



Cogenerazione oggi e domani

La cogenerazione: inquadramento e stato dell'arte

Prof. Pier Ruggero Spina

Dipartimento di Ingegneria - Università di Ferrara

Presidente SC 04

"Sistemi e macchine per la produzione di energia"

Comitato Termotecnico Italiano

La cogenerazione: introduzione e concetti di base

La cogenerazione

*produzione combinata, in un unico processo,
di energia elettrica/meccanica e calore*

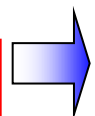
combustibile



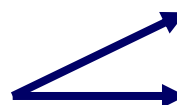
**SISTEMA
COGENERATIVO**



calore di scarto

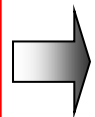


energia elettrica



autoconsumo AT/MT/BT

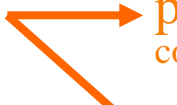
immissione in rete AT/MT/BT



energia meccanica ???



energia termica



per usi civili/terziari (riscaldamento,
condizionamento, acqua sanitaria)

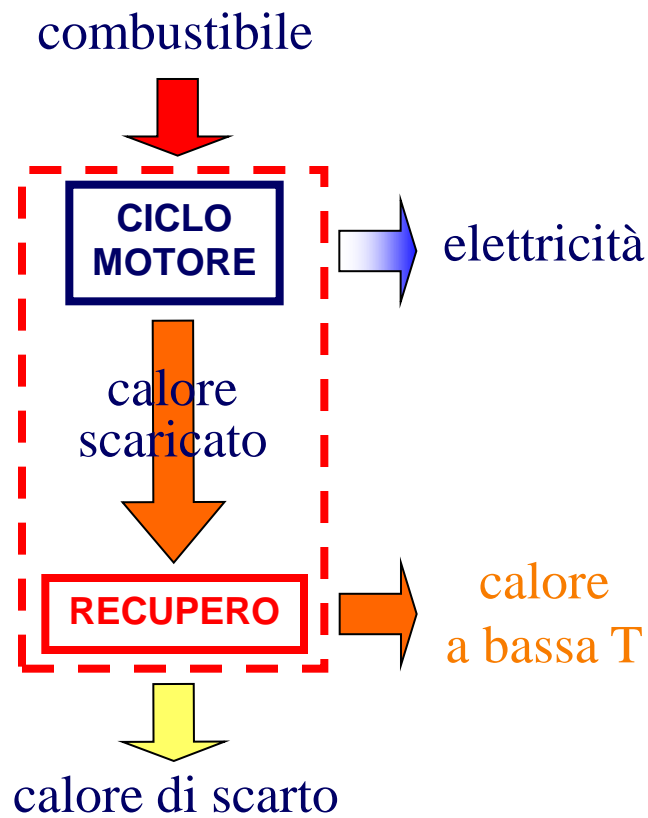
per usi industriali
(sia calore che freddo per
il processo produttivo)

Cogenerazione “topping” o “bottoming”

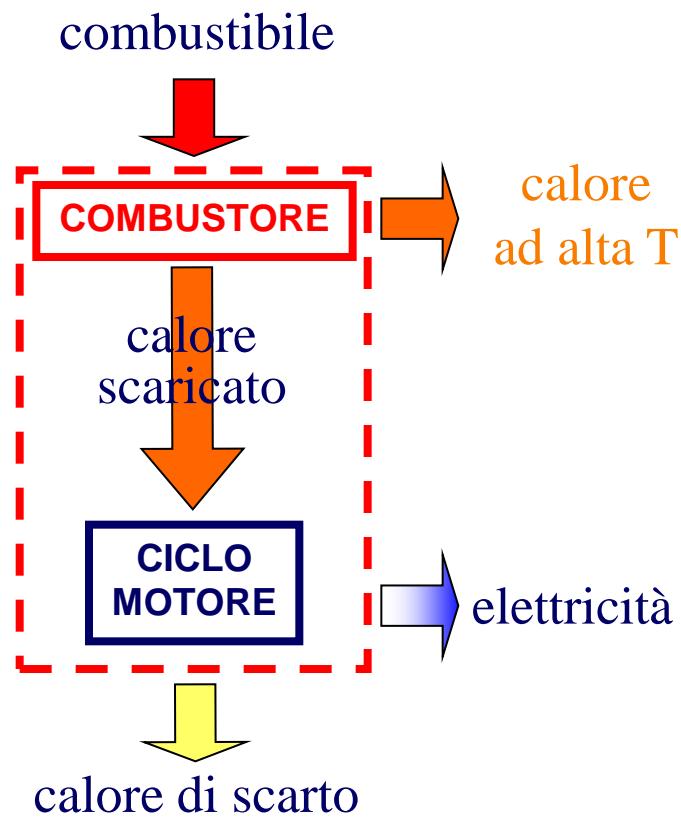


Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara

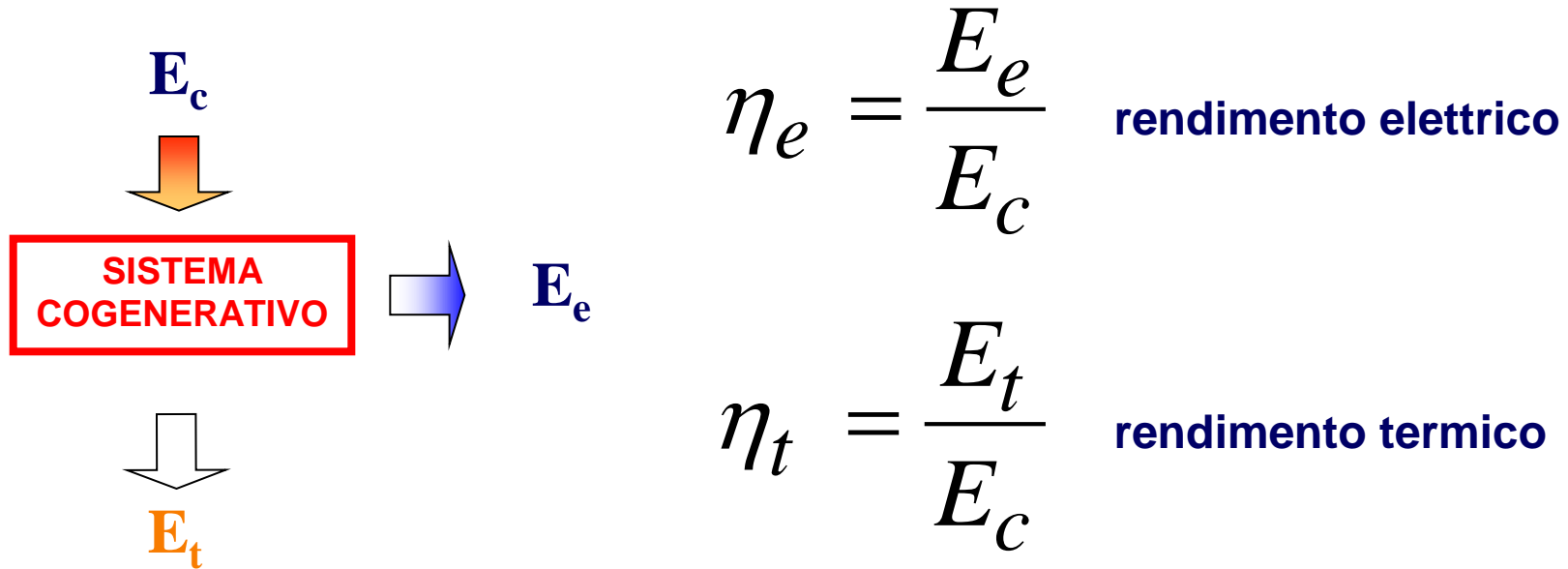
TOPPING



BOTTOMING



Prestazioni di un cogeneratore



$$\eta_e = \frac{E_e}{E_c} \quad \text{rendimento elettrico}$$

$$\eta_t = \frac{E_t}{E_c} \quad \text{rendimento termico}$$

$$\eta_{tot} = \eta_U = \frac{E_e + E_t}{E_c} = \eta_e + \eta_t \quad \text{rendimento totale o coefficiente di utilizzo del combustibile } \eta_U$$

Coefficiente di utilizzo del combustibile



Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara

**Se calcolato con riferimento al potere calorifico inferiore (PCI)
il limite superiore non è 100%**

Combustibile	PCS	PCI	PCS/PCI
idrogeno	144 000	121 000	119%
metanolo	22 513	19700	114%
gas naturale	55 765	50140	111%
gpl	50 071	46100	109%
gasolio	45 785	42860	107%
carbone (antracite)	34 378	33500	103%
olio vegetale (colza)	40 033	37400	107%
biodiesel	39 800	37100	107%
olio vegetale (palma)	39 133	36500	107%
olio combustibile	43 700	41000	107%
olio vegetale (soia)	39 343	36800	107%
biogas	19 679	17699	111%
gas d'altoforno	6 725	6050	111%

[valori di PCI e PCS in kJ/kg]

$$\eta_{tot} < \frac{PCS}{PCI}$$

Prestazioni di un cogeneratore



*Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara*

Primo principio termodinamica

CALORE = LAVORO

Secondo principio termodinamica

CALORE \neq LAVORO

1 kJ di ACQUA CALDA \neq 1 kJ di VAPORE \neq 1 kJ di ELETTRICITA'

Prestazioni di un cogeneratore



Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara

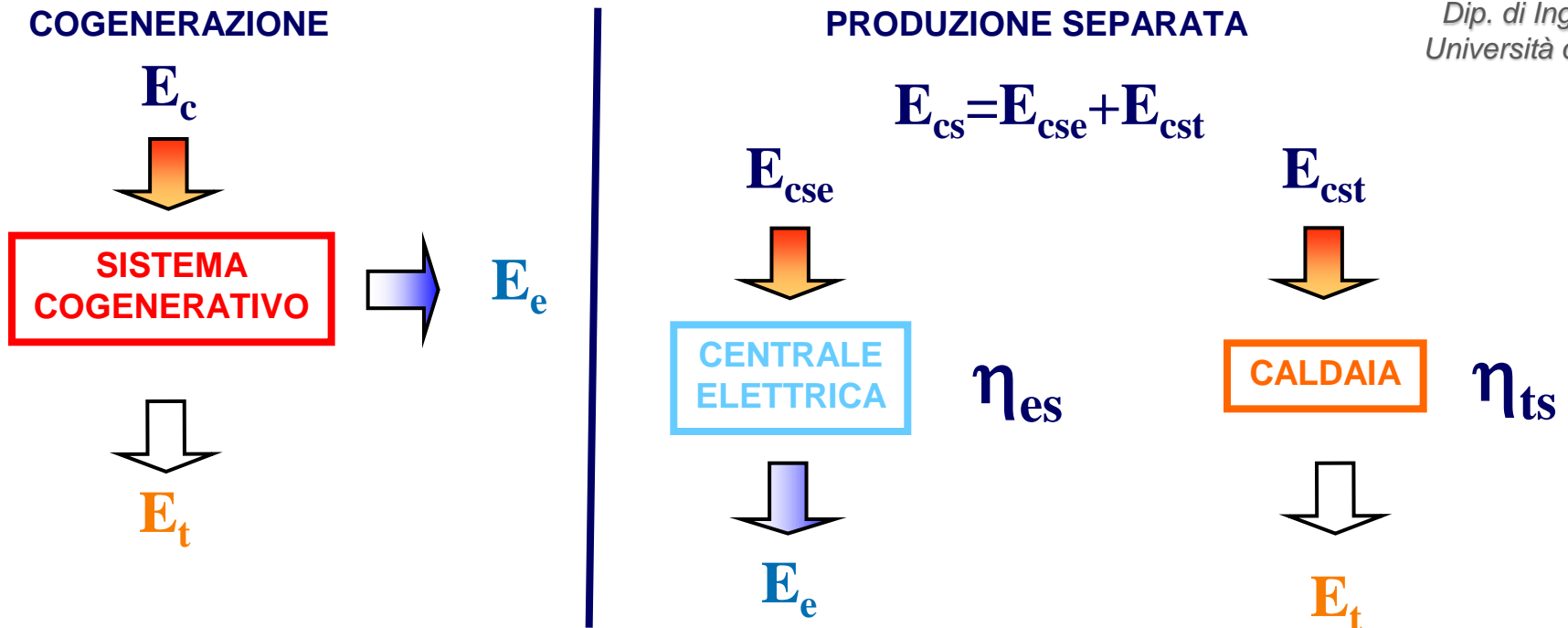
Rendimento di primo principio

$$\eta_I = \eta_{tot} = \frac{\textit{produzione utile}}{\textit{energia immessa con il combustibile}}$$

Rendimento di secondo principio

$$\eta_{II} = \frac{\textit{produzione utile pesata "termdinamicamente"}}{\textit{energia immessa con il combustibile}}$$

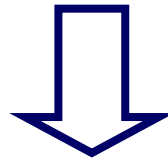
Confronto con la produzione separata



$$IRE = PES = \frac{E_{cs} - E_c}{E_{cs}} = 1 - \frac{E_c}{\frac{E_e}{\eta_{es}} + \frac{E_t}{\eta_{ts}}} = 1 - \frac{1}{\frac{\eta_e}{\eta_{es}} + \frac{\eta_t}{\eta_{ts}}}$$

Ubicazione del cogeneratore

- ✓ I combustibili sono una fonte energetica “trasportabile” (anche se in taluni casi questo può risultare economicamente e/o energeticamente non conveniente)
- ✓ L’elettricità è un vettore energetico “trasportabile”
- ✓ Il calore non è trasportabile (se non a brevi distanze)



**IL COGENERATORE DEVE ESSERE UBICATO
PRESSO L'UTENZA TERMICA**



Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara

Definizioni di generazione distribuita e di piccola e micro generazione

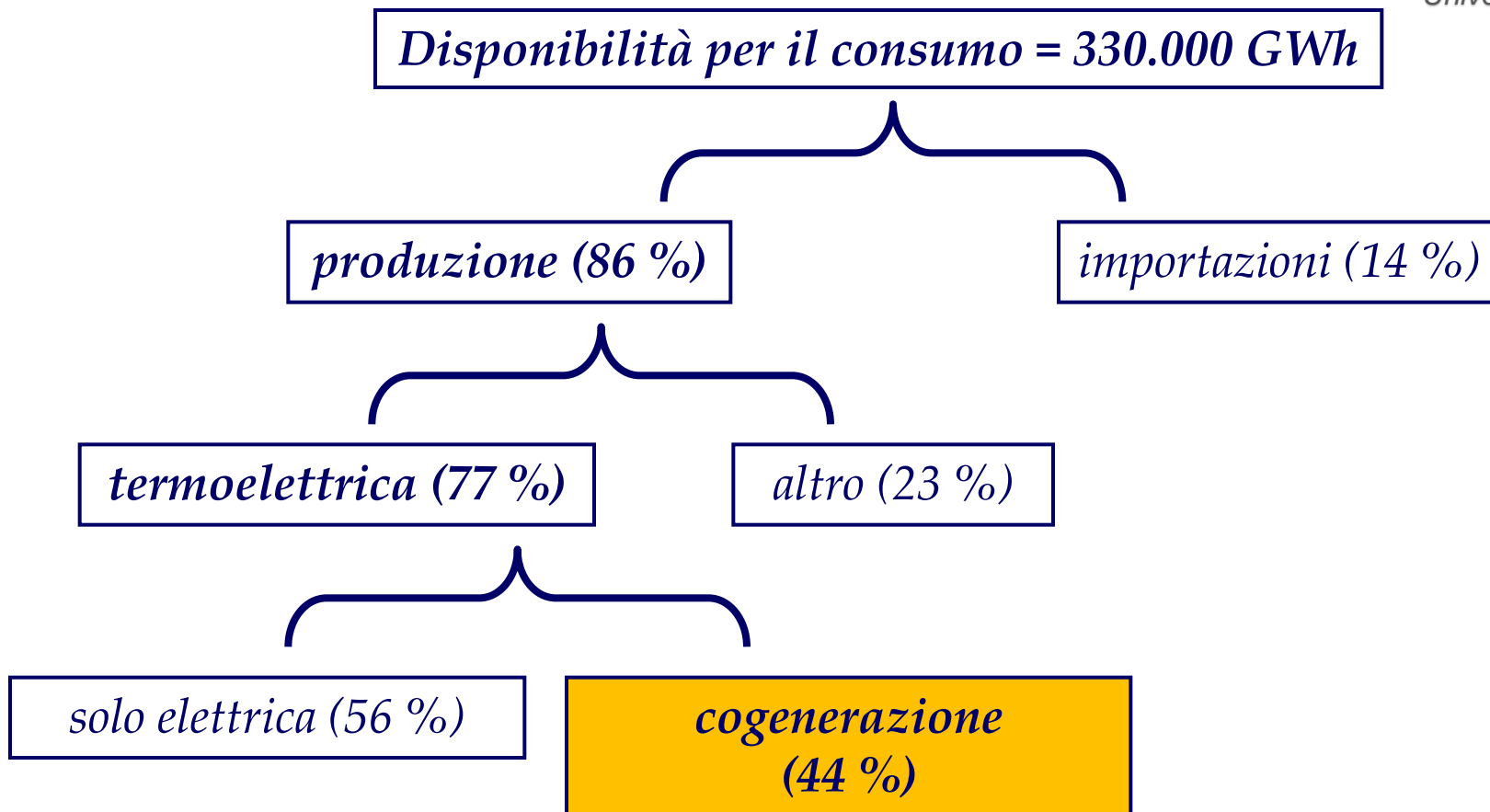
“Generazione distribuita: insieme degli impianti di generazione di potenza nominale inferiore ai 10 MVA” (Delibera AEEG 328/07)

“Impianto di piccola/micro generazione un impianto per la produzione di energia elettrica, anche in assetto cogenerativo, con capacità di generazione non superiore a 1 MW o a 50 kW” (D.Lgs. n°20 del 8/2/2007)

I numeri italiani della produzione elettrica (2011)



Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara



Sezioni, potenza e produzione impianti di cogenerazione in funzione della tecnologia utilizzata (dati AEEG, anno 2011)

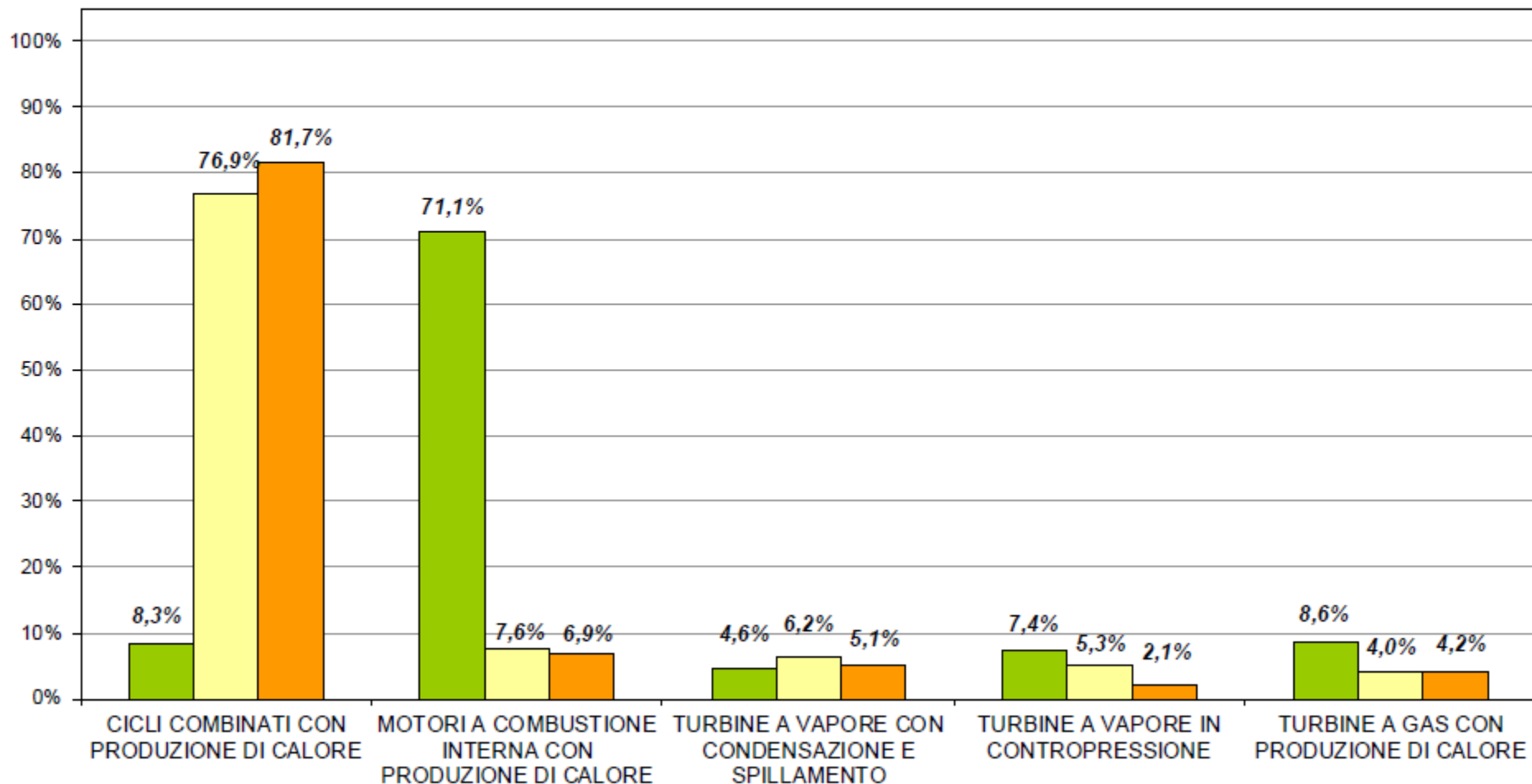
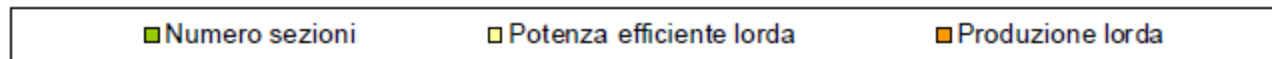


Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara

Numero totale sezioni: 1.980

Potenza efficiente lorda: 23.850 MW

Produzione lorda: 101.509 GWh



Sezioni, potenza e produzione impianti di cogenerazione GD in funzione della tecnologia utilizzata (dati AEEG, anno 2011)

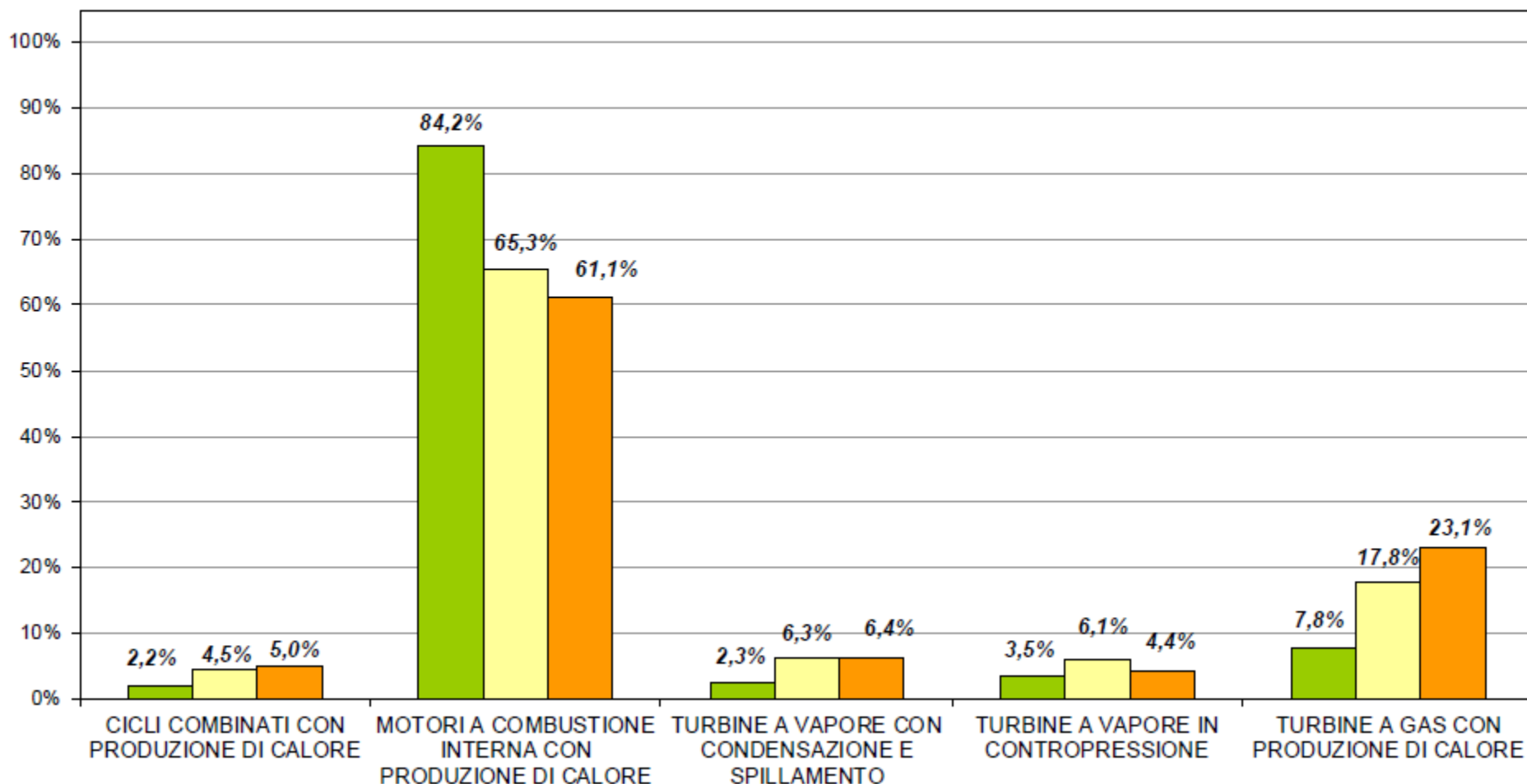
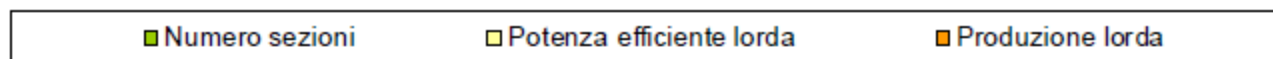


Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara

Numero totale sezioni: 1.534

Potenza efficiente lorda: 1.852 MW

Produzione lorda: 6,86 TWh



Sezioni, potenza e produzione impianti di cogenerazione PG in funzione della tecnologia utilizzata (dati AEEG, anno 2011)



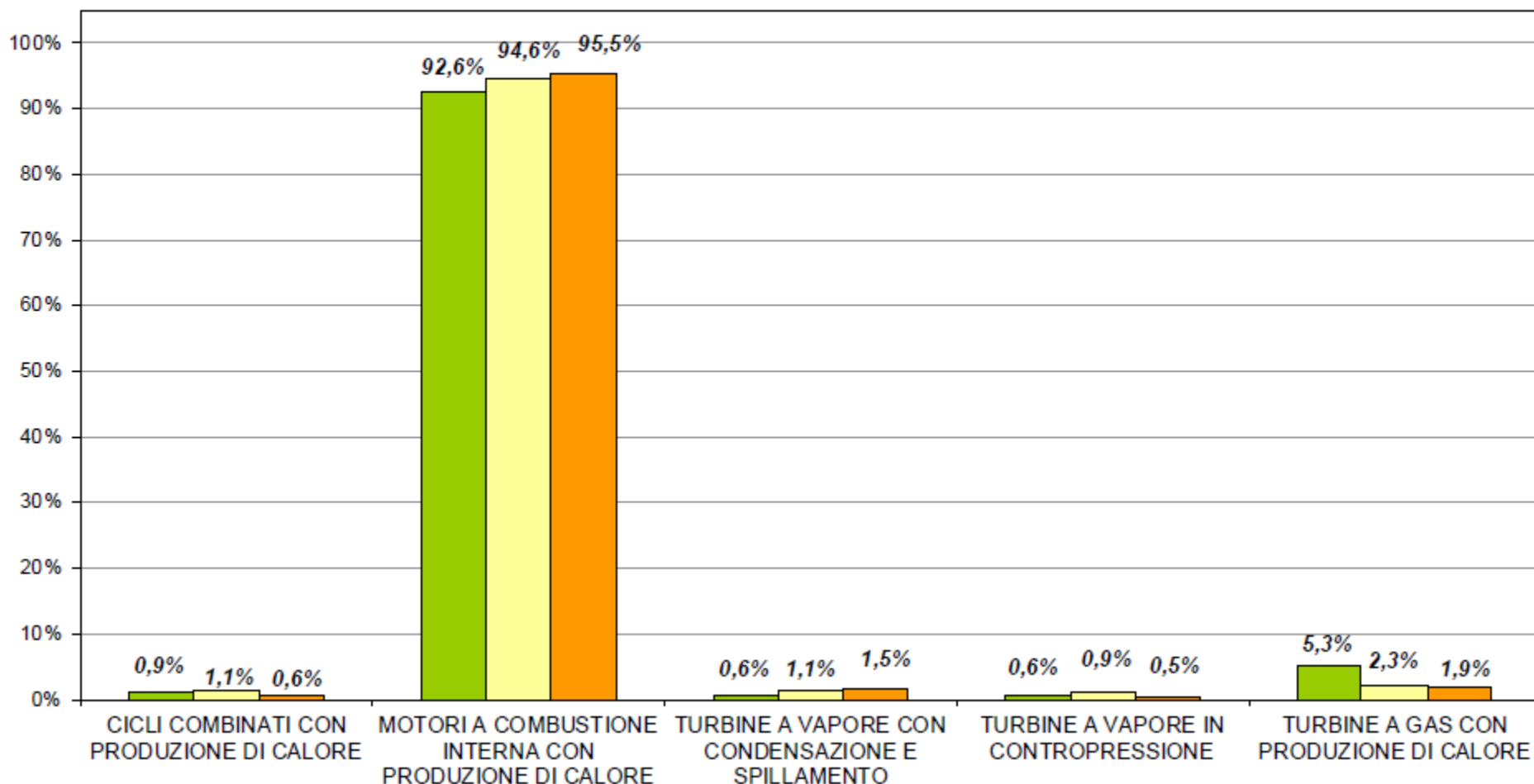
Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara

Numero totale sezioni: 854

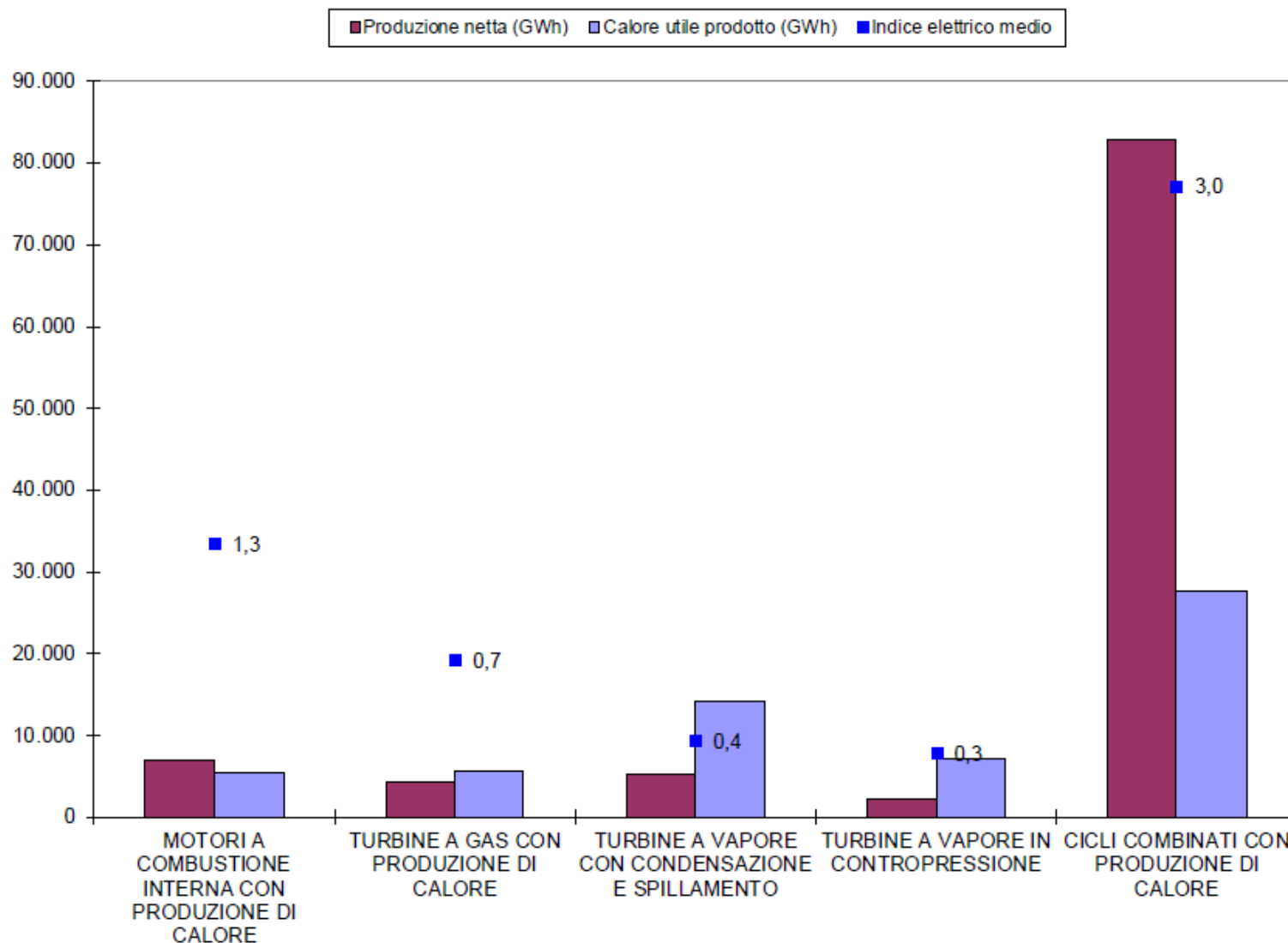
Potenza efficiente lorda: 405 MW

Produzione lorda: 1521 GWh

■ Numero sezioni ■ Potenza efficiente lorda ■ Produzione lorda



Produzione elettrica e termica e indice elettrico degli impianti di cogenerazione in funzione della tecnologia utilizzata (dati AEEG, anno 2011)



Sezioni, potenza e produzione impianti di cogenerazione in funzione della tecnologia utilizzata (dati AEEG, anno 2010)



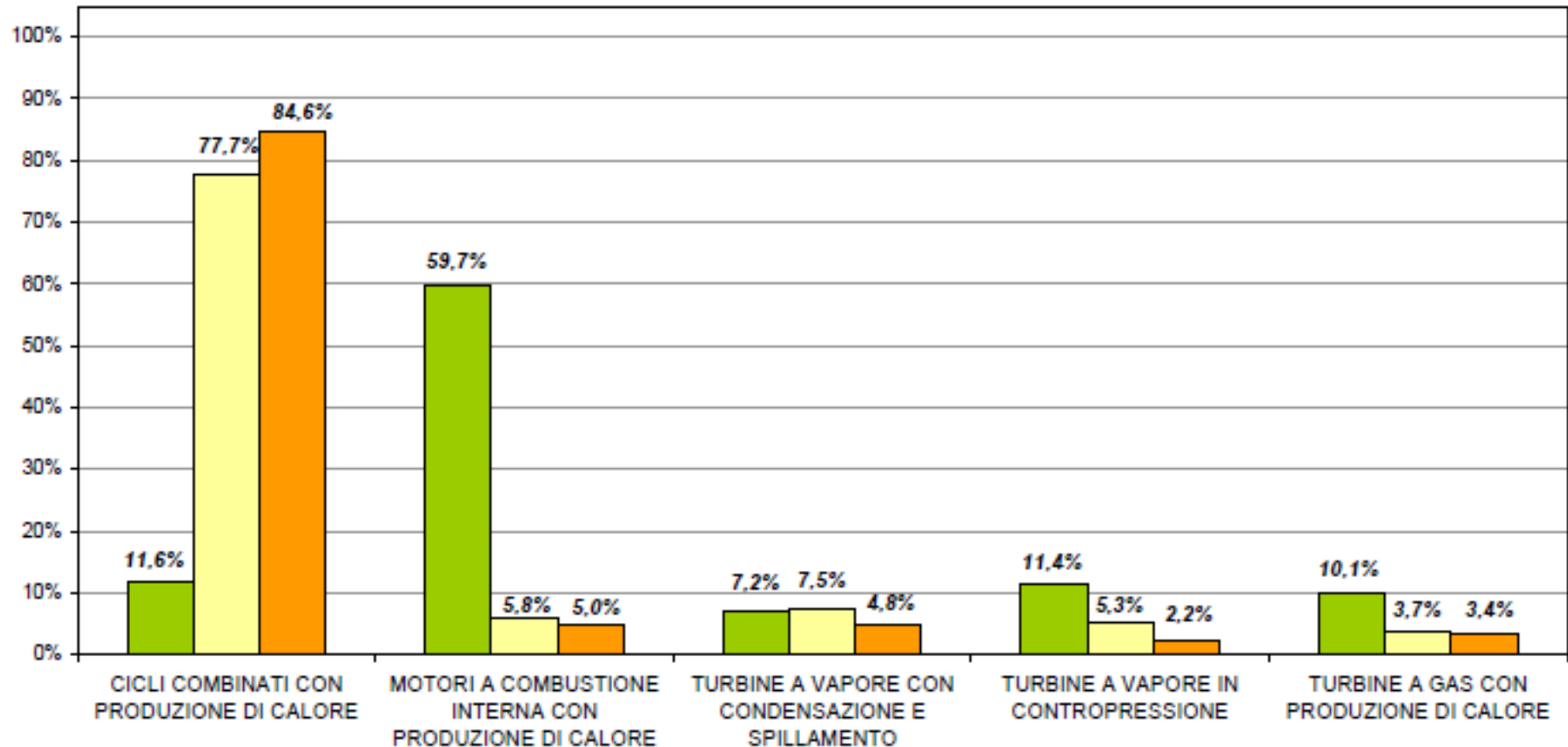
Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara

Numero totale sezioni: 1.391
2011 1.980

Potenza efficiente lorda: 24.376 MW
23.850

Produzione lorda: 111.468 GWh
101.509

■ Numero sezioni ■ Potenza efficiente lorda ■ Produzione lorda



Sezioni, potenza e produzione impianti di cogenerazione GD in funzione della tecnologia utilizzata (dati AEEG, anno 2010)



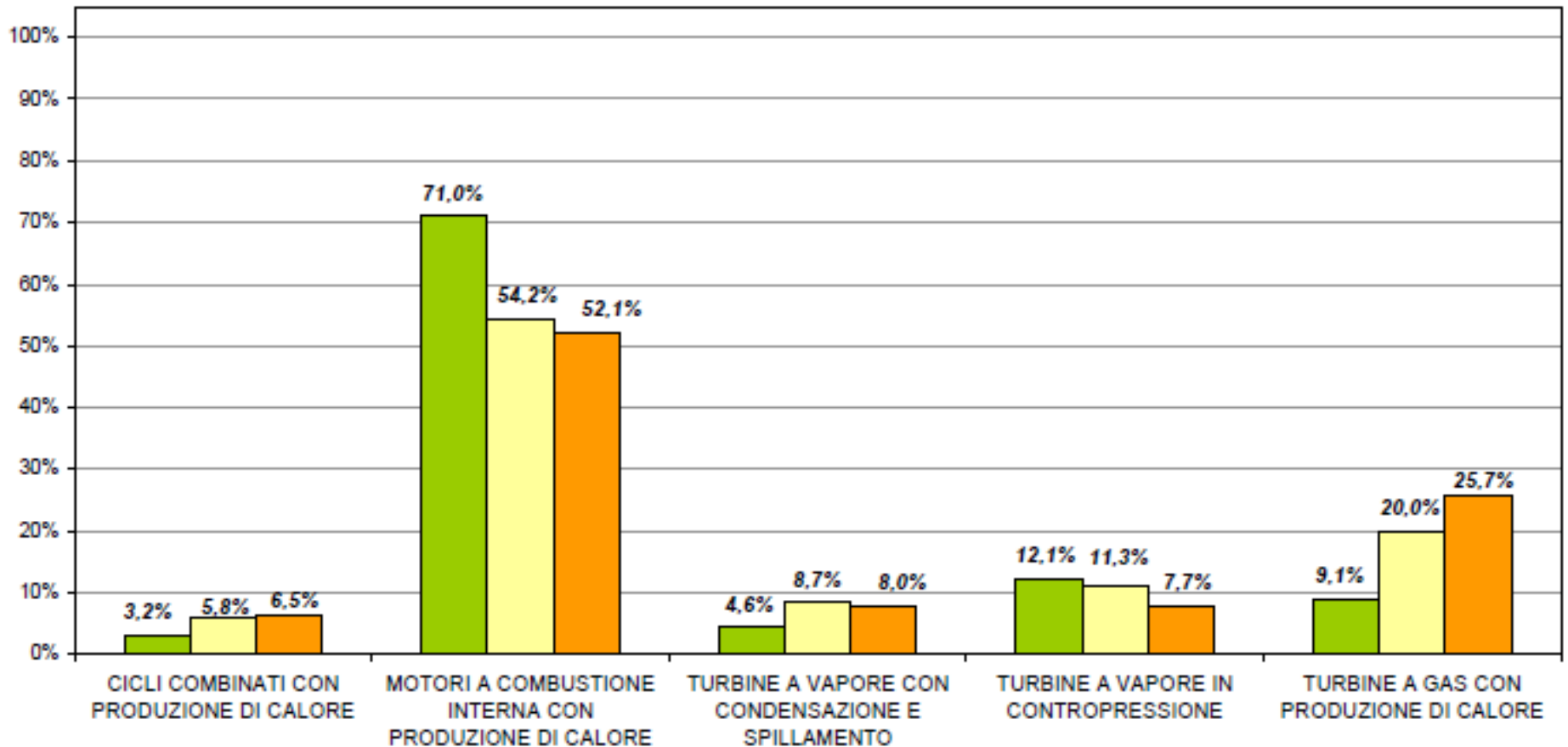
Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara

Numero totale sezioni: 1.038
2011 1.534

Potenza efficiente lorda: 1.554 MW
1.852

Produzione lorda: 5,63 TWh
6,86

■ Numero sezioni ■ Potenza efficiente lorda ■ Produzione lorda



Sezioni, potenza e produzione impianti di cogenerazione PG in funzione della tecnologia utilizzata (dati AEEG, anno 2010)



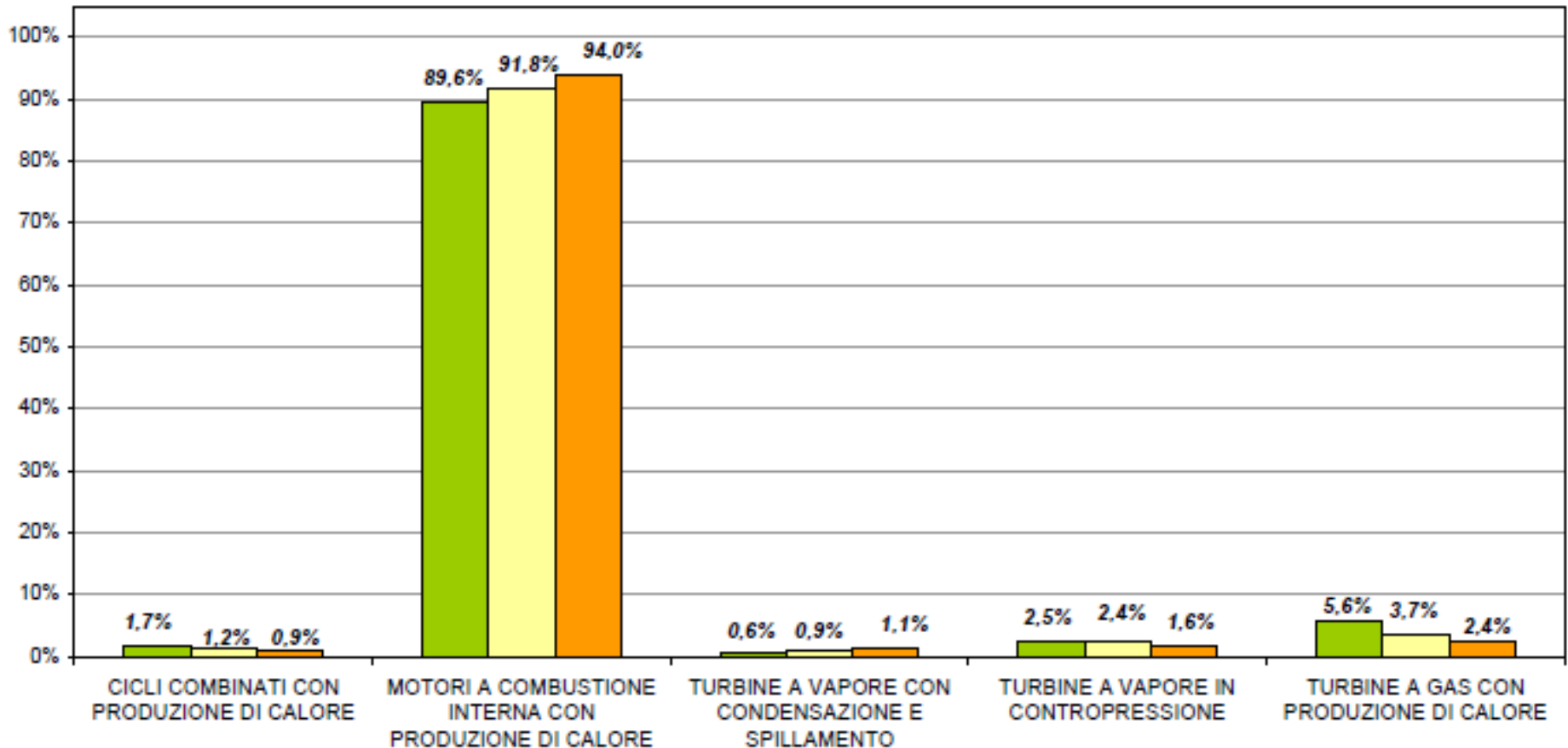
Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara

Numero totale sezioni: 355
2011 854

Potenza efficiente lorda: 170 MW
405

Produzione lorda: 549 GWh
1.521

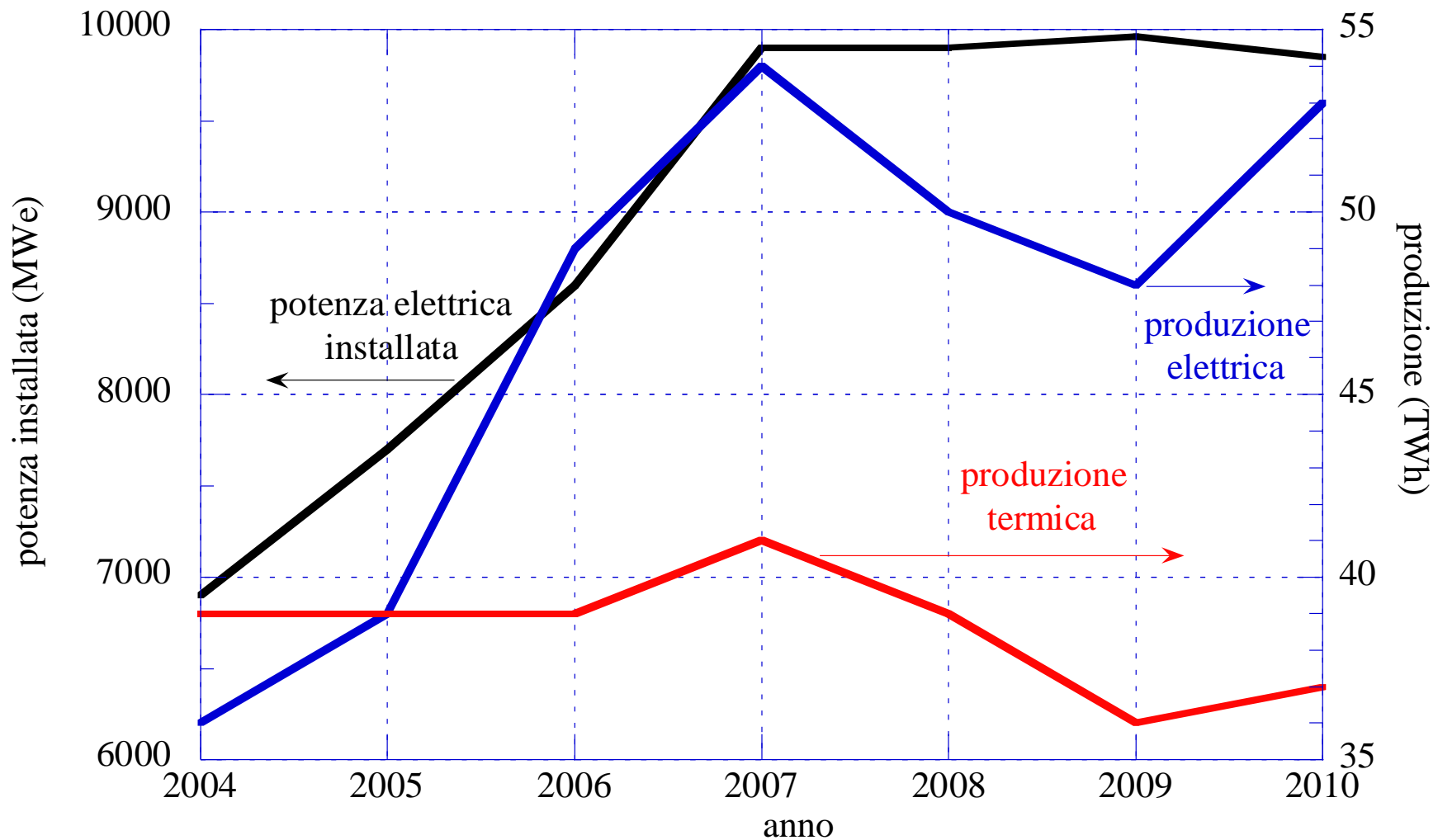
■ Numero sezioni ■ Potenza efficiente lorda ■ Produzione lorda



Energia prodotta riconosciuta CAR e relativa potenza installata (Relazione cogenerazione 2011 - MSE)



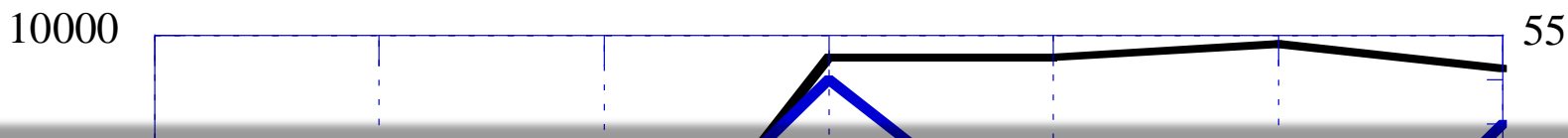
Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara



Energia prodotta riconosciuta CAR e relativa potenza installata (Relazione cogenerazione 2011 - MSE)

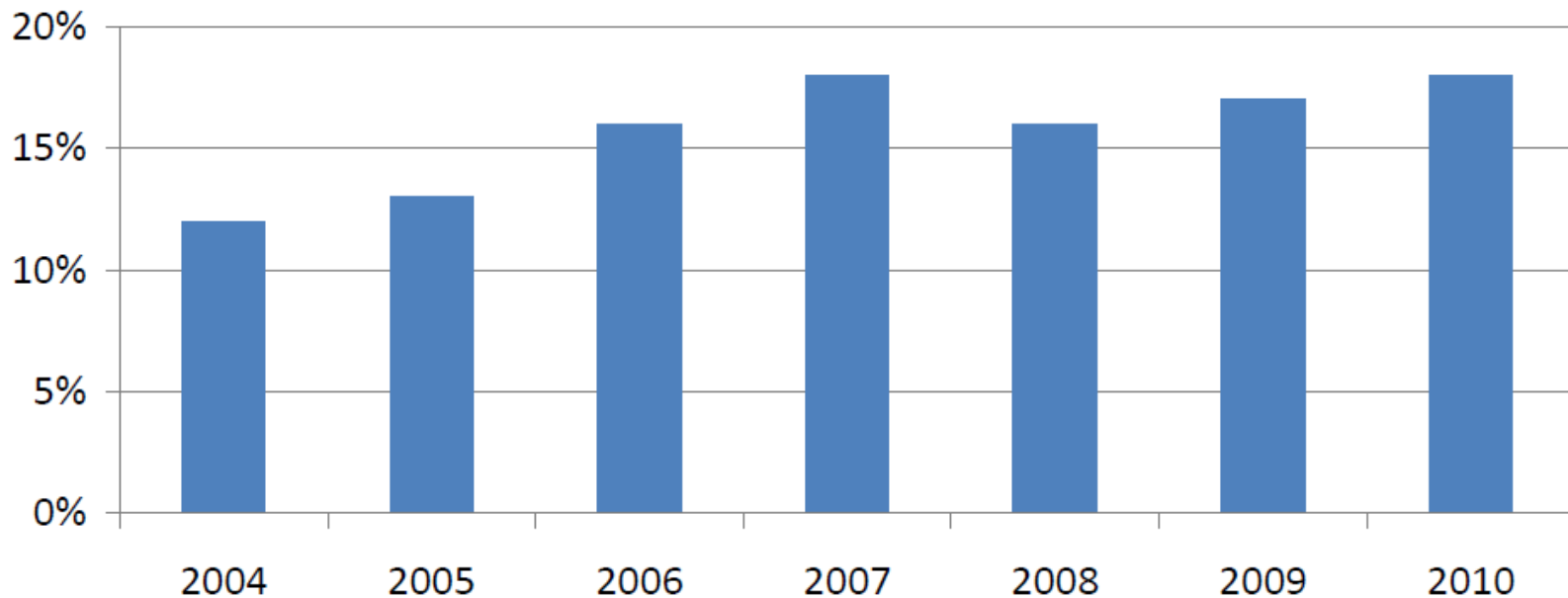


Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara



Quota energia elettrica CAR su totale nazionale (%)

potenza installata (MWe)

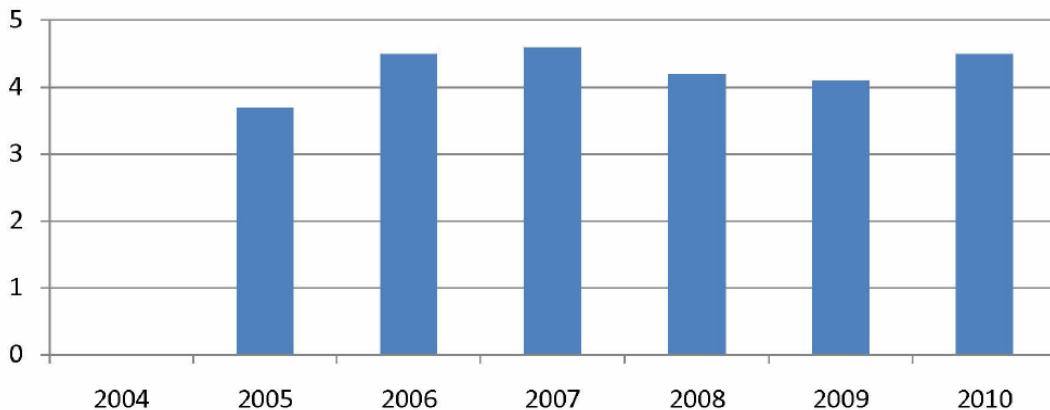


**Risparmio di energia primaria conseguito con la CAR
rispetto alla produzione separata
(Relazione cogenerazione 2011 - MSE)**

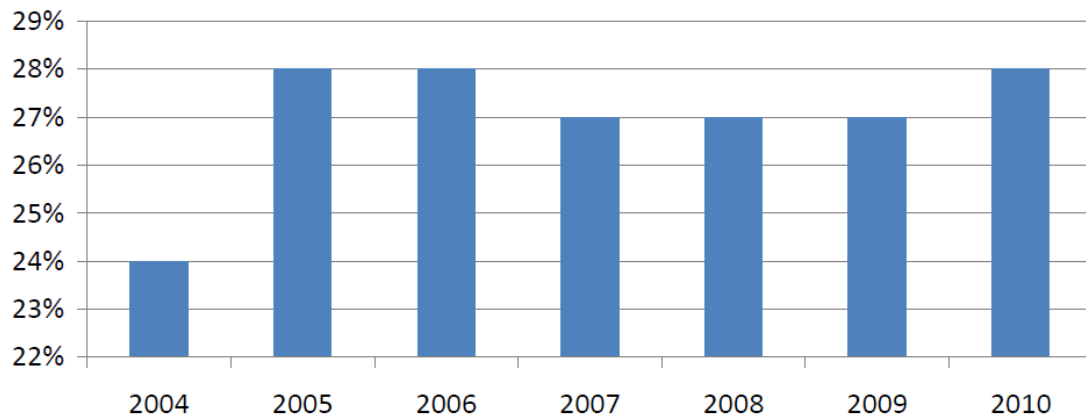


*Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara*

**Risparmio di energia primaria rispetto
alla produzione separata (MTEP)**



**Risparmio di energia primaria rispetto
alla produzione separata (%)**



Le applicazioni della cogenerazione

Potenza elettrica installata per settore di attività (dati GSE, anno 2006)

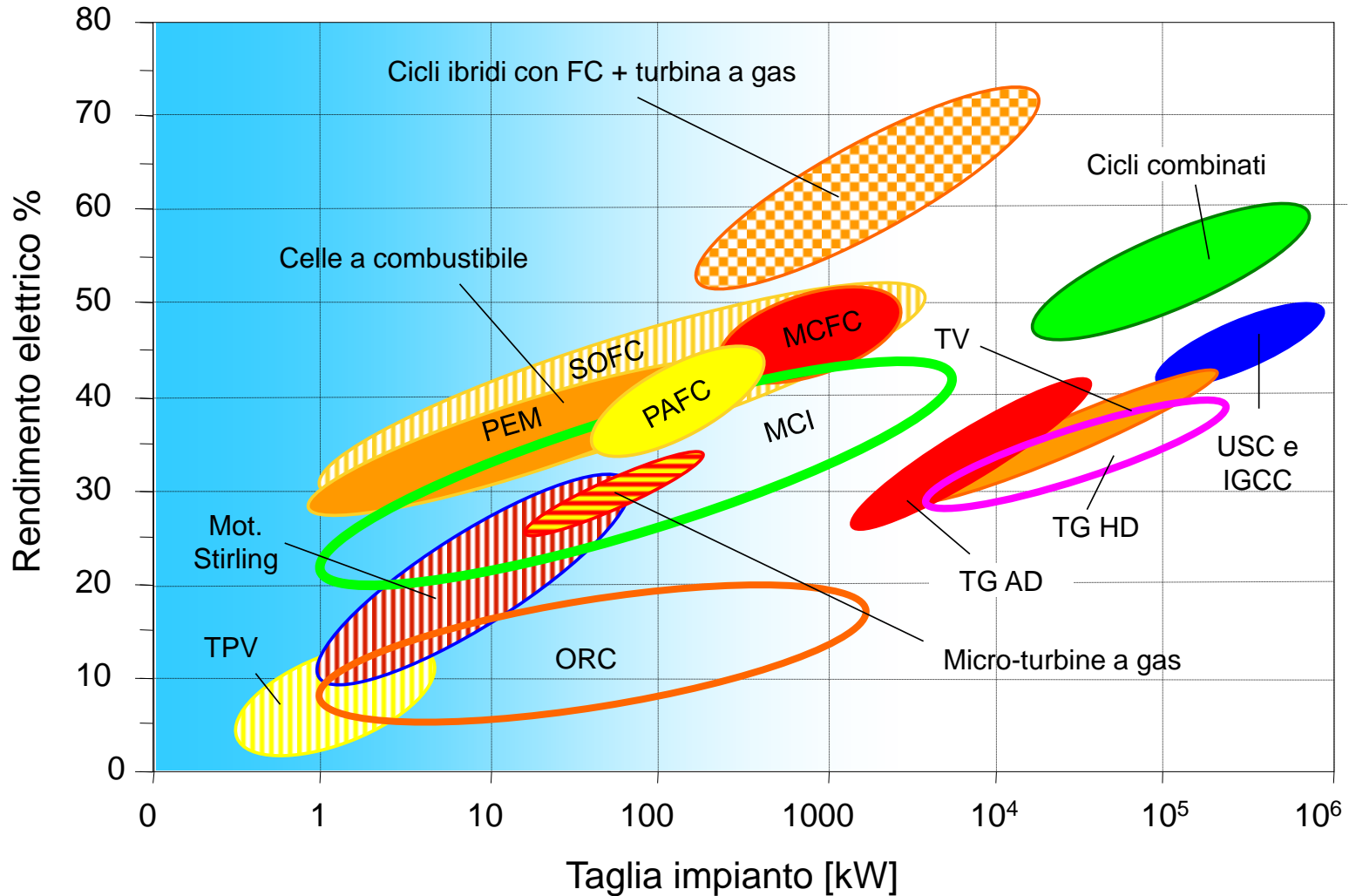
Attività	taglia media (MWe)	Potenza installata (MWe)
Industria chimica e petrolchimica	114.3	2972
Raffinazione petrolio	136.6	2459
Industria cartaria	16.7	835
Industria siderurgica	185.0	370
Industria alimentare	11.9	202
Industria automobilistica	23.1	162
Industria ceramica	3.9	74
Riscaldamento e teleriscaldamento	12.5	997
Impianti sportivi, alberghi e ristoranti	0.1	
Commercio	0.5	
Ospedali	1	
Case di riposo e simili	1.5	
Concerie	2.0	529
Industria tessile, gomma e plastiche	3.0	
Industria elettronica	9.0	
Trasporti aerei	30.5	



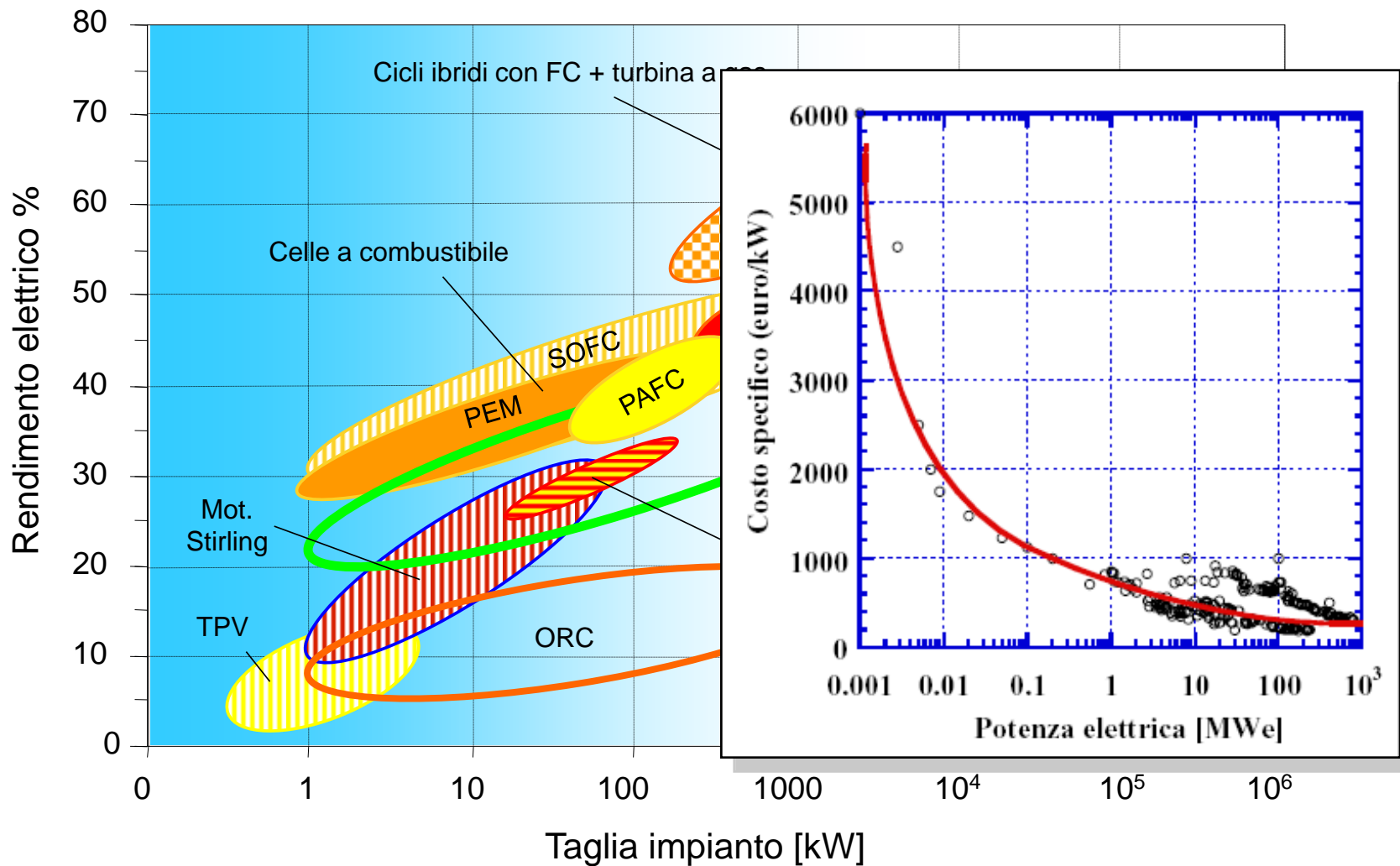
*Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara*

Le tecnologie per la cogenerazione

Le tecnologie di generazione elettrica



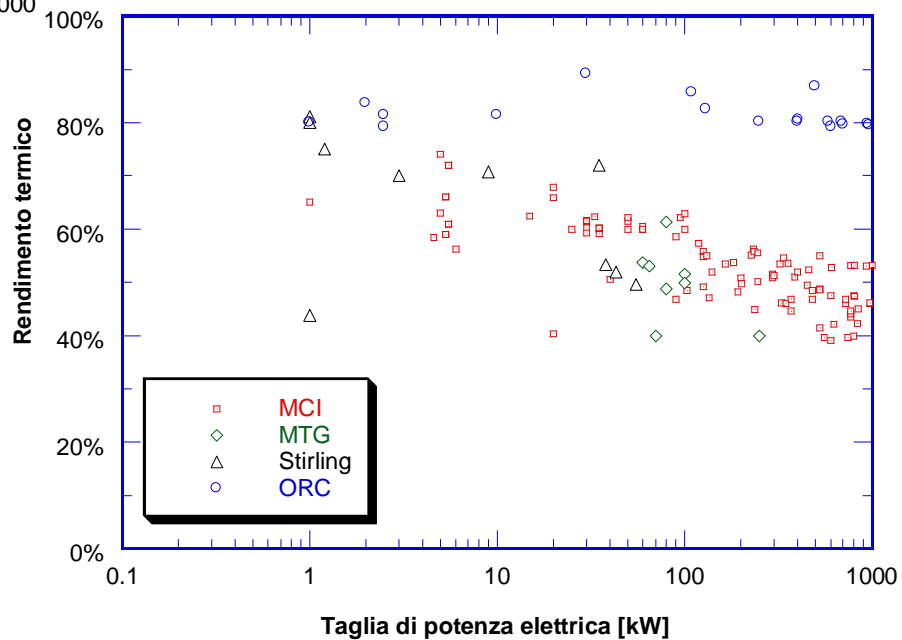
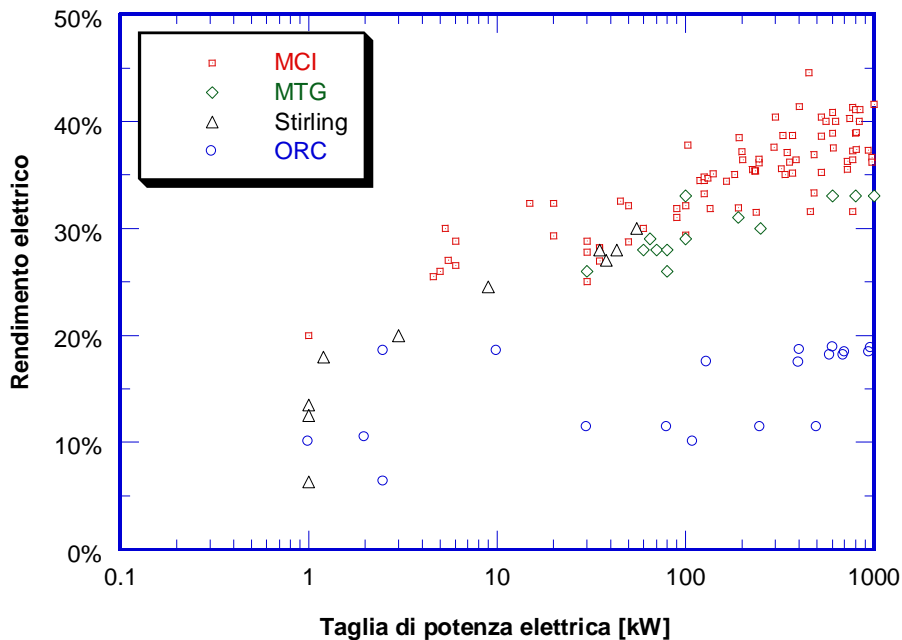
Le tecnologie di generazione elettrica



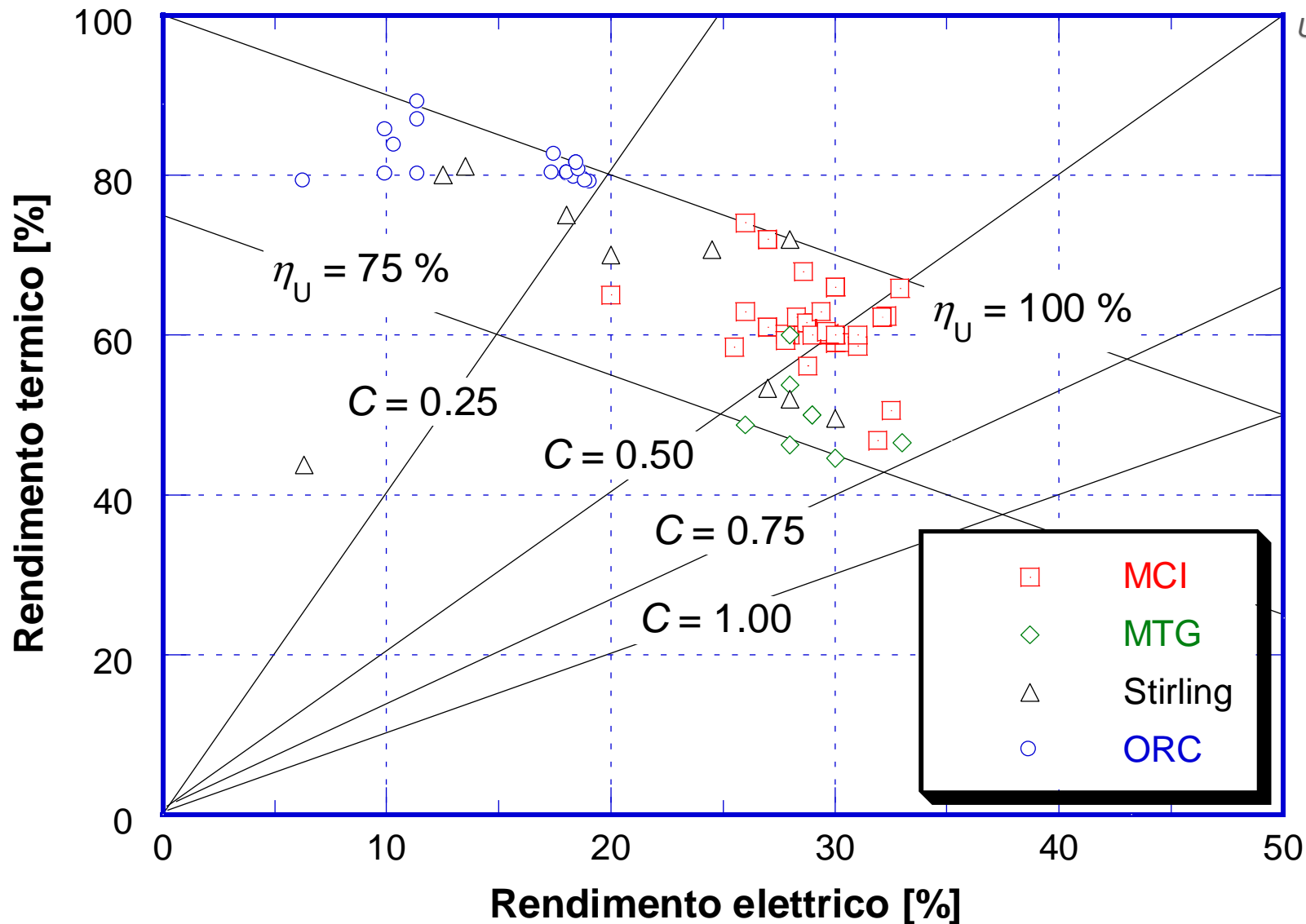
Confronto tra le tecnologie di piccola cogenerazione



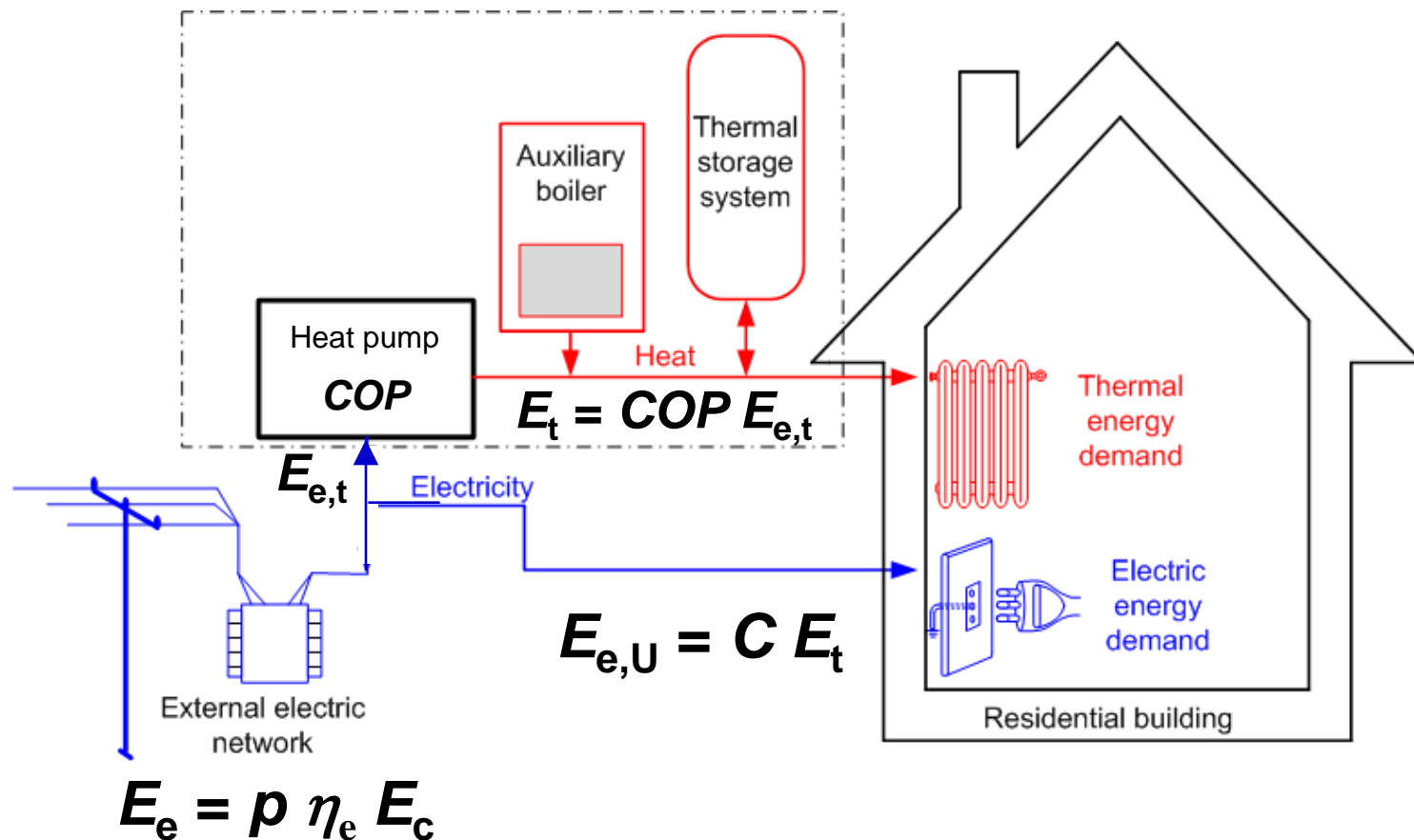
Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara



Potenzialità delle tecnologie di cogenerazione fino a 100 kW_e

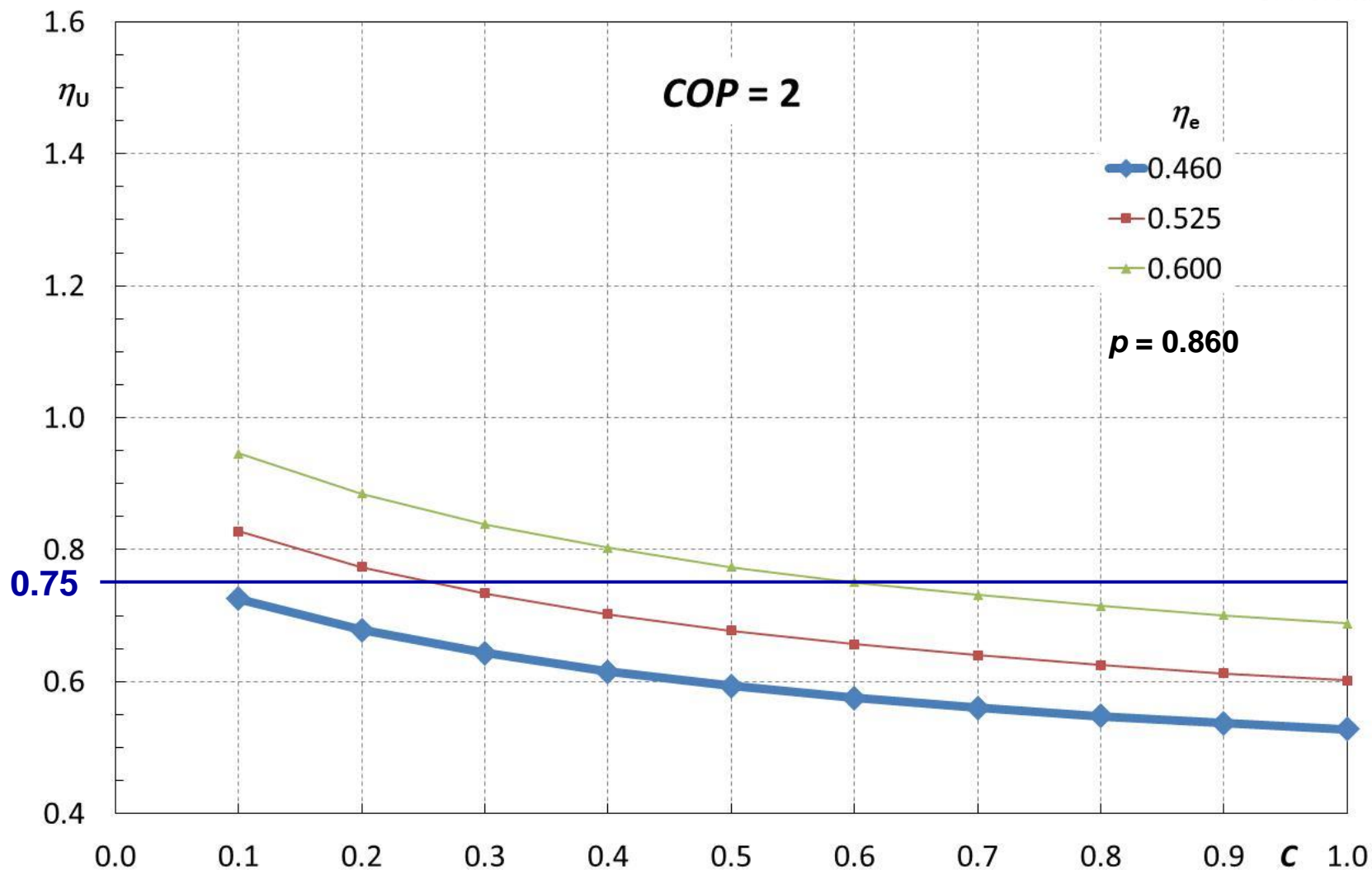


Coefficiente di utilizzo del combustibile η_U con pompa di calore

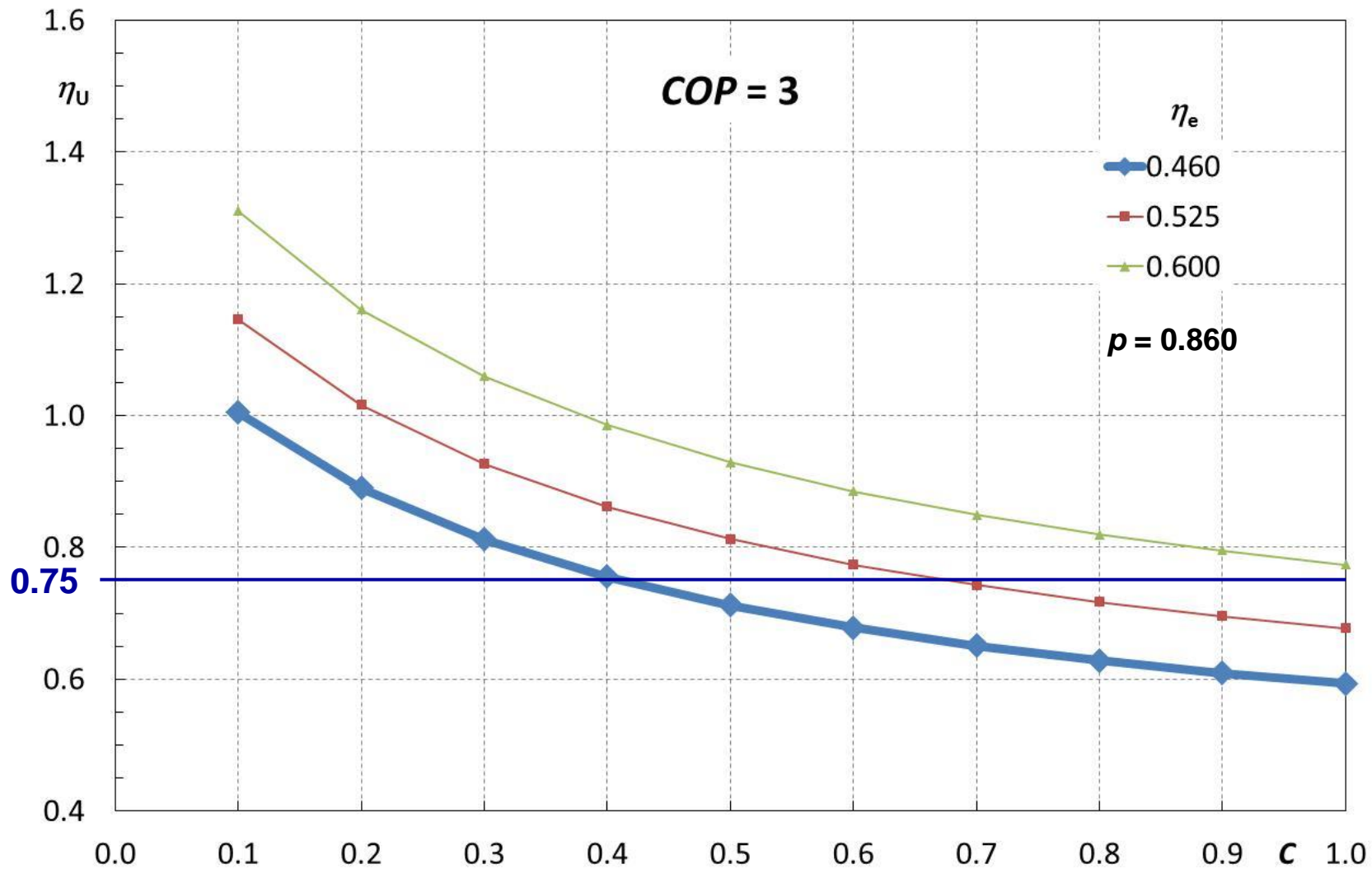


$$\eta_U = \frac{E_{e,U} + E_t}{E_c} = \frac{p \eta_e}{1 + COP \cdot C} COP \cdot (1 + C)$$

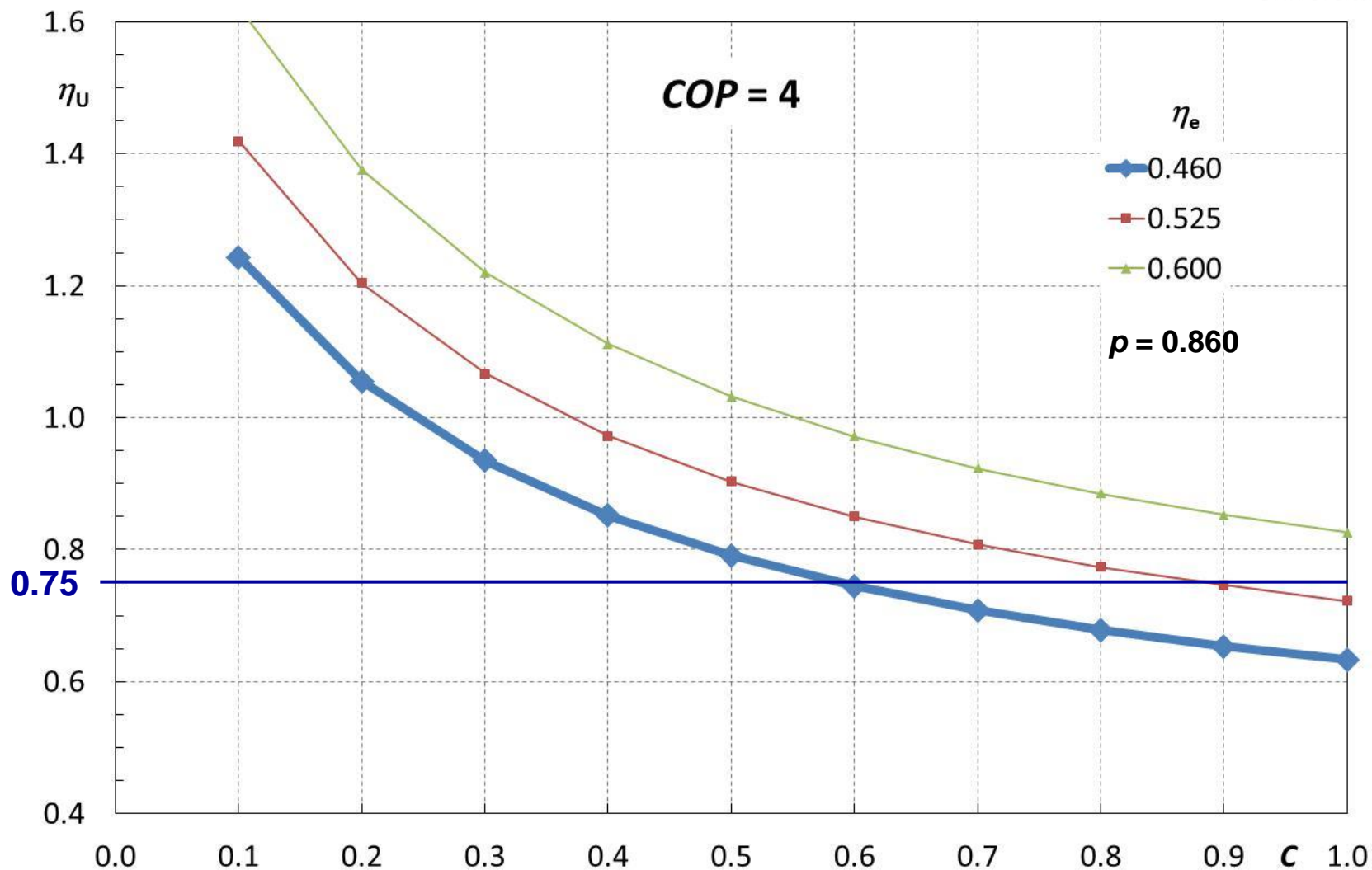
Coefficiente di utilizzo del combustibile η_U con pompa di calore



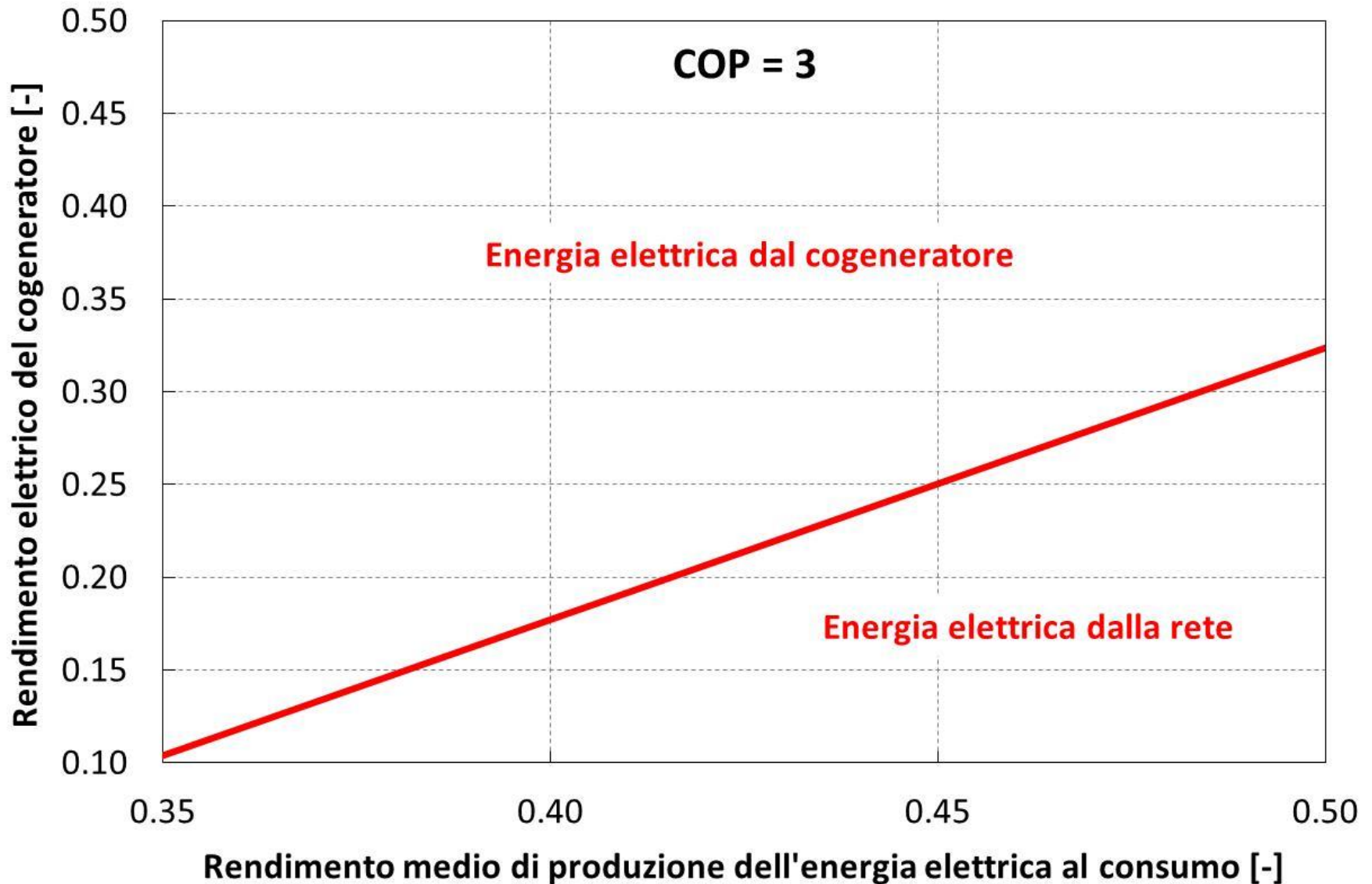
Coefficiente di utilizzo del combustibile η_U con pompa di calore



Coefficiente di utilizzo del combustibile η_U con pompa di calore



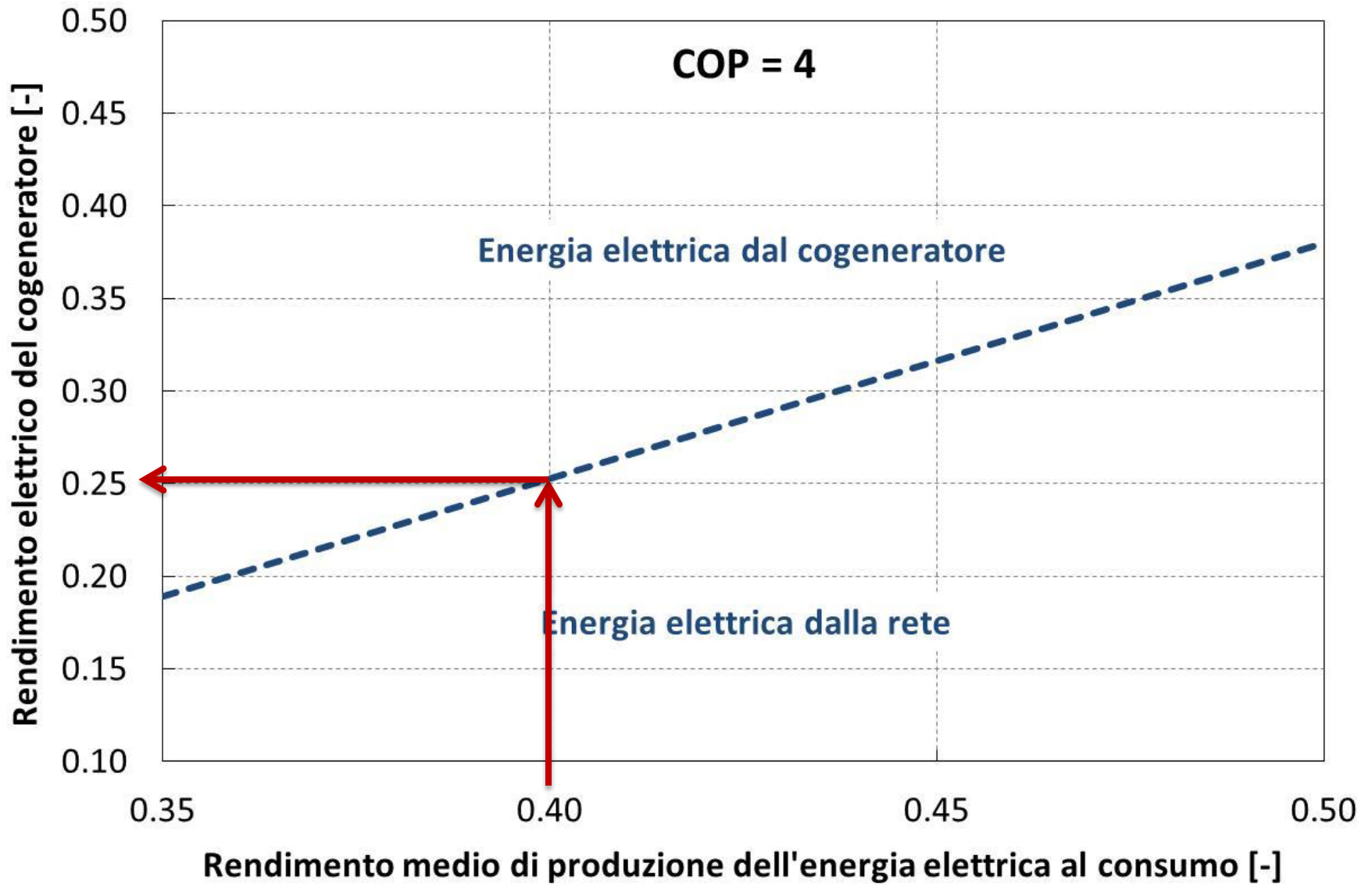
Cogeneratore Vs. pompa di calore



Cogeneratore Vs. pompa di calore



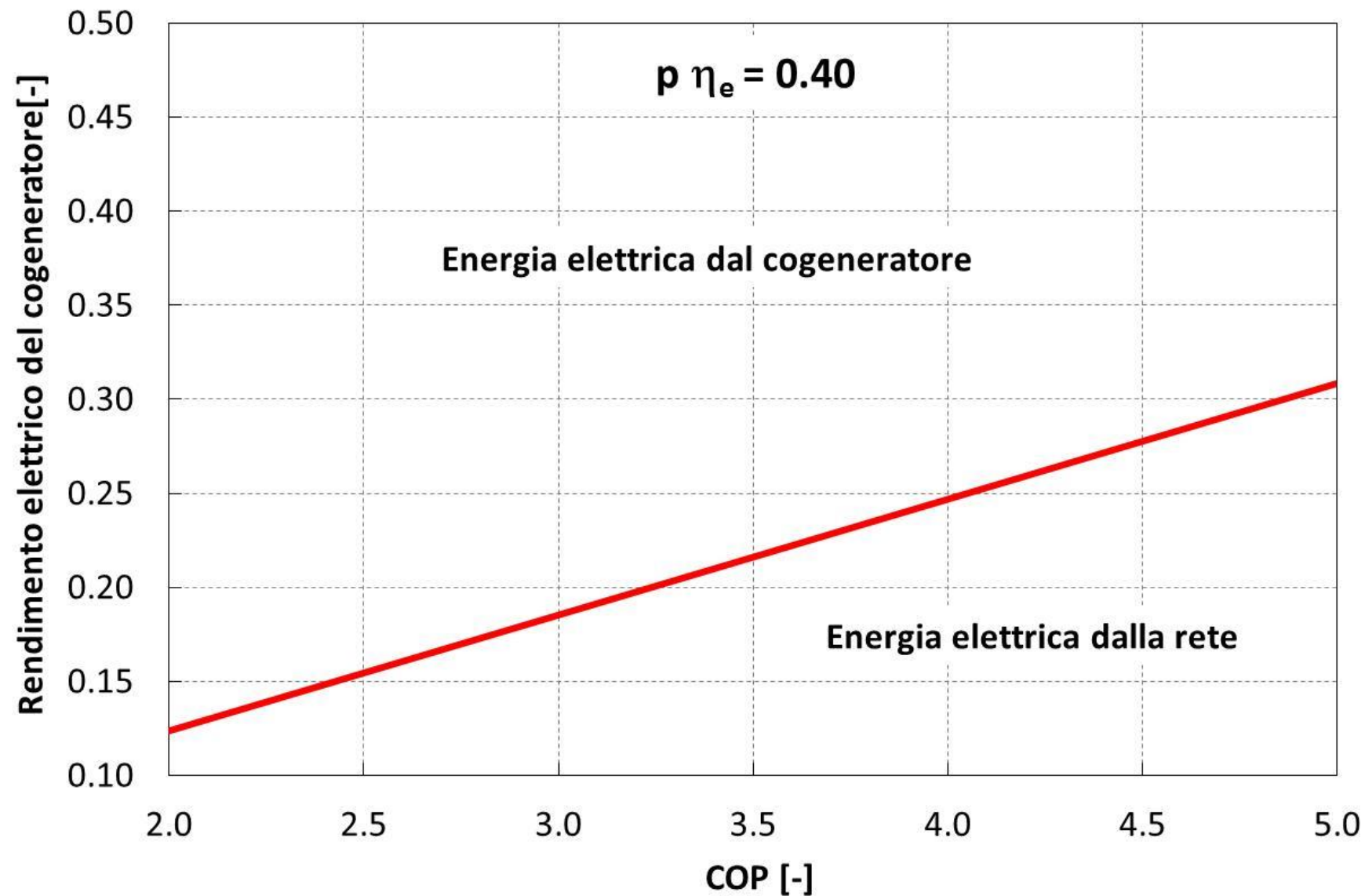
Pier Ruocco Spina
Terapia
errata



Cogeneratore Vs. pompa di calore



Pier Ruggero Spina
ingegnere
di Ferrara





*Pier Ruggero Spina
Dip. di Ingegneria
Università di Ferrara*

Grazie per l'attenzione

`pier.ruggero.spina@unife.it`

0532-974965

3204232912