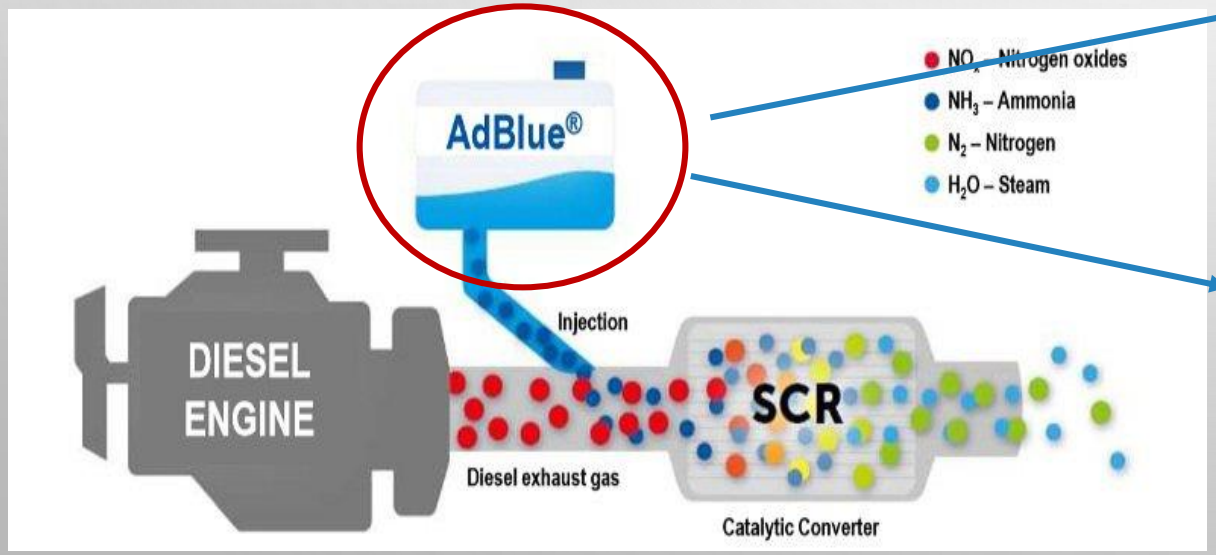
	ch1	ch2	ch3	ch4	ch5	ch6	ch7	ch8	ch9	ch10	ch11	ch12
µm	0,021	0,039	0,07	0,118	0,199	0,314	0,481	0,759	1,225	1,945	3,078	6,271

DISTRIBUZIONE DIMENSIONALE DELLE PARTICELLE MISURATE A VALLE DEL DPF

PARTICELLE ULTRAFINI







33%
UREA

67%
H20
DEIONIZZATA

EFFICIENZA SCR

170°C

=

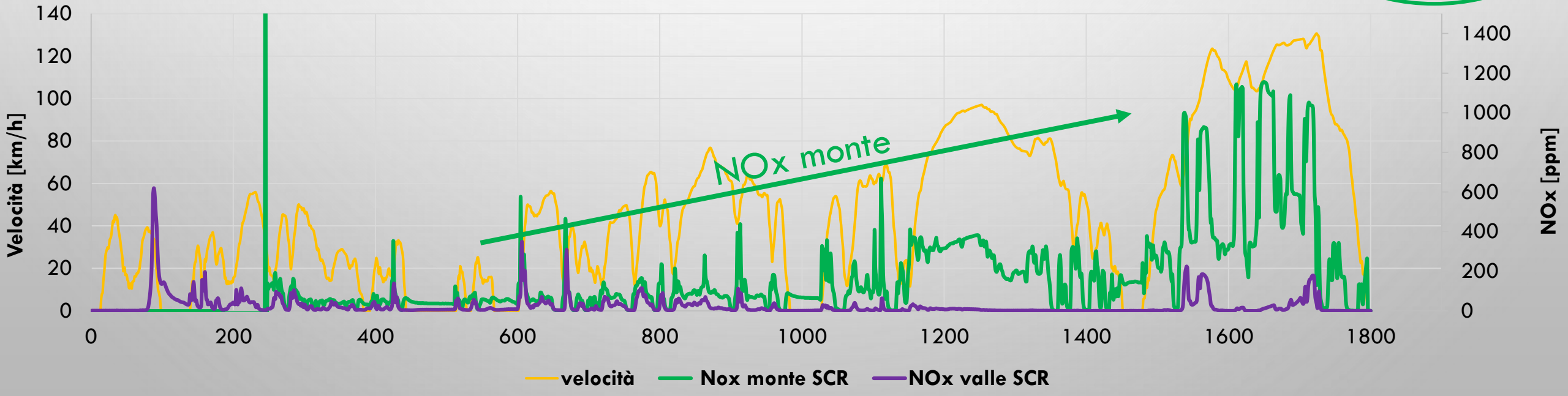
T monte SCR

REAZIONI SECONDARIE DI CONVERSIONE ⇦ ΔT

1.TEMPO DI ATTIVAZIONE

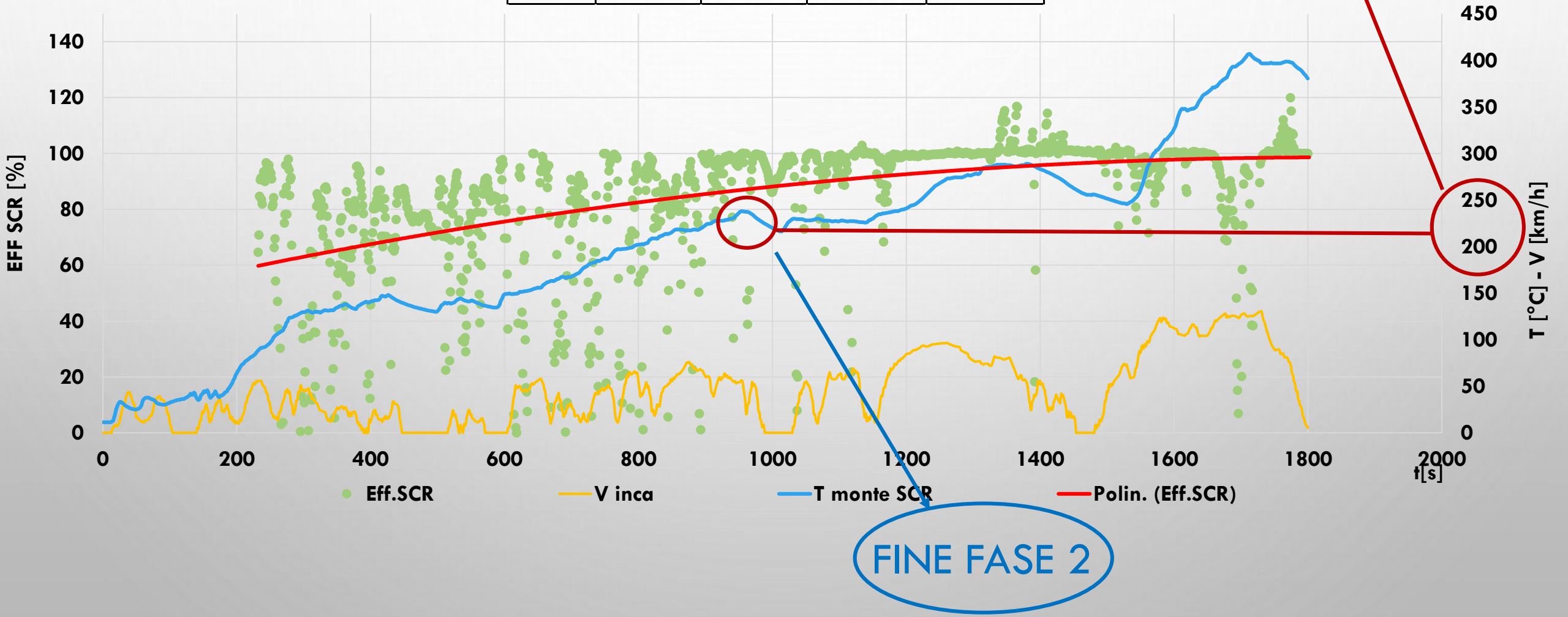
2.TEMPO DI FUNZIONAMENTO ⇨ INIEZIONE UREA

NOx monte SCR

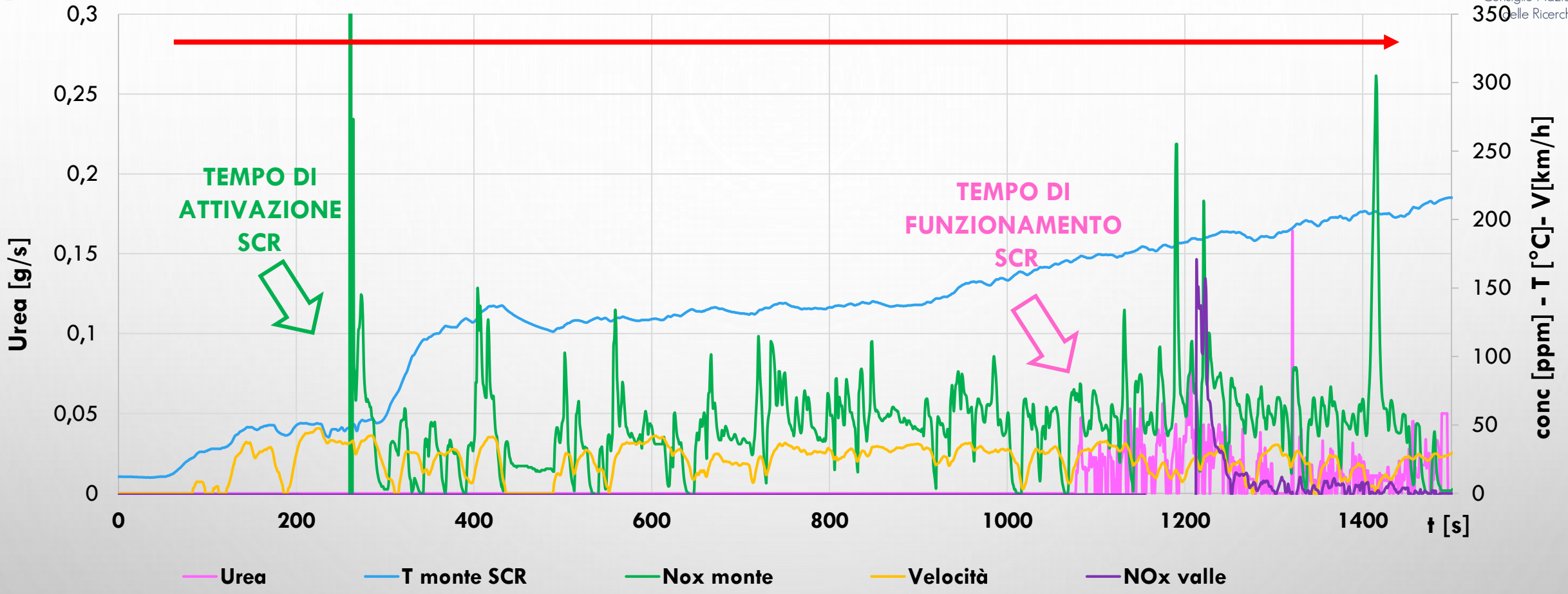


	EFF. SCR [%]			
	COLD_1	COLD_2	WARM_1	WARM_2
FASE 1	36	39	32	68
FASE 2	64	59	63	84
FASE 3	99	98	95	98
FASE 4	91	95	93	96
TOT	89	92	89	94

TEMPERATURA di regime



INIEZIONE UREA



AUMENTO DELLA VELOCITA' E TEMPERATURA ⇨ **AUMENTO DEI NOx PRODOTTI** ⇨ **AUMENTO UREA INIETTATA** ⇨ **MIGLIOR EFFICIENZA DI CONVERSIONE**

REAL DRIVING EMISSION

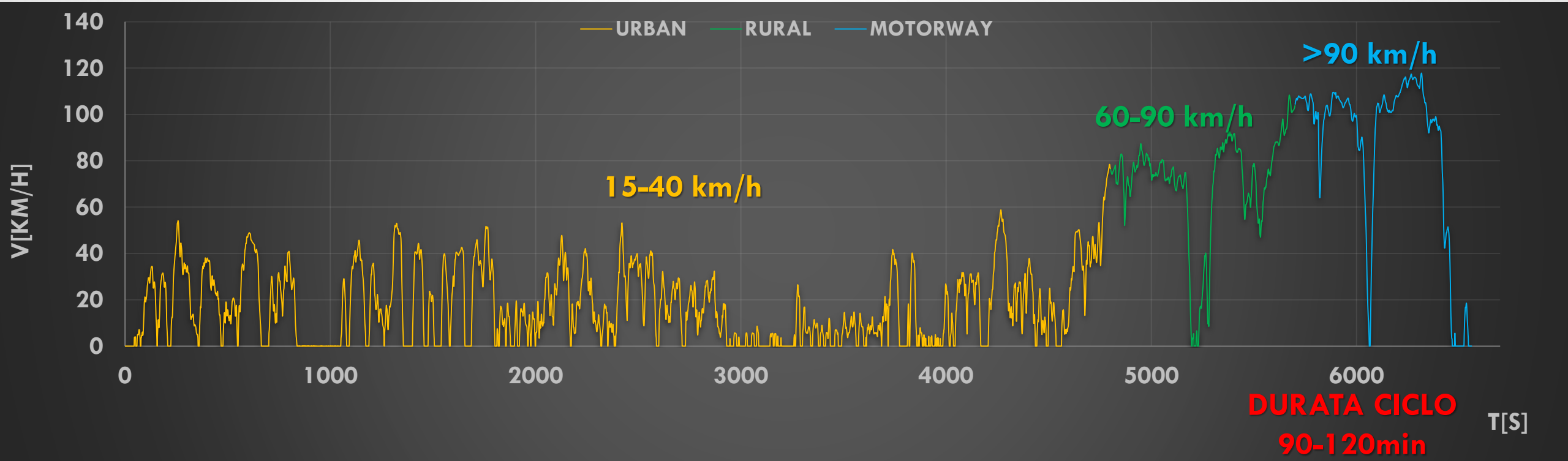
Consiglio Nazionale delle Ricerche

1

SCELTA DEL PERCORSO

- **DISTANZA**
- **TEMPO DI PERCORRENZA**
- **RANGE DI VELOCITÀ**
- **PENDENZA PERCORSO**

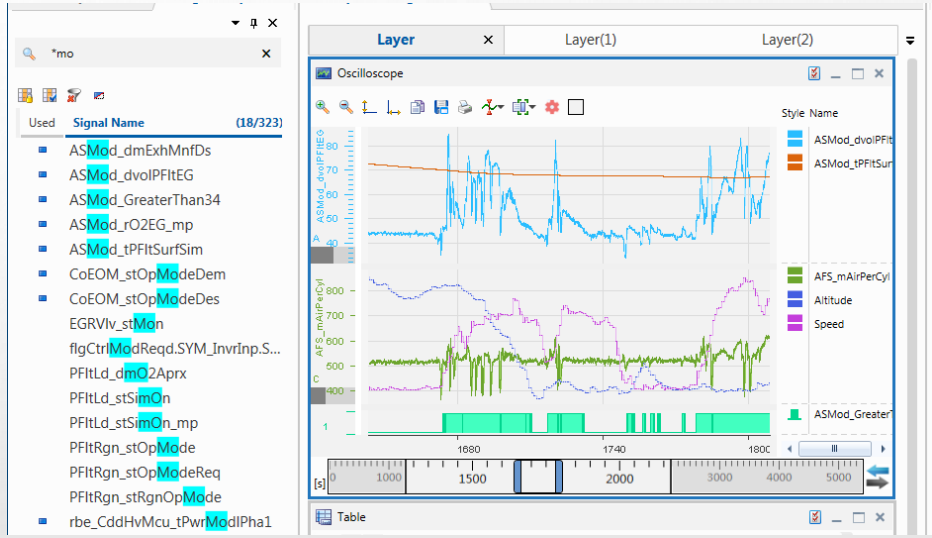
TEST ROUTE	Urban:[29%-44%]
	Rural:[23%-43%]
	Motorway:[23%-43%]
TRIP COMP. DISTANCE	>16km for each route-
EMISSIONS SAMPLING	>15cm from EFM
TEST RUN	working days



STRUMENTAZIONE PEM

Consiglio Nazionale delle Ricerche

- Analizzatore dei gas di scarico (CO, CO_2, NOx, THC)
- Sonda riscaldata per il campionamento degli esausti
- Misuratore di portata dei gas di scarico (EFM)
- GPS
- Stazione metereologica
- Batterie di alimentazione



Parametri di Funzionamento

VehV_v	Epm_nEng	APP_r	ASMod_dmEGId	EXH_TFId
Velocità Veicolo	Giri Motore	Posizione dell'Accelleratore	Portata in massa dei gas di scarico	Temperatura dei gas esausti
[Km/h]	[rpm]	[%]		
0	780,5	0		
0	799	0		
0	797	0		

EMROAD

Tool ottimizzato dalla commissione europea

Consiglio Nazionale delle Ricerche

PERCORSO NAPOLI

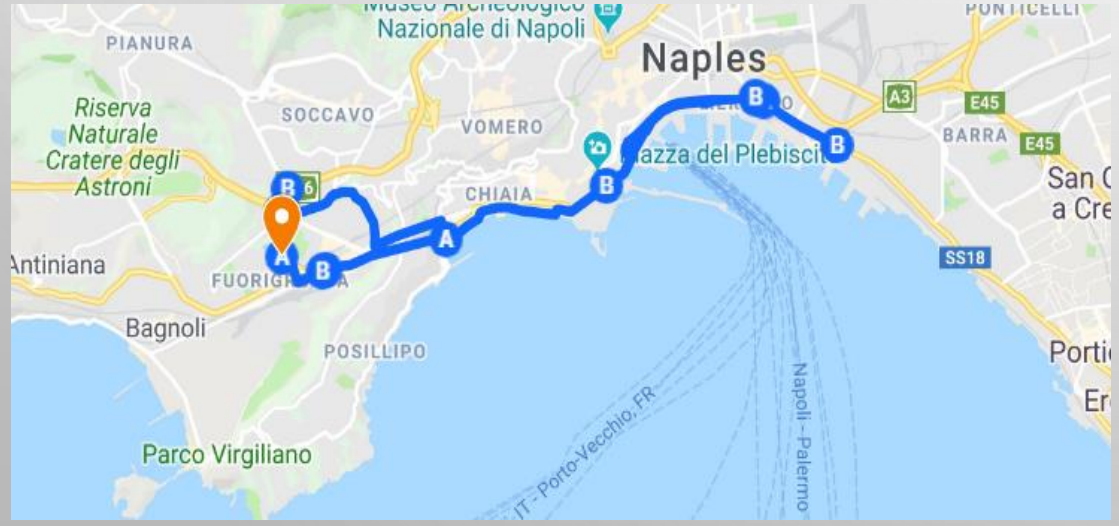
Total trip distance	Km	60,70
Total trip duration	min. [90-120]	108,53
Cold start duration	min. [=5]	5,00
Urban distance	km [>16]	24,40
Rural distance	km [>16]	15,83
Motorway distance	km [>16]	20,47
Urban distance share	% [29-44]	40,20
Rural distance share	% [23-43]	26,07
Motorway distance share	% [23-43]	33,73
Urban average speed	km/h [15-40]	17,38
Rural average speed	km/h	76,47
Motorway average speed	km/h	103,65
Total trip average speed	km/h	33,56
Motorway speed above 145 km/h	% [<3% mot. time]	0,00
Motorway speed above 100 km/h	min [>=5]	8,43
Urban stop time	% [6-30]	25,06
Start and end points elevation absolute difference	m [<=100m]	103,70
Total cumulative positive elevation gain	m/100km [<1200m/100km]	748,96
Urban cumulative positive elevation gain	m/100km [<1200m/100km]	823,83
Idling event(s) longer than 300 s	Yes/No	No
Initial idling duration	s [<=15]	44
Cold start average speed	km/h [15-40]	18,59
Cold start maximum speed	km/h [<60]	54,11
Cold start stop time	s [<=90]	73,00

PROVA RDE VALIDA?

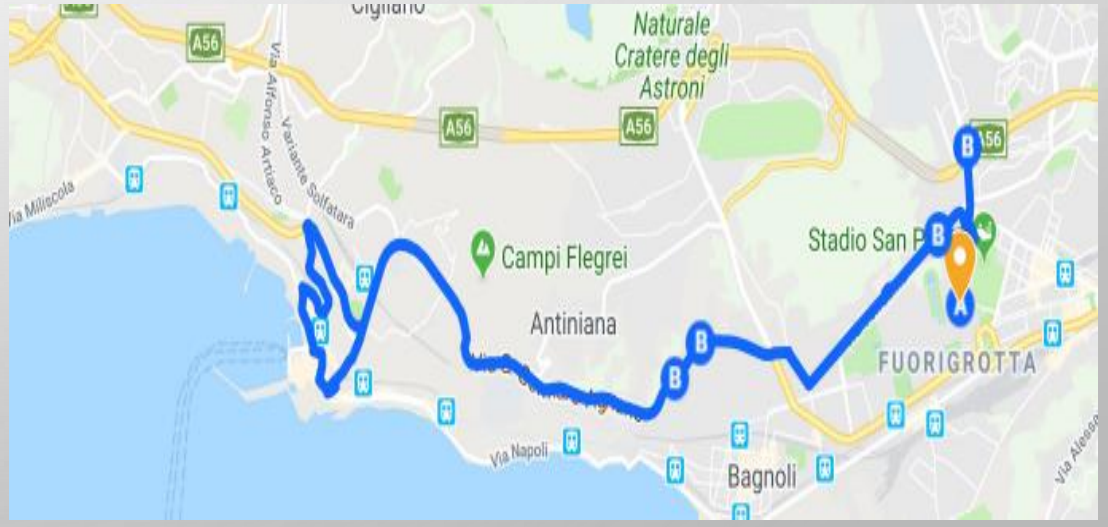
PERCORSI SCELTI

Consiglio Nazionale delle Ricerche

PERCORSO NAPOLI



PERCORSO POZZUOLI



CONFRONTO PERCORSI

Consiglio Nazionale delle Ricerche

NAPOLI_rde1	Ts [s]	S [km]
FASE 1	4800	22
FASE 2	900	18
FASE 3	860	22
TOT	6560	62
	1:49 h	

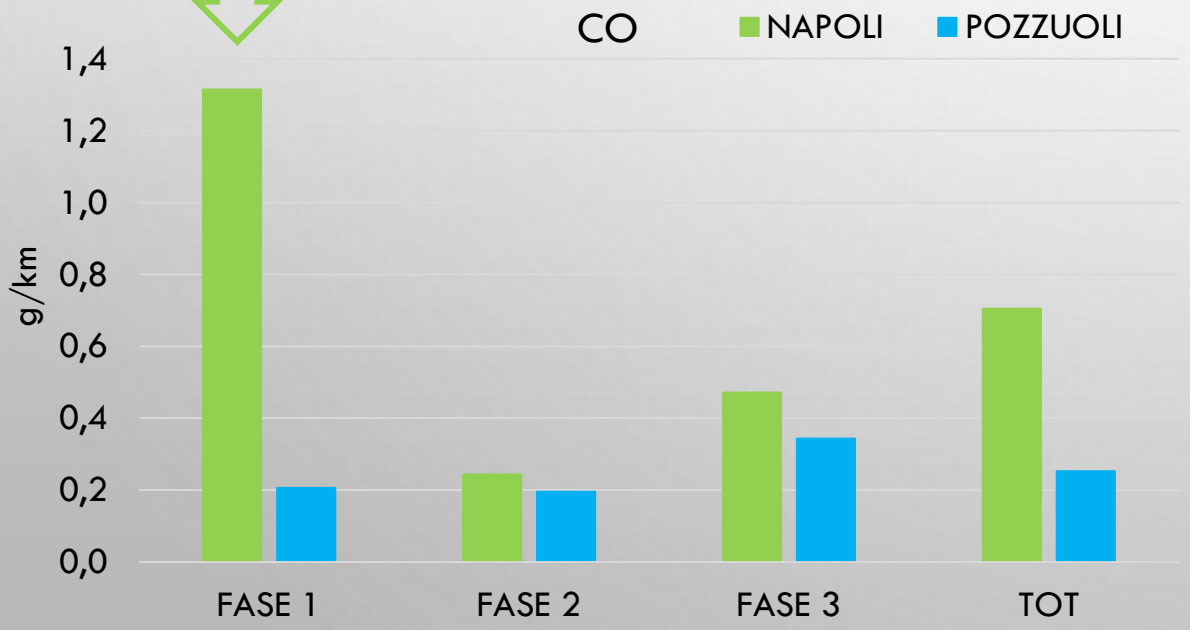
POZZUOLI_rde1	Ts [s]	S [km]
FASE 1	3480	24
FASE 2	840	16
FASE 3	840	22
TOT	5160	62
	1:26 h	

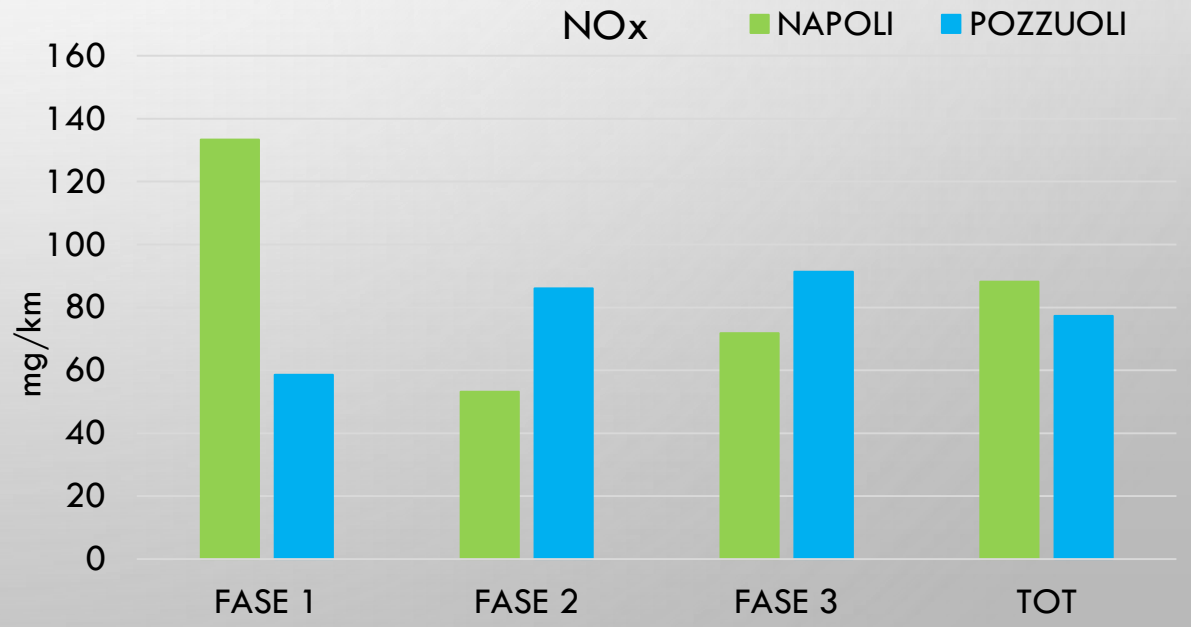
RDE:
LIMITE NOx
125xFC

OGGI:
2.1

2020:
1.5

DURATA MAGGIORE





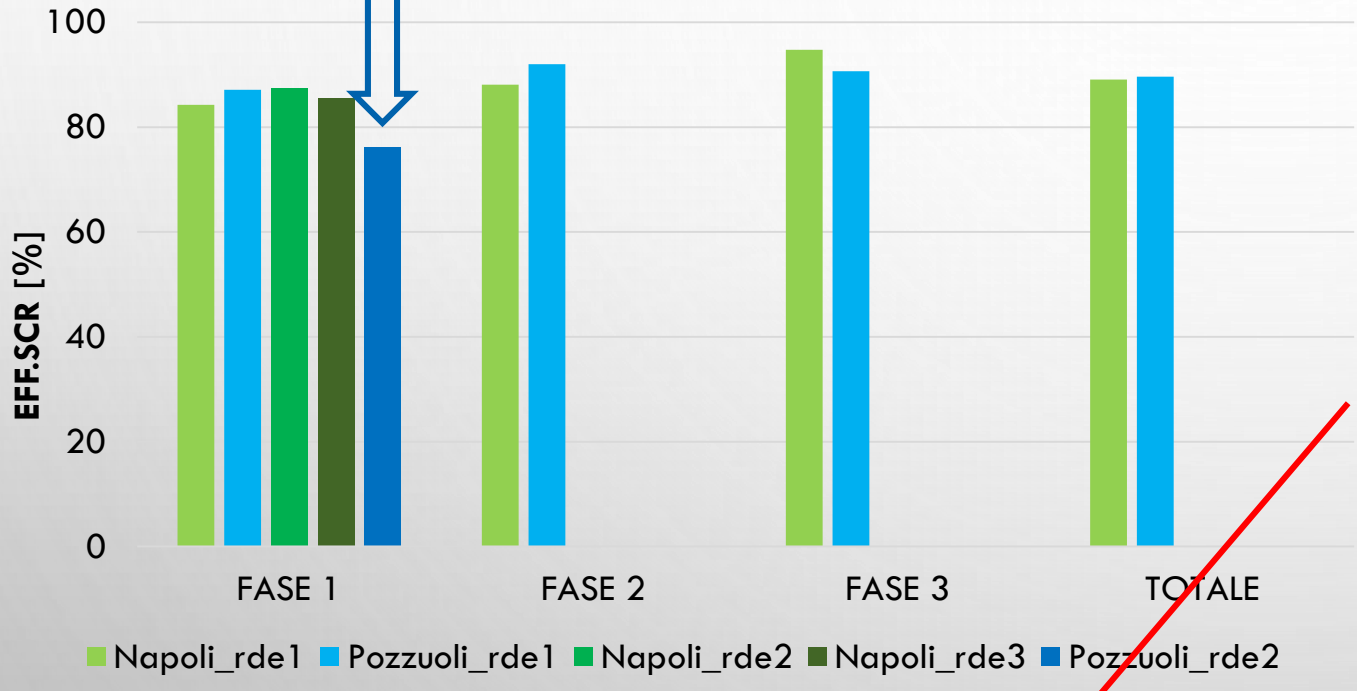
EFFICIENZA SCR

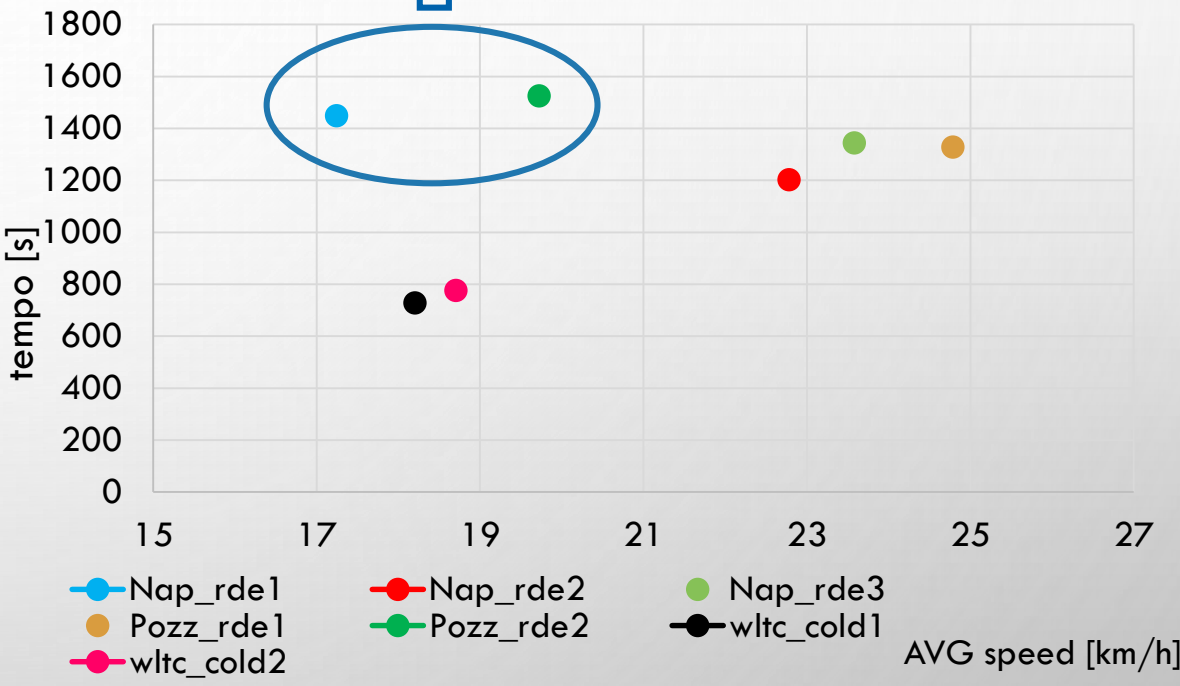
Consiglio Nazionale delle Ricerche

AVG Speed minore

EFFICIENZA INFERIORE

Iniezione urea ritardata

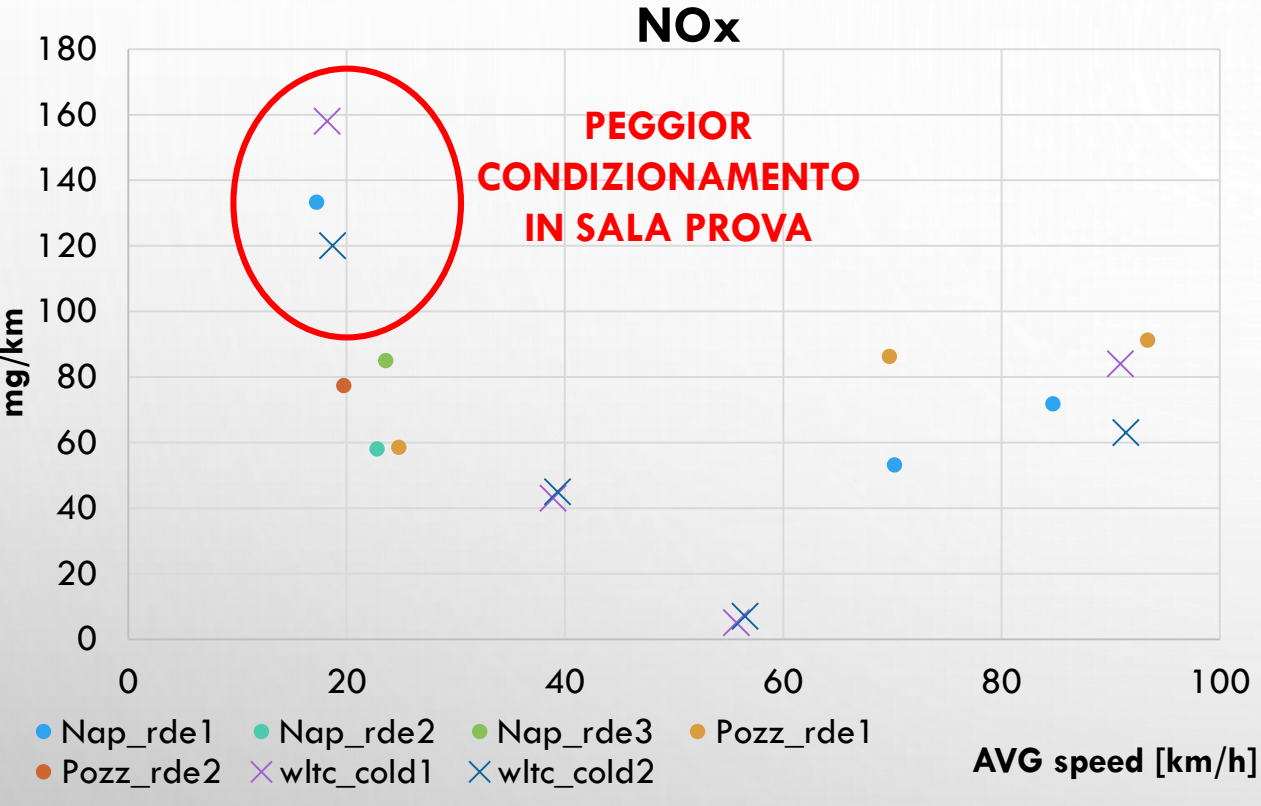


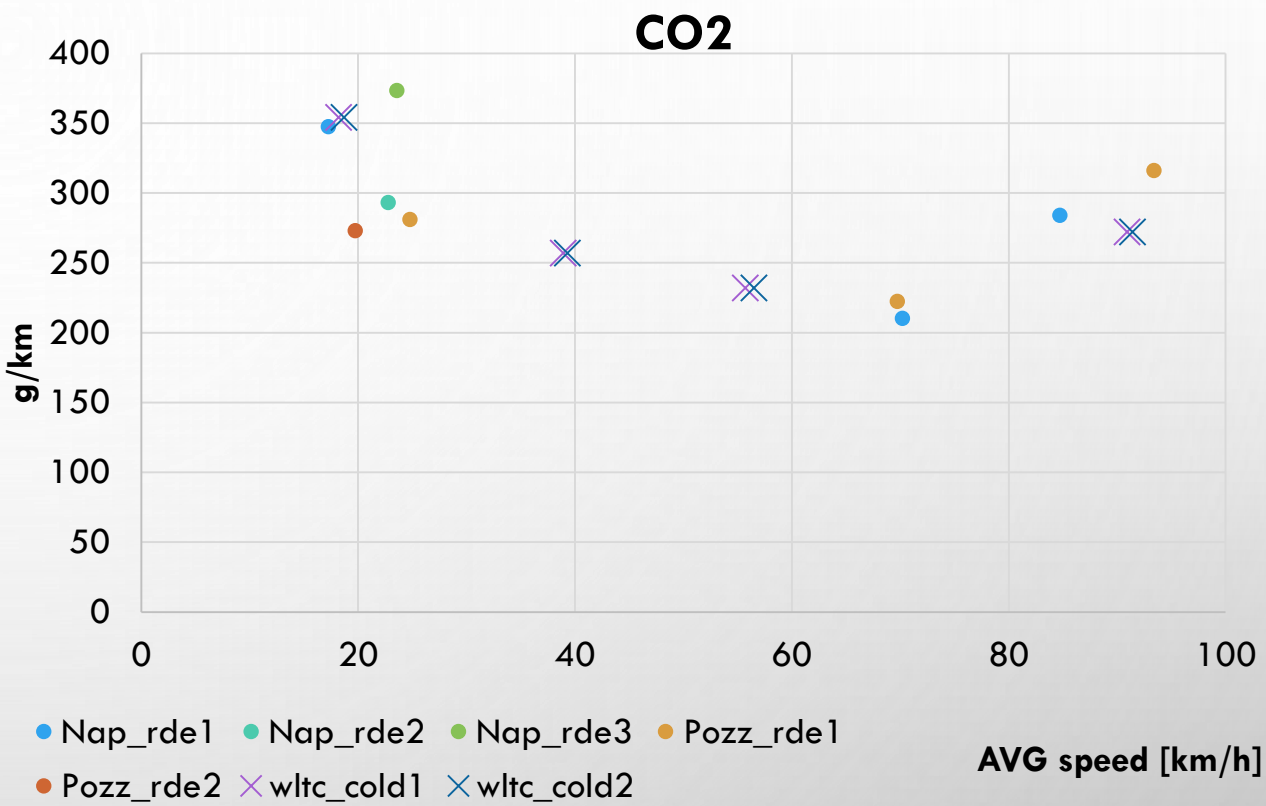


Tempo in cui inizia ad essere iniettata Urea

CONFRONTO CICLO REALE E CICLO DI OMOLOGAZIONE

Consiglio Nazionale delle Ricerche





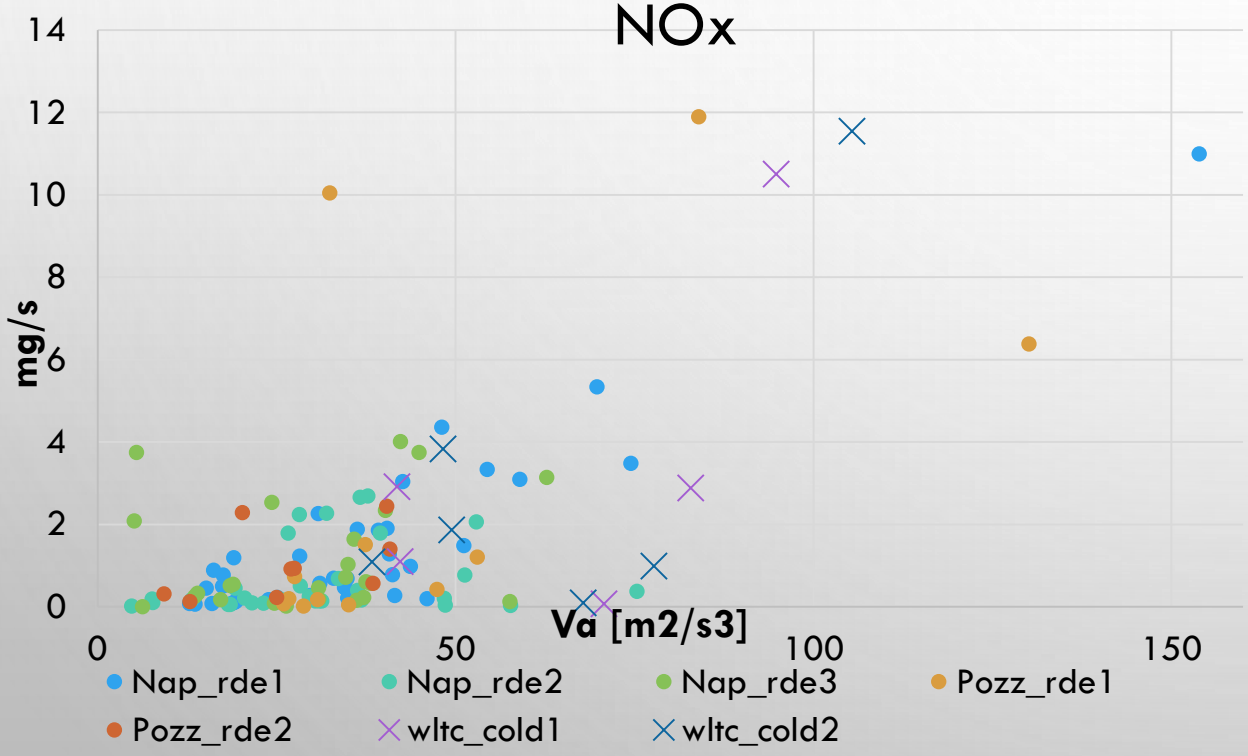
EMISSIONI RDE > EMISSIONI WLTC

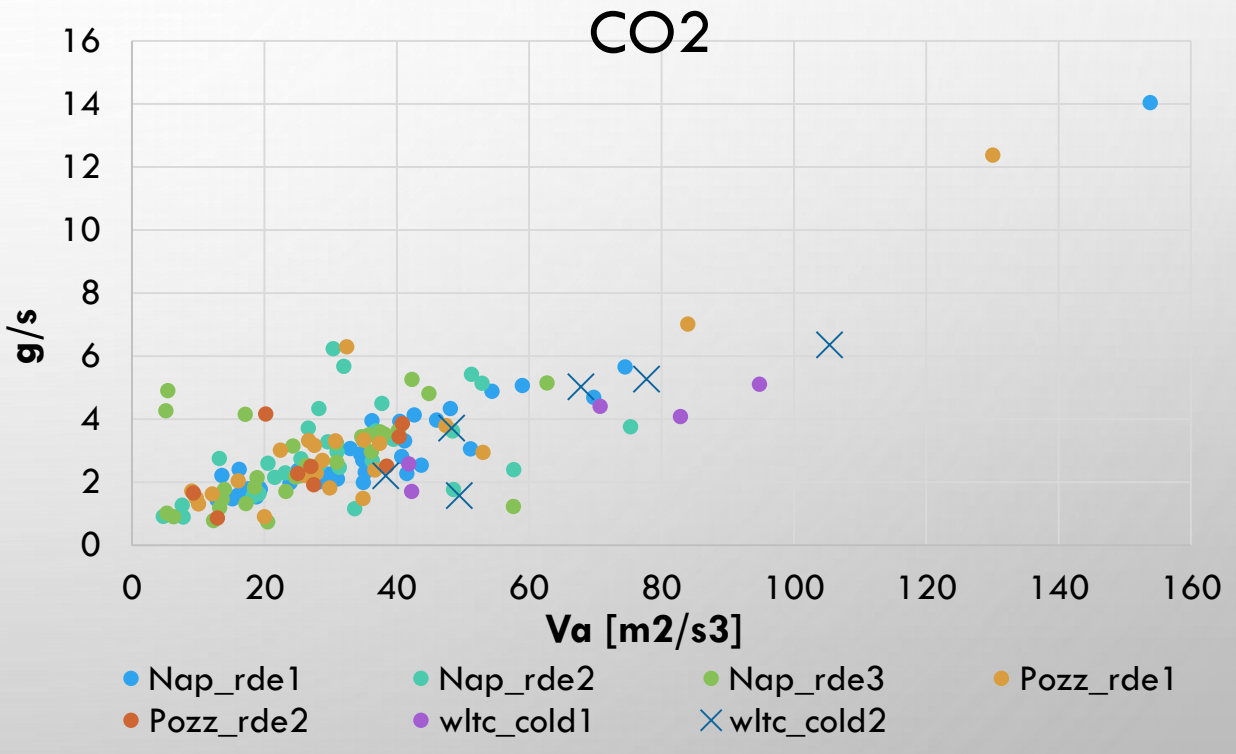
1. **MAGGIOR CARICO SU STRADA**
2. **PRESENZA DI SALITE**

PARAMETRO $(va)pos$

Consiglio Nazionale delle Ricerche

INDICE DELLA POTENZA EROGATA DAL MOTORE





CONCLUSIONI

Consiglio Nazionale delle Ricerche

- LIMITI DI EMISSIONI ALLO SCARICO SEMPRE RISPETTATE SIA NEI CICLI REALI CHE NEI CICLI DI OMOLOGAZIONE;
- EMISSIONI GENERALMENTE MAGGIORI NELLE PROVA SU STRADA RISPETTO ALLE PROVE IN LABORATORIO;

- EFFICIENZA DEL FILTRO ANTIPARTICOLATO (DPF) SEMPRE SUPERIORE AL 90%;

- EFFICIENZA DELL'SCR TRA L'80-100% QUANDO SI SUPERA LA TEMPERATURA DI 170°C;
- L'SCR RIESCE A CONVERTIRE UNA PARTE DEI NOx ANCHE PRIMA DEL RAGGIUNGIMENTO DI 170°C GRAZIE ALL'INNESCO DI REAZIONI SECONDARIE NEL CATALIZZATORE, RAGGIUNGENDO OVVIAMENTE EFFICIENZE MINORI;
- L'SCR NON RIESCE AD ATTIVARSI E QUINDI A RILEVARE NOx QUANDO LA VELOCITA' MEDIA DEL VEICOLO E' TROPPO BASSA.