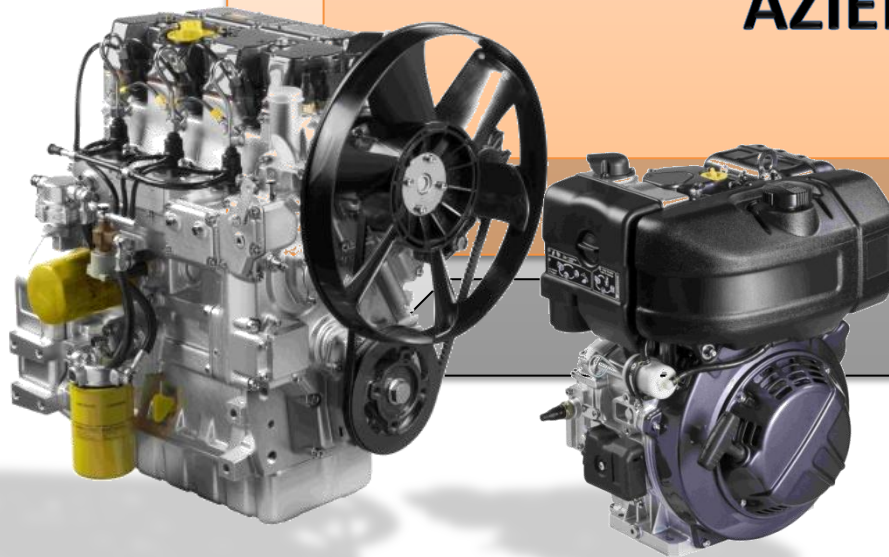


L'UTILIZZO DELLA SPERIMENTAZIONE VIRTUALE PER MASSIMIZZARE GLI OBIETTIVI AZIENDALI



 **LOMBARDINI**
A KOHLER COMPANY

KOHLER

Bologna, 16 giugno 2011

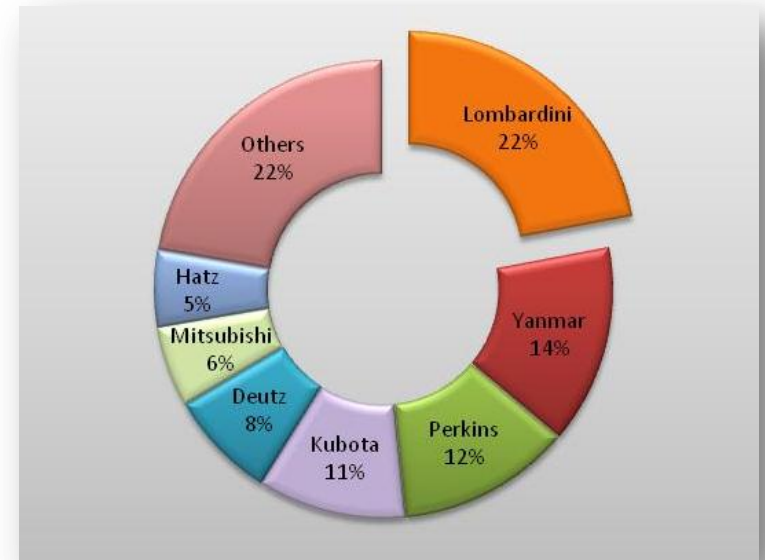
UNINDUSTRIA BOLOGNA

 **API** ASSOCIAZIONE
PICCOLE E MEDIE
INDUSTRIE
DELLA PROVINCIA
DI BOLOGNA

 **CONFINDUSTRIA BOLOGNA**

LOMBARDINI

- Leder mondiale nella produzione di motori diesel fino a 50 kW
- Fondata nel 1922 da Adelmo Lombardini, entra nel gruppo Kohler Co. nel 2007
- Leader europeo (>20% nei diesel fino a 50 kW)
- Terzo produttore al mondo (diesel fino a 50kW)
- Produzione: 130.000 motori/anno
- Dipendenti: circa 1.350
- Quattro stabilimento produttivi, cinque filiali commerciali, circa 150 centri ricambi e 1600 centri assistenza



STABILIMENTI E FILIALI



Stabilimenti produttivi

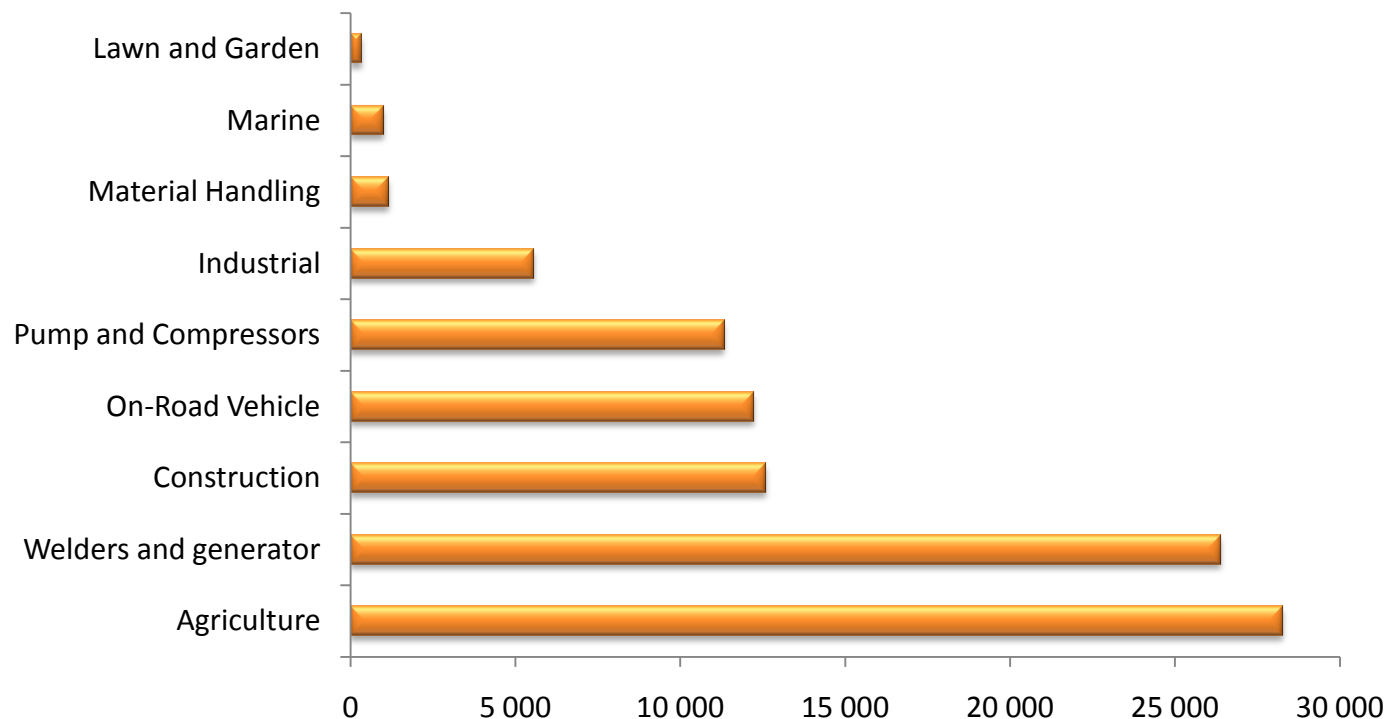
Reggio Emilia (Italia)
Rieti (Italia)
Martin (Slovacchia)
Aurangabad (India)

Filiali

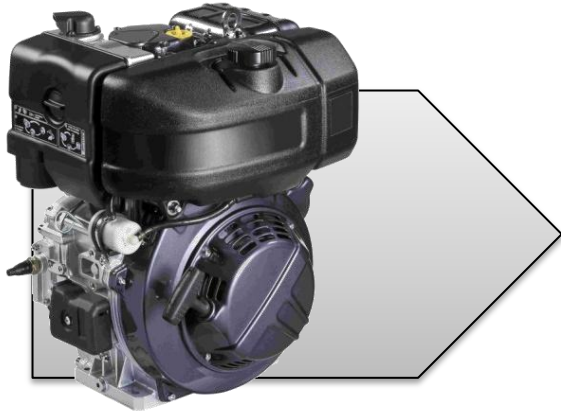
Lyon (Francia)
Barcelona (Spagna)
Frankfurt (Germania)
Oxford (U.K.)
Singapore

APPLICAZIONI MOTORI DIESEL

Vendite - split by business EMEA, SA, RoAP



GAMMA PRODOTTO – AIR-COOLED



Single Cylinder Air Cooled:

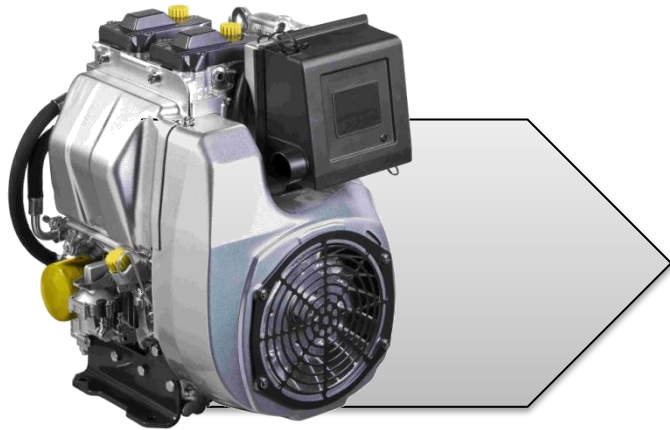
Model	Cylinder	Displacement [cc]	Power [kW@rpm]	Torque [Nm@rpm]
15LD225	1	224	3,5@3600	10,4@2400
15LD350	1	349	5,5@3600	16,6@2400
15LD440	1	441	8,0@3600	24,5@2200
15LD500	1	505	8,8@3600	30,0@2200

Benefits:

- The most complete range
- Lowest noise
- Highest specific power
- Lowest weight
- Lowest fuel consumption
- Lowest oil consumption
- The widest range of accessories
- Highest axial load (2000 N)



GAMMA PRODOTTO – AIR-COOLED



Multi Cylinder Air Cooled:

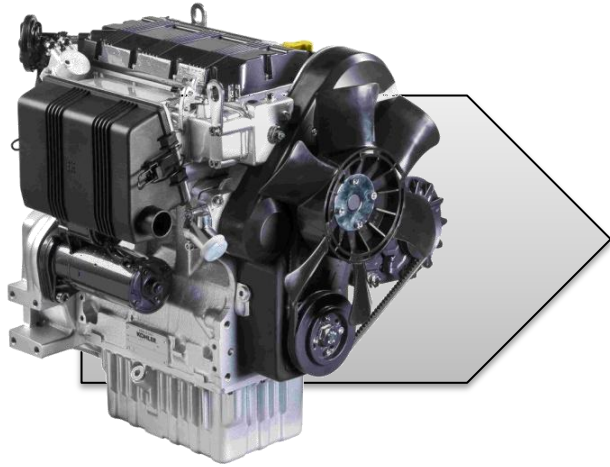
Model	Cylinder	Displacement [cc]	Power [kW@rpm]	Torque [Nm@rpm]
25LD330/2	2	654	12,0@3600	32,0@2400
25LD425/2	2	851	14,0@3600	42,0@2200
12LD477/2	2	954	16,8@3600	55,0@2100
9LD625/2	2	1248	21,0@3000	67,0@200
11LD626/3	3	1870	30,9@3000	114,5@200

Benefits:

- The widest range
- Long maintenance intervals
- High specific power
- Long engine life and high reliability
- High torque



GAMMA PRODOTTO - WATER-COOLED



Water Cooled Diesel Engines: FOCS

Model	Cylinder	Displacement [cc]	Power [kW@rpm]	Torque [Nm@rpm]
LDW502	2	505	4,0@3600	20,0@1600
LDW702	2	686	12,5@3600	40,5@2000
LDW1003	3	1028	20,0@3600	67,0@2000

Benefits:

- Most modern design
- Highest power to weight
- Low noise
- Lightest weight



GAMMA PRODOTTO - WATER-COOLED



Water Cooled Diesel Engines: CHD

Model	Cylinder	Displacement [cc]	Power [kW@rpm]	Torque [Nm@rpm]
LDW1404	4	1372	26,0@3600	84,0@2000
LDW1603	3	1649	29,5@3000	106,5@1600
LDW2204	4	2199	37,5@3000	144,0@2000
LDW2204T	4	2199	47,0@3000	190,0@1800

Benefits:

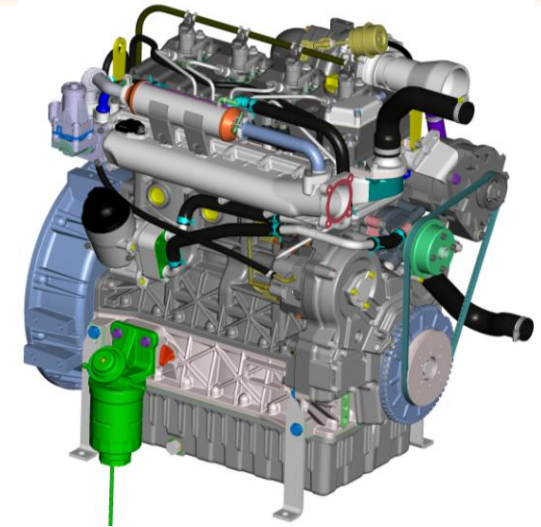
- Most compact
- Highest power to weight
- High specific power



SVILUPPO PRODOTTO – MISSION

➤ Sviluppo nuovo prodotto per esigenze del mercato e delle normative:

- Prestazioni elevate, ingombri contenuti
- Basso consumo
- Basse emissioni acustiche
- Rispetto delle normative sulle emissioni allo scarico (USA, UE)



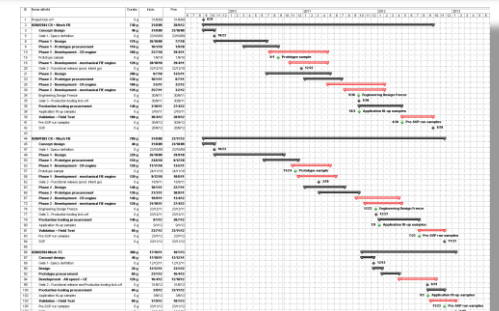
➤ Personalizzazione del prodotto per richieste cliente

Euro pean Off Hi ghway							
Power Category	2008	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<8 kW							
8-19 kW	8 01 50 8 STAGE 2				7 50 4 STAGE 3A		
19-37 kW				4 70 4 STAGE 3A			4 70 025 STAGE 3B
37-55 kW	7 01 30 4 STAGE 2			4 70 4 STAGE 3A			
55-75 kW							3 60 190 025 STAGE 3B
75-130 kW	6 01 00 3 STAGE 2			4 00 3 STAGE 3A			0 40 190 025 STAGE 4

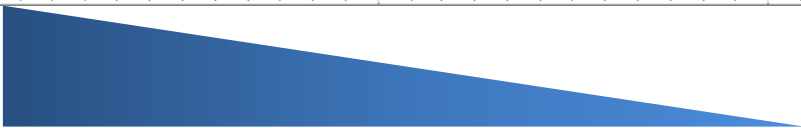
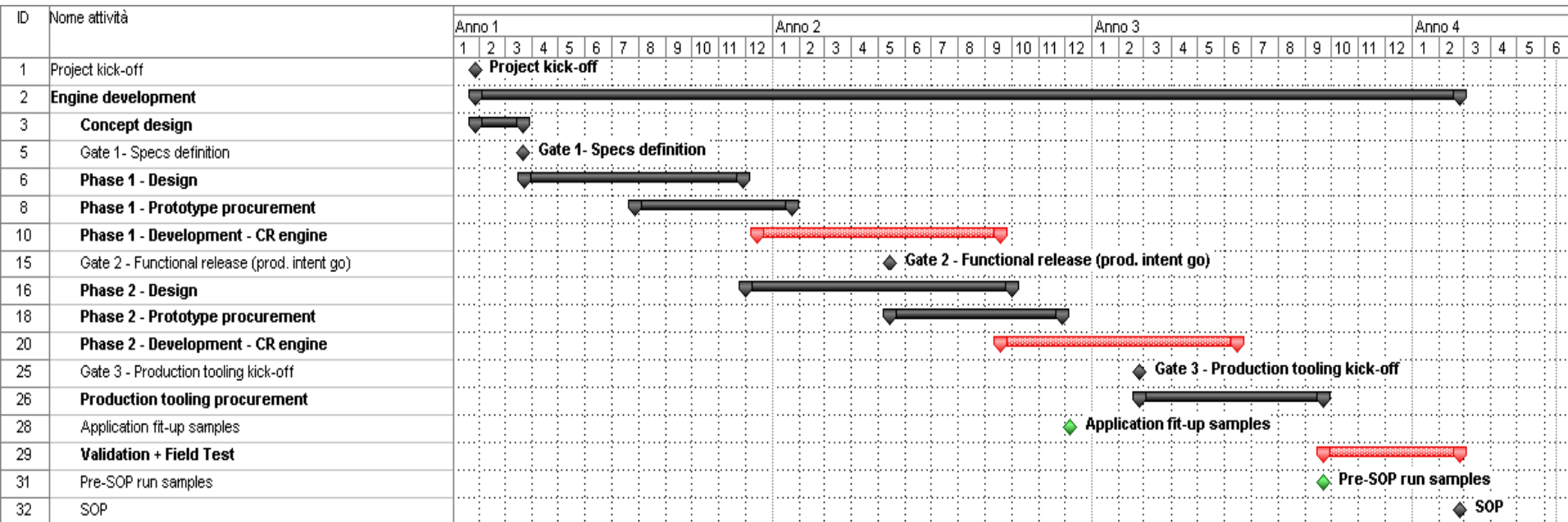
US EPA Off Hi ghway							
Power Category	2008	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<8 kW							
8-19 kW			7 50 3 TIER II				7 50 4 TIER IV Final
19-37 kW			7 50 3 TIER II				
37-55 kW					4 70 3 TIER II		4 70 025 TIER IV Final
55-75 kW					4 70 4 TIER II		
75-130 kW			6 00 3 TIER II		4 00 3 TIER II		3 60 190 025 TIER IV Final

STAGE 2 emissions limits:
HC+HCNM
HC+HCNM
[g/kWh]

➤ Il time-to-market ed i costi di sviluppo sono tra i fattori chiave



PIANO DI SVILUPPO DI UN NUOVO PRODOTTO



CAE

RUOLO DEL CAE

- Le metodologie CAE giocano un ruolo fondamentale nei processi di sviluppo:
 - Sviluppo nuovo prodotto
 - Change Managementcon gli obiettivi di ridurre **tempi e costi di sviluppo**:
 - progettazione
 - realizzazione prototipi
 - prove (funzionali ed affidabilità)e di rispettare le **specifiche** di prodotto

- Il **network** Lombardini
 - Strutture interne
 - Università e strutture di ricerca
 - Consulenza specializzata



CAE NEL CICLO DI VITA DEL PRODOTTO

➤ **Progettazione**

- Scelta tra diverse soluzioni progettuali
- Dimensionamento
- Affinamento di soluzioni progettuali

➤ **Failure analysis**

- Test di laboratorio
- Field tests

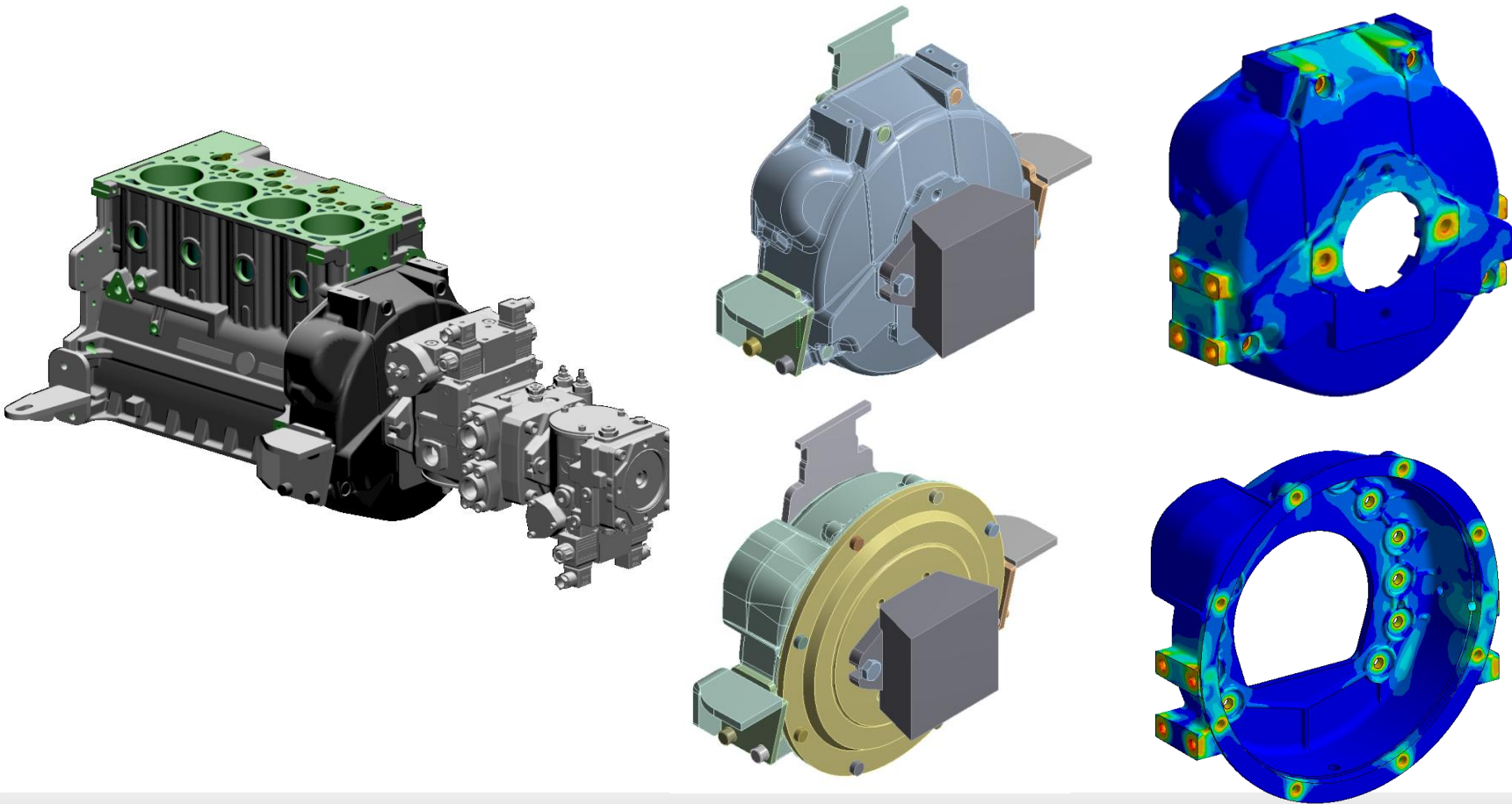
➤ **Supporto a test di laboratorio**

➤ **Evoluzione di progetto** (disegno, materiale, fornitore)

➤ **Nuove condizioni di funzionamento**

PROGETTAZIONE

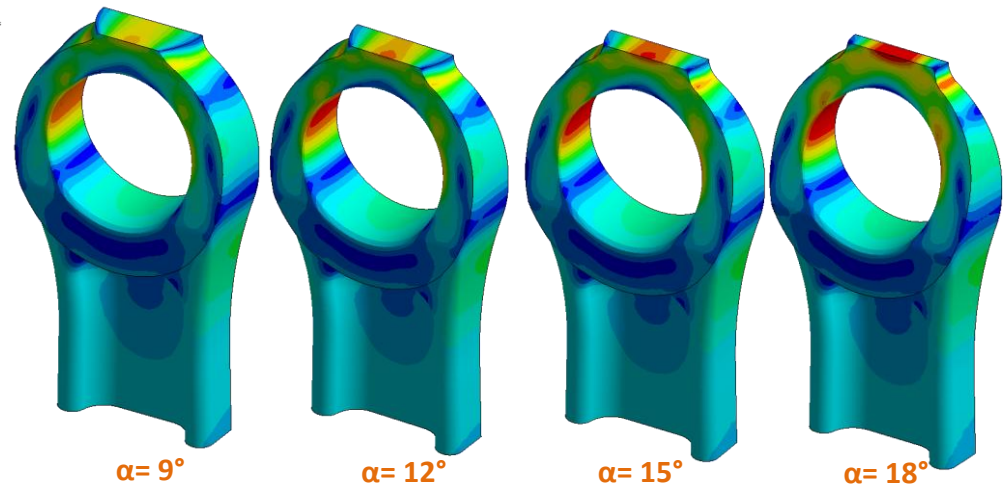
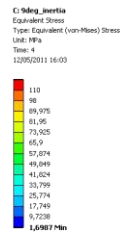
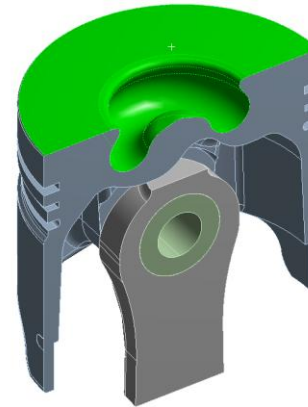
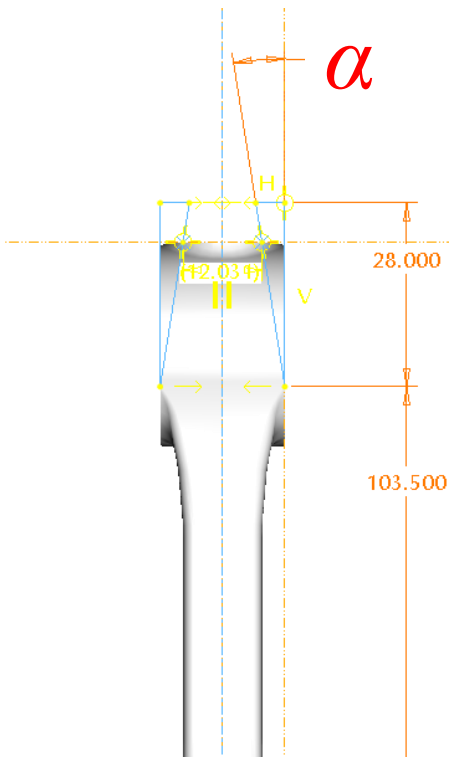
- Scelta tra diverse soluzioni progettuali
Applicazione di una pompa idraulica alla prima PTO



PROGETTAZIONE

➤ Dimensionamento

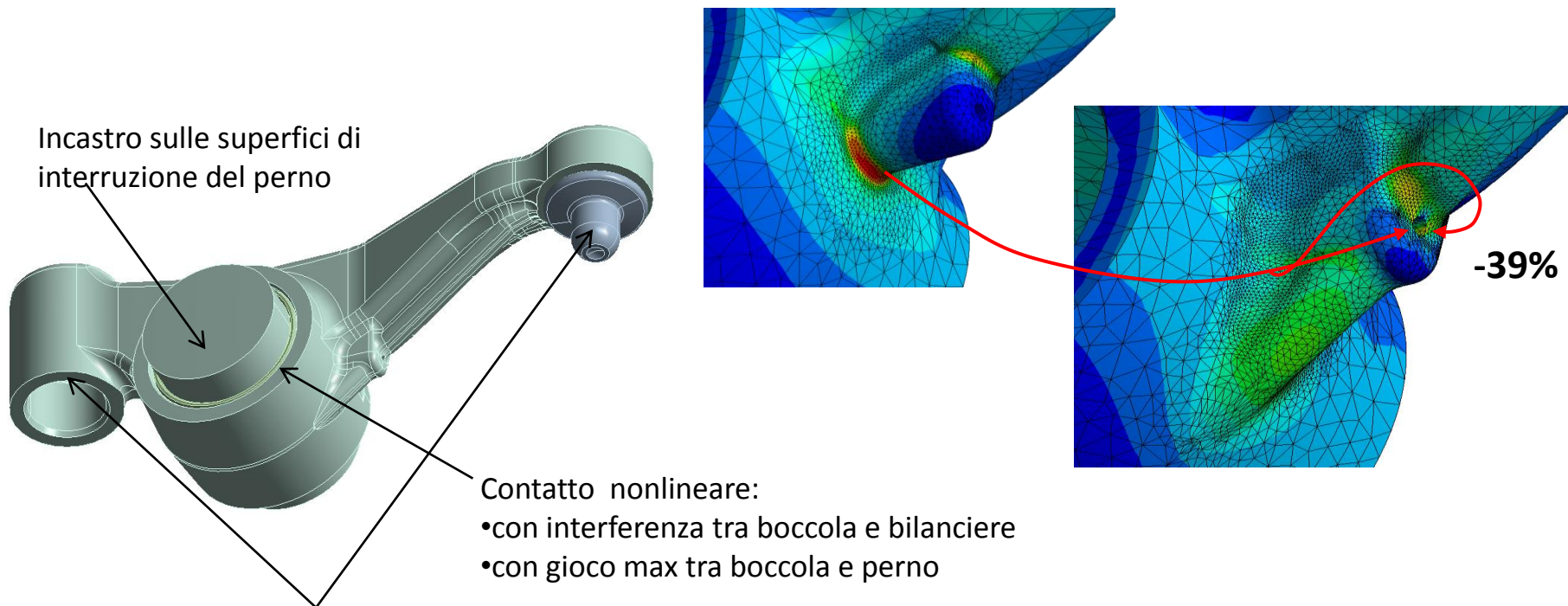
Definizione della geometria del piede di biella (al crescere dell'angolo α aumenta l'apporto di lubrificante)



PROGETTAZIONE

➤ Affinamento delle soluzioni progettuali

Sollecitazione di un bilanciere della distribuzione (carichi calcolati con approccio a parametri concentrati)

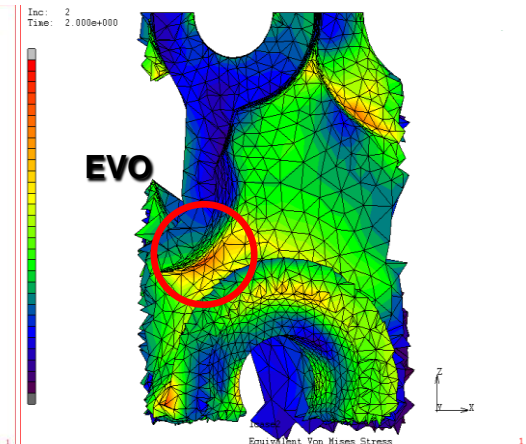
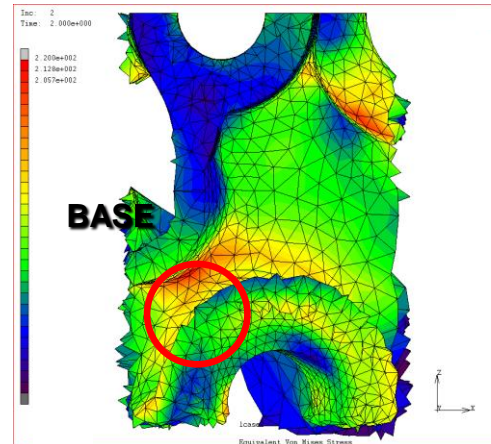
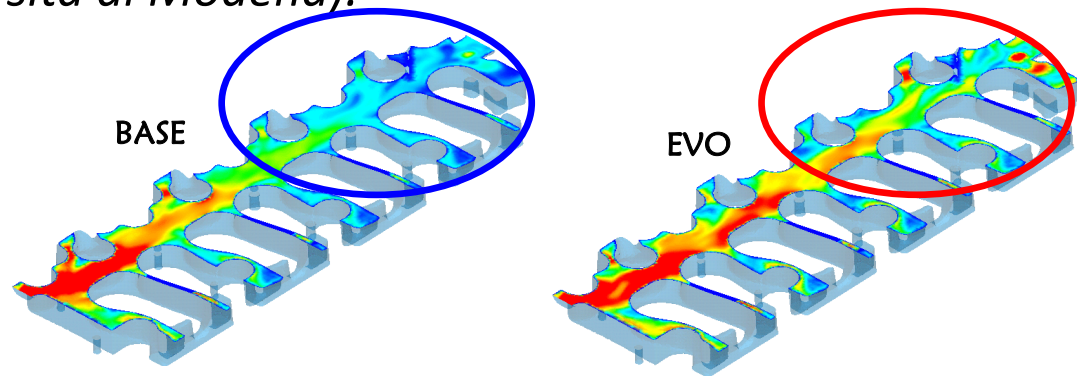


Reazioni di asta e valvola, relative alla condizione più gravosa di servizio, calcolate con SW esterni, sono assegnate come remote force

FAILURE ANALYSIS

➤ Field testing

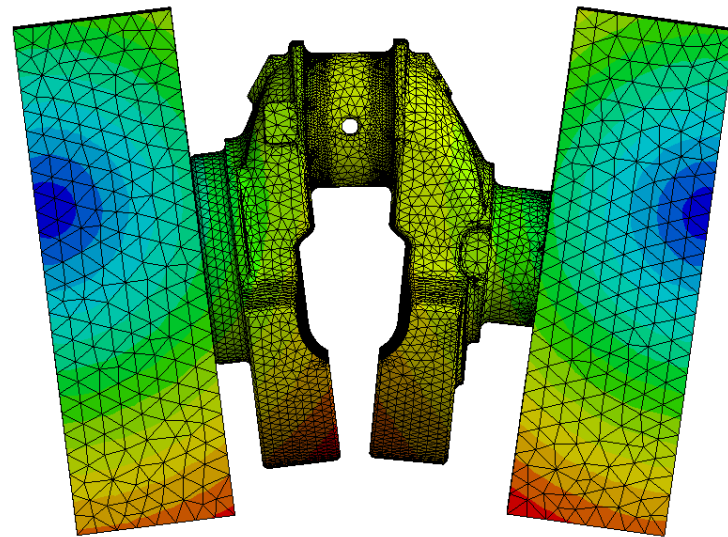
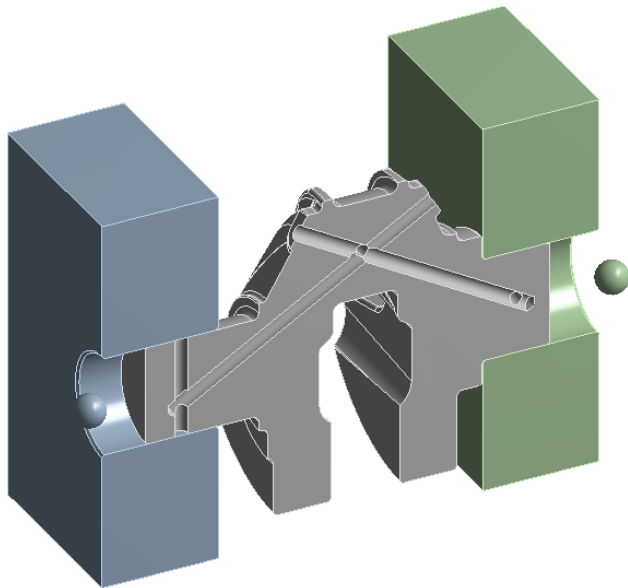
Rottura della testata in applicazione specifica: sviluppo di una nuova metodologia termo-strutturale con approccio integrato CFD – FEM (Lombardini – Università di Modena).



SUPPORTO A TEST DI LABORATORIO

➤ Prova a fatica di alberi motore

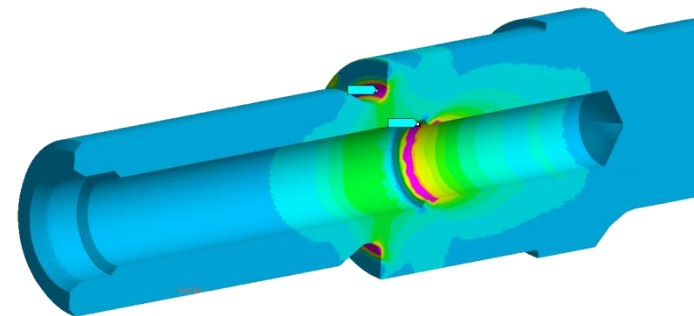
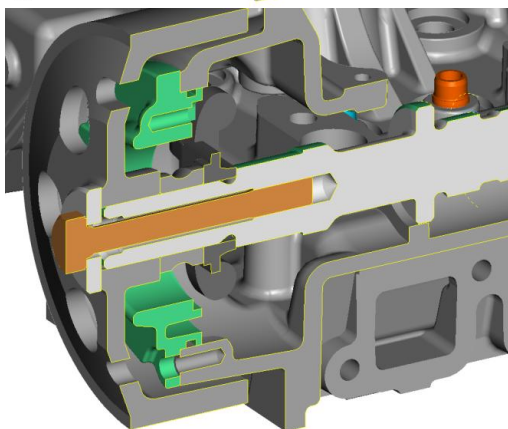
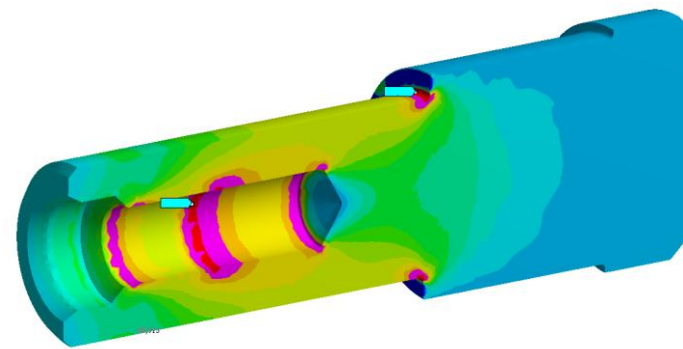
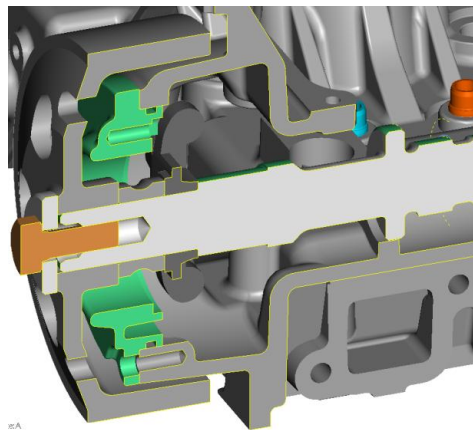
Definizione dei parametri di prova: momento flettente equivalente, in termini di fatica, alla sollecitazione flessio-torsionale del funzionamento reale.



EVOLUZIONE DEL PROGETTO

➤ Modifica del materiale

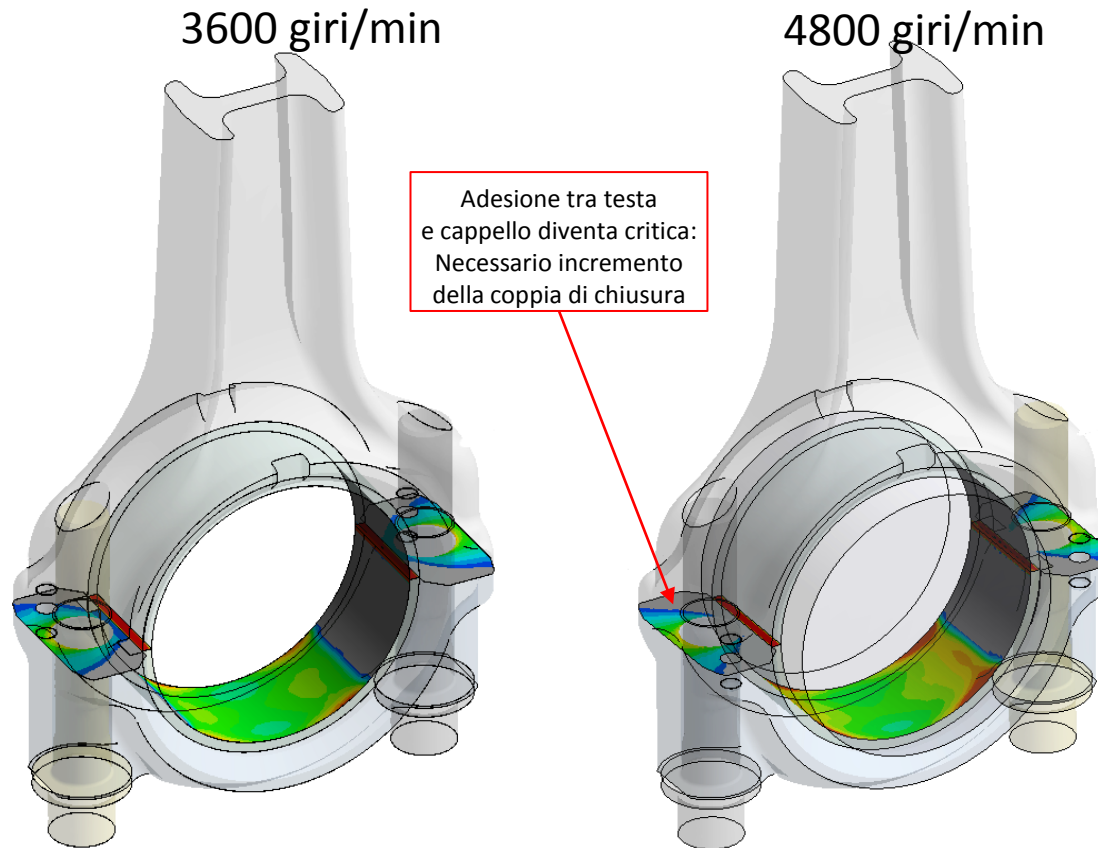
*Passaggio da acciaio (18CrMo4) a ghisa (EN-GJL-300) per l'albero a camme:
modifica della geometria del fissaggio puleggia.*



NUOVE CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO

➤ Condizioni di funzionamento off-design

Incremento del regime massimo di rotazione: analisi biella



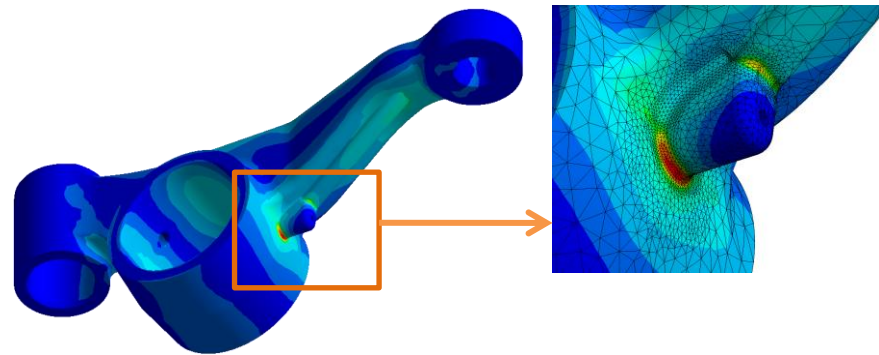
APPROCCI NELL'IMPIEGO DEL CAE

- **Utilizzo diretto dell'output:** condizioni di funzionamento semplici, note e riproducibili
- **Metodologia standardizzata:** condizioni di funzionamento complesse, non note o non riproducibili
- **Modelli semplificati** (fenomenologici, a parametri concentrati) per la descrizione di sistemi molto complessi

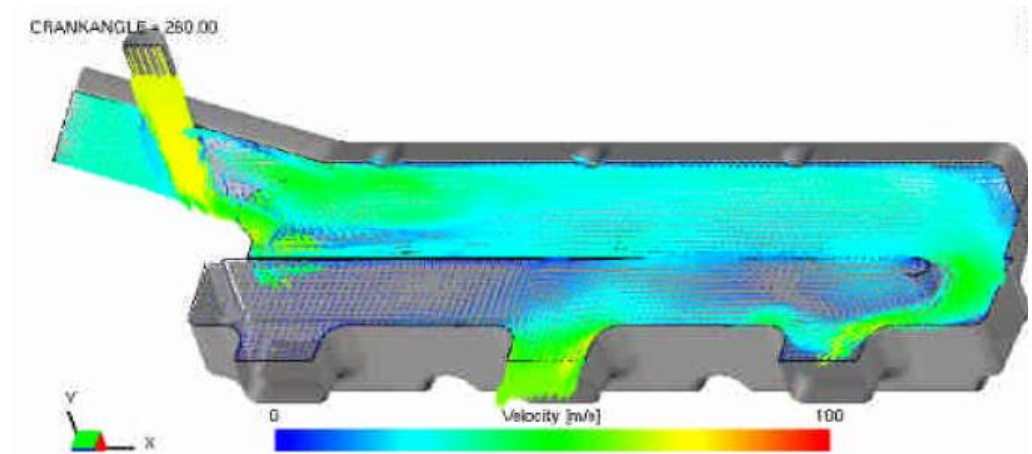
OUTPUT DIRETTO

- Condizioni di funzionamento semplici, note, riproducibili: le condizioni di carico e vincolo sono note (calcolate o sperimentali) e l'output del calcolo è utilizzato direttamente.

*Stato tensionale del
bilanciere nelle
condizioni di massimo
carico*

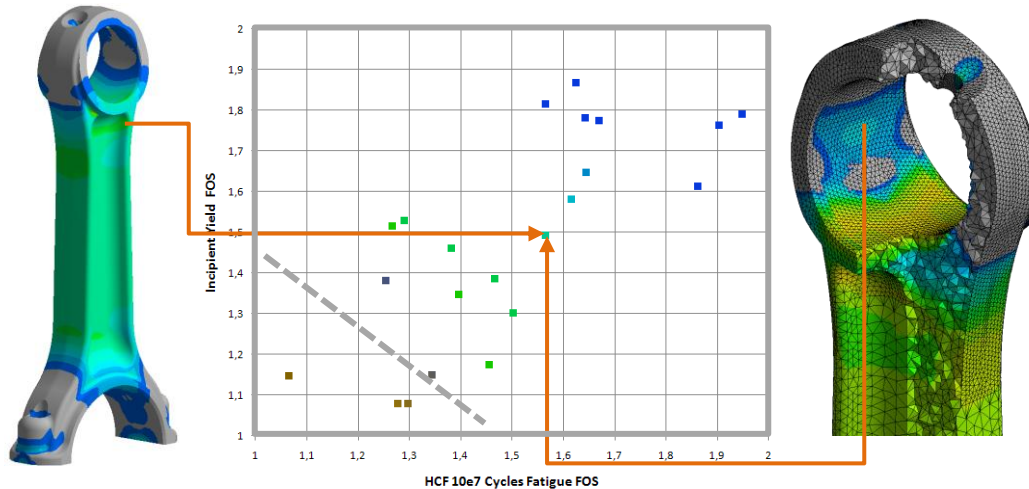
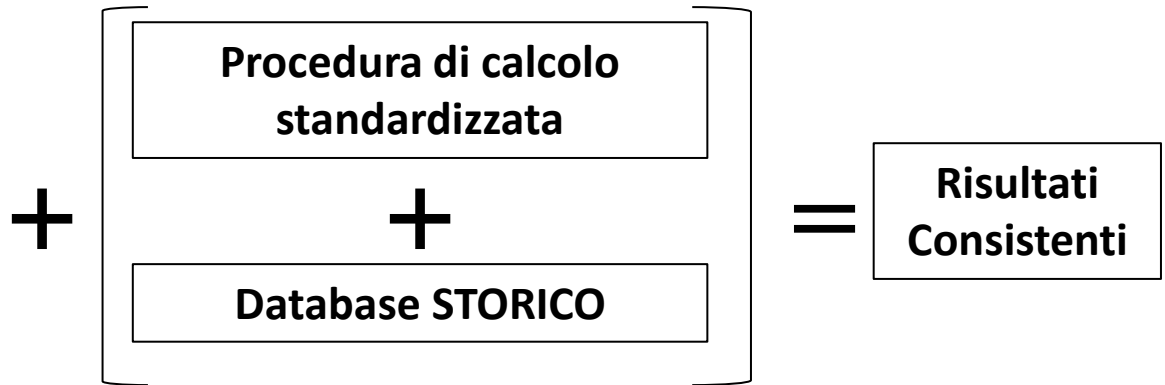
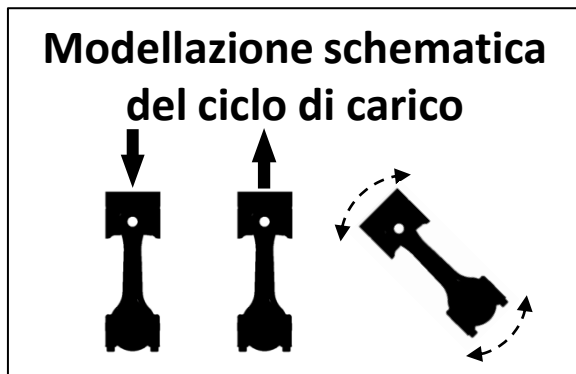


*Distribuzione dei gas
ricircolati in aspirazione
(EGR) tra i cilindri*



METODOLOGIE STANDARDIZZATE

- Condizioni di funzionamento complesse o non note: si sviluppano **procedure specifiche**, con condizioni di calcolo standardizzate, e si costruisce un database storico

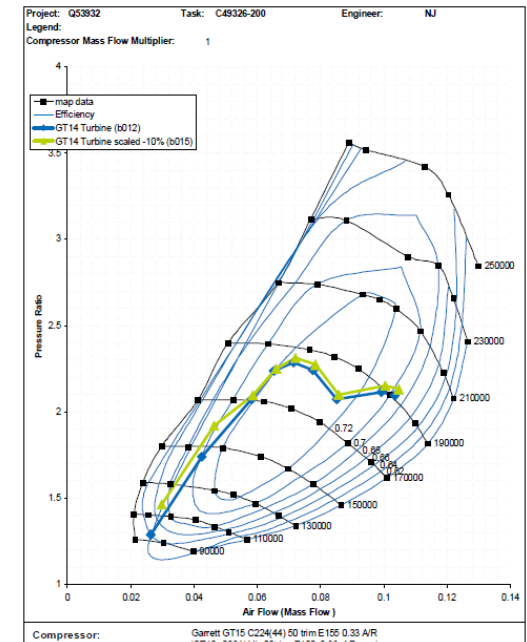
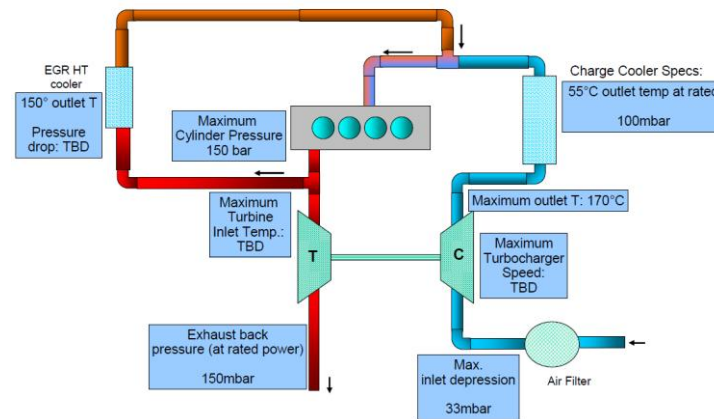
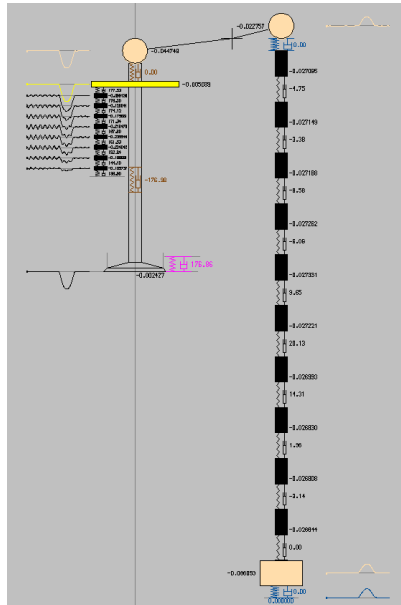


MODELLI SEMPLIFICATI

- Nella analisi di sistemi molto complessi, o quando si vuole adottare un approccio leggero, vengono impiegati modelli semplificati, con approccio fenomenologico (non fisico). E' sempre necessaria una **messa a punto** del modello per ottenere una buona capacità predittiva

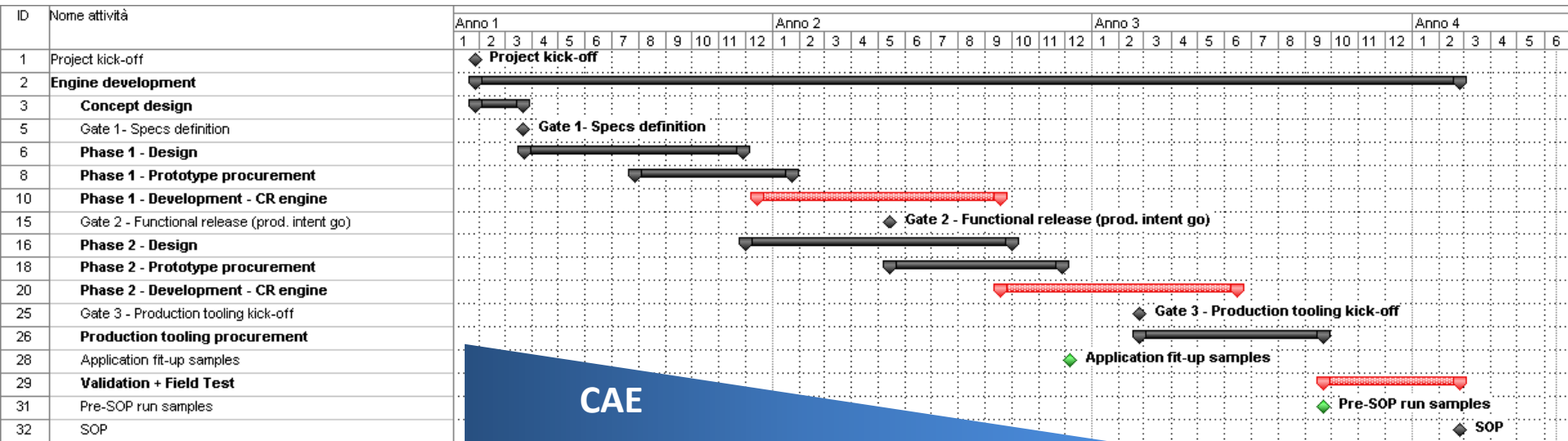
Dinamica del sistema di distribuzione

Gas exchange process: analisi monodimensionale



CONCLUSIONI

- Importanza dei tool CAE nello sviluppo di nuovi prodotti (e nell'intero ciclo di vita del prodotto).



- Necessaria una fase di addestramento e di costruzione di dati storici per poter utilizzare **predittivamente** il CAE.
- Benefici apprezzabili, in termini di contenimento dei tempi e dei costi di sviluppo