

# INIEZIONE DIRETTA DI IDROGENO A BASSA PRESSIONE CON ELETTROINIETTORI

Prof. Luigi Martorano, ing. Marco Antonelli

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi



**GreenCityEnergy**  
Forum Internazionale sulle nuove  
energie per lo sviluppo della smart city

**Pisa, 5 e 6 Luglio 2012**  
Camera di Commercio e Provincia di Pisa  
Piazza Vittorio Emanuele II

[www.greencityenergy.it](http://www.greencityenergy.it)



# GreenCityEnergy

Forum Internazionale sulle nuove energie per lo sviluppo della smart city



**Pisa, 5 e 6 Luglio 2012**

Camera di Commercio e Provincia di Pisa  
Piazza Vittorio Emanuele II

[www.greencityenergy.it](http://www.greencityenergy.it)

**Motori ad iniezione diretta di idrogeno**

Iniezione diretta a due stadi

Iniezione diretta a singolo stadio con elettroiniettori



# GreenCityEnergy

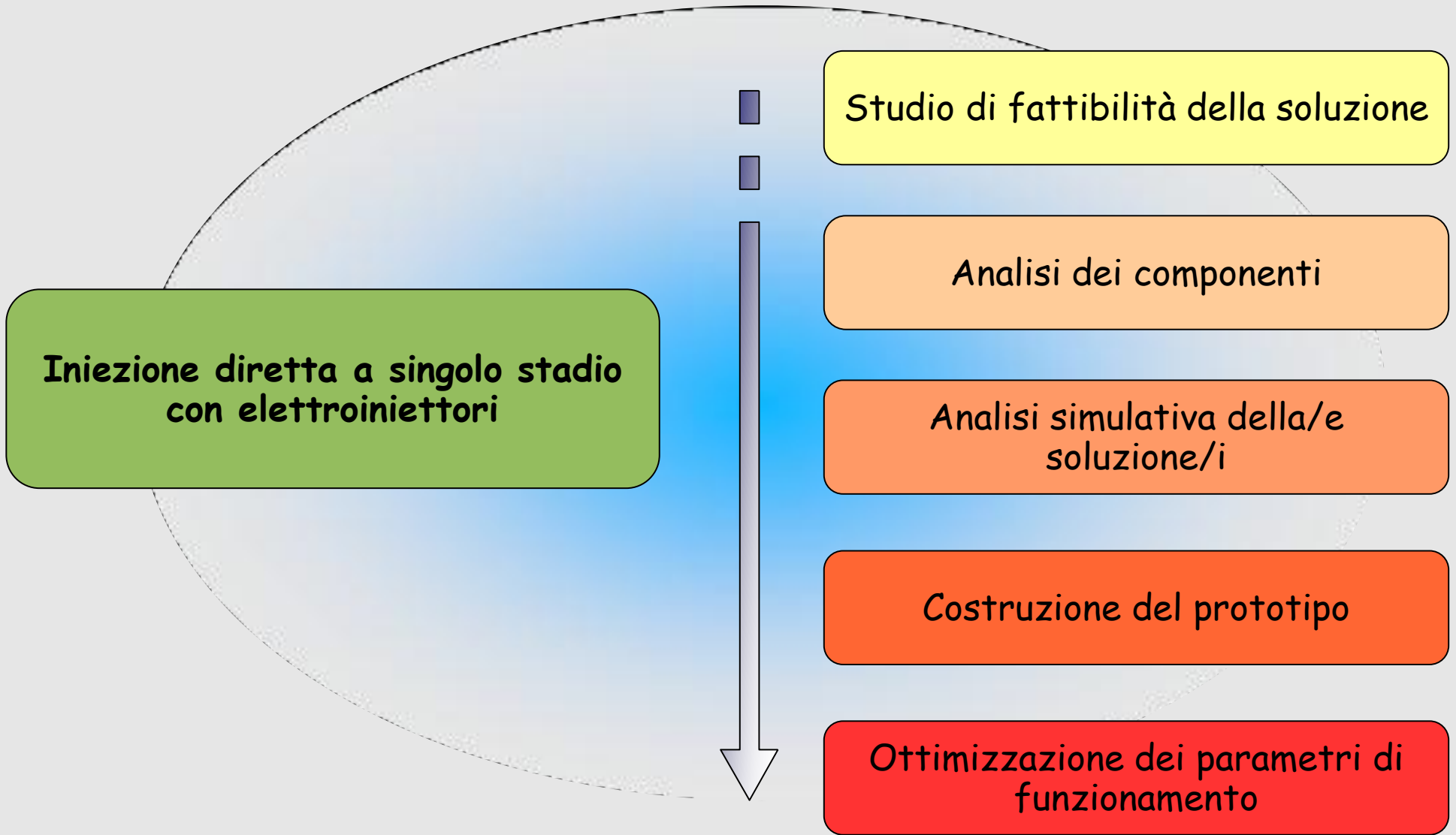
Forum Internazionale sulle nuove energie per lo sviluppo della smart city



Pisa, 5 e 6 Luglio 2012

Camera di Commercio e Provincia di Pisa  
Piazza Vittorio Emanuele II

[www.greencityenergy.it](http://www.greencityenergy.it)



Studio di fattibilità della soluzione

Analisi dei componenti

Analisi simulativa della/e  
soluzione/i

Costruzione del prototipo

Ottimizzazione dei parametri di  
funzionamento

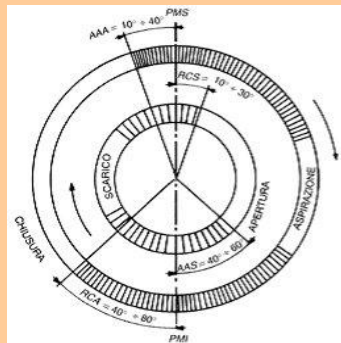
Iniezione diretta a singolo stadio  
con elettroiniettori

# Studio di fattibilità

Vincoli:

- cilindrata unitaria:  $500 \text{ cm}^3$
- pressione di iniezione: 12 bar (max)
- velocità di rotazione: almeno 3000 giri/min

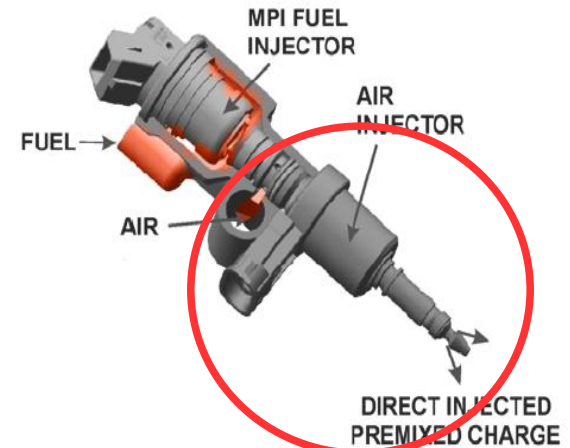
Tempo a disposizione per l'iniezione



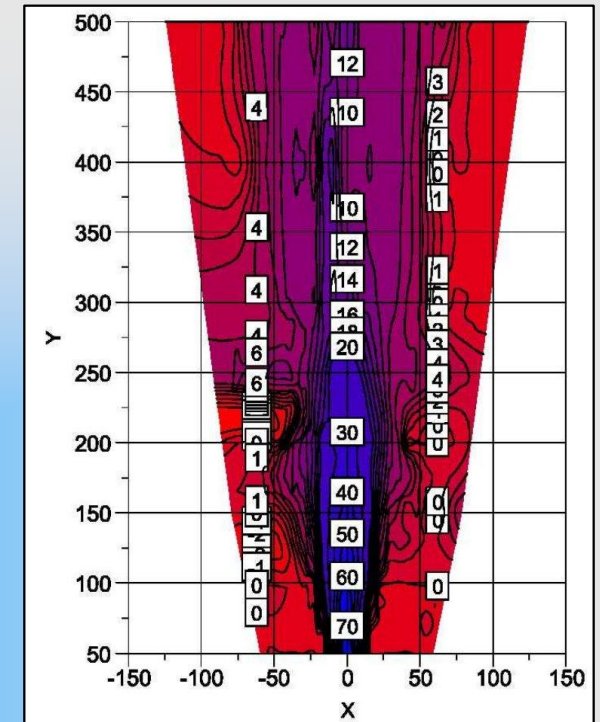
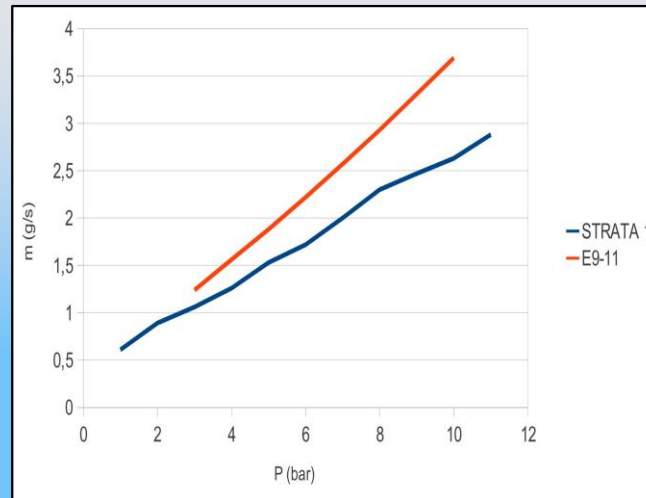
Scelta della tipologia di componenti più opportuna (area minima  $2-3 \text{ mm}^2$ )



Iniettore del tipo "Air assisted"  
Utilizzo dell'iniettore di aria come iniettore di idrogeno



# Analisi dei componenti



## ANALISI SPERIMENTALI

Definizione delle caratteristiche principali dell'iniettore  
(portata vs. salto di pressione, superficie utile di passaggio)

Caratterizzazione del campo di moto del getto  
(distribuzione della velocità assiale)

# Analisi simulativa

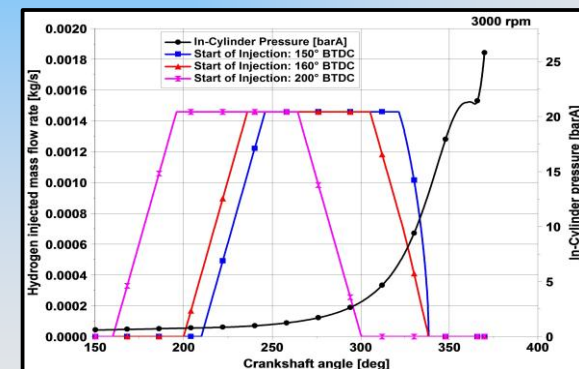
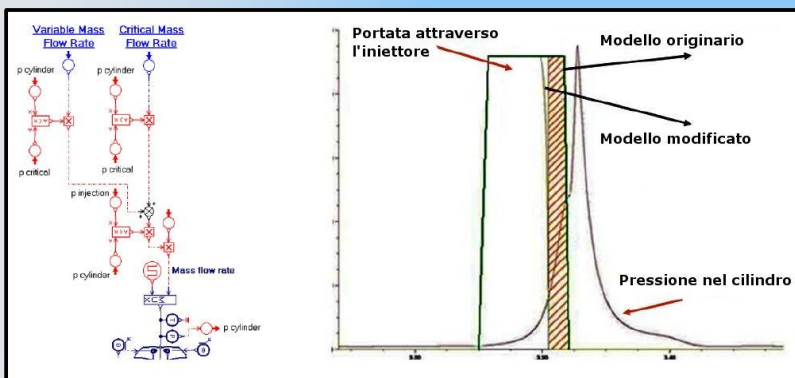
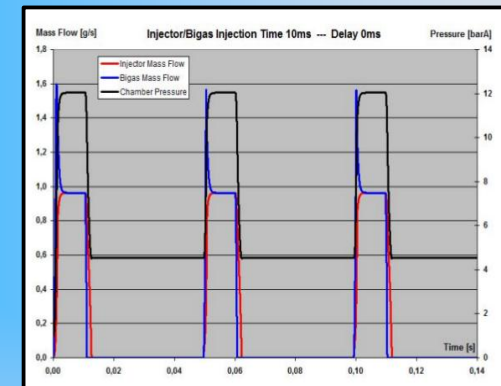
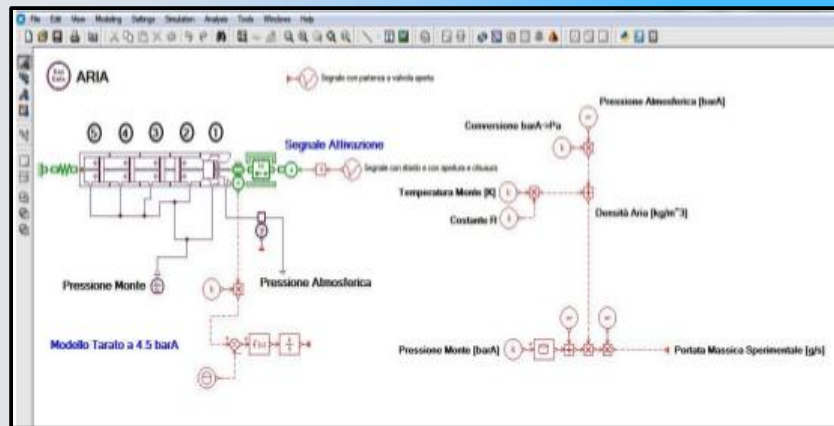
**Modelli 0D e 1D: simulazione del complesso motore-sistema di iniezione:**

Simulazione della pressione all'interno del cilindro in presenza dell'iniezione

Simulazione degli andamenti di pressione e di velocità nel sistema di iniezione

Calcolo del tempo di iniezione necessario al variare delle condizioni di funzionamento

Stima dell'effetto dell'iniezione sul riempimento del cilindro



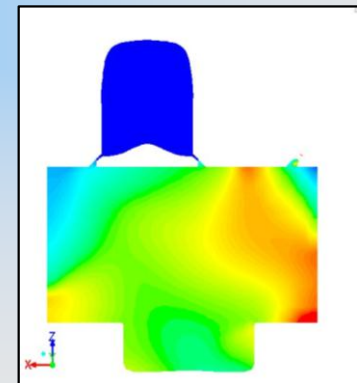
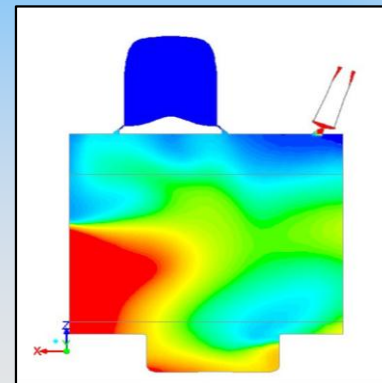
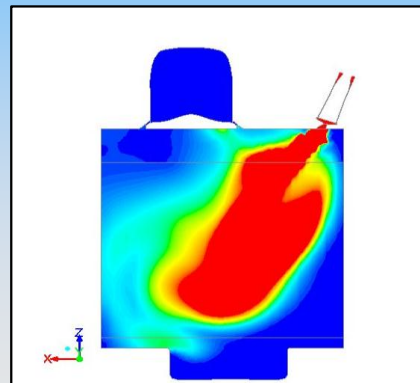
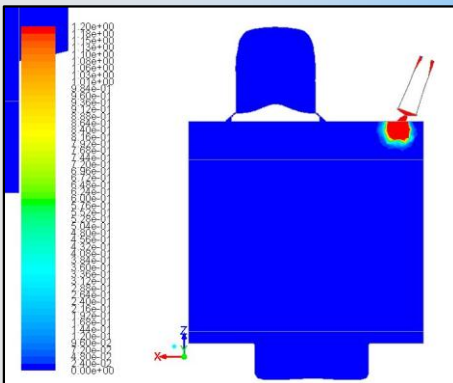
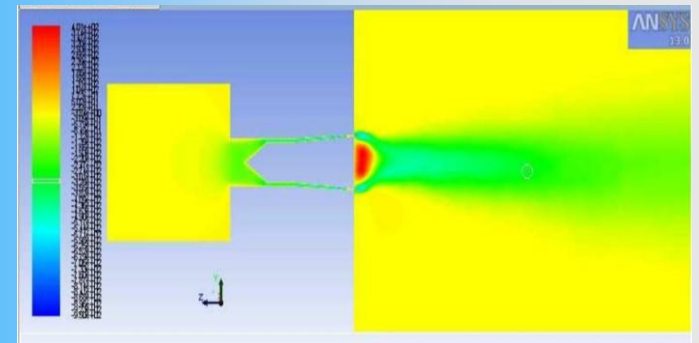
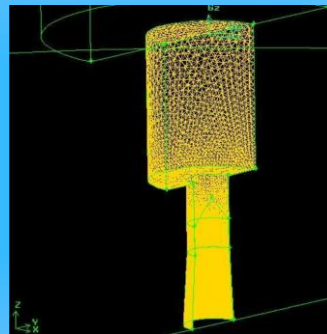
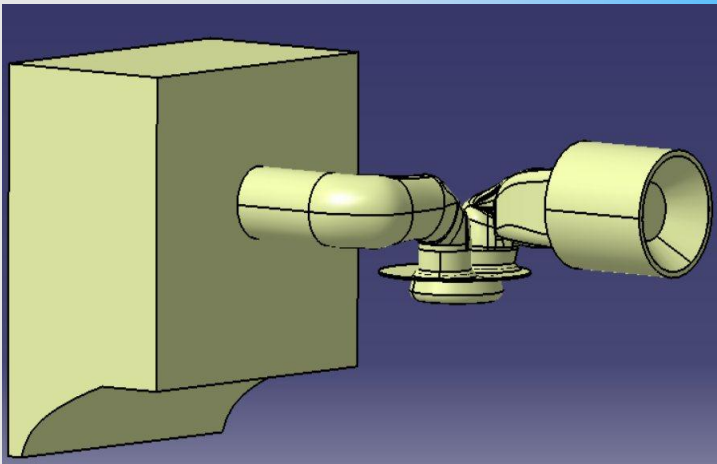
# Analisi simulativa

## Modelli 3D: simulazione dell'interazione tra aria e idrogeno nel cilindro

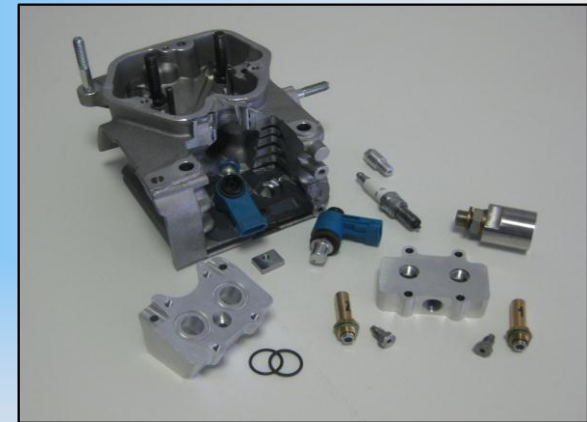
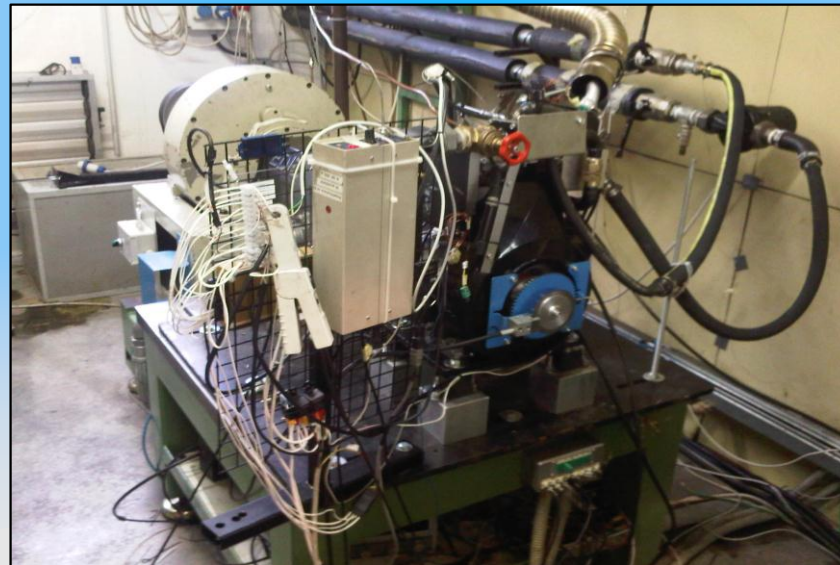
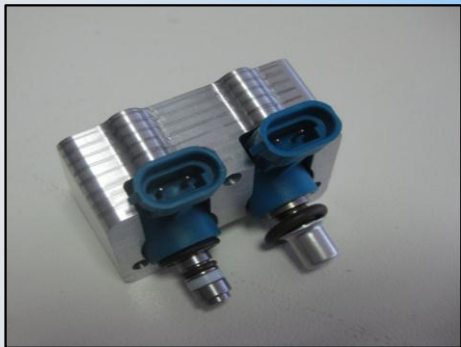
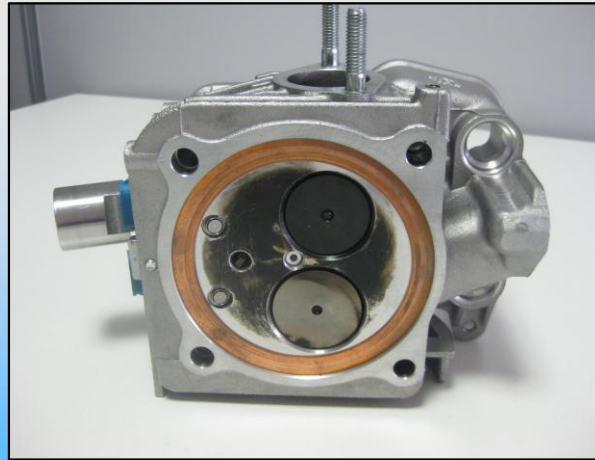
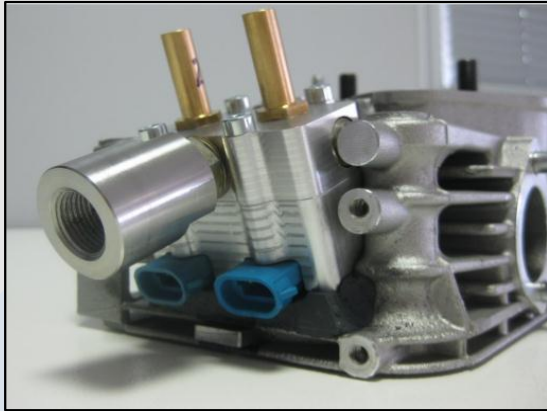
Analisi dell'interazione tra aria comburente e idrogeno durante l'iniezione

Studio del miscelamento tra combustibile e comburente al variare dei parametri di iniezione

Ottimizzazione della direzione di iniezione

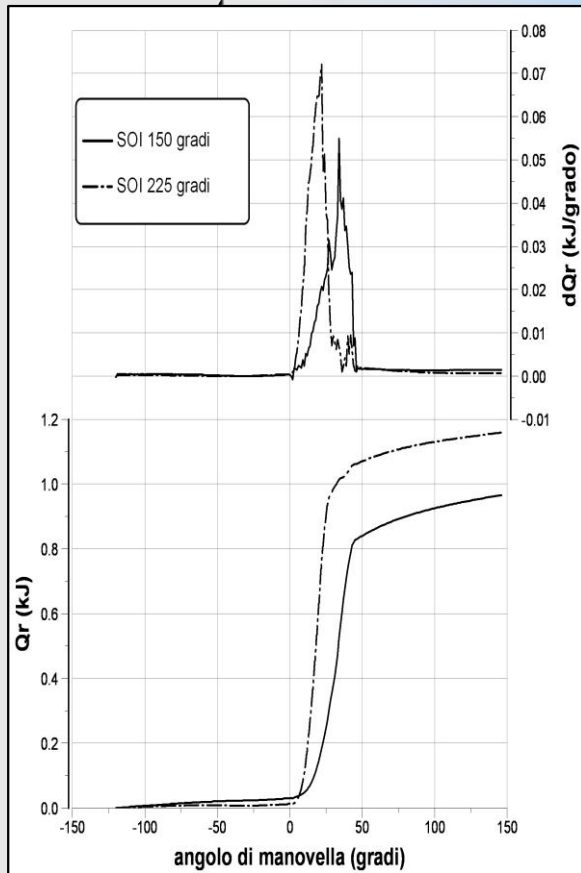


# Costruzione del prototipo

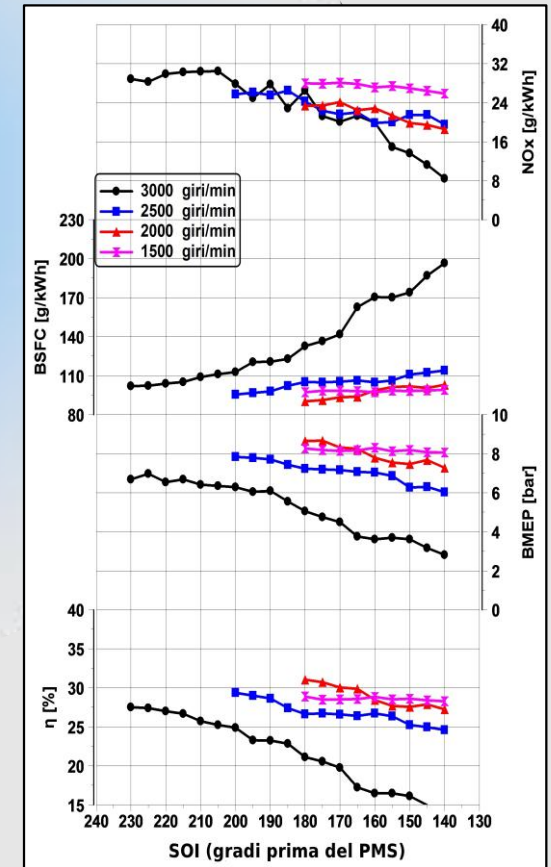
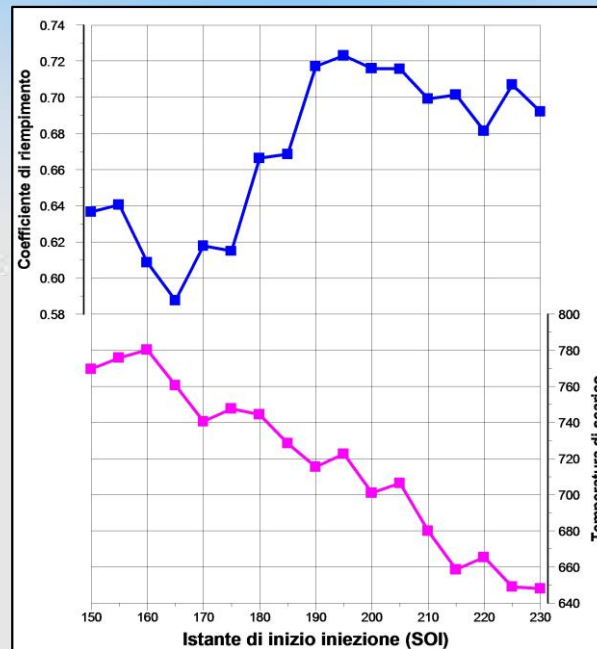




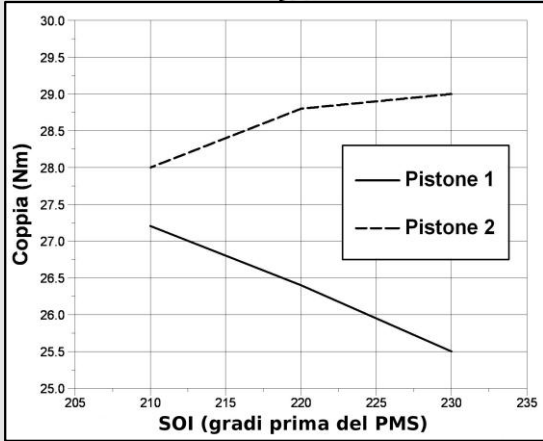
# Ottimizzazione dei parametri di funzionamento



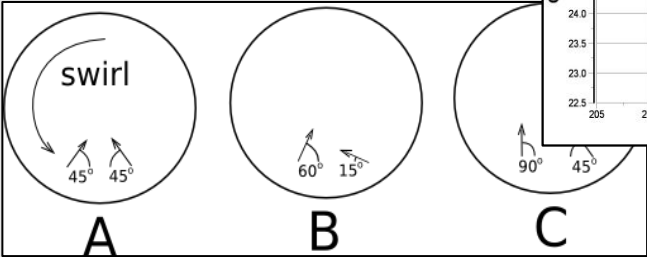
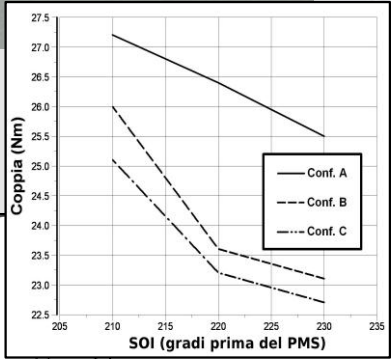
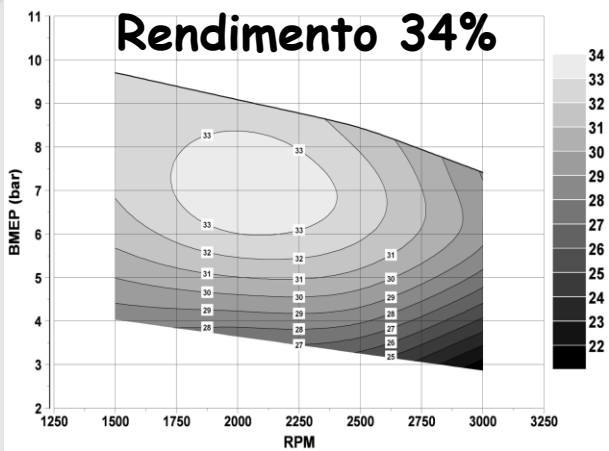
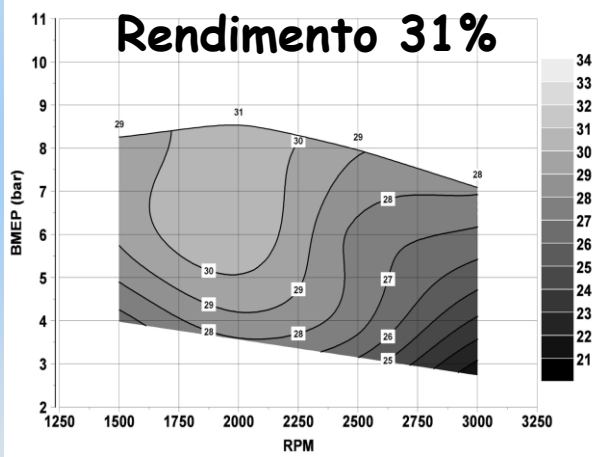
Ottimizzazione degli anticipi di iniezione e di accensione al variare delle condizioni operative



# Ottimizzazione dei parametri di funzionamento

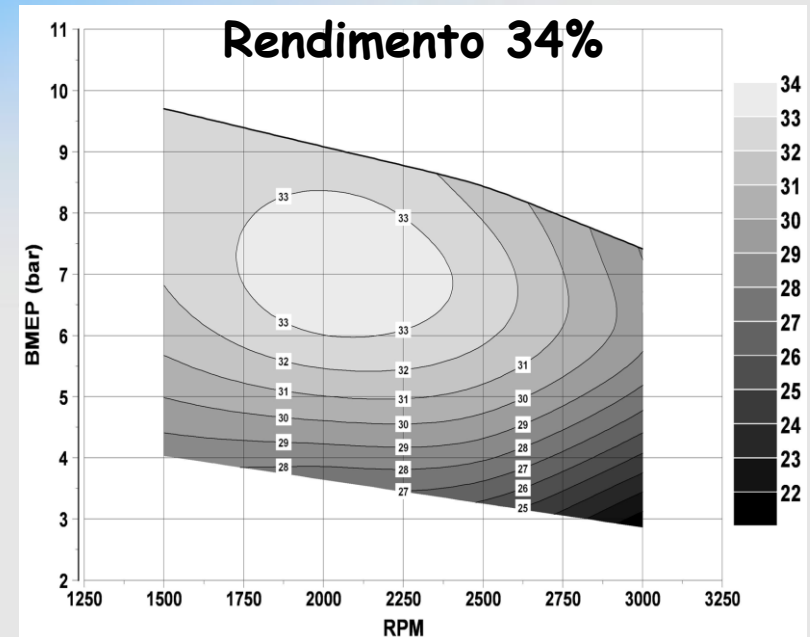
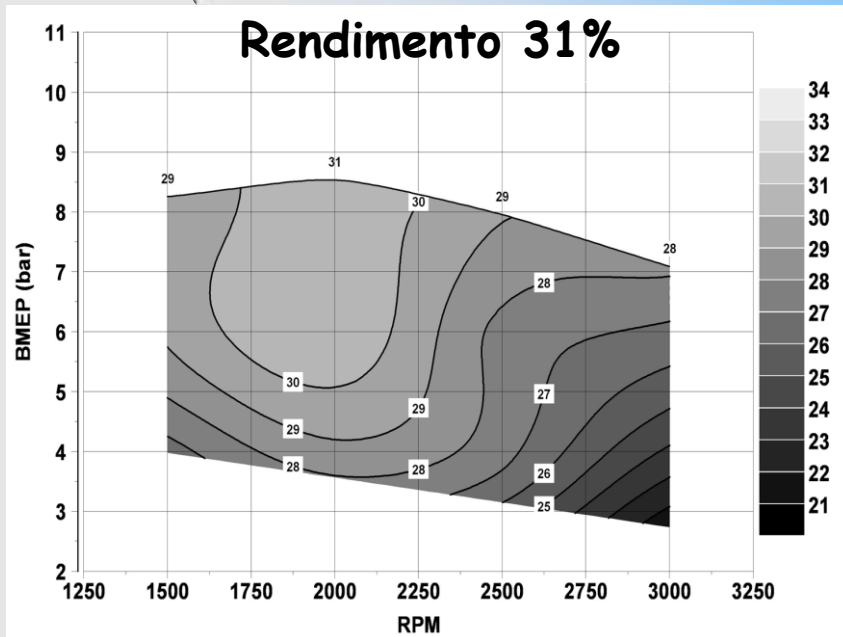


Studio dell'influenza della direzione di iniezione e della forma della camera di combustione



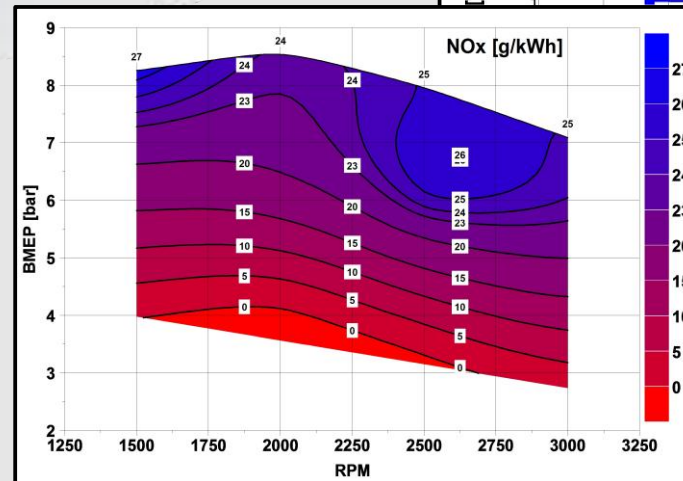
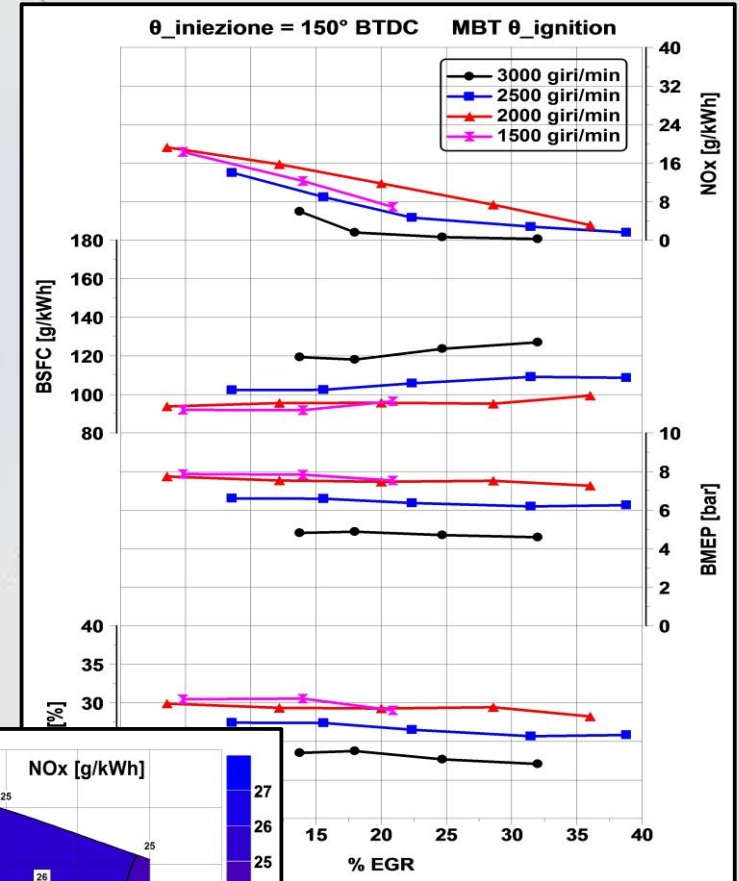
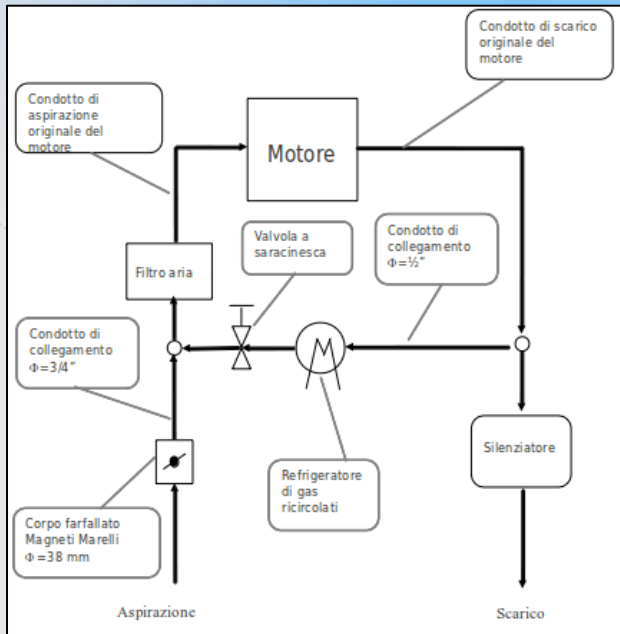
# Ottimizzazione dei parametri di funzionamento

**Ottimizzazione combinata di parametri di funzionamento e costruttivi:**  
Aumento considerevole dell'efficienza del motore e della potenza  
Pressione di iniezione ridotta a 6 bar



# Ottimizzazione dei parametri di funzionamento

**Emissioni inquinanti:  
Produzione e Contenimento  
degli ossidi d'azoto  
Effetto del ricircolo dei gas combusti**



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**