

*Modellizzazione e Prototipazione Virtuale dei prodotti
CINECA, Casalecchio di Reno, 28-29 novembre 2007*

La simulazione numerica nel contesto dell'industria manifatturiera-meccanica

cenni storici e stato attuale

Pier Gabriele Molari

ordinario di Costruzione di Macchine

facoltà di Ingegneria

Università di Bologna

viale del Risorgimento, 2 40136 Bologna

piergabriele.molari@unibo.it

La simulazione

- Prevedere il risultato di un intervento dell'uomo è da sempre stata la grande sfida dell'ingegnere.
- Il titolo stesso della professione dell'ingegnere confonde l'oggetto del pensiero con il pensiero stesso. Si può dire che l'ingegno è insieme oggetto e soggetto di questa arte.

Oggi che abbiamo più conoscenza possiamo aggiungere una fase fra il pensare astratto e la realizzazione: la simulazione.

- La simulazione affranca il progetto dal mondo dell'utopia e lo promuove a realizzabile. Evita o, almeno, riduce quella lunga fase di prototipazione che costa, quasi sempre, un lunghissimo dispendio di danaro e di tempo.

Il grande progresso di questi ultimi decenni

- I grande orgoglio di poter dire: io c'ero, l'ho visto, nel mio piccolo ho dato un contributo.
- Lo stupore provato, la necessità di pensare liberamente

Un po' di storia

Quando i concetti stanno per nascere sono più semplici e si afferrano meglio.

Nel momento nel quale l'arte dell'ingegno lasciò le botteghe artigiane per approdare alle corti ducali è più semplice capire perché nell'ingegneria *l'ingegno*

è

sia capacità di pensare
sia l'oggetto costruito.

Francesco di Giorgio

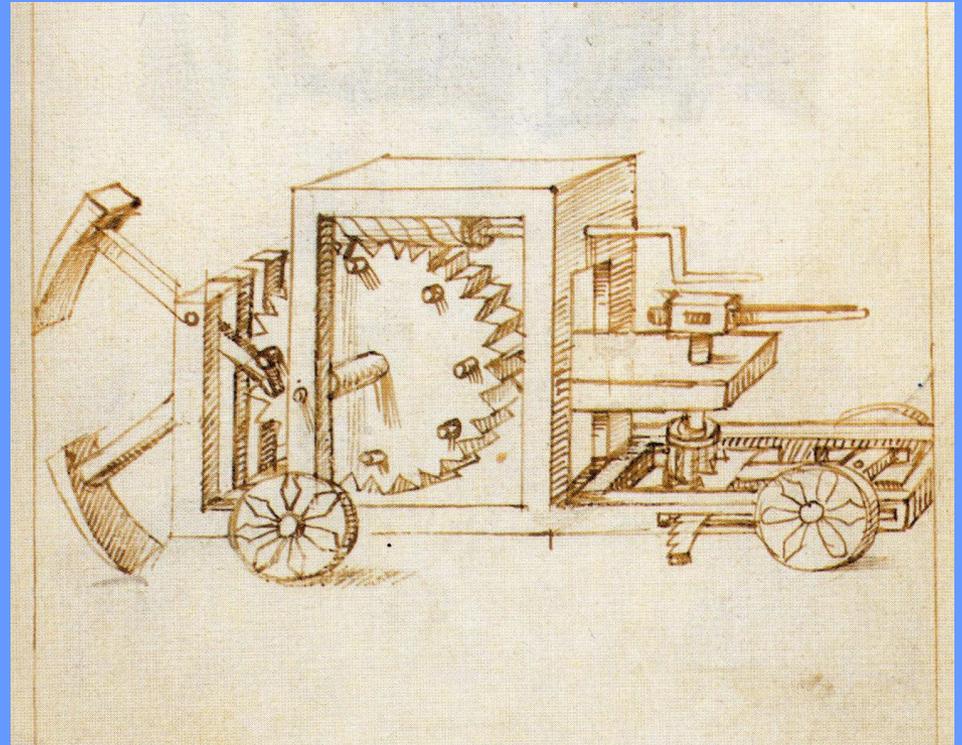
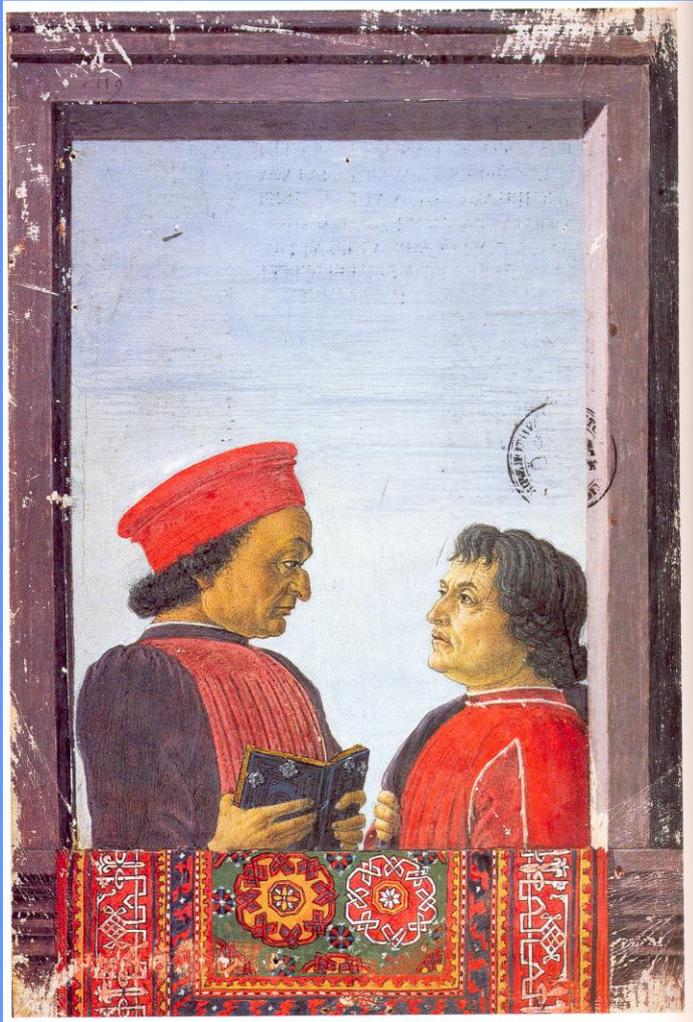
[T33v] 13 ...

*Quantunque difficil sia in disegno ogni cosa dimostrare,
neanco per scrittura in alcun modo molte cose spriemar non si può,
perché son tante le varietà delle cose interrotte e opposite l'una
all'altra che a occupare si vengano,
e però è necessario quasi di ciascuna cosa modello fare.*

*Posto che molte cose all'animo dell'architetto paia facile, e che riuscir
li debba, che mettendolo in effetto
gran mancamenti in essi truova, in ne' quali con difficoltà reparar vi
può.*

*Io per me delle invenzioni che qui demonstrate saranno,
d'assai buona parte,
in me non confidando,
spirienza ho veduta.*

Francesco di Giorgio e Federico Duca di Urbino

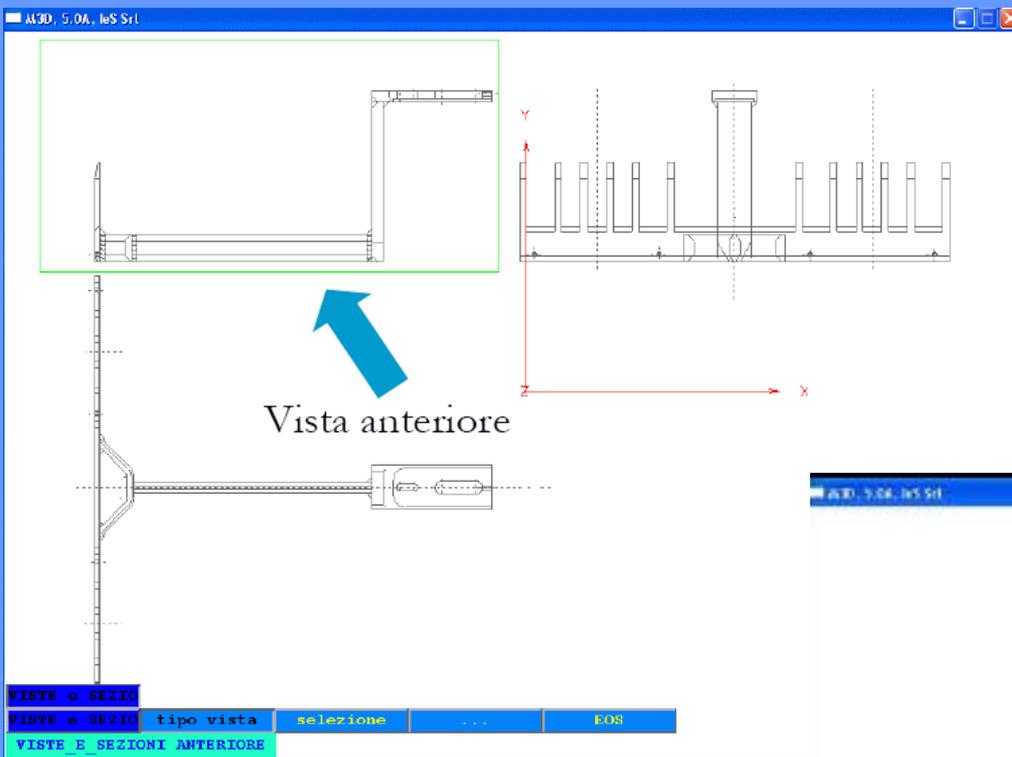


Macchina per scavar fossati

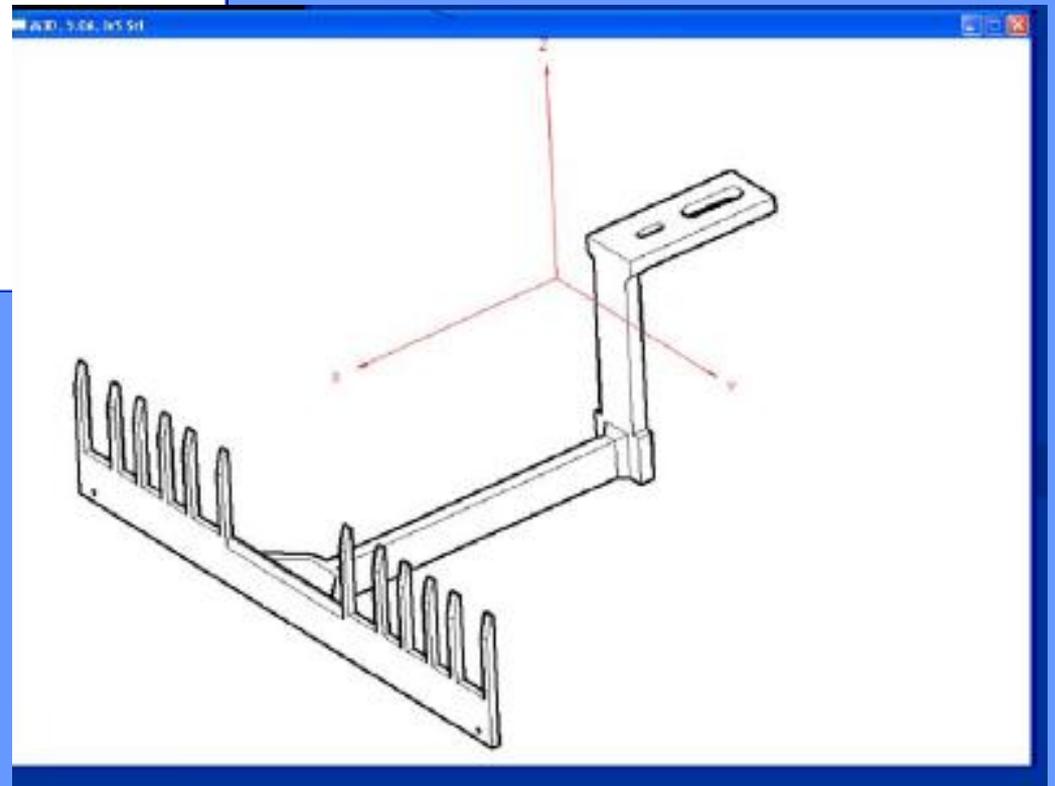
Le grandi tappe della simulazione

- Uso del calcolatore per lo studio dei telai spaziali . Elementi finiti nel piano.
- Il disegno - Ho una grande fortuna sono amico di Giorgio Valle che aveva studiato ad Ann Arbor con il prof. Herzog simulando sui tubi catodici di allora, quelli dei radar, la geometria analitica. Si è iniziato a simulare il calcolo grafico su questi tubi. Non si capiva bene a cosa servisse, Milton Chace sempre ad Ann Arbor ne faceva le costruzioni grafiche per trovare la cinematica e la statica dei meccanismi. Il disegno al calcolatore nasce con la rappresentazione grafica dei meccanismi. Poi esplose perché anche con i calcolatori di allora si operano in tempi brevissimi le trasformazioni nel piano quali la copiatura di linee da una parte all'altra del disegno. I tempi di disegno si riducono di un fattore 5.
- Qui si pensa di impostare tutto sulle tre dimensioni prima wire frame poi con la modellazione solida, siamo affascinati dalla idea che con un solo input di dati si potesse fare tutto. Woelcker e Requisha a Rochester.. Aliseo con il Copimac (Bo)
- Il movimento di corpo rigido
- Il corpo deformabile stati tensionali e deformativi
- Il movimento di un corpo deformabile
- La simulazione della costruzione
- I trattamenti termici
- La previsione della resistenza e della vita di un pezzo di macchina
- Il moto dei fluidi incomprimibili
- Il moto dei fluidi comprimibili
- La simulazione degli effetti chimici e del moto dei fluidi. La combustione

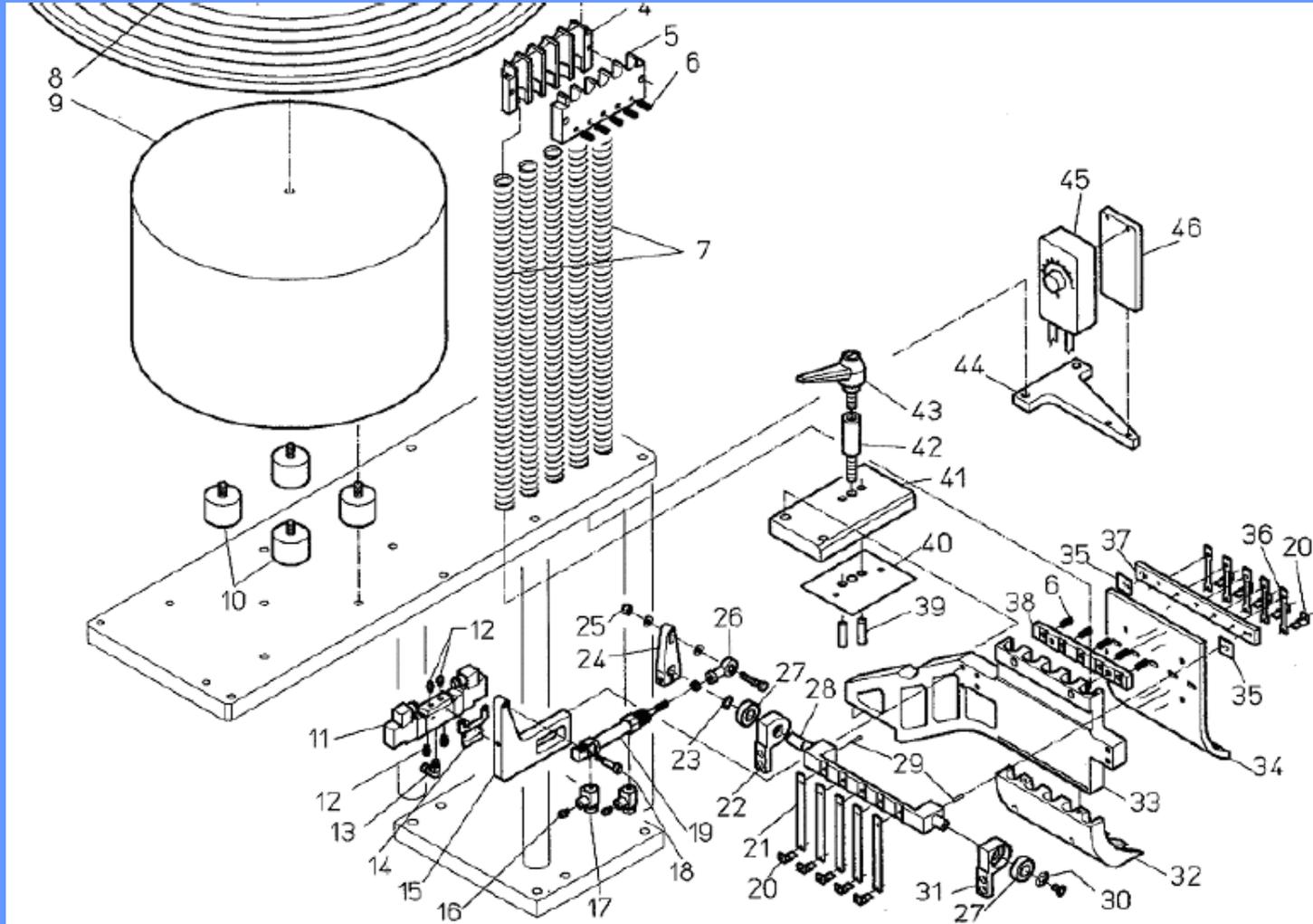
Il disegno



dalle tre viste alla descrizione
solida



Il disegno esploso – la simulazione del modo di montaggio



La verifica dimensionale

La verifica delle intersezioni al montaggio: la verifica "di' cocc" :
simulazione del montaggio ...
grande vantaggio sul primo prototipo –
il montaggio che una volta veniva fatto lucidando i particolari sul
complessivo, ma qui sul tridimensionale

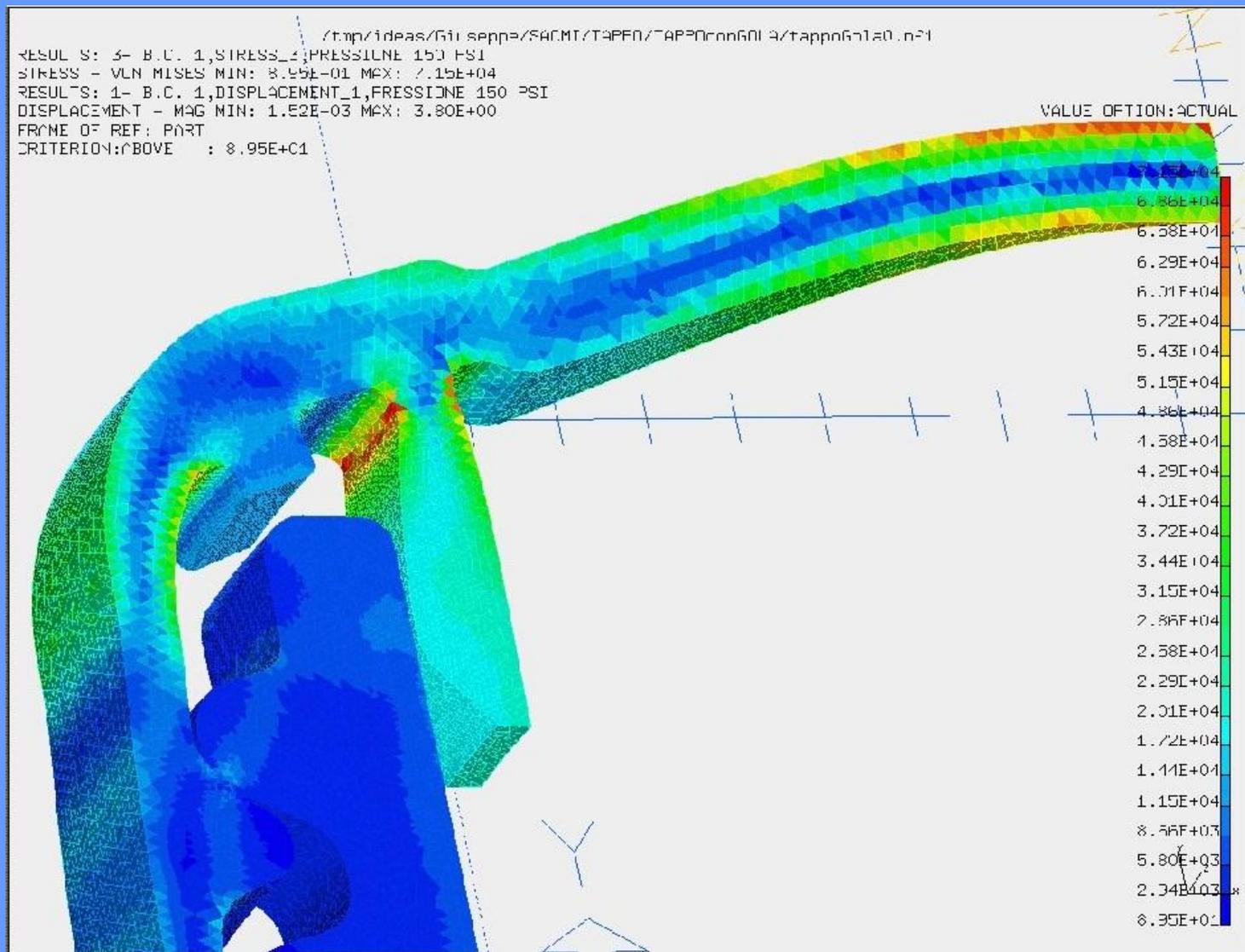
Il 2d ed il 3d l'una cosa non vale l'altra
Il disegno esploso come sottoprodotto del 3d o come rappresentazione
a sé stante ?

Simulazioni su pezzi già dimensionati:
la 'verifica strutturale' di una volta

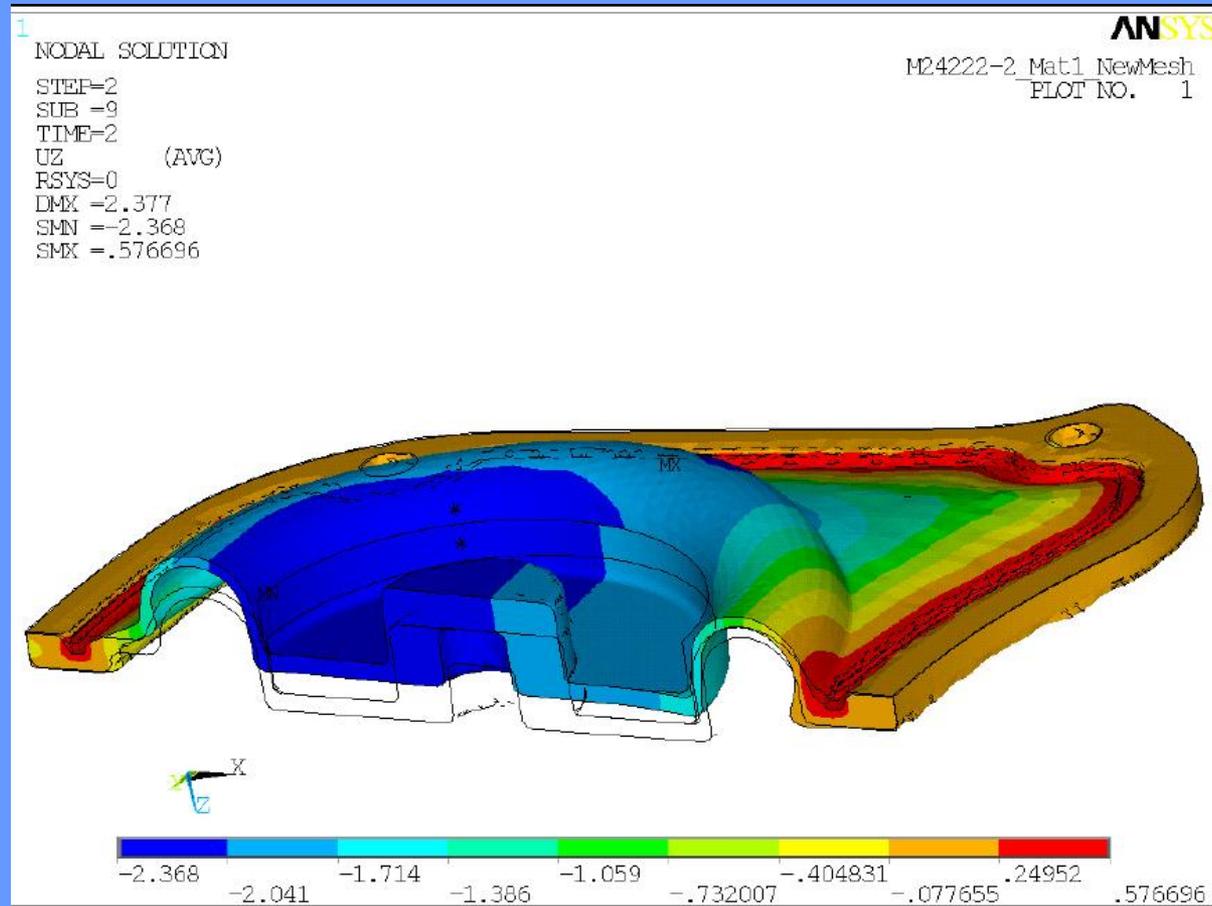
Modifica di geometria

... quando un pezzo è già costruito non
si deve più simulare ma si misura

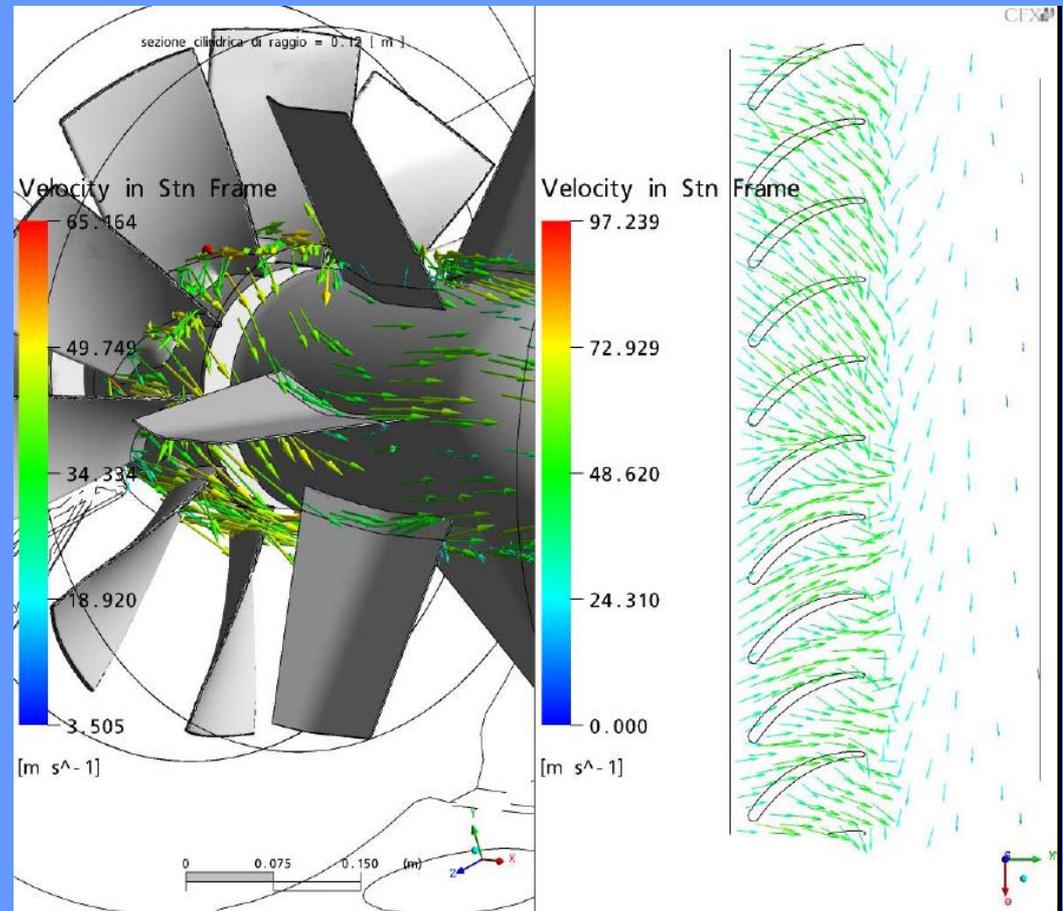
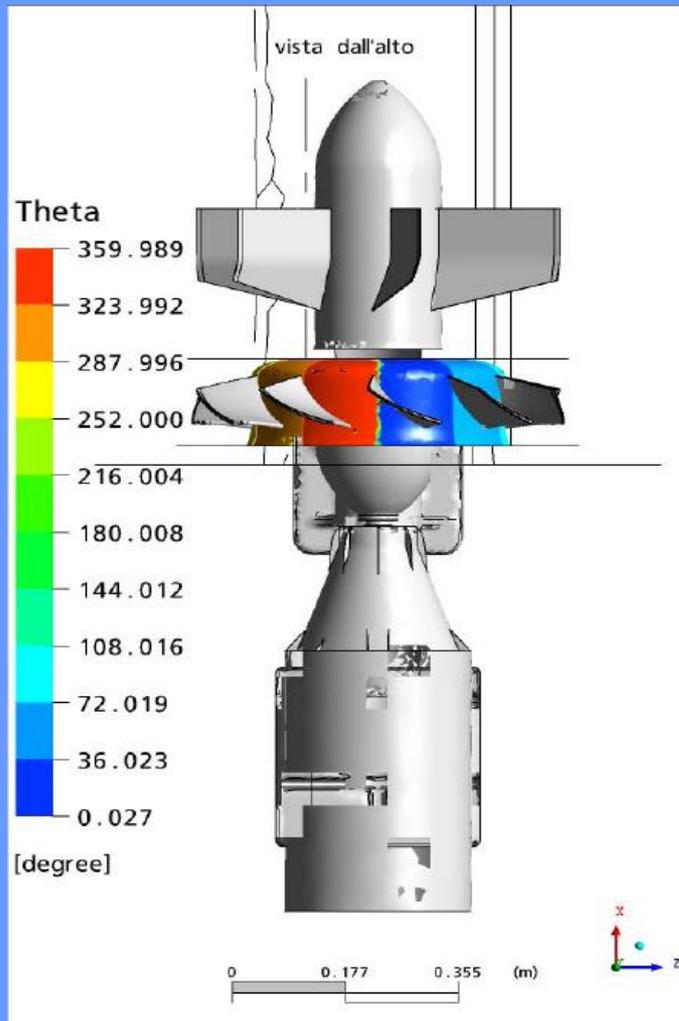
Un tappo di bottiglia con pressione interna



Simulazioni della deformata di una membrana in grandi deformazioni, grandi spostamenti-



Il flusso dell'aria in un 'cannone da neve'



MODELLAZIONE NUMERICA
DELLE CONDIZIONI DI
LUBRIFICAZIONE DELLO
SPINOTTO IN UN MOTORE AD
ALTE PRESTAZIONI

Tesi di Dottorato di Ricerca in
Progetto e Costruzione di Macchine
Settore Scientifico Disciplinare
ING-IND/14

Tutor:
Chiar.mo Prof.
Pier Gabriele Molari

Presentata da:
Marco Spuria

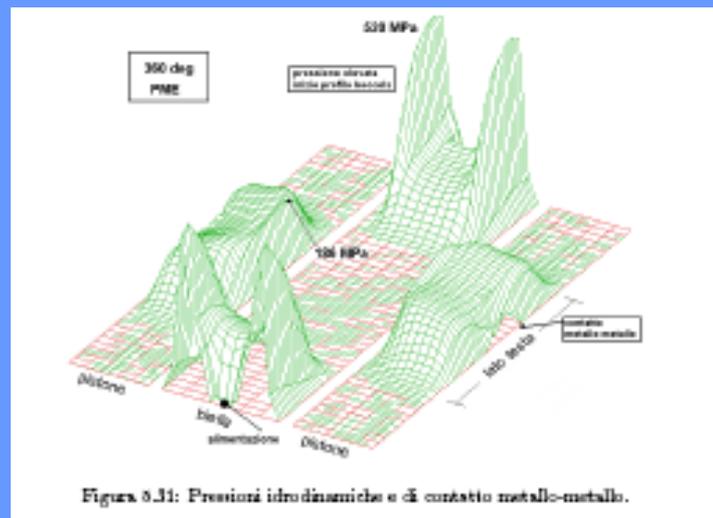
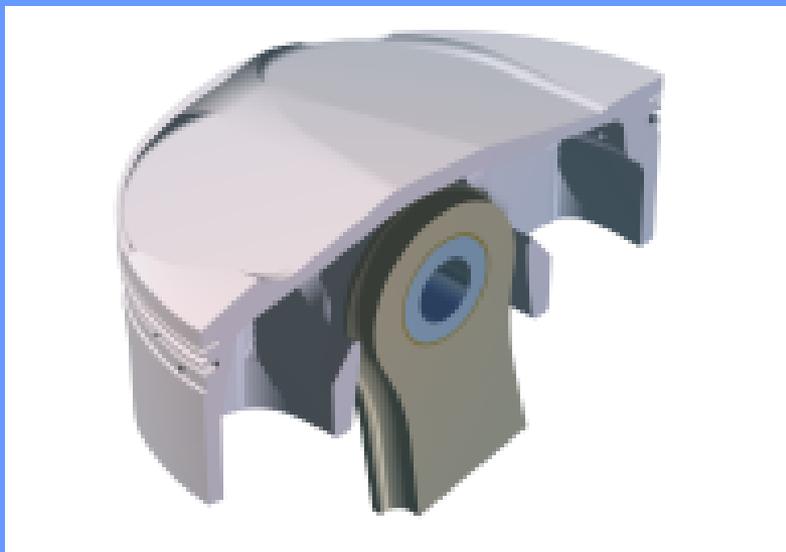
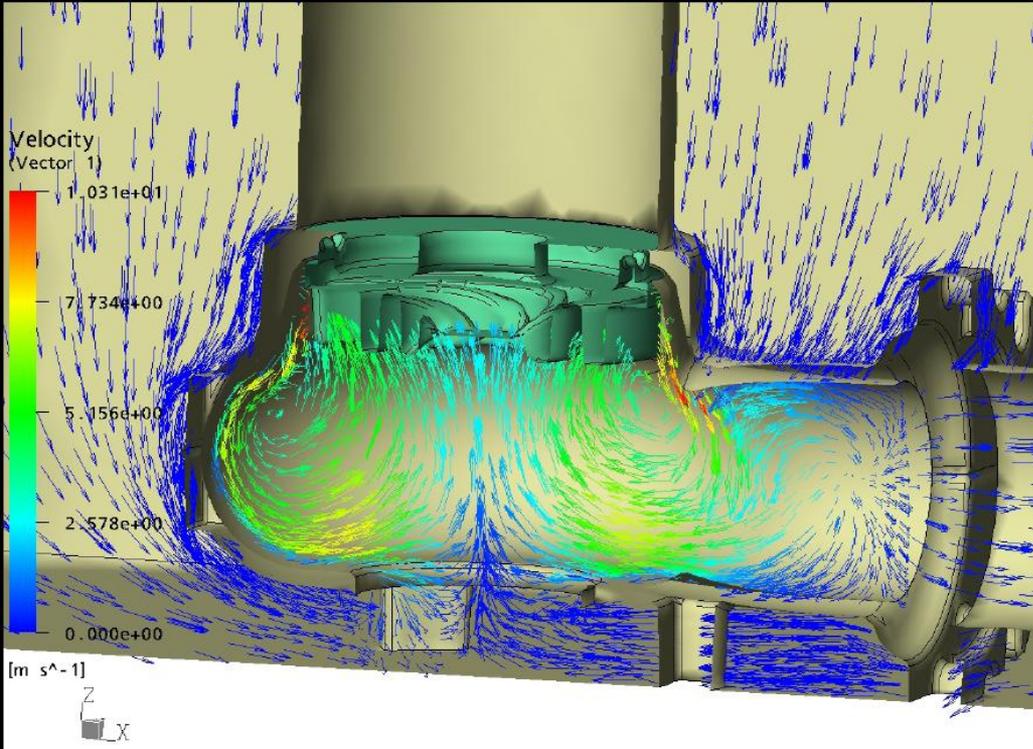


Figura 8.31: Pressioni idrodinamiche e di contatto metallo-metallo.



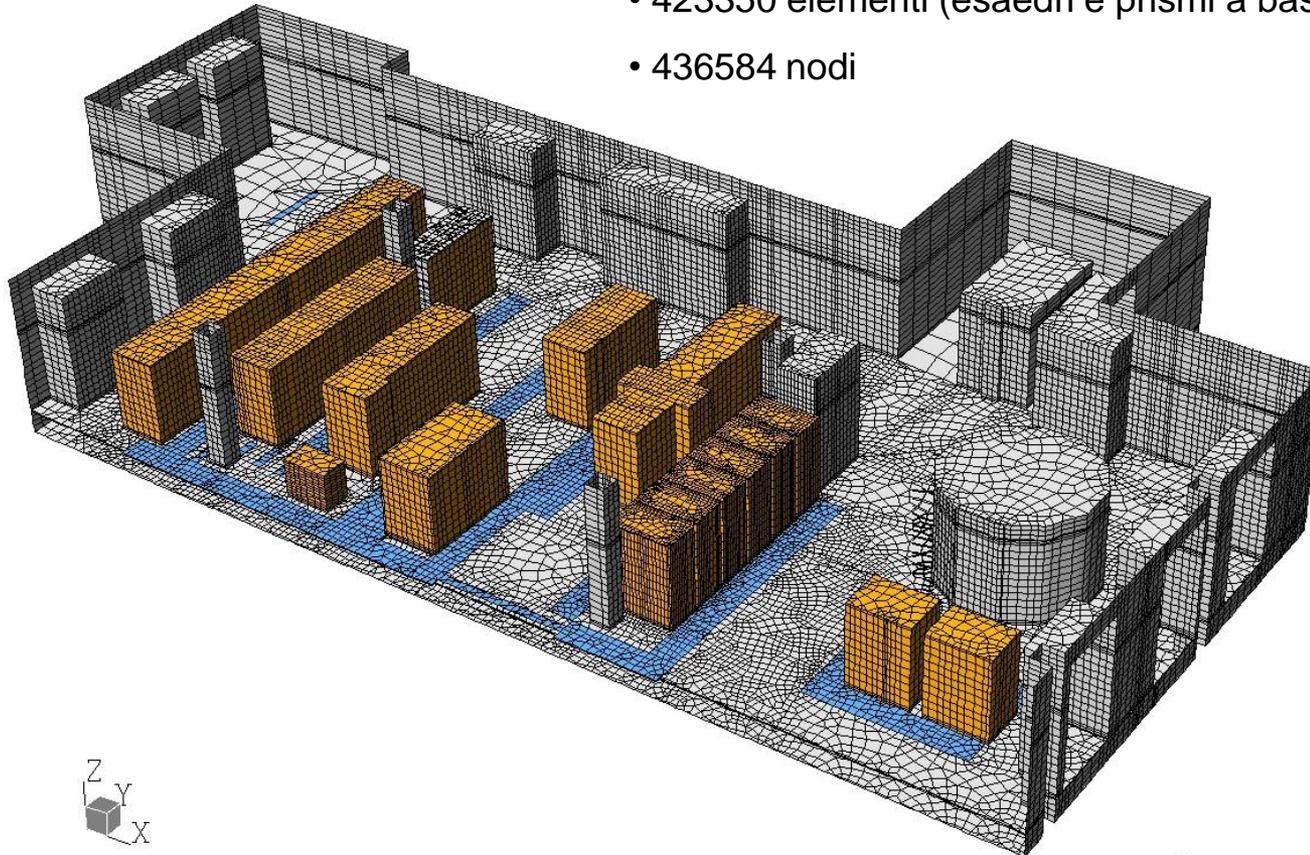
Il moto dell'acqua in una pompa centrifuga



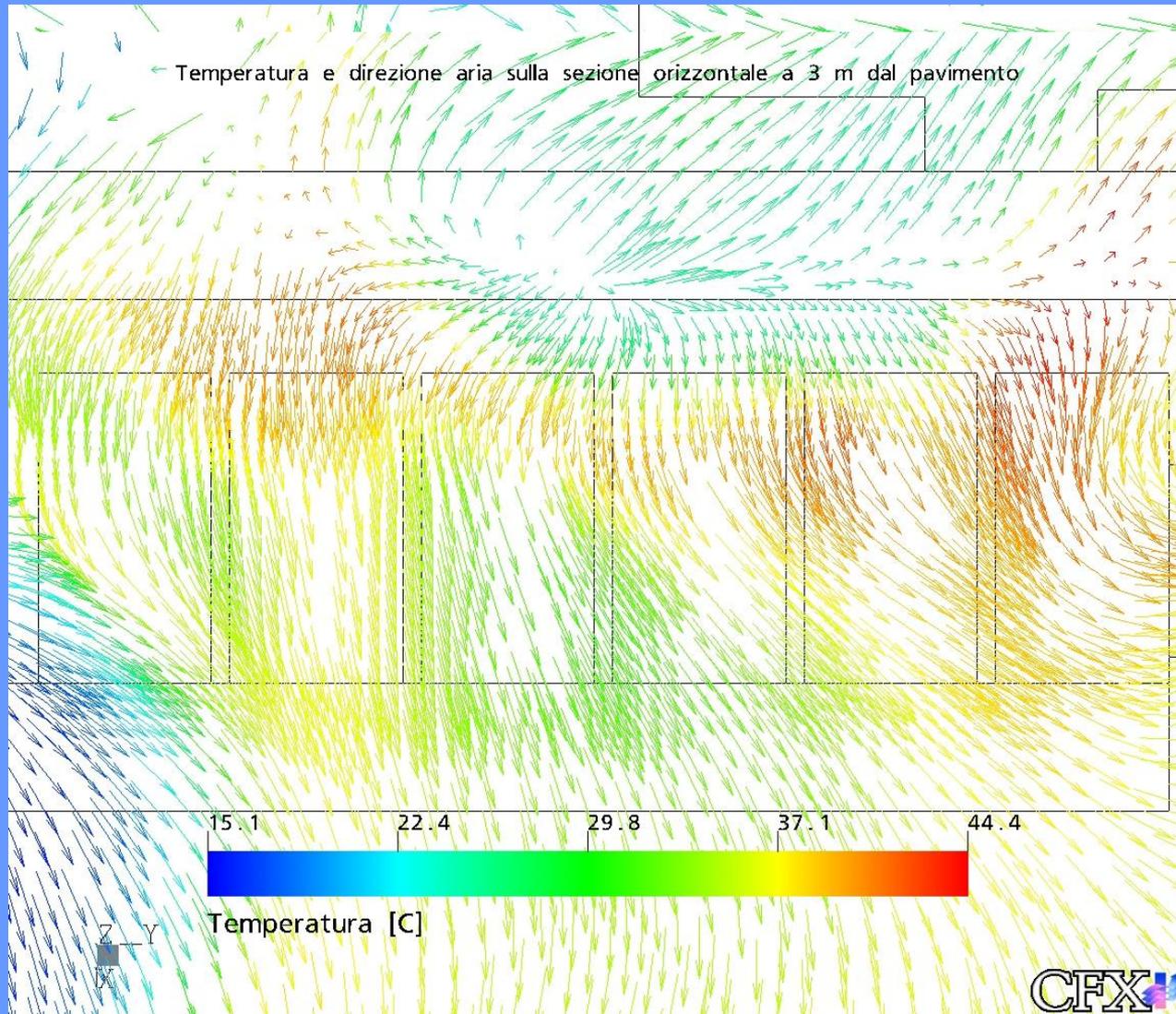
Dal modello geometrico al modello agli elementi finiti

Mesh costituita da:

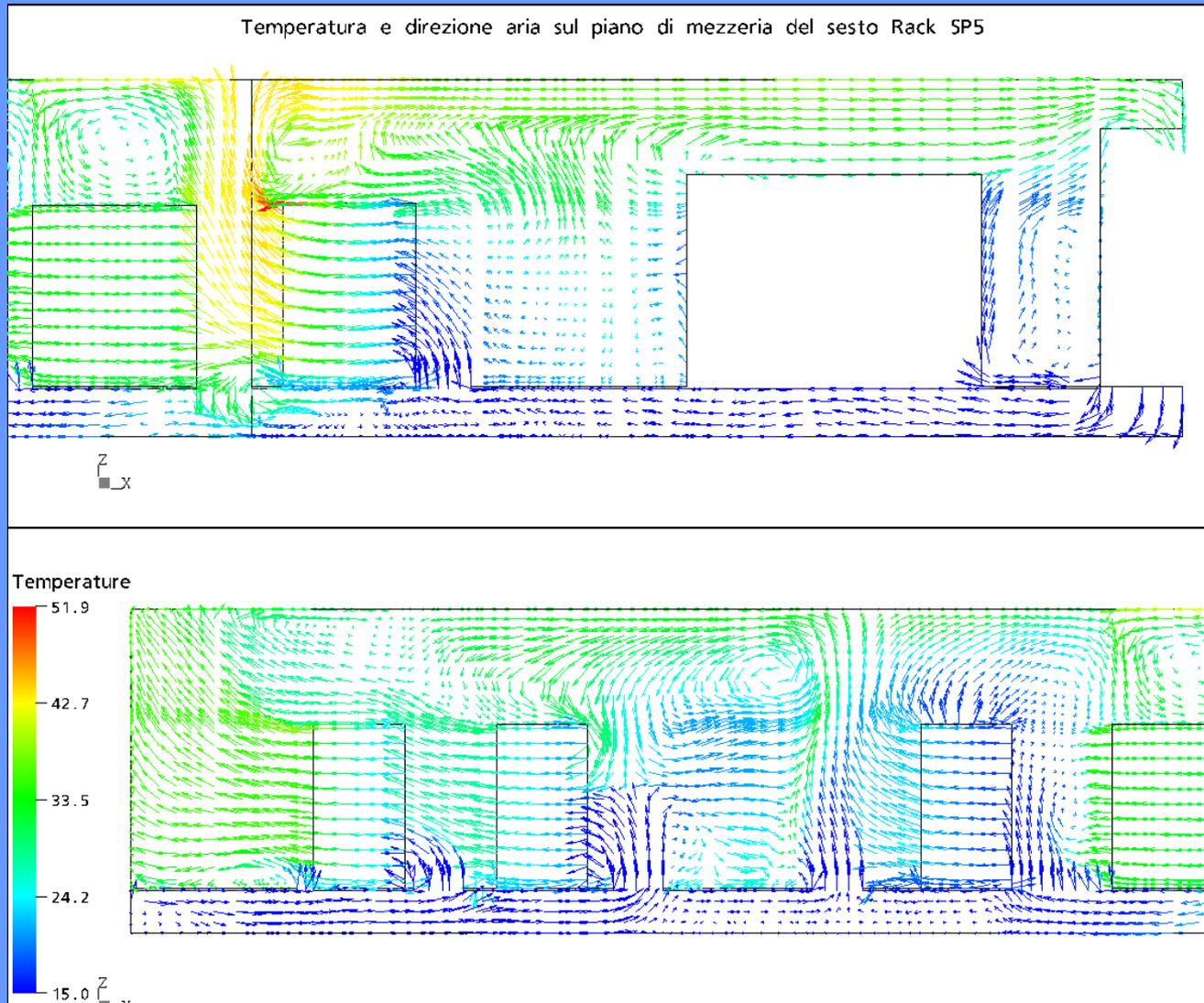
- 423350 elementi (esaedri e prismi a base triangolare)
- 436584 nodi



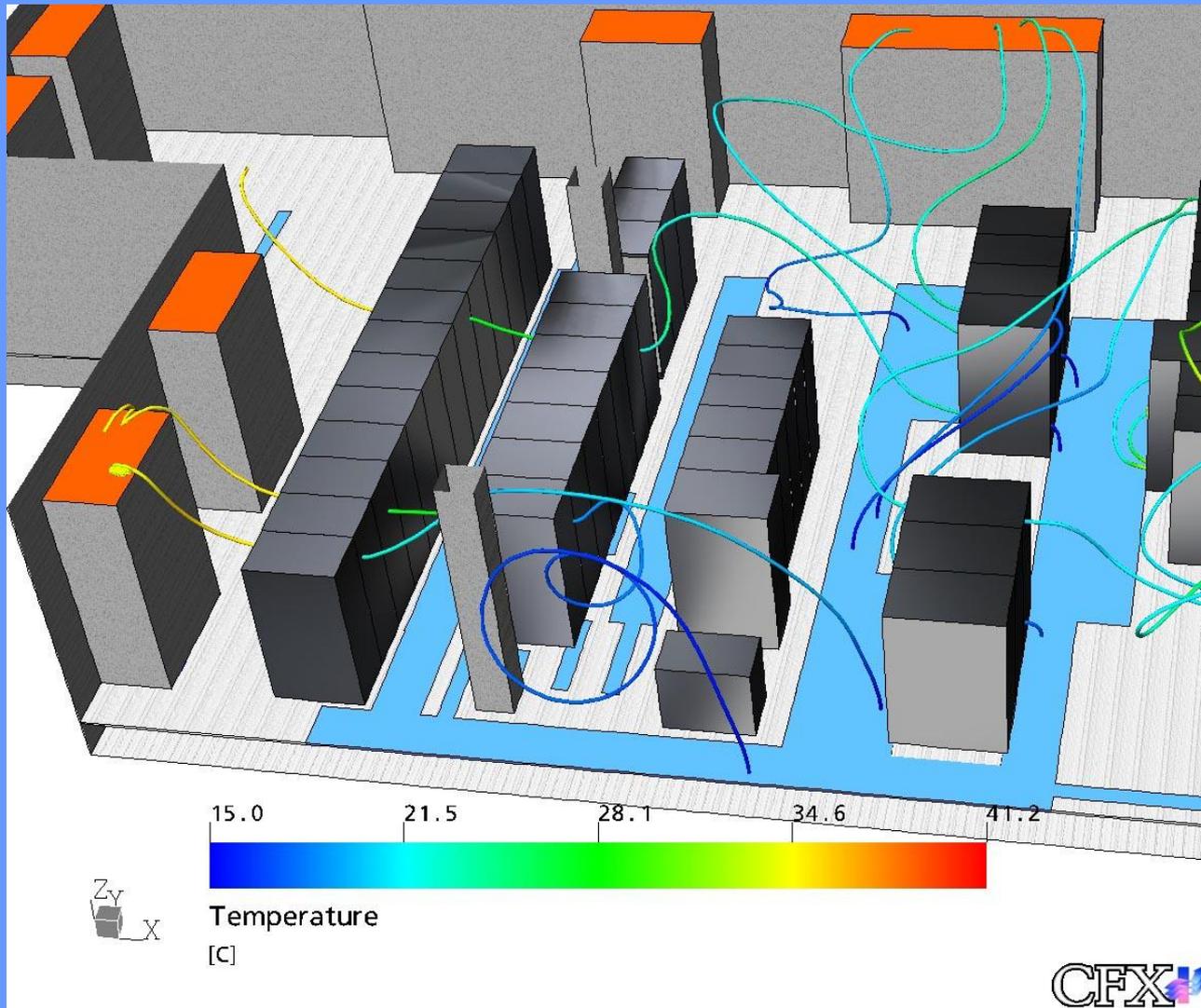
I risultati della simulazione



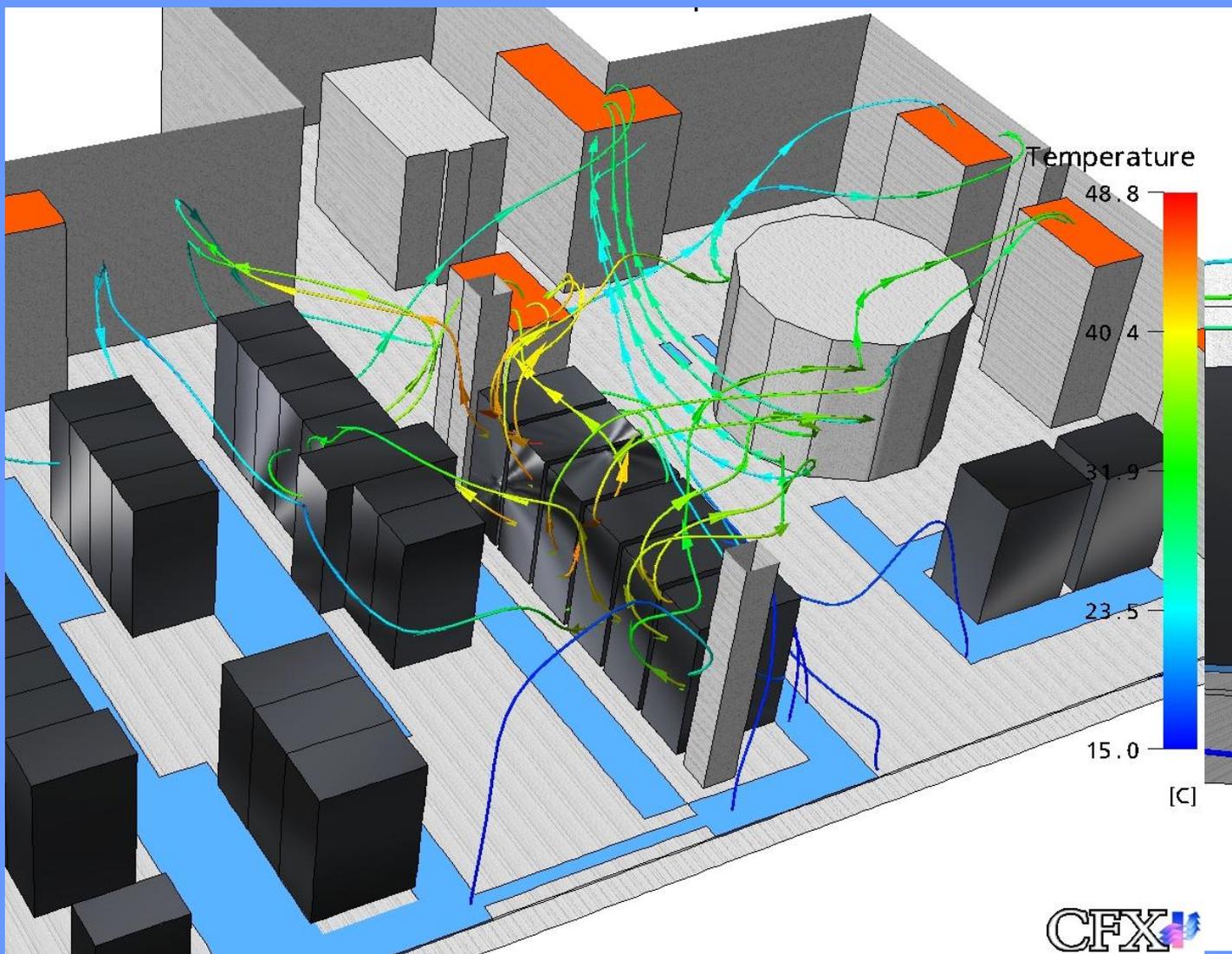
I risultati della simulazione



I risultati della simulazione

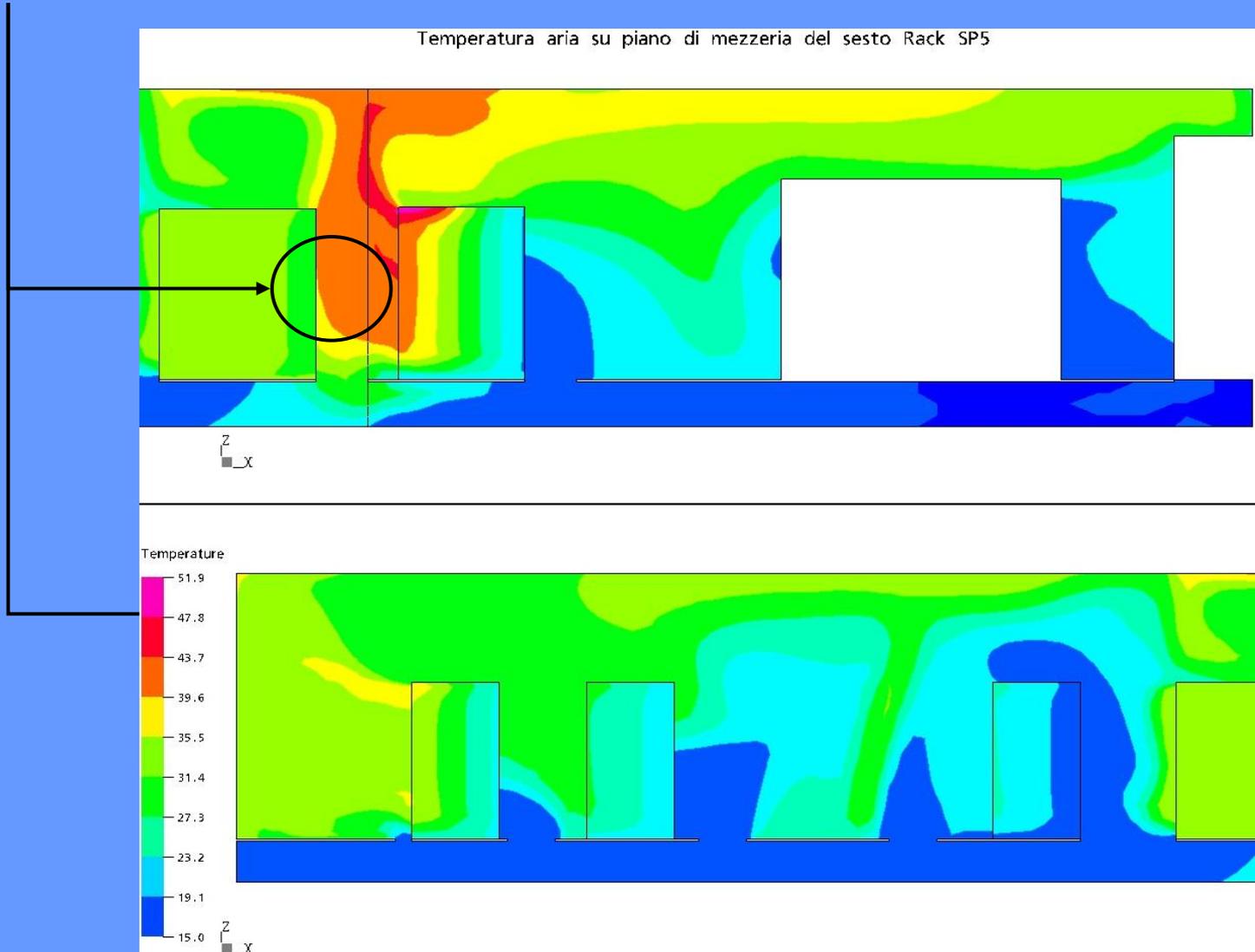


I risultati della simulazione



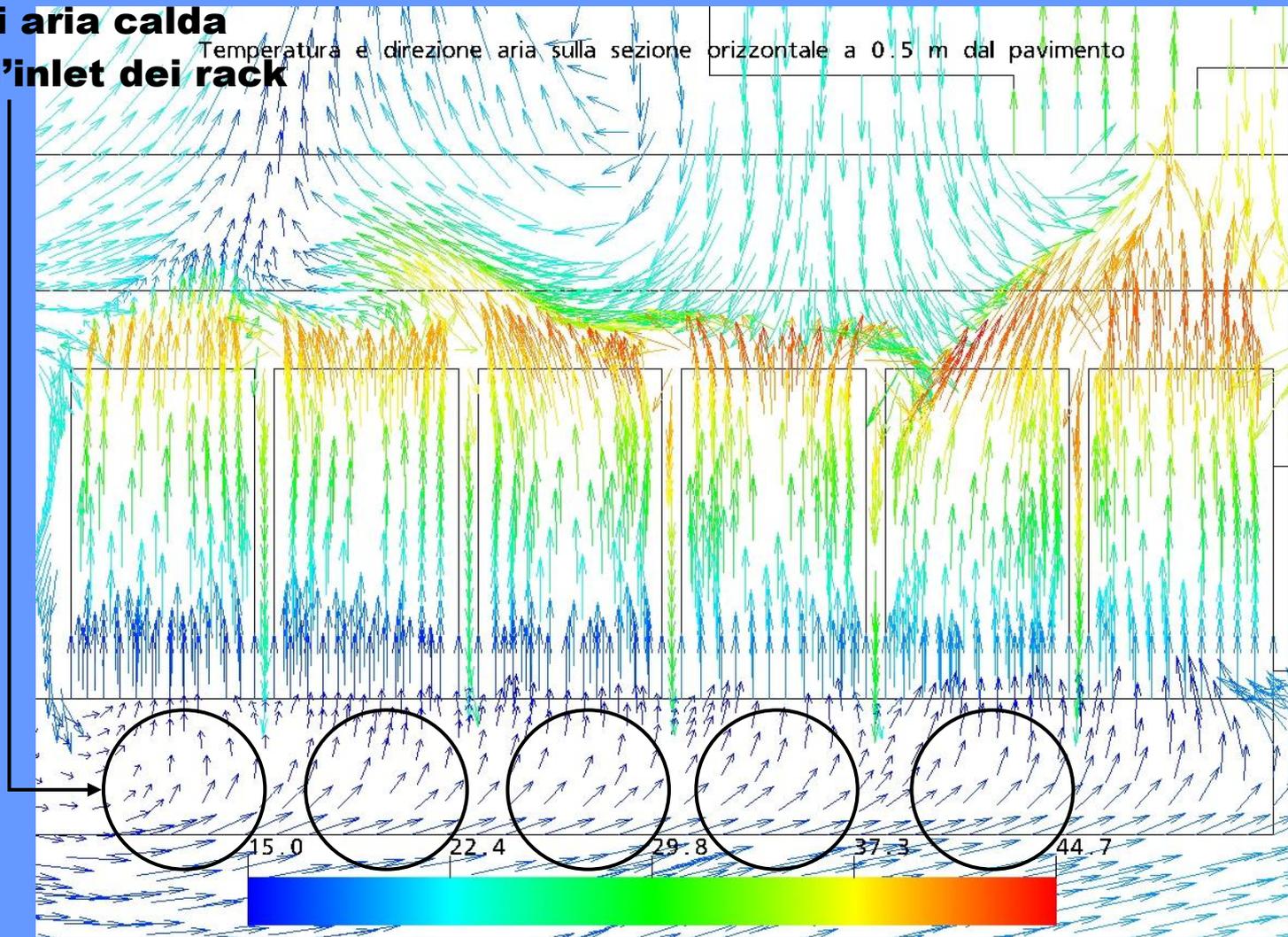
Discussione dei risultati: criticità rilevate

Presenza di hot spot

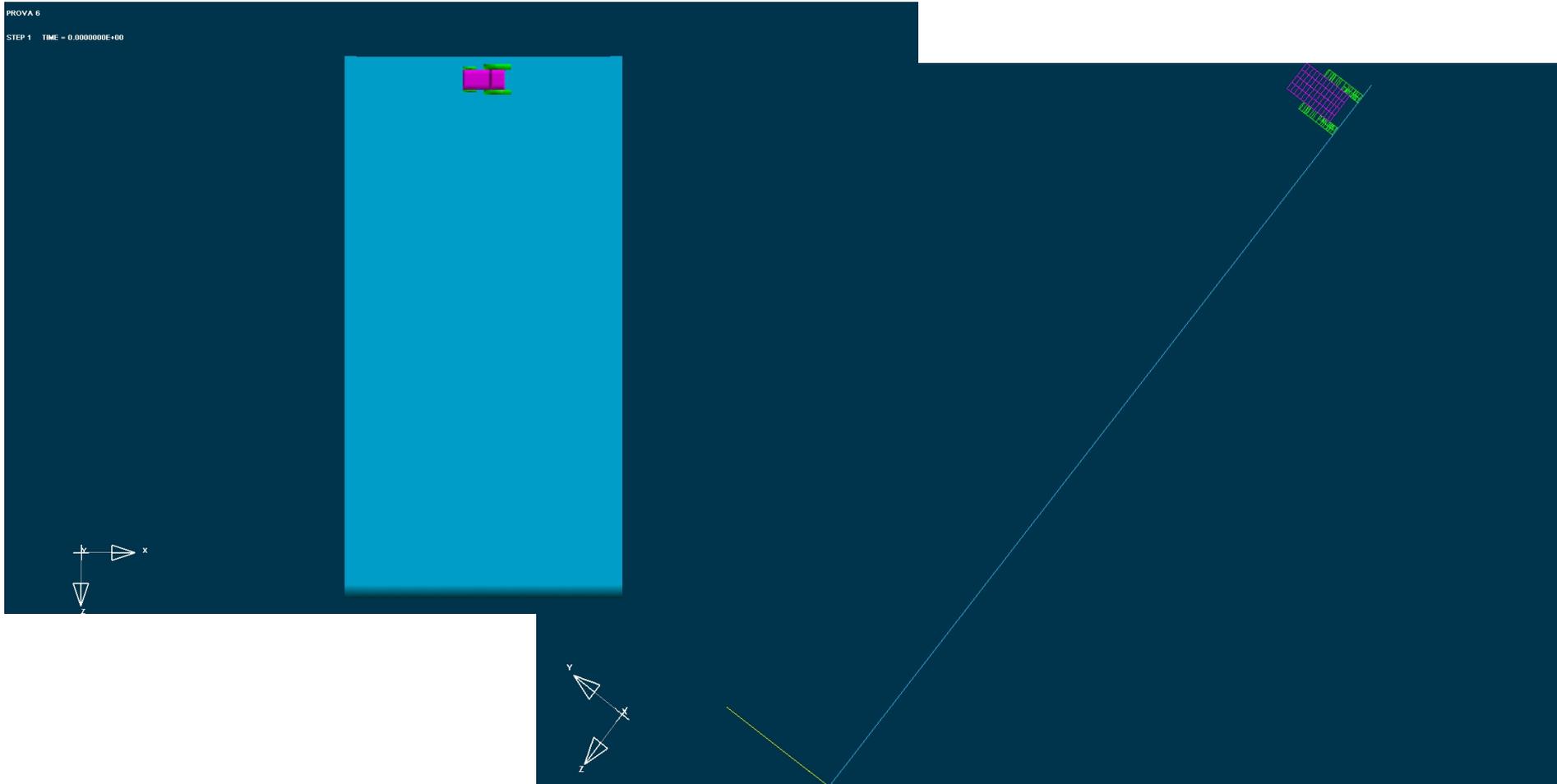


Discussione dei risultati: criticità rilevate

**Riflusso di aria calda
dall'outlet all'inlet dei rack**



Il 'ribaltamento' di un trattore in un ripido pendio



Simulazione per capire il fenomeno

Un pezzo si rompe.. perché si rompe ?

E' vero che se un pezzo è costruito si deve misurare e non più simulare, ma, a volte è opportuno simulare per capire meglio il fenomeno fisico. Si spende meno ... a simulare che a rilevare

Es fretting corrosion

La simulazione come metodo di indagine.

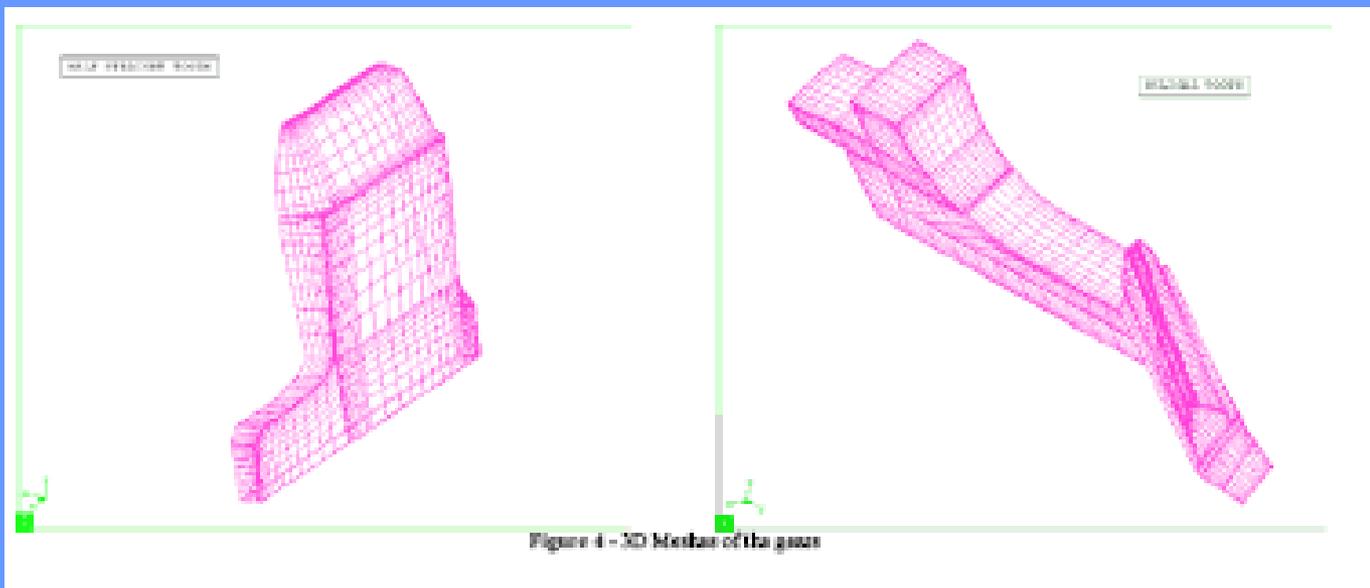
Simulazione per progettare una nuovo processo

- Esempio la simulazione della
operazione di tempra degli acciai

Coupled Carbon Diffusion, Metallurgical Transformation and Heat Transfer Models Applied to the Case-hardening Process

Authors

Jean-Michel Berghesu (a), Pascal Duranton (b), Harald Porzner (c), Frédéric Boitout (b)



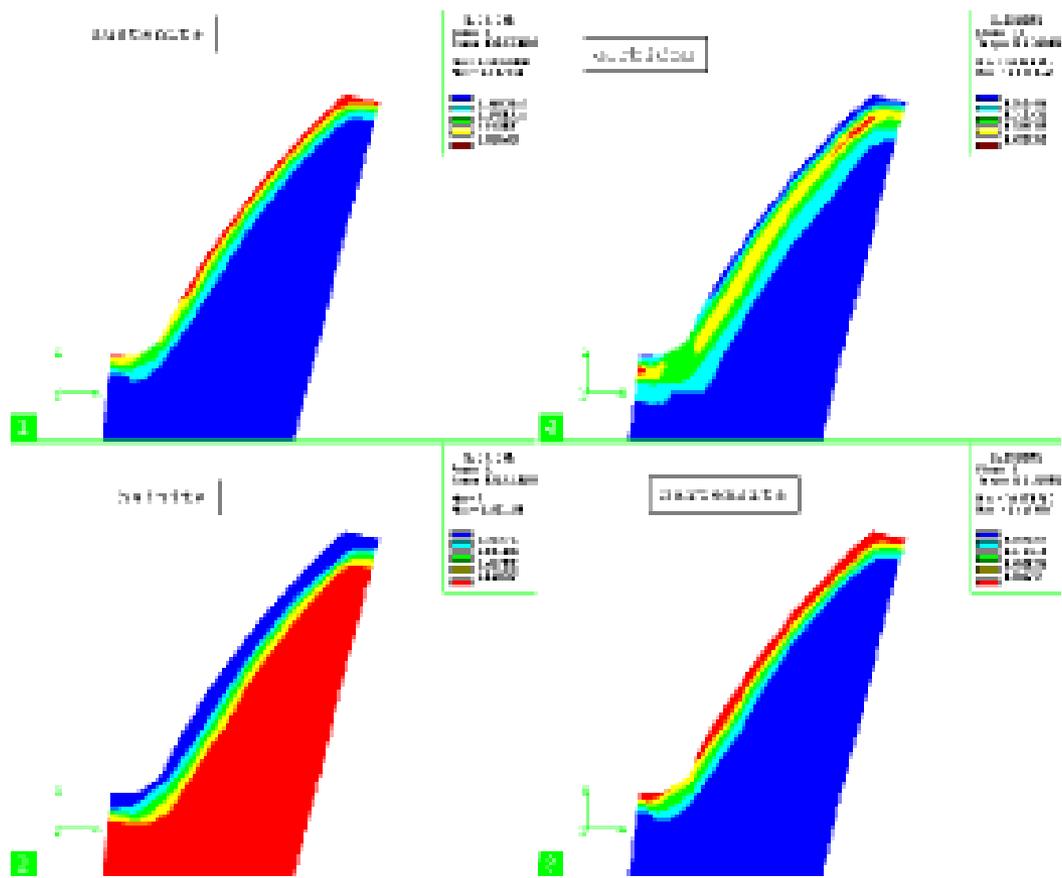


Figure 5 - "Phase" percentages after cooling

non conclusioni ma interrogativi

- La grande capacità di ricerca su grandi basi di dati. C'è ancora bisogno di una legge matematica ?
- Il ritorno all'ingegnere rinascimentale superando l'algoritmo per arrivare alla sintesi del pensiero - la grande capacità dell'uomo- la nostra legittimazione di uomini-ingegneri sta nella nostra capacità di pensare e di tradurre il nostro pensiero in cose che destino meraviglia o perché ci aiutano nelle nostre fatiche o perché ci aiutano a conoscere sempre meglio la natura.
- Difficoltà di capire il problema - necessità di una persona che parla il linguaggio dell'industria solo una persona che con molta umiltà ha cercato di capire e di imparare nel mondo dell'industria ha questa capacità.

il fine

Pier Gabriele Molari

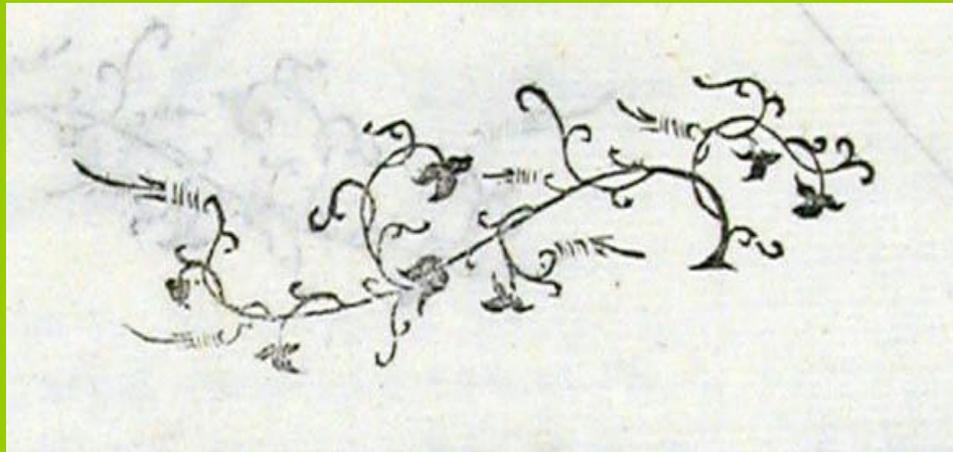
ordinario di Costruzione di Macchine

facoltà di Ingegneria

Università di Bologna

viale del Risorgimento, 2 40136 Bologna

piergabriele.molari@unibo.it



CINECA 28-29 nov 2007

Federico da Montefeltro

studiolo di Gubbio (ora al Metropolitan di New York)

ASPICIS. ETERNOS. VENERANDE. MATRIS. ALUMNOS.
DOCTRINA. EXCELSOS. INGENIOQ. VIROS.
VT. NUDA . CERVICE . CADANT. ANTE . [ORA. PARENTIS.
SVPPLIC] ITER. FLEXO. PROCVBVERE. GENU.
IVSTITIA. PIETAS . VINCIT. REVERENDA. NEC. VLLVM.
POENITET . ALTRICI . SVCCVBVISSE . SVE

Guarda come gli eterni alunni della veneranda madre (natura), uomini eccelsi per dottrina e capacità mentali si inchinano con la nuca scoperta e le ginocchia piegate di fronte ai vari volti della madre (ai vari campi di osservazione). Per giustizia il desiderio di sapere riporta vittoria sulle verità più consolidate né alcuno si pente di aver ceduto alla sua nutrice.